MÜHENDİSLİKTE YENİ ARAŞTIRMALAR

SELÇUK UNIVERSITY INTERNATIONAL

TECHNOLOGY AND INNOVATION

STUDENT SYMPOSIUM

24-27 NOVEMBER 2022 KONYA

EDİTÖRLER

Öğr. Gör. Gökhan YALÇIN

Öğr. Gör. Abdullah Cem AĞAÇAYAK

MÜHENDİSLİKTE YENİ ARAŞTIRMALAR

EDİTÖRLER

Öğr. Gör. Gökhan YALÇIN

Öğr. Gör. Abdullah Cem AĞAÇAYAK

MÜHENDİSLİKTE YENİ ARAŞTIRMALAR

EDİTÖRLER
Öğr. Gör. Gökhan YALÇIN
Öğr. Gör. Abdullah Cem AĞAÇAYAK

Her hakkı saklıdır. Bu kitabın tamamı ya da bir kısmı yazarlarının izni olmaksızın, elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemi ile çoğaltılamaz, yayınlanamaz depolanamaz. Bu kitapta yayınlanan tüm yazı ve görsellerin her türlü sorumluluğu yazarlarına aittir.

All rights of this book are reserved. All or any part of this book cannot be published, stored, printed, filmed or used indirectly without the permission of the authors. It cannot be reproduced by photocopy or any other technique. All responsibility of all texts and visuals published in the book belongs to the author(s).

tablet kitabevi

T.C. KÜLTÜR BAKANLIĞI
YAYINCI SERTİFİKASI: 46644

EBOOK ISBN: 978-605-5447-75-5

Konya Aralık - 2022

BÖLÜMLER

BÖLÜM 1

48V BATARYA YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI

Sedanur ÇINAR-Abdullah Cem AĞAÇAYAK.....5

BÖLÜM 2

FIRÇASIZ DOĞRU AKIM BLDC SÜRÜCÜ TASARIMI

Doğan Can ŞAHİN-Mustafa Ziya COBULOĞLU-Abdullah Cem AĞAÇAYAK.....13

BÖLÜM 3

BRONZ TOZU İLAVESİNİN ORGANİK MALZEME KULLANILARAK ÜRETİLEN SÜRTÜNME MALZEMELERİNİN BAZI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Sait ARAS…..……..…….....23

BÖLÜM 4

AKILLI SERA SİSTEMİ

Ömer ÖZBAL-Abdurrahman SİPER.....37

BÖLÜM 5

3KW 48V HUB MOTOR TASARIM VE ANALİZİ

Seyidkhadija MİRJAFARLİ-Hakan TERZİOĞLU-Elmas Sena SAĞDIÇ-Gökhan YALÇIN……...55

BÖLÜM 6

ELEKTRİKLİ ARAÇ İÇİN MEKANİK TASARIM

Elmas Sena SAĞDIÇ-Ömer Cem GÖKDOĞAN-İsmail İRİŞ-Sultan ÇETİNTAŞ-Melike EROĞLU-Emine ALAN……..…….....71

BÖLÜM 7

PROTOTİP ÜRÜN ÜRETMEK İÇİN 3 EKSENLİ MASA ÜSTÜ CNC ROUTER TASARIMI

Namık Kemal YALÇIN-Süleyman NEŞELİ-Hakan TERZİOĞLU…….....85

BÖLÜM 8

YERLI SUALTI KONTROL KART TASARIMI

Seyidkhadija MİRJAFARLİ-Hakan TERZİOĞLU-Engin TANRIKULU..…….....95

BÖLÜM 9

YAPAY ZEKA VE MAKINE ÖĞRENME METODLARININ TIP'TA KULLANIM ALANLARINA GENEL BAKIŞ

Seyidkhadija MİRJAFARLİ-Hakan TERZİOĞLU-Abdullah Cem AĞAÇAYAK.....105

BÖLÜM 10

GENETİK ALGORİTMA UYGULAMALARI

Ayşe ŞİMŞEK…….....121

BÖLÜM 11

TEMEL BİLEŞENLER ANALİZİ

Betül KOKULU…….....137

BÖLÜM 12

RFM İLE MÜŞTERİ SEGMENTASYONU: E-TİCARET ÖRNEĞİ

Beyzanur TOPRAK-Hakan TERZİOĞLU…….....151

BÖLÜM 13

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ

Burak KAPUSIZ-Yusuf UZUN..... 163

BÖLÜM 14

KOMPOZİT MALZEMELERE GENEL BAKIŞ

Rüstem BİNALİ-Süleyman NEŞELİ-Gökhan YALÇIN….....179

BÖLÜM 15

BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİ

Mehmet YÜCEL…….....193

BÖLÜM 16

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARINDA KULLANILAN AKILLI SİSTEMLER ÜZERİNE BİR LİTERATÜR TARAMASI

S. M. KILINÇARSLAN-H. E. KOÇER….....203

BÖLÜM 17

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA ARAÇ KONTROL SİSTEMİ(AKS) GELİŞTİRİLMESİ

Murat CENGİL-Halide Gülhüda AYYILDIZ….....229

BÖLÜM 18

VERİ BİLİMİ ÖĞRETİMİ İÇİN GRAFİKSEL PROGRAMLAMA ORTAMI

G. İYİDİLER-Fatih AKKUŞ-Sema SERVİ….....241

BÖLÜM 1

48V BATARYA YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI

Sedanur ÇINAR[1]
[1]Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID:0000-0002-2014-5405

Abdullah Cem AĞAÇAYAK[2]
[2] Konya Teknik Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0002-9285-5764

GİRİŞ

Bataryalar elektrik enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürürler. Ayrıca bataryalar pil hücrelerinin seri ve paralel bağlanmasıyla oluşan pil paketleridir. Her bir uygulama için pil tipini seçerken dikkate alınması gereken birçok parametre vardır ve bunların tümü, paketin nihai özelliklerini tanımladıkları için eşit derecede önemlidir. Her pil kimyası, türü, farklı özellikleri ile tanımlanır. Her batarya çeşidi kendine ait elektrokimyasal özelliklere sahiptir. Şarj ve deşarj süreçlerinde bu hususlara uyulması gereklidir.

Bu makale ile batarya paketleri oluşturulurken kullanılan pil çeşitleri ve pillerin kimyaları, batarya yönetim sistemi incelenmesi ve anlatılması hedeflenmektedir.

Elektrikli araçlarda güç kaynağı olacak bataryaların kimyasal özellikleri gereği elektrokimyasal enerjinin verimli kullanılabilmesi için batarya yönetim sistemleri kullanılması gerekmektedir. Bu önem kullanıcı sağlığı, kullanıcı maliyeti ve doğal olarak milli kayıpların ortadan kaldırılması için Batarya sisteminin kontrolü ön plandadır. Elektrikli araçlarda bataryalar kullanılırken kullanıldıkları bölgelere göre farklı BMS sistemleri üretilmesi gerekmektedir. Bu da şu şekilde açıklanabilir: Bataryaların maksimum verimlilikte çalışabilecekleri sıcaklık değerleri -20ile 60C arasında kalmaları gerekmektedir. Bu çalıştığı bölgenin sıcaklığını göz önünde tutarak sıcaklık değerini BMS ayarlaması gerekmektedir. Bu pillerin sıcaklık değerinden sonra en önemli bir diğer kriter ise deşarj akımıdır. Bu Deşarj akımı aracın Maks çekeceği akımı hususuna dikkat edilerek pillerin paketlenmesi doğru şekilde hesaplanmalıdır. Bu ortaya çıkacak paket karşısında sistemin düşük maliyet olarak ortaya çıkarıp deşarj anında kontrolü BMS in %100 verimlilikte gerçekleştirmesi gerekir. Paketlememizde kullanılacak hücrenin deşarj akımı 3500mAh Maks deşarj akımı 10000mAh bu veriler göz önünde tutulup oluşacak paketin deşarj akımı stabil şekilde gerçekleşmelidir. Şarj akımı ise maksimum 3500mAh. Kullandığımız Lityum iyon pillerin Şarj döngüsü ortalama 300 ila 500 arasında gerçekleşmekte bu değerden sonra depolama kapasiteleri düşmektedir. Bir diğer önemli husus ise batarya gerilimidir. Batarya paketinde kullandığımız hücrelerin gerilimi 2.5V ile 3.7V arasında olması gerekir. Bu durum batarya sağlığı ve ömrüne doğrudan orantılı olarak etki etmektedir. Batarya oluşturulurken sağladığı olumlu özelliklerden dolayı Li-On kimyasına sahip Sony VTC6 kullanılmasına karar verilmiştir. Sony VTC6'ya ait özellik tablosu Tablo 1'de verilmiştir. [1]

Tablo 1: SONY VTC6 Özellik Tablosu

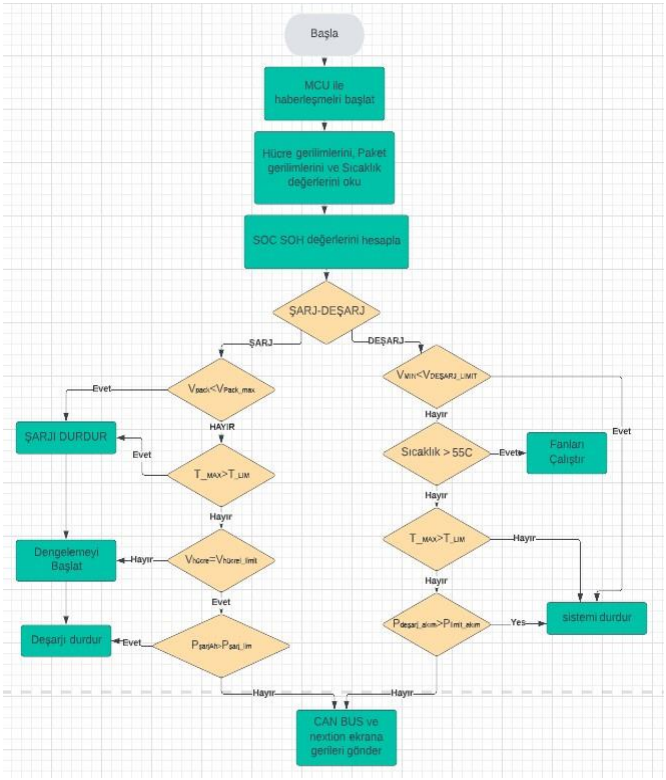
Şarj Metodu	**Sabit akım ve sabit voltaj**
Şarj esnasında max Değer	4.2 V (0.05 toleransla)
Nominal Voltaj	3.6 V
Şarj Akımı	3.0A
Şarj Süresi	2.5 h
Oluşan Çevre Sıcaklığı	23 C
Hücre Şekli	Silindirik
Hücre Boyutu	D_{max} = 18.5mm ; L_{max} = 65.2mm
Ağırlık	46.6g

Bu özellikleri sebebiyle BMS sisteminde izleme ve kontrol olmak üzere birbirlerini tamamlayan iki önemli kriter vardır. İdeal bir BMS düşük güç tüketimini sağlanması ve bataryanın tam kapasitesinin kullanılması görevlerini yerine getirmelidir. Fazla şarj, fazla deşarj ve güç tüketimi gibi sebeplerden pilin zarar görmesini önlemelidir. Buna istinaden pilin doluluk oranı yani SOC (şarj durumu) anlık verilerin değerlendirilmesiyle pilin güvenli bir şekilde çalıştırılması gerekmektedir. SOC bataryanın gereksiz ve sağlıksız çalışmasını önlemek için kullanılabilir. SOC değerini hesaplarken pilin mevcut gerilimi, sıcaklığı nın analizinden ortaya çıkar. SOC parametresi, pilin minimum düzeyde ise büyük miktarda akım boşaltılmasının ve pil doluyken ekstra şarjın önlenmesinde yardımcı olmaktadır. Bu yüzden SOC parametresine bağlı olarak şarj ve deşarj akımları sürekli kontrol altında olmalıdır. Pil hücrelerinin seri ve paralel bağlantısından şarj ve deşarj anında pil hücrelerinin voltajları farklı olacaktır. Bu şekilde dengesizliğin meydana gelmesi pil in kapasitesine olumsuz etki eder. Kapasite kaybının önüne geçmek için sistemlere ihtiyaç duyulur. Zamanla hücrelerin kapasite değerleri ve verimlilikleri azalır. Bu sebeple doğruluğu yüksek bir SOC hesaplaması aracın ihtiyaç duyduğu anlık güce göre pilin şarj miktarının doğru gösterilmesinde ve izlenmesinde önemli rol oynar.[2]

Bataryanın şarj veya deşarj anındaki durumu, dayanıklılığı, performansı ve güvenliğinin üzerinde büyük rolü olan SOH parametresi, zamanla verimliliği düşen bataryanın bir sonucu olarak tahmininin yapılmasında ve aracın kullanım anındaki sürüş mesafesini hesaplamak için oldukça önemlidir. SOH bataryanın şarj durumunu yüzdelik olarak gösterir.[3]

Batarya yönetim sitemi pil paketinin verimli kullanılması için gerekli bir sistemidir. BMS'de oluşturulan algoritma sayesinde mikrodenetleyicinin gerekli adımları izlemesi beklenmektedir. Mikrodenetleyici kullanılan battery afe entegresi ile iletişime geçtikten sonra hücre gerilimlerini okuyup paket gerilimini hesaplattıktan sonra kullanılabilecek batarya ömrünü hesap etmesi yani şarj oranını bulması gerekmektedir. Bu hesaplamalar sonucunda bataryanın verilerini kullanıcıya Maks Min değerleri olacak şekilde iletmelidir. Bu değerlikler min değerinde şarj işlemini Maks değerinde deşarj uygun bildirilerini sisteme ve kullanıcıya ilgili koşullar altında iletmelidir. Batarya şarjda veya boşta ise MCU okunan hücre gerilimleri arasındaki farkı algoritmaya sokarak gerekli dengeleme işlemlerini yapmakla yükümlüdür.

BMS'e ait kontrol algoritması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: BMS Algoritması

Sıcaklık verileri min-maks değerleri içerisinde çalışmasını sağlamalıdır. Bunlar hücre sıcaklıklarının min-maks sıcaklığında ise şarj da veya deşarjda ise sistemi kapatmalıdır. BMS bu verileri aynı zamanda paket üzerinde mevcut olan Nextion ekrana göndererek kullanıcının paket kontrolü ve müdahalesinin paket üzerindeki ekrandan da yapabilecektir. Aynı zamanda toplanan bu veriler araç içerisinde genel kontrolden sorumlu birim olan AKS birimine verileri MCU'nun CAN BUS haberleşmesi ile göndermesi sağlanacaktır.

Batarya Hücre Dengeleme

Batarya paketlerinde hücre dengeleme paket şarjda veya boşta çalışırken gerçekleşmektedir. Batarya dengeleme olarak pasif hücre dengeleme yapılması kararlaştırılmıştır. Dengesiz hücrelerin verileri battery affeden alınacak adc değerlerinin karşılaştırılması ile gireceği algoritma sayesinde dengelemeye girecek hücreler belirlenecektir.

Battery Afe entegresi

Batarya yönetim sisteminde kullanılacak battery afe entegresi olarak TI üretimi BQ7694000DBT entegresi kullanılacaktır. Bu entegre 15 hücreli batarya pakeyi uygun görülmüştür. Bu entegre I2C birimi ile haberleşmesini gerçekleştirmektedir. Datasheetinde bulunan referans devre göz önünde bulundurularak devre çizimi gerçekleştirdik. Bataryamız için geçerli 15S 15P pil paketini en güvenli şekilde kontrolü sağlanacaktır.

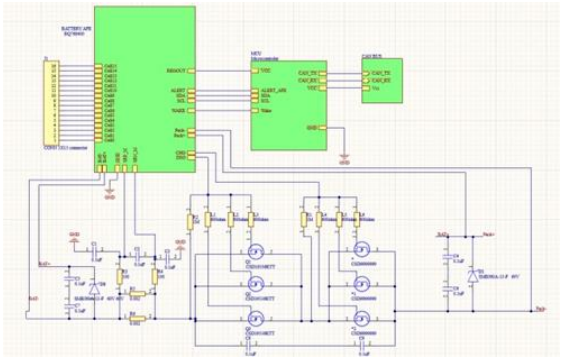
Battery afe entegresi olan BQ7694000DBT entegresi;

- Dahili ADC, Hücre voltajı okuma, sıcaklık ölçümü
- Dahili ADC paket akımı ölçümü
- 3 adet termistör desteği

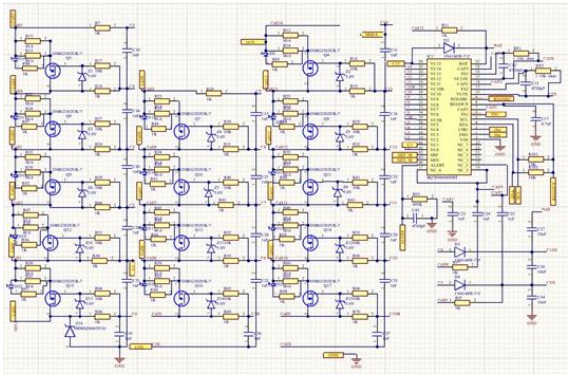
- Deşarjda akım, kısa devre koruması
- Pasif dengeleme
- I2C uyumlu haberleşme
- 15 hücreyi destekler 55.5V paket özelliklerine sahiptir.

Battery afe entegresi BQ769400DBT ile çizimi gerçekleş-

tirilen pil hücrelerinin kontrolü Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterildiği gibi gerçekleşecektir.



Şekil 2: Battery Afe Ait Şematik



Şekil 3: MCU ve CAN BUS a Ait Şematik

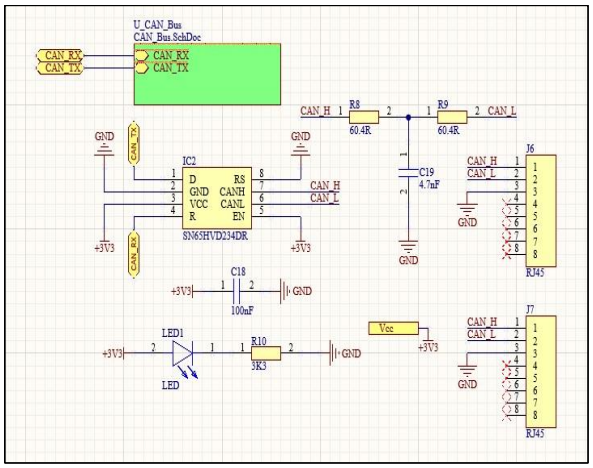
Bu sistemde sistem 3 ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar battery afe, MCU, CAN BUS ve Projections fets kısmından oluşmaktadır. Battery afe kısmı olarak aşağıdaki şekilde gösterilen devre dengeleme mosfetleri dengeleme dirençleri ve filtreleme kondansatörlerinden oluşmaktadır. Okunan hücre gerilimleri sayesinde aktif edilen N channel mosfetler silebattery afe entegresinin belirlediği dengeleme frekansında dengeleme işlemi yapacaktır. Bu işlem için battery afe entegresinin dengeleme hızı 400us lik hızda 250 HZ frekansa sahip dengeleme pinlerini aktif etmesiyle gerçekleşecektir. Batarya entegresine bağlı olan 3 adet 10K NTC sensörü ile paket sıcaklıklarının ölçümü sağlanacak olup. Sıcaklık kontrolü bu sensörler sayesinde gerçekleşecektir.

MCU'nun, donanımsal olarak sadece battery afe entegresi ile I2C hattı üzerinden SDA ve SDL ve çevre birimlere biri gönderebilmek için CAN BUS bağlantısı dışında bağlantı mevcut değildir. Yani batarya yönetim sistemini görevlerini yapacak bütün entegre battery afe

entegresidir. Yazılım olarak aktif durumunda geçirilip istenen verilerin MCU ya gönderme işlemini gerçekleştirir ve Şekil 4'te şematiği verilmiştir.

Gösterilen projections fets kısmı 2 ayrı 3er adet güç mosfetlerinin paralel bağlanmasıyla mosfetlerin üzerine düşecek anahtarlama akımı düşürmektir, bu sayede bölünmüş akım sayesinde ısınmasın önüne geçilmiştir. Güç mosfetlerinin anahtarlaması battery afe entegresi ile anahtarlaması sağlanıp kontrol gerçekleşecektir.

Güç mosfetleri önüne seri olarak olarak bağlanan 2 adet paralel bağlı hassas şönt direnç sayesinde paket akımı ölçümü gerçekleşecektir. Akım belirlen paket akımının üst limitlerini geçmesi ile güç mosfetleri anahtarlanarak kontrol sağlanacaktır.



Şekil 4. AKS ile İletişimi Sağlayan Şematik

Batarya yönetim sisteminin okuduğu verileri araç kontrol sistemi olan AKS birimine göndermekle yükümlü şematik veril-

miştir. Bu sistemde, BMS algoritmalarının dışında AKS algoritmaları ve aynı zamanda kullanıcı isteğine göre BMS e geri dönüt sağlamak için kullanılacaktır.

Batarya sağlığı ve Yarış isterleri göz önünde tutularak oluşturulan batarya yönetim sistemi şu görevleri yapacak şekilde tanımlanmıştır.

- Batarya hücre gerilimlerini, paket akımını, paket sıcaklığını oku BMS paketi üzerindeki ekrana gönder.
- Her hücreyi min 3.0V ile 4.2 V arasında tut.
- Hücre dengelemelerini gerçekleştirmek.
- Paket sıcaklığı ortama değere ulaştığında soğutma sistemini aktif ettirmek.
- Paket maksimum sıcaklığa ulaştığında Şarj Deşarj olayını durdur ve gerekli uyarıları yap
- SOC, SOH parametrelerini hesapla
- Paket akım değerlerini oku ve maks deşarj- şarj akımında ise sistemi durdur, yaptığı işlemi yazılı olarak bildir.

- Battery afe entegresinden aldığı verileri CAN BUS ile AKS birimine gönder, AKS biriminden geri dönük al. Batarya Yönetim Sisteminde takip edilmesi ve bilinmesi gereken parametreler SoC, SoH değerleridir. SoC (State of Charge) bataryann doluluk oranı, SoH (State of Health) sağlık durumudur. SoC değerinin hesaplanması için gerekli formül aşağıda verilmiştir.[4]

$$SoC(t) = \frac{Q(t)}{C(n)} \quad [1]$$

Sonuç olarak BYS başarılı bir şekilde sonuçlandırılmıştır ve istenilen sonuçlar elde edilmiştir. Hücre dengeleme işlemi güvenli bir şekilde gerçekleştirilerek bataryaların ve sistemin güvenliği sağlanmıştır. Bu makalenin bundan sonraki çalışmalarda yerli üretim konusunda ülkemize katkıda bulunacağı düşünülmekle birlikte ilerde bu konuda yapılacak çalışmalara yol göstererek elektrikli araçlarda bulunan BYS"nin daha çok geliştirilmesine yardımcı olması hedeflenmektedir.

REFERANSLAR

Batarya yönetim sistemi donanımı tasarımı. Yüksek Lisans Tezi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü. Gebze. 100s

Muratoğlu, Y., Alkaya, A., (2015). Elektrikli Araç Teknolojisi ve Pil Yönetim SistemiĠnceleme. VIII. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 458, 243-248.

Neşeli S.,Yalçın G.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). Android Kontrollü Hovercraft Tasarımı. V Scıence Technology and Innovatıon Congress, 381-390. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5601133)

Ekici, Y.E., (2019). Batarya yönetim sistemleri. Yüksek Lisans Tezi. Ġnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Malatya. 165s.

Ağaçayak A.,Terzioğlu Hakan,Özdeş Büşra, (2020). Bölüm 3- Elektrikli Araçlarda Telemetri, İKSAD, Elektrikli Araçlara Genel Bakış 2, ISBN:978-625-7687-48-5.

Mirjafarli S., Terzioğlu H., Ağaçayak A.C., (2021). Bölüm 1:Hub Motor Tasarımına Genel Bakış, İKSAD, Mühendislik Alanında Akademik Çalışmalar-1, ISBN:978-625-8423-15-0.

BÖLÜM 2

FIRÇASIZ DOĞRU AKIM BLDC SÜRÜCÜ TASARIMI

Doğan Can ŞAHİN[1]
[1] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0002-8915-4713

Mustafa Ziya COBULOĞLU[2]
[2] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0002-7218-2486

Abdullah Cem AĞAÇAYAK[3]
[3] Konya Teknik Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0002-9285-5764

GİRİŞ

Günümüz dünyasında kullanılan her aracın; kullanıcı tarafından ilk dikkat edilen noktalar verimlilik, fiyat ve faydadır. Bu noktada fırçasız doğru akım motorları muadil rakiplerine göre çok yüksek verimleri, bakım gerektirmemeleri, üretim kolaylıkları yönlerinden oldukça öndedir. Ancak fırçasız doğru akım motorlarının elektronik komütasyona ihtiyaç duymaları bu motorları sürücüsüz kullanmayı imkânsız kılar. Fırçasız doğru akım sürücüleri; fırçalı sürücülerine göre oldukça pahalı olmaları ve motorun yapısından dolayı başlangıç pozisyonun bir şekilde belirlenmek zorunda olunması dezavantajlarıdır.

Nama ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, 3 fazlı bir BLDC motorun rotor konumunu algılamak için yedekli bir yöntem sağlamışlardır. Bu tür motorların rotor konumunu tespit etmek için üç adet hall effect sensörü gerektirdiğini gözlemlemişlerdir. Bu sensörler tarafından sağlanan rotor konumu bilgisi daha sonra motorun elektronik komütasyon sürecini gerçekleştirmek için gerekli olan 3 fazlı BLDC sürücü sistemindeki 3 fazlı inverterin altı anahtarının doğru ateşleme zamanlamasını elde etmek için kullanmışlardır. Hall etkisi sensörlerinden biri herhangi bir hasar nedeniyle çalışmayı durdurursa, altı ateşleme dizisi elde edilemez ve motor çalışmayı durdurduğunu gözlemlemişlerdir.[1]

Chau ve ark. (2008) Çevremizle ilgili sürekli artan endişelerle, otomobil üreticileri, hükümetler ve müşterilerden elektrikli araçlara (EV'ler) ve hibrit EV'lere (HEV'ler) hızla artan bir ilgi var. Elektrikli sürücüler hem EV'lerin hem de HEV'lerin çekirdeği olduğundan, araştırmacıların gelişmiş elektrikli sürücü sistemleri geliştirmesi acil bir ihtiyaçtır. Bu belgede, makine topolojileri, sürücü işlemleri ve kontrol stratejileri vurgulanarak EV'ler ve HEV'ler için kalıcı mıknatıslı (PM) fırçasız (BL) sürücülere genel bir bakış sunulmaktadır. Ardından, PM BL tahrik sistemlerinin üç ana araştırma yönü detaylandırılır: manyetik dişli dış rotorlu PM BL tahrik sistemi, PM BL entegre marş-jeneratör sistemi ve PM BL elektrikli değişken iletim sistemi.[2]

Choi ve ark. (2014) Fırçasız DC (BLDC) Motor, yüksek güç yoğunluğu, düşük gürültü ve basit kontrol edilebilirlik avantajları nedeniyle ev aletleri, robot ve araç endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Aktüatörlerin küçülme eğilimi çeşitli uygulamalardan ilgi gördüğünden, motora, özellikle ince tip BLDC motora olan talebin sürekli artması bekleniyor. İnce tip BLDC motorun faz endüktansı büyük olduğundan, geniş hız aralığında geri elektromotor kuvveti (EMF) ile karşılaştırıldığında akımın gecikmesine neden olur. Sonuç olarak, motor verimini azaltan ve faz akımını artıran bir sorun vardır. Özellikle yüksek hız aralığında ve ağır yük durumunda sorun daha ciddidir. Bu makale, yukarıda belirtilen sorunları çözebilen ince tip BLDC motorun yüksek verimliliği için kontrol şeması önermiştir. BLDC motorunun akım ve ters EMF'si arasındaki fazı senkronize etmek için, akım dinamiği karakteristiğini kullanarak boşluk açısı kontrol yöntemi önerdi. Ayrıca, yalnızca faz akımının maksimum değerini ve DC-bara voltajı bilgisini kullanarak, geçiş açısının doğru hesaplama yöntemini temsil ediyordu. Önerilen kontrol şemasının doğrulanması için çeşitli simülasyonlar ve deneyler kullanılmıştır. Sonuç olarak, ince tip BLDC motorun verimlilik artışı doğrulanmıştır. Çeşitli simülasyonlar ve deneyler kullanılır. Sonuç olarak, ince tip BLDC motorun verimlilik artışı doğrulanmıştır.[3]

Ajay ve ark. (2018) Tipik bir BLDC motorun nitelikleri, yüksek güç/ağırlık oranı, yüksek hız, elektronik kontrol, yüksek verimlilik, düşük bakım ve sessiz çalışmadan oluşur, bu nedenle mevcut pazarda iyi bir yeterlilik kazanmıştır. Bu motorun potansiyeli, endüstriyel uygulamaların ve otomobillerin çoğu için kullanılır. Bu motorların komütasyon için herhangi bir fırçası yoktur ve bu nedenle toplam maliyeti artıracak konum algılama sensörlerinin

kullanılmasını gerektirir. Bu sorunu aşmak için bu yazıda PI denetleyicili sensörsüz sıfır geçişli geri emf yöntemi önerilmiştir. Önerilen şemayı doğrulamak için simülasyon yapılmıştır.[4]

Goswami ve ark. (2021) Bu makale, Fırçasız DC (BLDC) motor tabanlı e-çekçek denetleyicisinin tasarımını tartışıyor ve detaylandırıyor. Denetleyici tasarımı, ticari motor kontrol uygulamaları için ayrılmış özelliklere sahip STM32F072 mikro dayanmaktadır. Kontrolör sistemi, BLDC motor denetleyiciye çalışmasını kontrol etmek, gaz kelebeği, hall sinyalleri, hız, akım algılaması ve açık çevrim ve kapalı çevrim çalışmasında parametreleri kontrol etmek için kullanılır. Hall sensörü arızası, sürücü sisteminin istenmeyen çalışma ve hasardan zamanında kurtarılmasına yol açan tespit ve azaltma tekniği ile tasarımda ele alınan bu tür uygulamalarda yaygın bir arızadır. Ayrıca, e-çekçeklerde kontrolörlerin aşırı ısınması sorunu dikkate alınarak soğutucu tasarımında değişiklik yapılması önerilmiştir.[5]

Goswami ve ark. (2022) Hall etkisi sensörlü fırçasız DC (BLDC) motor, elektrikli araç sürücülerinde, özellikle motor gücünün 2kW aralığının altında olduğu E-çekçek uygulamalarında en yaygın düzenlemelerden biridir. Hall sensör sinyalleri, rotor konumu tespiti, hız hesaplaması ve dizi belirlemeli invertör anahtarlama zamanlaması için kullanılır. Dolayısıyla, hall sensörleri yanlış yerleştirilirse ve konumlarında yanlış hizalama olursa tüm bunlar etkilenir. Anahtarlama modelinin zamanlaması etkilenir ve bu yanlış hizalama nedeniyle tork dalgalanmaları da artar. Bu makale, BLDC motor sürücüsünde tek hall yanlış hizalama hatası için MATLAB'deki simülasyon modelini ve analizini sunmaktadır. Hall sensörü yerleştirme hatası ve hatasız arasındaki farklı parametrelerin karşılaştırmalı analizi makalede sunulmuştur. [6-7]

Fırçasız doğru akım motorunun barındırdığı yüksek potansiyel; ilerideki yıllarda otomotivden havacılığa farklı birçok sektörde bu tip motorlara ihtiyaç duyulacağı, motorun sürücüsüz kullanılmayacağı, bu bağlamda ilerleyen yıllarda fırçasız DC motor sürücülerinin çokça rağbet göreceği düşünülmüştür. Piyasada mevcut fırçasız DC motor sürücülerinin yüksek fiyatlarına karşı düşük maliyetle geliştirilmiş sürücü bu tip motorların fiyat/fayda endeksini yükseltmeye yöneliktir. Sürücü kartında kullanılan güç katı ve anahtarlama elamanları doğru şekilde değiştirildiği takdirde geniş bir yelpazede birçok motorda kullanılabilecek durumdadır.

Elektronik hız kontrolü, bir hız referans sinyalini takip eder (bir gaz kolundan, kumanda kolundan veya başka bir manuel girişten türetilir) ve mosfetlerin anahtarlama hızını değiştirir. Mosfetin görev döngüsü veya anahtarlama frekansı ayarlanarak motorun hızı değiştirilir. Motorda akan akımın hızlı değişimi, motorun kendisinin, özellikle düşük hızlarda fark edilen, karakteristik perdeli vızıltısını yaymasına neden olur.

Fırçalı DC motorlar ve fırçasız DC motorlar için farklı hız kontrol türleri gereklidir. Fırçalı bir motor, armatüründeki voltajı değiştirerek hızını kontrol edebilir. (Endüstriyel olarak, sabit mıknatıslar yerine elektromıknatıs alan sargılarına sahip motorlar, motor alan akımının gücünü ayarlayarak hızlarını kontrol ettirebilirler.) Fırçasız bir motor farklı bir çalışma prensibi gerektirir. Motorun hızı, motorun çeşitli sargılarına iletilen akım darbelerinin zamanlanmasını ayarlayarak değiştirilir.

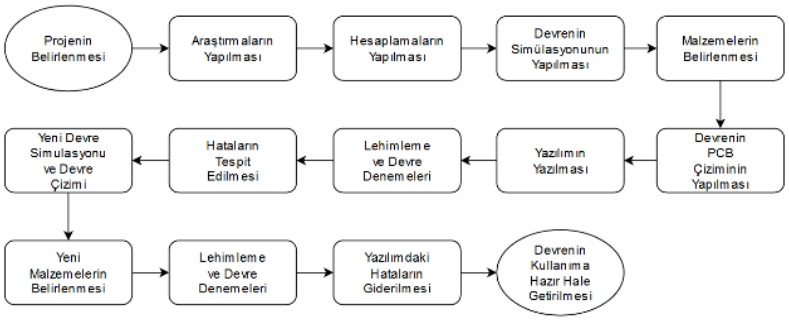
Fırçasız ESC sistemleri, fırçasız motorları çalıştırmak için temel olarak değişken frekanslı bir sürücü gibi üç fazlı AC gücü oluşturur. Fırçasız motorlar, geleneksel fırçalı motorlara kıyasla verimliliği, gücü, uzun ömürlülüğü ve hafifliği nedeniyle radyo kontrollü uçak meraklıları arasında popülerdir. Fırçasız DC motor kontrolörleri, fırçalı motor kontrolörlerinden çok daha karmaşıktır.

Motora beslenen akımın doğru fazı, ESC tarafından dikkate alınması gereken motor dönüşe göre değişir: genellikle, bu dönüş algılamak için motor sargılarından gelen Back EMF kullanılır, ancak ayrı manyetik kullanan varyasyonlar vardır (Hall Etkisi) sensörler veya optik dedektörler. Bilgisayarla programlanabilen hız kontrolleri, genellikle düşük voltaj kesme limitleri, zamanlama, hızlanma, frenleme ve dönüş yönünün ayarlanmasına izin veren kullanıcı tarafından belirlenen seçeneklere sahiptir. Motorun yönünü tersine çevirmek. ESC'den motora giden üç kablodan herhangi ikisinin yer değiştirmesiyle de mümkündür.

Kullanılan alanlar:

Elektrikli motor ile çalışan RC model araba, tekne, uçak, drone vb. araçlarda kullanılmaktadır.

Sürücü tasarımı akış diyagramı aşağıdaki Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Sürücü tasarımı akış diyagramı

MATARYEL VE METOD

Fırçasız DC Motorların kontrollerinde mikrodenetleyici ile anahtarlama elemanlarının sürülmesi gerekmektedir. Mikrodenetleyici olarak STM32f103c8t6 modeli tercih edilmiştir. Bu mikrodenetleyici, pin sayısının yeterli olması ve yüksek frekansta (72MHz maksimum frekans) çalışmasının yanı sıra 16 adet 12-bit ADC okuma pinine ve araçta kullanılan CAN haberleşme protokolünün sahip olmasından dolayı tercih edilmiştir.

Tablo 1. STM32F103C8T6 Özellikleri

Üretici Firma:	STMicroelectronics
Pin Sayısı:	48
İşlemci:	Cortex-M3
Çalışma Frekansı:	72MHz
Depolama Kaynakları:	64K Byte Flash, 20K Byte SRAM
Arayüz Kaynakları:	2x SPI, 3x USART, 2xI2C, 1x CAN, 37x I / O Ports

Analog-Dijital Çevirim:	2*ADC (12-bit / 16-kanal)
Timers:	3Genel timer ve 1 advenced timer
Debug Downland:	Support JTAG / SWD debug interface to download, support for IAP
RT9193:	3.3V regulator chip, 300mA maksimum çıkış voltajı
Paket Tipi:	LQFP

Anahtarlama elemanlarının STM32 ile sürülmesi için gereken komütasyon tablosu hazırlanmıştır. Saat yönünde sürüş için gereken komütasyon tablosu Şekil 2' de gösterilmiştir. BLDC motorlarda rotor pozisyonuna uygun komütasyon açısını seçmek için rotor pozisyon bilgisi gerekir. Rotor pozisyon bilgileri, Alan Etkili (Hall) Sensörler kullanılarak belirlenmiştir. Hall etkisi sensörleri genellikle mıknatıslar daha önce değerlerini değiştirecek şekilde konumlandırılır rotor aslında bir sonraki komütasyon konumundadır. Bu, bir sonraki komütasyona izin verir rotor fiilen bir konumda sıkışmadan önce yapılacak.

Phase	Hall Sensors			Switchs					
	H1	H2	H3	Q1L	Q1H	Q2L	Q2H	Q3L	Q3H
1	1	0	1	0	1	1	0	0	0
2	1	0	0	0	1	0	0	1	0
3	1	1	0	0	0	0	1	1	0
4	0	1	0	1	0	0	1	0	0
5	0	1	1	1	0	0	0	0	1
6	0	0	1	0	0	1	0	0	1

Şekil 2. Saat Yönünde Dönüş İçin Gerekli Komütasyon

Motor rotorunun döndürülebilmesi için statorun sargılarına bir sıra dahilinde güç uygulanmıştır. Motorun statoruna yerleştirilen Hall sensörler, 20 kutuplu motora uygun olarak yerleştirilmiştir. Devrede Allegro firmasının A3144 ürün kodlu Hall sensörleri kullanılmıştır. Bu sensörler, sıcaklığa dayanıklılığı, besleme aralığı ve hassas algılama gibi özelliklerinden dolayı tercih edilmiştir. Hall sensörlere motorun mıknatısından manyetik akı sağlanmış ve STM32 ile bu veri okunmuştur. Stator içerisine gömülen Hall sensörleri sayesinde rotorun pozisyonu algılanmaktadır.

Motor sürücü devresi:

• Kontrol devresi

• İzolasyon (optocoupler)

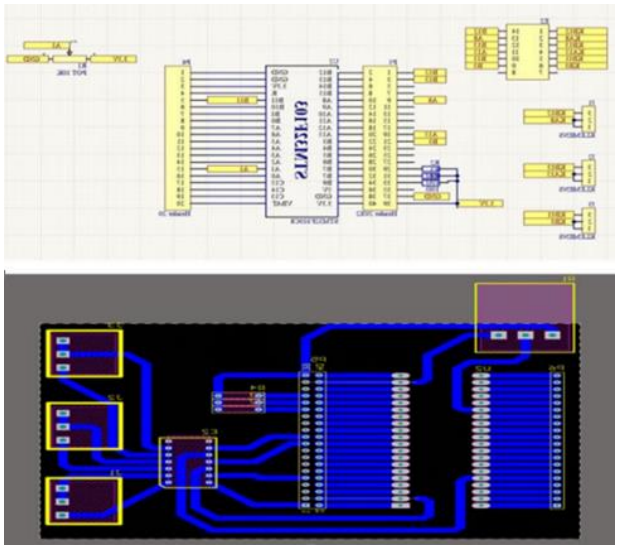
• Güç devresi

• Sürücü devresi (gate driver)

• Snubber devresi olarak 5 ana kısımdan oluşmaktadır.

Kontrol Devresi

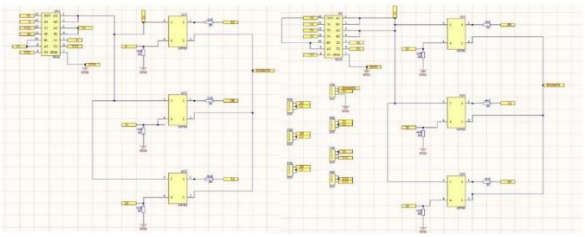
Kontrol kısmında işlemci olarak STM32F103C8 mikrodenetleyicisinin kontrol devresi bulunmaktadır. Sensörlerden gelen verileri alıp okunan değerleri PWM üretmek için kullanılmıştır. Şekil 3'de kontrol devresinin görüntüleri vardır.



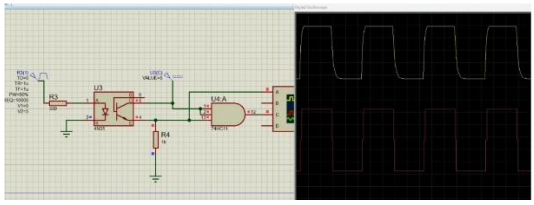
Şekil 3. Kontrol Kısmı

İzolasyon

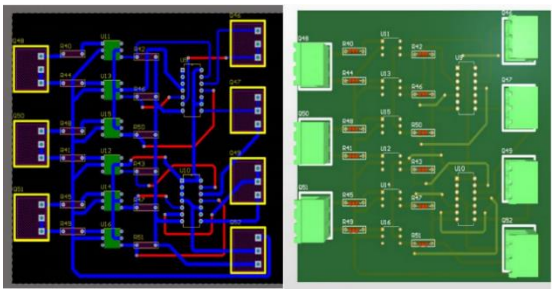
İzolasyon devresinin kullanılmasının amacı işlemci ile entegre arasında olası bir durumda yanma, bozulma gibi durumları ortadan kaldırmak amacıyla kullanılmıştır. Fakat izolasyon kullanıldığımız zaman oluşturduğumuz PWM de bozulmalar meydana geldiği için bunlara ek bir önlem almamız gerekmektedir. İzolasyon devresi optokuplör kullanarak gerçekleştirilmiştir. Optokuplörler, birbiri ile optik bağlantılı ışın verici ve fotoalıcıdan oluşan, elektriksel bir bağlantı olmadan iki devrenin elektriksel olarak izolasyonunu sağlayan bir devre elemanıdır. Optokuplör entegresi olarak 4N35 'i seçilmiştir. Optokuplör entegresinin iç yapısında bulunan fototransistörden dolayı optokuplör çıkışından alınan PWM de bozulmalar görülmüştür. Bu sorun PWM sinyaline lojik bir işlem uygulayarak çözülmüştür. Lojik işlem olarak "VE" kapısına sokularak bozuk kısımları kırpılmıştır. Optokuplörden çıkan PWM sinyalini sabit "1" sinyali ile "and" işlemi yapıldı böylece "1" sinyali haricindeki kısımlar kırpıldı. Lojik "and" işlemini yapabilmek için 74HC11 entegresini kullanıldı. Bundan dolayı and kapıları kullanarak bozulan PWM sinyallerini tekrardan düzelterek sürücü entegresi için en ideal PWM sinyaline dönüştürülmüştür. (Şekil 4 'de izolasyon, Şekil 5'te bozulan PWM sinyali ve düzeltilmesi, Şekil 6'da PCB görüntüsü ve 3D görüntüsü bulunmaktadır.)



Şekil 4. İzolasyon Devresi



Şekil 5. PWM Sinyalinin Düzeltilmesi



Şekil 6. PCB ve 3D Görüntüsü

GÜÇ DEVRESI

Anahtarlama elemanı olarak International Rectifier firmasının IRFP260N parça numarasıyla piyasaya sürdüğü mosfetler kullanılmıştır. IRFP260N, tasarlanması planlanan devrenin değerlerine uygun özelliklerde olması sebebiyle tercih edilmiştir. Ayrıca ani darbe akımlarında 200 amper değerine kadar dayanabilmektedir. IRFP260N numaralı mosfetin özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. IRFP260N Özellikleri,

Üretici Firma:	International Rectifier
Parça Numarası:	IRFP260N
Tür:	MOSFET
V_{DS}:	200 VOLT
I_{DS}:	50 AMPER
I_{DM}:	200 AMPER
R_{DS} (on):	0.04 Ω
Kılıf:	TO-247 AC

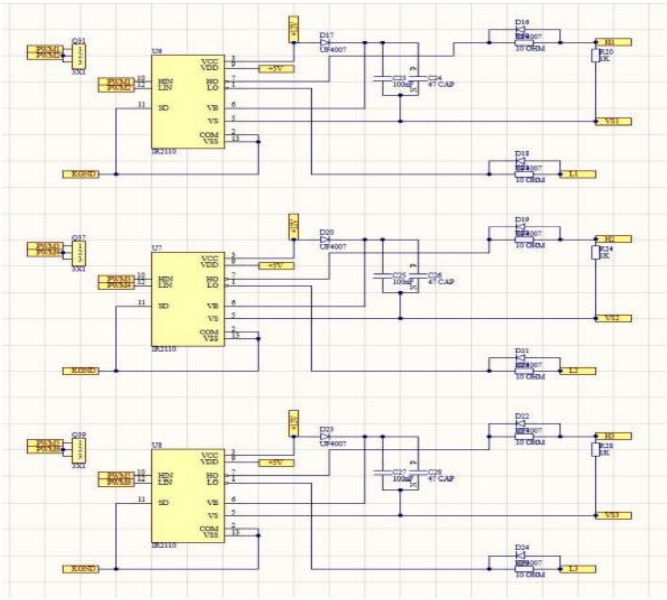
SÜRÜCÜ DEVRESI (GATE DRIVER)

Mosfetler yapıları gereği oluşturdukları yüksek kapasitans nedeniyle doğrudan mikrodenetleyiciler tarafından sürülemezler, farklı sürücülere yani bir ara elemana ihtiyaç duyarlar. Bu ara elemanlar Mosfet Sürücü Entegreleri olarak da gruplandırılan IRx sınıfında bulunan IR2110 entegresi seçilmiştir. Tablo 3'te IR2110 entegresinin özellikleri verilmiştir.

Tablo 2. IR2110 Özellikleri

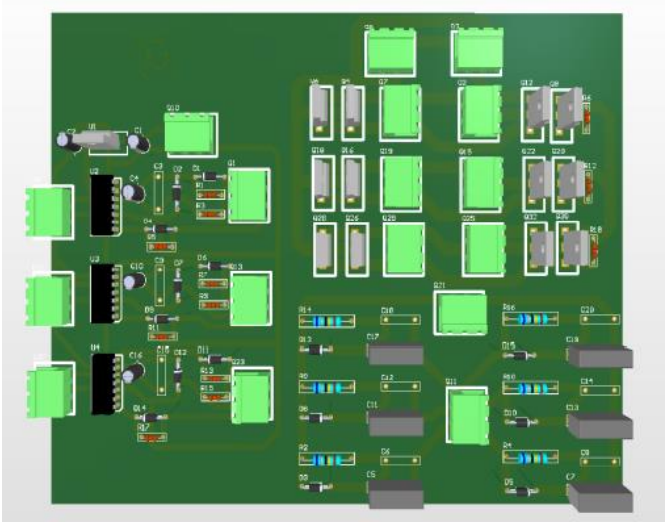
Üretici Firma:	International Rectifier
Çıkış Akımı:	2 Amper
Zaman:	120ns
Besleme Gerilimi:	10 Volt- 12 Volt
Paket Tipi:	DIP-14

Sürücü devresi (gate driver) Şekil 7 ‘de bulunmaktadır.



Şekil 7. Sürücü Devresi (Gate Driver)

BLDC Motor Sürücü devresi 3D Modellemesi Şekil 8’ de bulunmaktadır.



Şekil 8. BLDC Motor Sürücü Devresi 3D Modellemesi

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu yazıda, BLDC motorları için tasarımı gerçekleştirilmiş bir motor sürücü (gate driver) devresinin tasarımı incelenmiştir ve BLDC sürücü sisteminin çeşitli çalışma alanlarında simülasyonlarına yardımcı olur. Motor hız kontrolü için Trapezoidal sürüş yöntemi kullanılmıştır. Sinyallerin performansı çeşitli sinyal besleme ve parazit yok etme metodları ile sağlanmıştır. Devrelerin tasarımı Altium Designer ve Proteus programları ile hazırlanmıştır.

Daha sonraki yapılacak çalışmalarda, devre tasarımı daha küçük bir boyutlandırma yapısına ve verim hesaplarıda devreye girerek daha verimli bir devre tasarımına geçilebilir. Motor sürücülerinde kullanılan Motor Sürüş Yöntemleri geliştirilerek daha seri sürüşler gerçekleştirilebilir.

REFERANSLAR

[1] Tako Nama, Anup Kumar Gogoi ; Praveen Tripati (2017), Application of a smart hall effect sensor system for 3-phase BLDC drives, IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS),

[2] DOI: 10.1109/IRIS.2017.8250123 Elektronik ISBN: 978-1-5386-1342-9

[3] K. T. Chau, C. C. Chan and C. Liu, "Overview of permanent-magnet brushless drives for electric and hybrid electric vehicles", *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 55, no. 6, pp. 974982, Jun. 2008.

[4] J.-H. Choi, J. S. Park, J.-H. Kim and I.-S. Jung, "Control scheme for efficiency improvement of slim type BLDC motor", Proc. Int. Power Electron. Elect. Drives Autom. Motion, *pp. 820-824, 2014.*

[5] Ajay, Pranav Venugopal, Chaithanya S, Lekshmi R Chandran, V Dheeraj Krishna, "Sensorless Speed Control Method for Brushless DC Motors using Back EMF Method", 2018 3. IEEE Uluslararası Elektronik, Bilgi ve İletişim Teknolojilerindeki Son Trendler Konferansı (RTEICT) , s.1525-1530, 2018.

[6] Neşeli S.,Yalçın G.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). Android Kontrollü Hovercraft Tasarımı. V Scıence Technology and Innovatıon Congress, 381-390. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5601133)

[7] Arvind Goswami, Mini Sreejeth, Radhakrishna Upadhyay, S. Indu, "Brushless DC Motor Based E-Rickshaw Controller Design", 2021 International Conference on Recent Trends on Electronics, Information, Communication & Technology (RTEICT), pp.196-200, 2021

[8] Ağaçayak A.,Terzioğlu Hakan,Özdeş Büşra, (2020). Bölüm 3- Elektrikli Araçlarda Telemetri, İKSAD, Elektrikli Araçlara Genel Bakış 2, ISBN:978-625-7687-48-5.

[9] Mirjafarli S., Terzioğlu H., Ağaçayak A.C., (2021). Bölüm 1:Hub Motor Tasarımına Genel Bakış, İKSAD, Mühendislik Alanında Akademik Çalışmalar-1, ISBN:978-625-8423-15-0.

[10] Goswami, A., M. Sreejeth, and M. Singh. *Simulation and Analysis of Hall Sensor Misalignment in BLDC Motor Drive*. in *2022 IEEE Delhi Section Conference (DELCON)*. 2022. IEEE.

[11] https://www.youtube.com/watch?v=AJxhtM_799U&t=2545s

[12] https://www.youtube.com/watch?v=OVmExeEExjA&t=1353s

https://www.youtube.com/watch?v=kkrvThRy0wQ&t=22s

BÖLÜM 3

BRONZ TOZU İLAVESİNİN ORGANİK MALZEME KULLANILARAK ÜRETİLEN SÜRTÜNME MALZEMELERİNİN BAZI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Sait ARAS
Selçuklu Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0003-2618-535X

GİRİŞ

Frenler, bir otomobilin en önemli güvenlik ve performans bileşenlerinden biridir[1]. Dünya çapında, özellikle otomotiv taşımacılığında milyonlarca sürtünmeli fren sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemlerin yaklaşık % 90'ından fazlası dökme demir rotoruna karşı tip polimer matris kompozit fren balatasına sahiptir[2]. Fren sisteminin önemli bir unsuru fren balatasıdır[3]. Fren sistemi, hidrolik sistem veya pnömatik sistemle çalıştırılabilen silindirler (ana silindirler, tekerlek silindirleri, tandem silindirler) ve kontrol sistemi gibi birçok parça içerir. Farklı fren sistemi türlerinde fren balataları için çeşitli malzemeler kullanılır[3]. Fren üretiminde kullanılan malzemeler sürtünme malzemeleri olarak bilinir. Diğer tribolojik uygulamaların aksine, fren balatası malzemeleri kullanıldığında normalde 0.3-0.7 aralığında nispeten yüksek bir sürtünme katsayısı istenir. Frenleme sırasında sürtünme yüzeyi üzerindeki yüksek enerji koşulları ve karmaşık mekanik kimyasal etkileşimler, yeni oluşan türlerin kimyasını ve parçacık boyutunu tahmin etmeyi zorlaştırır[4]. Otomotiv fren malzemeleri, sürtünme ve aşınma performanslarının optimizasyonu için gerekli olan çok sayıda bileşenin bir kombinasyonundan oluşan karmaşık kompozitlerdir[5-6]. Bu bileşenler sıklıkla bağlayıcı, dolgu maddesi, sürtünme düzenleyici ve takviye elemanı olmak üzere dört temel sınıfa ayrılır[7-9]. Balata kompozisyonunda kullanılan; reçine veya matris olarak bilinen bağlayıcı, sürtünme ve aşınmaya katkıda bulunmanın yanı sıra kompozitin mekanik bütünlüğünü sağlar. Dolgu maddeleri, fonksiyonel dolgular (solmaya karşı direnç, gözeneklilik, ısıl iletkenlik, vb.) ve boşluk dolgu maddeleri (esas olarak maliyeti düşürmek için) olarak tekrardan kategoriye ayrılır. Çok fonksiyonlu elyaflar, frenleme esnasında oluşan kayma gerilmelerinin absorbe edilmesinde kritik bir rol oynar, aynı zamanda yüksek sıcaklıklarda balata bütünlüğünü koruyarak sürtünme katsayısı(μ) ve aşınmayı da etkiler. Sürtünme düzenleyicileri, μ ortalamasını ve dalgalanmalarını en aza indirgemek için eklenir[10]. Fren balataları üretmek için kullanılan sürtünme düzenleyiciler arasında katı yağlayıcılar, hem balata hem de diskin aşınmasını azaltmada, sürtünme seviyelerini optimize etmede ve fren kaynaklı titreşimleri kontrol etmede önemli bir rol oynamaktadır[11]. Balata malzemeleri sürtünme ısısından kaynaklanan frenleme yüzeyindeki ara yüzey sıcaklığını en aza indirgemek için iyi ısınma kabiliyetine sahip olmalıdır[12]. Disk-balata arasında oluşan sıcaklık, balata malzemelerinin bütünlüğünü bozacak değeri aşarsa, fren solması, bölgesel kazınma, termoelastik kararsızlık, erken aşınma, fren hidroliği buharlaşması, termal çatlaklar ve termal olarak uyarılmış titreşim gibi istenmeyen etkilere yol açar[13]. İdeal bir fren sürtünme malzemesi, sıcaklık, yüksek aşınma direnci, düşük gürültü ve basınç, araç hızları, sıcaklıklar ve kuru veya ıslak koşullar gibi çeşitli çalışma koşullarında titreşimsiz olarak istikrarlı olan yüksek bir sürtünme katsayısı sağlar[14]. Fren balata malzemesinin bu özellikleri, aracın fren ve güvenlik performansını doğrudan etkiler[15]. Organik bir polimerik bağlayıcı kullanan fren balataları, otomobil fren sistemleri için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu balata malzemeleri genellikle fonksiyonel bileşenleri birbirine bağlamak için organik reçine içerir[7].

Günümüzde çok sayıda trafik kazası, araçların fren sistemleriyle ilgili problemlerden sorumlu tutulabilir. Fren sistemlerinde oluşan problemlerin birçoğu balata ve karşı yüzeyden kaynaklanmaktadır. Bu sebeple, fren balataları sürüş güvenliği, konfor ve dayanıklılık gibi özellikleri karşılamalı ve olumsuz koşullar altında sabit bir sürtünme katsayısı, düşük aşınma oranı, düşük gürültü ve titreşim önleme özellikleri göstermelidir[16, 18].

Fren balatalarının kombinasyonunda kullanılan malzemelerden frenleme esnasında kopan parçacıklar doğrudan çevreye yayılır. Yayılan bu tozlar insan sağlığına doğrudan etki eder. Bu sebeple balata içeriği oluşturulurken bu husus önemlidir. Eskiden balata içeriğinde kullanılan asbestin insan sağlığına zararlarının ortaya çıkması sonucunda asbestin yerini alabilecek yeni malzemeler araştırılmış ve araştırılmaya devam etmektedir.
Fren performansının en önemli göstergesi, frenlemeden sonra sağlanan kısa durma mesafesidir. Bu maksimum yavaşlama ivmesi ile mümkündür. Yüksek frenleme kuvveti, sürtünen yüzeylerin önemli bir kısmını oluşturan balata kalitesi ile ilgilidir[19].
İyi bir fren balatası malzemesi, yüksek sürtünme katsayısı, süper termal iletkenlik, yüksek termal difüzivite, düşük kütle, yüksek aşınma direnci, düşük gürültü duyarlılığı, ucuz, kolayca bulunabilir, frenleme yüzeyine zarar vermemeli, yüzey ve korozyonla ilgili titremeleri ortadan kaldırmalıdır[20].

MATERYAL VE YÖNTEM

Ülkemizde, TS 555 [16], standardı karayolu taşıtlarının sürtünmeli frenlerinde kullanılan balataların tarifine, sınıflandırma ve özelliklerine, numune alma, muayene ve deneyleri ile piyasaya arz şekline dairdir. Bu standartta balata ile ilgili; sürtünme katsayısı, yoğunluk, özgül aşınma, sertlik, kesme kuvveti, eğilme, ısı geçirgenliği, kalınlaşma, iç kesme dayanımı, esneklik, sıkıştırılabilirlik, yanma kaybı, yağ, fren sıvısı, su ve tuzlu suya dayanım, genleşme(kampana), korozyon sebebiyle demir yüzeylere tutunma özellikleri ve bu özellikler için yapılacak deney şartları yer alır.
İdeal asbestsiz organik (NAO) sürtünme malzemeleri, uygulanan fren basıncı, sürüş hızı, diskteki ve balatadaki sıcaklık artışı ve nem gibi koşullarda istenen sabit sürtünme katsayısı, karşı yüzey uyumu, aşınma direnci gibi performans gereksinimlerini karşılamalıdır[7]. Daha iyi ve daha iyi performans elde etmek için değişen miktarlarda ve kombinasyonlarda birçok yeni bileşen denenir[21. Bu bileşenlerin türü ve miktarı çoğunlukla deneyime, ampirik gözlemlere[22, 23] veya yeni formülasyonlar yapılırken bir deneme yanılma yöntemine göre belirlenir[24]. Bu, esas olarak sorunun karmaşıklığından kaynaklanmaktadır.

Otomotiv frenlemesi için balata malzemeleri genellikle sürtünme katsayısı istikrarı, disk parlatma veya gürültü azaltma gibi belirli işlevleri sağlayan çok sayıda bileşen içeren polimer matris kompozitlerdir. Balata üreticileri, bazı özelliklerin elde edilmesi için formülasyonların nasıl değiştirilmesi gerektiğini deneyimlediklerini bilseler de, balata malzemelerinin sürtünme ve aşınma özellikleri üzerindeki etkisi ile ilgili temel bilgi eksikliği vardır[25].

Otomotiv frenlerinin balata malzemeleri genellikle birçok farklı bileşeni içeren kaba tozlar ve takviye malzemelerinin sıcak olarak sıkıştırılmasıyla oluşturulan kompozitlerdir[26]. Literatürde balata içeriği malzemeleri bazı araştırmacılar en az üç gruba ayılmaktadırlar. Bu malzeme grupları; takviye malzemeleri, bağlayıcı malzemeler ve dolgu malzemeleridir[27-29]. Bunun yanı sıra bazı bilim insanları malzeme gruplarına; sürtünme ayarlayıcılar, renklendiriciler, aşındırıcılar, yağlayıcılar, temizleyiciler ve metalik dolguları da eklemektedirler[30, 31].

Bu çalışmada kullanılan malzemeler ve ağırlıkça oranları tablo 1’de verilmiştir. Numuneler

üretilirken doktora tez [32-33] çalışmasında özellikleri incelenmiş olan B0 numunesi temel içerik olarak alınmıştır. B0 numunesinin içeriğine sırasıyla %10, %15 ve %20 bronz tozu ilave edilmiş ve B0 numunesiyle tablo'da verilen aynı üretim şartlarında yeni numuneler elde edilmiştir.

Tablo 1: *Numune içerik ve üretim özellikleri.*

Numune kodu	*Temel içerik (%)	Bronz tozu (%)	Karıştırma süresi (dk)	Kalıplama		
				süresi (dk)	basıncı (MPa)	sıcaklığı (°c)
B0	*100*	*0*	*15*	*15*	*100*	*160*
B10	*90*	*10*	*15*	*15*	*100*	*160*
B15	*85*	*15*	*15*	*15*	*100*	*160*
B20	*80*	*20*	*15*	*15*	*100*	*160*

***** *(%40 barit, %20 reçine, %20 andız kozalağı tozu, %16 cam elyaf ve %4 kok)*

Numune kompozisyonları oluşturulurken, katı yağlayıcı olarak kok kömürü tozu kullanılmıştır. Kok kömürü tozu Konya Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümünden temin edilmiştir. Kok, balata malzemesi içerisinde yağlayıcı olarak görev alan ve karışım içerisine %5-10 civarında katıldığında sürtünme katsayısını ayarlama özelliğine sahiptir. Partikül boyutu ve malzeme içerisindeki konsantrasyonu arttıkça sürtünme katsayısını azaltma, aşınma özelliklerini iyileştirme etkisine sahiptir. Özellikle balata da en çok kullanılan türü petro-kok'tur[34].

Dolgu maddeleri istenen sürtünme özelliklerini bozmadan, hacim doldurmak ve maliyeti düşürmek amacıyla katılır. Isının homojen bir şekilde dağılması ve sürtünme katsayısının ayarlanması, mukavemetin ve korozyon direncinin artırılması ve balatanın renklendirilmesi dolgu maddelerinin yardımıyla sağlanmaktadır[35]. Dolgu maddeleri, fonksiyonel dolgular (solmaya karşı direnç, gözeneklilik, ısıl iletkenlik, vb.) ve boşluk dolgu maddeleri (esas olarak maliyeti düşürmek için) olarak tekrardan kategoriye ayrılır[10]. Bu çalışmada kullanılan barit ($BaSO_4$), 5µm tane boyutunda, Barit Maden Türk A.Ş. firmasından temin edilmiştir.

Bağlayıcılar, balata kompozisyonunu kullanım öncesinde ve kullanım sırasında bir arada tutan matrisi oluşturan yapıştırıcılardır. Birçok termoset reçineyi bağlayıcı olarak kullanmak mümkün olmakla birlikte fenol formaldehitler otomotiv sektöründe kullanılan en yaygınıdır. ÇK 82790 tipi, disk ve kampana balatası için uygun olan Çukurova Kimya Endüstrisi A.Ş. den temin edilen fenolik reçine kullanılmıştır.

Kozalak | Kozalak kesiti | Kozalak tozu

Şekil 1. Andız kozalağı

Sürtünme ayarlayıcı veya sürtünme düzenleyici malzemeler balatanın sürtünme katsayısını istenilen değere getirmek için ilave edilirler. Sürtünme ayarlayıcılar, sürtünme katsayısını kararlı tutarak, balatanın ve karşı yüzeyin aşınma oranlarını kontrol etmek amacıyla kullanılır. Şekil 1'de fotoğrafları verilen anavatanı ülkemiz olan andız kozalağı tozu sürtünme ayarlayıcı olarak kullanılmıştır. Tablo 1'de özellikleri ve tablo 2'de test sonuçları verilen B0 numunesinin sürtünme katsayısı ticari balatanın aynı şartlarda ölçülen değerinden düşük olmasından dolayı sürtünme katsayısını yükseltebilmek için bronz tozu ilave edilmiştir.

Takviye malzemesi olarak cam elyaf kullanılmıştır. Cam elyafı silis-kum (SiO_2)'dan meydana gelmekle birlikte alüminyum, kalsiyum ve potasyum gibi elementlerden oluşur. Çalışmamızda, Cam Elyaf Sanayi A.Ş. Gebze/Kocaeli firmasının üretmiş olduğu fenolik balata üretimi için uygun 3 mm kırpılmış cam elyafı demeti (PH2) kullanılmıştır.

Numune Üretimi her numune çeşidi için 60gr hazırlanan karışım homojenliği sağlamak için çift bıçaklı karıştırıcıda 15dk karıştırılmıştır. Homojenliği sağlanan balata içeriği hassas terazide tartılarak 6'ya ayrılmış, 6 hazneli kalıbının haznelerine doldurulmuştur. 100Mpa basınca ulaşılıncaya kadar sıkıştırılarak, kalıbın dışını çevreleyen ısıtıcı ile 160℃ sıcaklığa kadar ısıtılmıştır. Bu sıcaklıklara ulaşılınca sabit basınç ve sıcaklıkta 15dk bekletilmiştir. Daha sonra oda sıcaklığına kadar soğuması beklenilmiştir.

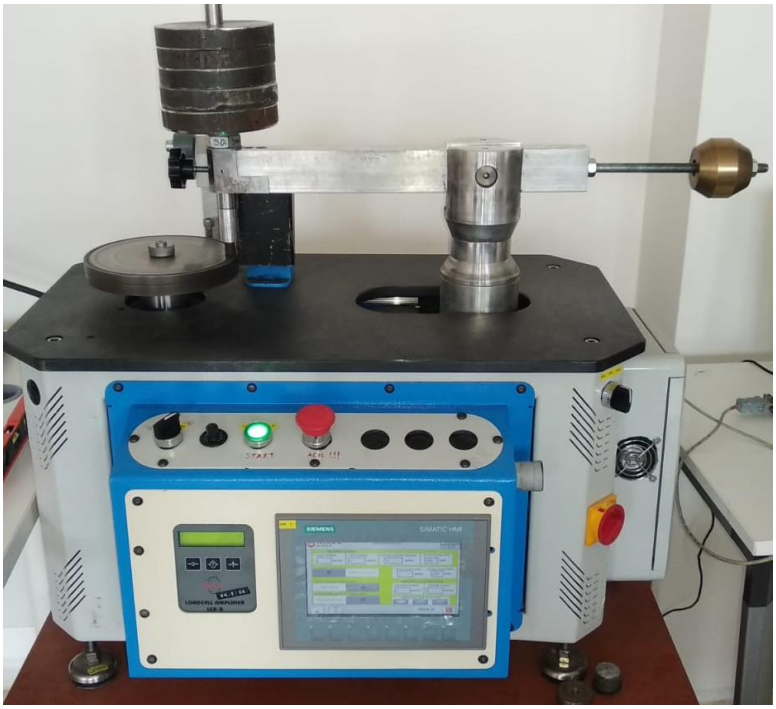
20mm çap ve yoğunluğa bağlı olarak değişen ~20mm yüksekliğe sahip 4 çeşit balata numunesinin, yoğunluk, sertlik, sürtünme katsayısı, aşınma oranı ve iç kesme kuvvet değerleri incelenmiştir.
Yoğunluk(d) ölçümleri için, Arşimet prensibine göre ölçüm yapabilen 0,1 mg hassasiyetindeki Precisa XB-220 hassas terazi kullanılmıştır. Ölçümü yapılacak numunenin önce havadaki kütlesi (m_1) daha sonra 21°C deki yoğunluğu (ρ= 0,9989 g/cm^3) olan saf su içerisindeki kefeye konularak sudaki kütlesi (m_2) ölçülmüştür. Bu iki değer, denklem (1) de yerine yazılarak numunelerin yoğunlukları (g/cm^3) hesaplanmıştır.

$$\boldsymbol{d = \frac{m_1}{m_1 - m_2} . \rho} \qquad (1)$$

Sertlik ölçümleri; Rockwell R skalasında (1/2" bilye 10kgf ön yük, 60kgf toplam yük) ölçülmüştür. Ölçümler oda sıcaklığında, her numune türü için 3 numuneden, üçer ölçüm olarak yapılmış ve aritmetik ortalamaları alınmıştır.

*Aşınma deneyleri***;** şekil 2'de resmi verilen pin-on disk tipi tribometre de yapılmıştır. Kayma mesafesi(S) 10000m olarak belirlenmiştir. Aşınma testi TS 9076 [36] ya uygun olarak 1050kPa basınç oluşturacak yükleme ağırlığı(M) cihaz üzerine takılarak yapılmıştır. Aşınma testi başlangıcında ve bitişinde numunelerin kütleleri *1mg* hassasiyetinde terazide tartılarak ağırlık kaybı(ΔG) kaydedilmiştir. Aşınma oranı(W_a) değeri denklem (2) kullanılarak hesaplanmıştır.

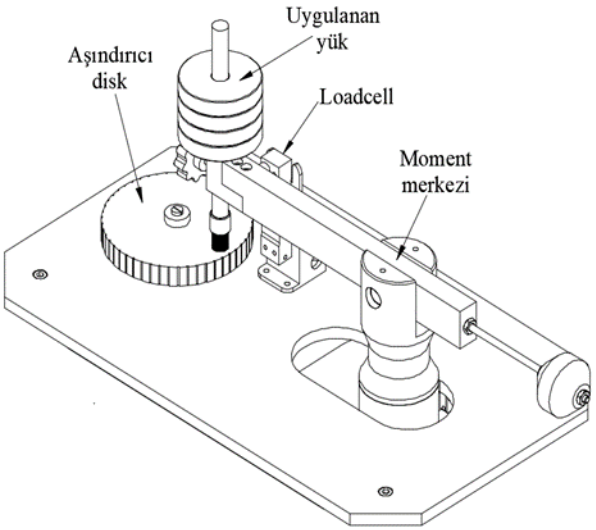
$$\boldsymbol{Wa = \frac{\Delta G}{d.M.S}} \qquad (2)$$



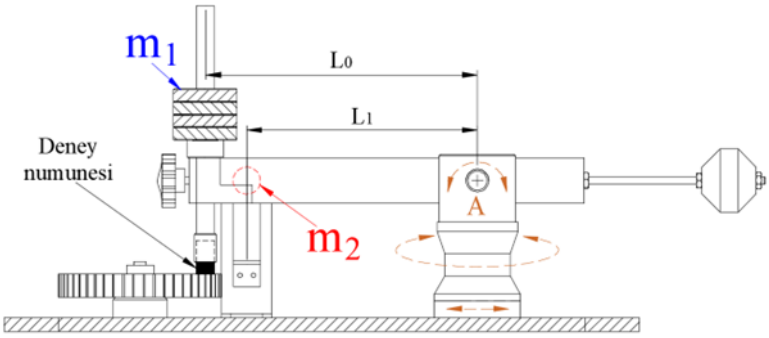
Şekil 2. Aşınma test cihazı

Sürtünme katsayısını hesaplamak için, her numune çeşidinden üçer adet numuneye aynı şartlarda ve şekil 3(a)'da gösterildiği şekilde uygulanan aynı (m_1) yükü altında aşınma testi yapılmıştır. Yapılan aşınma testi esnasında şekil 3(a)'da cihaz üzerindeki yeri gösterilen loadcell den okunan yük (m_2) değerlerinin denklem (3)'de yerine yazılmasıyla elde edilen değerlerin aritmetik ortalamasıdır. 3(b)'de gösterilen L_0 uzaklığı sabittir. L_1 uzaklığı ise moment merkezi*(A)* ile loadcell arasındaki uzaklıktır ve aşındırıcı diskin yarıçapına göre değişkenlik göstermektedir.

$$\boldsymbol{S.K.}(\mu) = \frac{\boldsymbol{L_1.m_2}}{\boldsymbol{L_0.m_1}} \qquad (3)$$



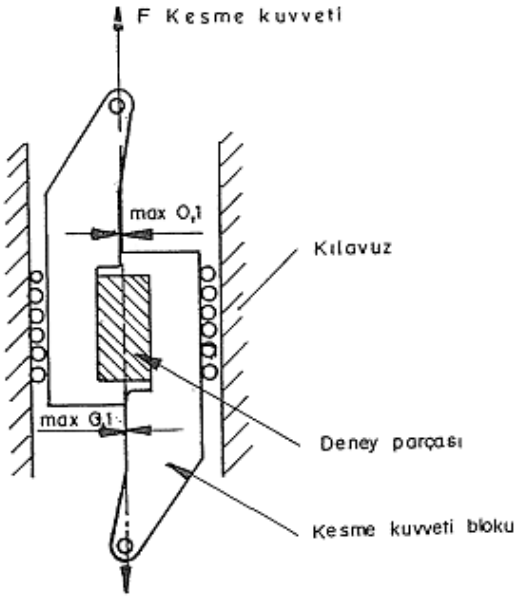
(a)



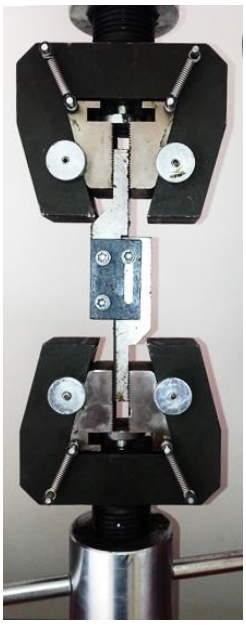
(b)

Şekil 3. Aşınma test cihazı şematik resmi

Fiili koşullarda frenler aracın durması için uygulanır ve bunun için, fren balataları kesme işlemine maruz kalan döner diske sürtünür[37]. TS 9073 [38] ve TS 555 [16]'de kesmeyi meydana getiren, balata veya pabuca dik olan kuvveti, kesme kuvveti olarak tanımlamıştır. Kesme gerilmesi normal hizmet şartlarında fren yaparken disk fren balatalarında ve kampana fren balatasında ise geometrik şekil etkisiyle artan bir kesme gerilmesi olup, fren pabucunda en fazla gerilme meydana getiren değeridir, denmektedir.



(a)



(b)

Şekil 4. İç kesme kuvveti test aparatı

İç kesme kuvveti ile ilgili TS 9073 [39] standardında iç kesme kuvveti şekil 4(a)'da teknik resmi verilen aparatla yapılacağı ve deney cihazının, gereken yükü önceden belirtilen şekilde uygulayabilen bir cihazı bulunan, çekme veya basma deneyi makinesidir. Cihazda yükün ortalama artış hızı 4500±500n/s olacak şekilde uygulanabileceği bir kontrol aleti bulunmalıdır şeklinde ifade edilmiştir. İç kesme kuvveti deneyleri şekil 4(b)'de resmi verilen aparatla çekme deneyi makinesinde yapılmıştır.

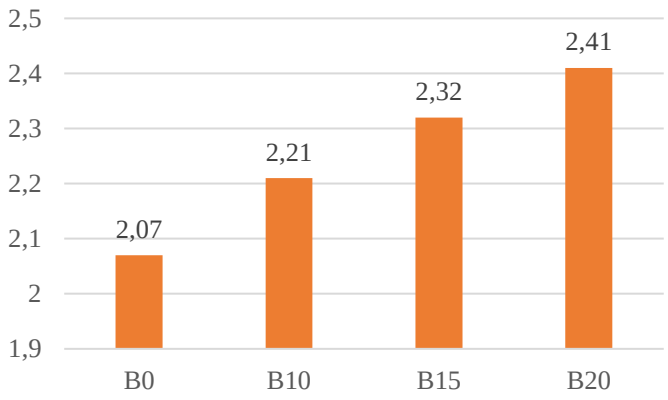
SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Bölüm 2'de açıklanan şartlarda yapılan testlerden elde edilen sonuçlar toplu olarak tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Numune içerik ve özellikleri.

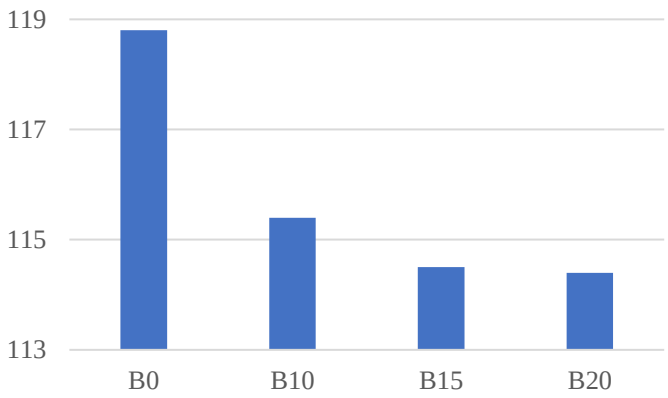
Numune kodu	Yoğunluk (g/cm^3)	Sertlik (HRR)	Aşınma Oranı $x(10^{-7})$ ($cm^3.N^{-1}.m^{-1}$)	Sürtünme Katsayısı (%)	İç Kesme Kuvveti (N)
B0	*2.07*	*118.8*	*0.079*	*17.87*	*7411*
B10	*2.21*	*115.4*	*0.103*	*26.97*	*5823*
B15	*2.32*	*114.3*	*0.118*	*27.18*	*3705*
B20	*2.41*	*114.7*	*0.127*	*27.82*	*3511*

Yoğunluklar şekil 5'de ki grafikte görüldüğü gibi ilave edilen bronz oranına bağlı olarak artış göstermiştir. Bu durum bronz tozunun yoğunluğunun numune içeriğindeki diğer malzemelerin yoğunluğundan yüksek olmasına bağlıdır. Ma, Liu [39], yaptıkları çalışmada 12 farklı malzemeyi karıştırmışlardır. Elde ettikleri numunelerin yoğunlukları ile sonuçlar uyumludur.



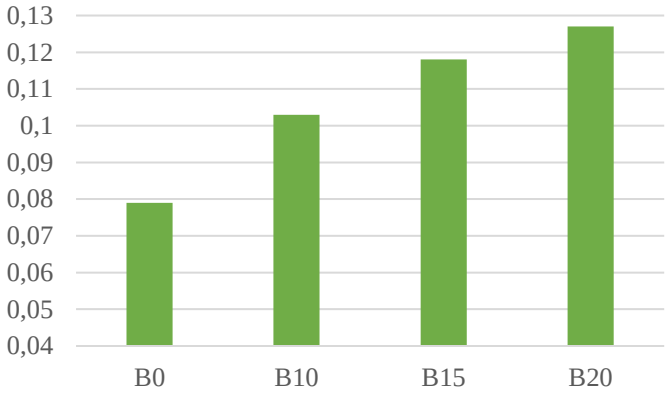
Şekil 5. Yoğunluk grafiği.

Rockwell R skalasında yapılan sertlik ölçümleri şekil 6'da grafikte verilmiştir. İlave edilen bronz oranına bağlı olarak sertlik değerleri azalmıştır.



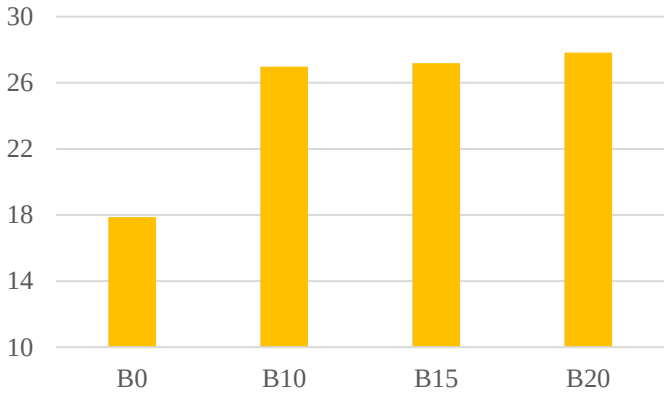
Şekil 6. Sertlik grafiği.

Aşınmanın başlaması ve devam etmesi için sürtünmenin olması gerekir. Sürtünen iki yüzeyin temas alanına mekanik etkileşim alanı denir. Bu alanın aşınmaya etkisi büyüktür. Yüklemenin şekli ve değeri temas alanını, dolayısıyla aşınmayı etkileyen iki önemli faktördür. Yükün değeri arttıkça gerçek temas alanı artar [40]. Malzeme de kütle kaybı olarak tanımlanan aşınmanın ölçümü, temas eden parçalardan birinde veya her ikisindeki hacim veya ağırlık kaybı esas alınarak yapılır.



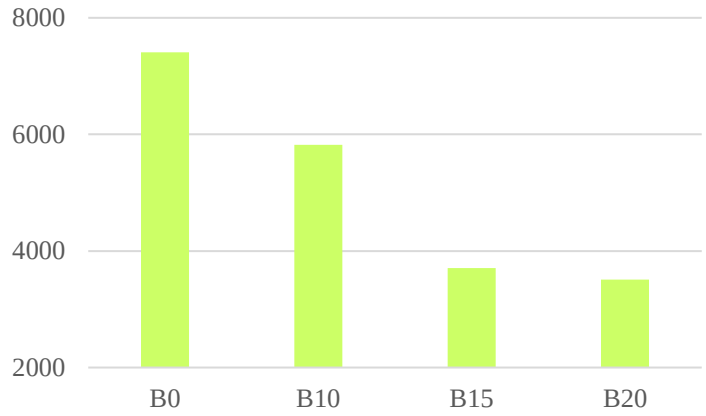
Şekil 7. Aşınma oranı grafiği.

Aşınma oranı sonuçlarını gösteren grafik şekil 7'de verilmiştir. Bronz ilavesine bağlı olarak artış göstermiştir. Bronz ilavesinin sonucunda numunelerin sürtünme katsayısı artmıştır. Sürtünme katsayısı artışına bağlı olarak da aşınma artmıştır.



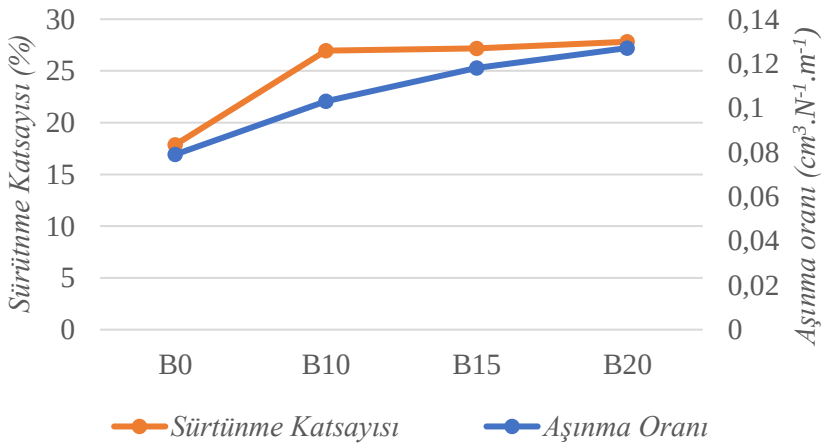
Şekil 8. Sürtünme katsayısı grafiği.

Balata, fren pedalına uygulanan kuvvet sonucunda oluşan fren kuvvetinin etkisi ile kampana iç yüzeyine yâda diske temas ederek sürtünür. Sürtünme katsayısına bağlı olarak değişen bir sürtünme kuvveti oluşur ve kinetik enerjiye sahip olan disk/kampananın enerjisini ısıya dönüştürür. Sürtünme katsayısının (şekil 8) düşük olduğu B0 numunesine bronz tozu ilave edilerek elde edilen bütün numunelerde sürtünme katsayısı ~%29 seviyesine yükseltilmiştir.



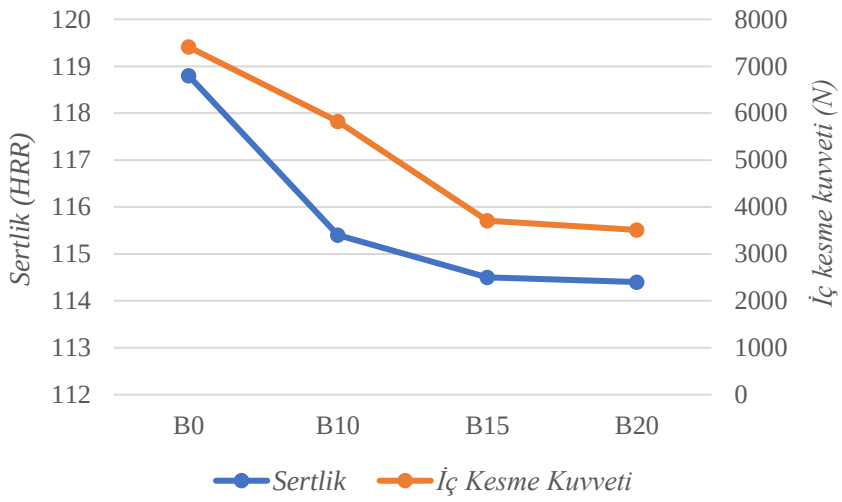
Şekil 9. İç kesme kuvveti grafiği.

Şekil 9'da ki grafikte de görüldüğü gibi iç kesme kuvveti ilave edilen bronz tozuna bağlı olarak azalmıştır. Numunelerin iç kesme kuvvetinin düşmesine sertlik değerlerinin azalmasının yol açtığı düşünülmektedir.



Şekil 10. Sürtünme katsayısı & Aşınma oranı grafiği.

Sürtünme katsayısına bağlı olarak aşınma oranının da arttığı şekil 10'da verilen grafikte görülmektedir. Artan sürtünmeye bağlı olarak aşınma artmıştır. Ayrıca sertliğin azalmasının da aşınmaya etki ettiği düşünülmektedir.



Şekil 11. Sertlik & İç kesme kuvveti grafiği.

Bronz ilavesinin bir sonucu olarak sertliğin azaldığı, azalan sertliğin sonucu olarak da iç kesme kuvvetinin azaldığı şekil 11'da grafik olarak verilmiştir.

Sonuç olarak; yaptığımız bu çalışmada ~%18 gibi düşük bir sürtünme katsayısına sahip numuneye %10-20 bronz tozu ilave edilerek sürtünme katsayısı %29 seviyelerine çıkarılmıştır. Sürtünme katsayısına bağlı olarak aşınma oranı artış göstermiş olmasına rağmen değerler TS 555 [16]'de belirtilen değerlerden azdır. Bronz ilave edilerek elde edilen numunelerin hepsi normal sürtünme katsayısına göre (E) sınıfı balata grubundadır.

REFERANSLAR

1. Mohanty, S. and Y. Chugh, *Development of fly ash-based automotive brake lining.* Tribology International, 2007. **40**(7): p. 1217-1224.
2. Österle, W. and I. Urban, *Friction layers and friction films on PMC brake pads.* Wear, 2004. **257**(1-2): p. 215-226.
3. Abhik, R., V. Umasankar, and M.A. Xavior, *Evaluation of properties for Al-SiC reinforced metal matrix composite for brake pads.* Procedia Engineering, 2014. **97**: p. 941-950.
4. Roubicek, V., et al., *Wear and environmental aspects of composite materials for automotive braking industry.* Wear, 2008. **265**(1-2): p. 167-175.
5. Filip, P., L. Kovarik, and M.A. Wright, *Automotive brake lining characterization*. 1997, SAE Technical Paper.
6. Neşeli S.,Yalçın G.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). Nano Yüzey Kalitesi Oluşturmak İçin Lepleme Makinesi Tasarımı. V Scıence Technology and Innovatıon Congress, 374-380. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5601104)
7. Bijwe, J., *Composites as friction materials: Recent developments in non-asbestos fiber reinforced friction materials—a review.* Polymer composites, 1997. **18**(3): p. 378-396.
8. Pugh, K., *Brake linings—the past, present and future.* Industrial Minerals. March, 1991: p. 49-51.
9. Lee, P.W. and P. Filip, *Friction and wear of Cu-free and Sb-free environmental friendly automotive brake materials.* Wear, 2013. **302**(1-2): p. 1404-1413.
10. Kumar, M. and J. Bijwe, *Composite friction materials based on metallic fillers: sensitivity of μ to operating variables.* Tribology International, 2011. **44**(2): p. 106-113.
11. Lee, W.K., et al., *Effects of antimony trisulfide (Sb 2 S 3) on sliding friction of automotive brake friction materials.* Metals and Materials International, 2013. **19**(5): p. 1101-1107.
12. Venkataraman, B. and G. Sundararajan, *The influence of sample geometry on the friction behaviour of carbon–carbon composites.* Acta materialia, 2002. **50**(5): p. 1153-1163.

13. Belhocine, A., A.R.A. Bakar, and O.I. Abdullah, *Structural and contact analysis of disc brake assembly during single stop braking event.* Transactions of the Indian Institute of Metals, 2015. **68**(3): p. 403-410.
14. Jaafar, T.R., M.S. Selamat, and R. Kasiran, *Selection of best formulation for semi-metallic brake friction materials development.* Powder metallurgy, 2012: p. 1-30.
15. Han, Y., X. Tian, and Y. Yin, *Effects of ceramic fiber on the friction performance of automotive brake lining materials.* Tribology Transactions, 2008. **51**(6): p. 779-783.
16. TS 555, *Karayolu Taşıtları Fren Sistemleri Balatalar Sürtünmeli Frenler İçin*. 1992.
17. Bhushan, B., *Modern tribology handbook. 1. Principles of tribology*. 2001: CRC press.
18. Neşeli S.,Ağaçayak A. C.,Kaya Y., Süspansiyon Sistemleri 2020. İksad Yayınevi, Elektriktrikli Araçlara Genel Bakış 1, ISBN:978-625-7687-47-8, Türkçe(Bilimsel Kitap), (Yayın No: 6758668)
19. Domaç, G., *Disk frenlerin tasarım ve tribolojik açıdan incelenmesi*, in *Fen Bilimleri Enstitüsü*. 2006, Yıldız Teknik Üniversitesi: Doktora Tezi.
20. Gupta, B. and A.J. Modi, *Review of automotive brake friction materials.* Development, 2015. **2**(2).
21. Mahale, V., J. Bijwe, and S. Sinha, *Influence of nano-potassium titanate particles on the performance of NAO brake-pads.* Wear, 2017. **376**: p. 727-737.
22. Kim, S.J. and H. Jang, *Friction and wear of friction materials containing two different phenolic resins reinforced with aramid pulp.* Tribology international, 2000. **33**(7): p. 477-484.
23. Cho, M.H., et al., *Effects of ingredients on tribological characteristics of a brake lining: an experimental case study.* Wear, 2005. **258**(11-12): p. 1682-1687.
24. Gudmand-Høyer, L., et al., *Tribological properties of automotive disc brakes with solid lubricants.* Wear, 1999. **232**(2): p. 168-175.
25. Österle, W., et al., *Towards a better understanding of brake friction materials.* Wear, 2007. **263**(7-12): p. 1189-1201.
26. Satapathy, B. and J. Bijwe, *Performance of friction materials based on variation in nature of organic fibres: Part I. Fade and recovery behaviour.* Wear, 2004. **257**(5-6): p. 573-584.
27. Dönmez, A., *Asbest Dışı Elyaflarla Üretilen Balata Malzemelerinin Özelliklerinin İncelenmesi*, in *Fen Bilimleri Enstitüsü*. 2000, Karadeniz Teknik Üniversitesi Doktora tezi.
28. Öztürk, B., F. Arslan, and S. Öztürk, *Hot wear properties of ceramic and basalt fiber reinforced hybrid friction materials.* Tribology International, 2007. **40**(1): p. 37-48.
29. Gümüş, E., *Otomotivde Kullanılan Kompozit Sürtünmeli Fren Balatalarında Yerli Uçucu Kül Katkısının Balata Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi*, in *Fen Bilimleri Enstitüsü*. 2012, Yıldız Teknik Üniversitesi: Yüksek Lisans Tezi.
30. Baklouti, M., et al., *Impact of the glass fibers addition on tribological behavior and braking performances of organic matrix composites for brake lining.* Wear, 2015. **330**: p. 507-514.
31. Demir, M.E., Y.H. Çelik, and E. Kılıçkap, *Cam ve Karbon Elyaf Takviyeli Kompozitlerde Elyaf Cinsinin, Yükün, Kayma Hızı ve Mesafesinin Abrazif Aşınmaya Etkisi.* Politeknik Dergisi, 2019.
32. Binali R., Yalçın G., Ağaçayak A.C., Modern İmalat Yöntemlerine Genel Bakış, İksad Yayınevi, Mühendislik Alanında Akademikçalışmalar-1, (2021). ISBN:978-625-8423-15-0, Türkçe(Bilimsel Kitap), (Yayın No: 7384626)
33. Aras, S., *Organik Malzeme Esaslı Hibrit Sürtünme Kompozitlerinin Balata Üretiminde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi*, in *Fen Bilimleri Enstitüsü*. 2019, Selçuk Üniversitesi. p. 116.
34. Ertan, R., *Fren Balata Malzemelerinin Optimizasyonu ve Üretim Parametrelerinin Analizi*, in *Fen Bilimleri Enstitüsü*. 2008, Uludağ Üniversitesi: Doktora Tezi.
35. Ayar, H., *Disk Fren Balatalarında Bileşimin Performansa Etkilerinin Deneysel İncelenmesi*, in *Fen Bilimleri Enstitüsü*. 1991, Selçuk Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
36. TS 9076, *Karayolu Taşıtları-Fren Sistemleri-Fren Balataları-Malzeme Sürtünme Özelliklerinin Küçük Deney Parçaları İle Değerlendirilmesi*. 1991.
37. Nagesh, S., et al., *Characterization of brake pads by variation in composition of friction materials.* Procedia Materials Science, 2014. **5**: p. 295-302.
38. TS 9073, *Karayolu Taşıtları-Fren Sistemleri-Fren Balataları-İç Kesme Kuvveti Deneyi*. 1991.
39. Ma, Y., et al., *Performance assessment of hybrid fibers reinforced friction composites under dry sliding conditions.* Tribology International, 2018. **119**: p. 262-269.
40. Boz, M., *Seramik Takviyeli Bronz Esaslı Toz Metal Fren Balata Üretimi ve Sürtünme-Aşınma Özelliklerinin Araştırılması*, in *Fen Bilimleri Enstitüsü*. 2003, Gazi Üniversitesi: Doktora Tezi.

BÖLÜM 4

AKILLI SERA SİSTEMİ

Ömer ÖZBAL[1]
[1] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0003-4665-8943

Abdurrahman SİPER[2]
[2] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0001-6313-5103

GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte otomasyon sistemlerinin insan yaşamı üzerindeki kolaylaştırıcı etkisi gün geçtikçe artmaktadır. Tarım alanındaki teknolojik iyileşmeler de bu kolaylaştırıcı etkilerin en önemlilerindendir. Çünkü tarım insan yaşamında önemli bir üretimdir. Bu üretimde de bitkinin üretim aşamasındaki kontrolü önemli bir yer tutmaktadır. Yetişen ürünün sağlıklı olabilmesi ve tasarruflu bir sulama için homojen bir sulama ve bitkinin yetişebileceği optimum çevresel faktörler önemlidir.

Günümüzde, toprak, hava, su kirliliği ve bunların giderek tükenmesi, tarımın da gerilemesine neden olmakta, buna bağlı olarak sağlıksız ve kalitesiz üretim artmaktadır. Ayrıca dünya pazarlarının besin maddelerine olan talebi üretimimizin de dış pazarlara yönelmesini zorunlu kılmaktadır. Bu yüzden tarımsal üretimin arttırılması ve geliştirilmesi için bir takım önlemler alınması gerekir. Bu önlemlerden birisi de ülkemiz iklim koşullarında, kaliteli ve sürekli üretimi mümkün kıldığı için, besin ve enerji yönetiminin bir arada yapılabildiği sera işletmeciliğidir.

Modern seralarda dijital elektronik, sensör, ve kablolu-kablosuz iletişim teknolojileri etkili şekilde kullanılmaya başlamıştır. Bu teknolojilerin kullanılması ile daha etkin işletme koşulları yaratılarak enerji, su, gübre kullanımında tasarruf sağlanması amaçlanmaktadır. Ancak sera içinde kablolu ölçüm sistemi kablo trafiği açısından bir sorun teşkil etmektedir. Serada etkili veri yönetimi ve kontrol stratejileri için esnek çözümlere gereksinim duyulmaktadır. Büyük hacimli seralarda etkili olan yatay ve düşey yönde sürekli değişen faktörlerin gerçek zamanlı olarak ölçülmesi önemli üstünlükler sağlamaktadır.

Akıllı sera; proseslerinde gelişmiş sensör ağını kullanarak gerçek zamanlı ölçüm yapabilen, verileri saklayabilen, çevre birimleriyle dış hava koşullarındaki değişime enerji ekonomisini gözetecek şekilde adapte olabilen, bitkinin kök bölgesindeki isteklerine gübre ve su tasarrufu yapacak şekilde karar verebilen bitki gelişimini, sera iklimini, bitki besinini toplam yönetim kavramı çerçevesinde stratejik olarak yöneten seradır. Bu çalışmada sera otomasyon sistemi tasarımı ve bu sistemin genel yapısı gösterilerek, sistem elemanları anlatılacak ve daha sonra sistem prototip olarak oluşturulacaktır.

Sera Nedir?

Sıcak iklim ve bölgelerde yetişen ve kışın soğuktan zarar gören bitkilerin konulduğu, kısmen veya tamamen camla kapalı yer. Cam, ışığı geçirdiğinden sera bitkilerinin gelişimine, fotosentezine imkan sağlar. Bu arada serayı rüzgar ve soğuktan da korur. Seralar soba, kalorifer veya elektrik sistemleriyle ısıtılmaktadır. Seralarda çoğunlukla alçak bir tuğla duvar üzerine metal veya ahşap iskelet yapılır. Camlar iskelete takılır. Kapılar üzerinde de küçük havalandırma pencereleri bulunur. Seraların yönü güneş ışığını rahat alabilecek şekilde seçilir İlk seranın, 15. yüzyılın sonlarına doğru İtalya'da bir botanik bahçesinde kullanıldığı tahmin edilmektedir. Daha sonra özellikle Avrupa'da, 17. yüzyılda, camın özelliğinden faydalanılarak koruyucu ve ışık geçirici seralar yapılmaya başlandı. Bu seralar, soğuk, ılık, sıcak olmak üzere üç kısma ayrılır. Bunların içlerinde Akdeniz bölgesi, tropik ve astropik bölgelerin bitkileri de yetiştirilirdi. Seraların; toprak üstünde, toprak içinde ve duvara dayalı olmak üzere kısımlara ayrılan cinslerine Akdeniz bölgesinde rastlanmaktadır.

Dünyada Yaygın Olan Sera Çeşitleri: İhtiyaca göre seraların sıcaklıkları, kullanım alanları, ürünlerin yetişme süreleri gibi ölçütler doğrultusunda çeşitlendirilmiştir.

Soğuk sera: Hafif donlardan zarar gören bitkilerle sıcaktan etkilenen bitkiler buralarda saklanır. Isıtma tertibatıyla, ısı derecesi sıfırın ancak birkaç derece üstünde tutulur.

Sıcak seralar: Ekvator ve tropik bitkilerin yetiştirildiği yerlerdir. Bunlarda sıcaklık normalde 30°C'de tutulur. Sıcaklığın 15°C'nin altına düşmesi tehlikelidir. Bunun için kuvvetli bir ısı düzeniyle havanın nemini de yüksek tutmak için bol suya ihtiyaç vardır.

Ilık seralar: Avusturya ile GüneyÇin bitkileri için kullanılır. Seralar içindeki sıcaklığın 10°-15°C arasında olması gerekir.

Toprak içindeki seralar: Genellikle üretme çiftliklerinde bu tip seralar kullanılır.

Üretim seraları: Çok sık, fide ve bitkilerin yetiştirilmesi için kullanılır. Bu tip seralarda ısıtma tertibatı alttan yapılır. Genelde cam çerçeve ile örtülmüş yastıklardan meydana gelir ve çok masraflıdır. Turfanda fide yetiştirmek için, eğik camla örtülmüş basit yapılı seralar da kullanılır. Halk arasında bunlar camekan olarak bilinir.

Duvara dayalı seralar: Kuzey tarafı duvara dayandırılıp, güneşin güneyden tamamen içeri girmesi sağlanır. Az ısıya ihtiyacı vardır. Masrafı azdır.

Çabuk olgunlaştırma seraları: Bu tip seraların çeşiti, içinde olgunlaştırılacak bitkiye ve meyveye göre değişir.

Hangi tip sera olursa olsun, mutlaka bol güneş alabilecek özelliğe sahip olması lazımdır.

Otomasyon Nedir?

Otomasyon, yapılan ya da yapılacak olan bir işin, insan ile makine arasında uygun şekilde paylaşılması durumudur. Yapılacak olan toplam işin paylaşım yüzdesi, otomasyonun düzeyini belirlemektedir. Bu noktada, otomasyon kavramı da çeşitlere ayrılabilmektedir. Örneğin, insan gücünün yoğun olduğu otomasyon sitemlerine "yarı otomasyon", makine gücünün yoğun olduğu sitemlere ise "tam otomasyon" isimleri verilmektedir.

Sanayi devrimi ile birlikte üretimin artması, pazar koşullarını da değiştirdi. Ancak, geçen zaman içinde, yalnızca üretim yapmanın yeterli olmadığı ve büyük bir pazar haline gelen dünyanın daha hızlı ve esnek sistemlere ihtiyaç duyduğu anlaşıldı. Bu süreçte, firmalar yaptıkları üretimleri kontrol etmek, daha hızlı ve daha güvenilir yollarla yapmak istediler. Fabrikalar, gerçekleşen tüm prosesleri bilgisayar ekranlarında kontrol etmeye, gerekli müdahaleleri anında yapmaya merak saldılar. Gelişen teknoloji ve bilgi akışı sayesinde, üretim tesislerinde bilgisayarlı yapılar çoğaldı ve hem üretim prosesleri, hem de yönetim metotları teknolojinin yoğun kullanıldığı noktalarda değerlendirildi.

Otomasyon kavramı, bu sistemlerin bütününde kullanılan genel bir durumu simgelemektedir. Makineleşme sürecinde yer alan tüm firmalar, gerek yarı otomasyon, gerek tam otomasyon sistemleri ile rekabet yarışında ayakta kalmaya uğraşmaktadırlar. Öte yandan, her ne kadar bu sistemlerin oldukça fazla avantajı olsa da, ilk kurulum maliyetlerinin yüksek olması, göze çarpan ilk dezavantajdır. Ancak, orta ve uzun vadede alınacak olan fayda düşünüldüğünde, bu miktar sorun olmaktan çıkmaktadır.

Hız ve zaman kavramlarının ilişkisi içinde sağlanan yararın yanı sıra, iyi bir otomasyon sisteminin kaliteli ürünlere ortam oluşturduğu da unutulmamalıdır. Üretim sahasının ve nihai ürünlerin kalitesindeki artış, bir diğer otomasyon sistemi yararıdır. Bu noktada, kalite unsuru çok önemli bir noktayı temsil etmektedir.

Bir başka önemli yan ise, verimlilik konusunda otomasyon sistemlerinin mükemmele yakın çalışmasıdır. Böylece, insanlardaki insani sorunların yaşanmadığı, sürekli ve aynı tempoda çalışan makinelerin var olduğu üretim tesisleri oluşmaktadır.

Esneklik unsuru ise, bir diğer otomasyon sistemi yararıdır. Esneklik anlamında oldukça büyük bir önem arz eden bu sistemler, anında müdahale ve değişimlere kolayca ayak uydurabilmektedirler.

Kontrol edilebilirlik, otomasyon sisteminin çok önemli taraflarından birisidir. İnsanların verim ve çalışma konusundaki kontrollerinin çok dengeli sağlanamaması, üretim açısından büyük bir handikap iken, bilgisayar ekranlarından kolayca kontrol edilebilen teknolojik sistemler, bu anlamda yöneticilere büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Sera Otomasyon Sistemi

Çevre birimleriyle dış hava koşullarındaki değişime enerji ekonomisini gözetecek şekilde adapte olabilen, bitkinin kök bölgesindeki isteklerine su tasarrufu yapacak şekilde karar verebilen bitki gelişimini, sera iklimini, bitki besinini toplam yönetim kavramı çerçevesinde stratejik olarak yöneten seradır.

Sera Otomasyonunun Avantaj ve Dezavantajları

Her sistemde olduğu gibi sera otomasyon sistemlerinin de artıları ve eksileri vardır. Günümüz ekonomik şartlarında ürünü kaliteli, hızlı, güvenli ve rekabet edebilir şekilde üretmek hayati bir konum almıştır. Sistem kurmak isteyenlerin gerekli sistemin getirilerini ve götürülerini iyi analiz ederek ne tür bir otomasyon sistemine ihtiyaçları olduğunu belirlemelidir. Bunun için aşağıda sera otomasyonunun avantaj ve dezavantajları maddeler halinde sıralanmıştır.

Avantajlar

 Kalite artışı

 Üretim maliyetinin düşmesi

 Rekabet gücünün artması

 İş kazalarının azalması

 Zamandan tasarruf

Dezavantajlar

 İlk montaj maliyetinin yüksek olması (Maliyet, uzun zamanda çoğu otomasyon sistemlerinde kendini amorti etmektedir.)

 Çalışan sayısında azalma (İşgücü istihdam oranının düşmesi)

 Yatırım maliyetlerinin yükselmesi

Kontrol Edilen Parametreler

Seraların verimliliğini arttırmak adına geliştirilen bu otomasyonda sıcaklık, nem, yağmur, depo seviyesi gibi parametreler kontrol edilmektedir.

a. İklimlendirme Otomasyonu

Sistemin bu kısmında ortamın sıcaklığının manuel ve otomatik olarak düzenlenmesi ve sera içinde havalandırma yaparak bütün ortamın aynı hava kalitesinde olmasını sağlamak amaçlandı. Seraların temel prensibi, bitkilerin büyüyeceği ortamın şartlarını tamamen kontrol altında tutabilmek, dış etkenlerden mümkün olduğu kadar bağımsız bir yetiştirme ortamı elde edebilmektir. İlk olarak üretimin örtü altına alınmasında seranın bizatihi kendisi söz konusudur. Ancak sadece örtü altına almak, içeride istediğimiz iklimin yaratılacağı anlamına gelmemektedir. Örneğin güneşli bir günde içerisi istenenden fazla ısınabilir, berrak ve rüzgarsız gecelerde içerisi istenenden fazla soğuyabilir. Doğru bir iklim kontrolü için en azından aşağıdaki öğeler söz konusu olabilir

 Sera iç hacminin mümkün olduğunca büyük tutulmasıyla bitkilerin kendilerini "açık alanda gibi" hissetmesini sağlamak, sağlıklı bir iklim kontrolünü kolaylaştıracaktır.

 Yükselen sıcaklıkları dengelemek için doğru ve otomatik havalandırma yapılması.

 Düşen sıcaklıkları veya yükselen nem oranlarını dengelemek için doğru bir ısıtma yapılması.

 Soğuk havalarda enerji tasarrufu için otomatik perdeleme sisteminin kontrol edilmesi.

 Radyasyon seviyesinin istenmeyen düzeylere çıkıp serayı aşırı ısıtmasına engel olabilmek için otomatik olarak gölgeleme perdesi kontrolü yapılması.

 Soğutma amaçlı olarak yağmurlama, sisleme, petekli soğutma sistemlerini sayabiliriz. Bunların kontrolü yine otomatik olarak yapılmalıdır ve diğer faktörlerle etkileşmelidir.

 CO2 dozlaması yapılarak bitkilerin daha iyi fotosentez yaparak verimin yükseltilmesi otomatik olarak yapılabilir. CO2 kaynağı olarak dökme CO2 kullanılabileceği gibi ısıtma kazanlarının baca gazları kullanılabilmektedir. Bu şekilde hem bedava CO2 sağlanmış olacak, hem de çevre açısından işletmenin CO2 ayakizi daha küçük olacaktır.

 Suni ışıklandırma ve asimilasyon sistemleri, karartma perdeleri ve benzeri diğer otomatik kontrol öğeleri listesi uzayıp gitmektedir.

b. Sıcaklık Sensörü

Ortam sıcaklığını ölçmek ve elde edilen analog verileri kontrol etmek amacıyla DHT sıcaklık sensörü kullanıldı.

DHT11'in karakteristiğine göz atacak olursak

 Dereceye kalibre edilmiştir.

 Çıkış Tipi: Dijital Sinyal

 Çalışma Gerilimi: 3V ~ 5.5V (Tipik: 5V)

 Çalışma Akım(mA):0.5 ~ 2.5

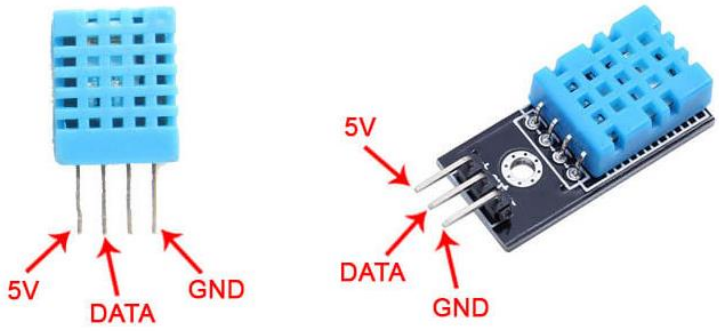
 Sıcaklık Algılama Aralığı(°C): 0 ~ +50

 Nem Algılama Aralığı(%RH): 20 ~ 90

 Sensör Sıcaklık Hassasiyeti: ±2 °C

 Sensör Nem Hassasiyeti: ±5 %RH

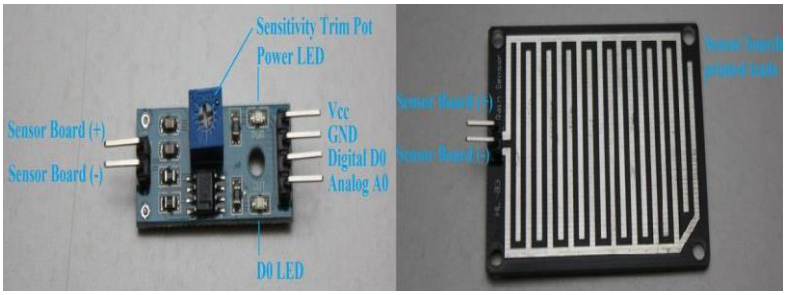
 Boyutlar:15.5x12x5.5mm



Şekil 1- DHT11 görseli

c. Yağmur Sensörü

Şasenin üst kısmına monte edilen bu sensör bitkinin optimum yetişme sıcaklığını etkilemektedir. Bu nedenle sistemin havalandırması ve kapısının kapatılmasına ihtiyaç vardır. Kullanılan sensörün modeli RC-37 olup yağmurun durumuna göre MG996r servo motoru tetiklemektedir. sistem temel olarak ıslaklık ile devre direncinin değişmesini baz alarak çalışmakta. 100k ohm olan sensör direnç su ile temas ettiğinde 2M ohm'a kadar yükselmekte voltaj karşılaştırıcı entegre de bu değerlere göre bir çıkış vermektedir. Kart üzerinde besleme, ground, analog çıkış ve dijital çıkış olmak üzere 4 pin bulunmaktadır.



Şekil 2 - Yağmur Sensörü Görseli

d. MG996r Servo Motor Özellikleri

MG995r güçlü mekanizmalar için tasarlanmış bir servo motordur ve 13 kg lık torka ulaşabilir. Birçok mikrodenetleyiciden alınabilecek PWM sinyalini algalaması nedeniyle çok çeşitli kullanım alanı vardır. Dişli kutusu metaldir ve 30-180 derece arası olan bir dönme açısına sahiptir.

Teknik özellikleri;

Büyüklük:	5.4x 2 x 4.3 cm
Ağırlık:	76 g
Hız @4.8V:	0.17 sn/60°
Zorlanma Torku @4.8V:	9,4 kg·cm
Zorlanma Torku @6V:	11 kg·cm

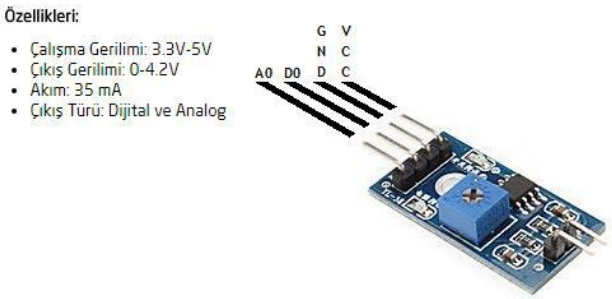
Şekil 3 - MG996r Teknik Özellikleri ve Görseli

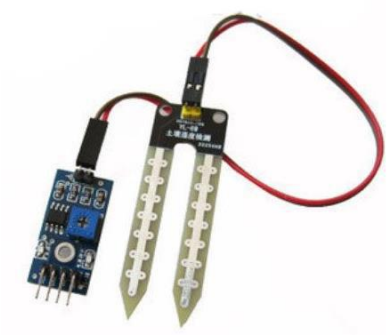
e. Sulama Otomasyonu

Sulama toprak nem sensörü kullanılmıştır. Toprak nem sensöründen gelen verileri parametre olarak kullanırız ve sulama sisteminin pompasını aktif edip veya kapatmayı yaparız. Sistemin doğru ve verimli olabilmesi için aşağıdaki başlıklara dikkat edilmesi çok önemlidir.

f. Toprak Nem Sensörü

Toprak nem sensörü toprağın içindeki nem miktarını ölçmek için kullanabileceğimiz bir sensördür. Nem ölçer problar ölçüm yapılacak toprağa batırılarak ölçüm yapılır. Çalışma prensibi ise toprağın veya batırılan sıvının meydana getirdiği dirençten dolayı, prob uçları arasında bir gerilim farkı oluşur. Bu gerilim farkının büyüklüğüne göre de nem miktarı ölçülür. Topraktaki nem (ıslaklık) miktarı artıkça iletkenliği de artmaktadır. Kart üzerinde yer alan trimpot sayesinde hassasiyet ayarı yapılabilmektedir. Arduino veya farklı mikrodenetleyicilerle rahatlıkla kullanılabilir. Toprak nem sensörümüz Arduino ile analog haberleşmeye imkan sağlamaktadır. Böylece Arduino'muz ile analog okuma ile sensörümüzün nem oranına göre 0 ile 1023 arasında değerler alınmaktadır. Bu değerler ne kadar fazlaysa topraktaki nem oranımızın da bize o kadar fazla olduğunu göstermektedir.





Şekil 4 - Toprak Nem Sensörü Görseli ve Özellikleri Görseli

g. Su Pompası

Toprak nem sensöründen gelen verilere göre pompa açılıp kapanır. Pompa 4.5-12 volt gerilimde çalışabilir .

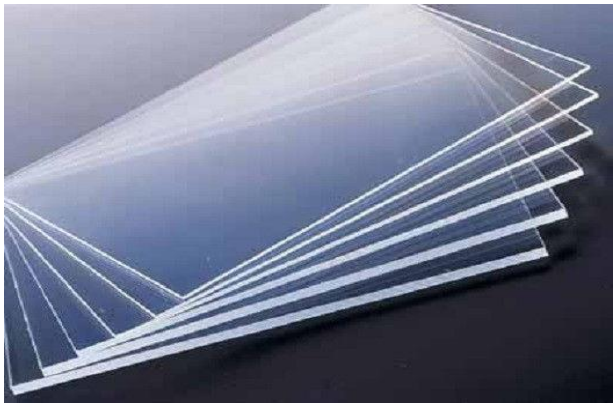
Şekil 5 - Su Pompası

Işık Sensörü

LDR, ışığa duyarlı bir direnç çeşididir. Karanlıkta mega ohm seviyelerine çıkarken ışık algıladığında 5 ohm kadar düşük değerlere gelerek akım geçişine izin verir. Direnç ışık seviyesine göre analog çıkış verir. Ancak bu karttaki özel devre sayesinde trimpot ile ayarlayabileceğiniz eşik değerinde ışık algıladığında dijital çıkış verir. Karta 5V vermeniz halinde eşik değerinde ışık algılayana kadar çıkış 0V, ışık yoğunluğu eşik değere ulaştığında ise çıkışta 5V olacaktır. Devreyi 3.3V-5V aralığında bir gerilim ile kullanılabilir.

***Şekil 6** - LDR Işık Sensörü*

Serada Kullanılan Pleksi Levhalar



Şekil 7 - Pleksi-glass Levhalar

Pleksi, renkli ve renksiz çeşidi bulunan plastik cam. Saydam ve yarı saydam olabilir. Kolay işlenebilen, kesilebilen delinebilen, hafif bir plastik yapısı vardır. Piyasada genellikle 1,5-2,5 mm kalınlığında düz levhalar halinde bulunur. 90°c sıcaklıkta ya da 90°C - 115°C de etüvde ısıtılarak yumuşatılır. Böylece kalıplanarak istenilen biçim verilebilir. Camdan daha dayanıklı ve hafiftir. Tek dezavantajı termodinamik bir yapıda olduğundan yanmaya karşı dayanıklılığı daha azdır. (Döküm) Pleksi levhalar, istenen her şekle rahatlıkla uygulanma imkânı verir. Pleksi levhaların en büyük özelliği döküm levha olmasıdır. Pleksi levhalar kullanıcılarını imalat aşamasında zor durumda bırakmaz. Pleksi levhalar ekstruder levhalar gibi kesimde, şişirmede ve şekillendirmede problem çıkarmaz. Genleşme katsayısı, yoğunluk, yumuşama noktası, sertlik gibi teknik özellikleri standartlara uygun ve polimer sayısı yüksektir. Pleksi levhaların çeşitli ebatları vardır. Genellikle piyasada en çok tercih edilen ebat 200*135 cm dir. [26]

Pleksi Özellikleri;

Işık geçirgenliği yüksek ve darbelere karşı dayanıkdır. Pleksiglas'ın ışık geçirgenliği cama oranla %92'dir. Darbelere karşı dayanıklılığı ise camda 6 kat daha fazladır.

Keskin kenarlı değildir. Yaralanmalara sebep olmaz. Isı geçirgenliği camdan %20 daha azdır. UV Işınlarına Karşı direnç katsayısı yüksektir. YOĞUNLUK=1.18 g/cm^3

 (Döküm) Pleksiglas'a istenen form rahatlıkla verilir.İstenen forma girmesi için Alglas Pleksi'ye 120°-150° C'e yeterlidir.Soğuduktan sonra verdiğiniz form sabit kalır. (Young's Modulus, Modulus of Elasticity)=3.4 GPa

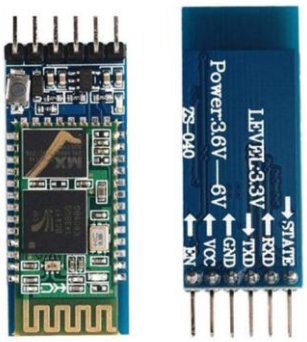
 Pleksinin maksimum dayanma sıcaklığı 80°C dir. Pleksi yanıcı bir termoplastiktir.Kendi kendine yanma sıcaklığı 400°C dir. 250°C de alevle tutuşabilir.Yüzeyi bakır sertliğindedir, fırça ve zımpara ile çizilebilir.

Bluetooth Modülü

HC05 Bluetooth-Serial Modül Kartı, üzerinde CSR firmasına ait BC417 bluetooth çipi bulunan ve Bluetooth 2.0+EDR destekleyen bir karttır.

Hc05 Arduino bluetooth modülünün iki farklı modeli vardır. İlk modelde (HC05 Bluetooth Modülü-A2E6X) çip ve çeşitli devre elemanları bir kart üzerinde dizilmiş olarak bulunmaktadır. Ayrıca kart üzerinde gerekli anten dizaynı optimize edilmiş olarak gelmektedir. Bu tip kartlar PCB tasarımlarında lehimleme kolaylığı açısından daha kullanışlıdır.

Arduino bluetooth controller olarak kullanılan iki modelin İkinci ve daha çok tercih edilen modelde (HC05 Bluetooth Modülü (Pin Çıkışlı)) ise ilk modelin gerekli pinleri ve haberleşme lojik seviyesi ayarlanmış şeklinde bulunmaktadır. Bu modelin üzerinde ikinci bir kart bulunup gerekli pinlerin dışarı alınması sayesinde herhangi bir lehimleme yapılmadan kullanıma uygundur. Böyle bir tasarım hobi ve robotik uygulamalarda kullanım kolaylığı açısından idealdir.



Şekil 8- Bluetooth Modülü(hc05)

ARDUİNO İLE SERA OTOMASYONU

Arduino ile uygulama geliştirmek ve yapımı zor olan karmaşık projeleri oluşturmak çok kolaydır. Uygulama geliştirmeden önce yapılması gereken ilk iş uygulamaya en uygun arduino kartını seçmektir nitekim arduino kartının analog ve dijital bacak sayısına göre bir çok çeşidi vardır. Sera otomasyon sistemi için arduino çeşidi arduino UNO kart kullanıldı.

Şekil 9 – Örnek sera mekan tasarım görseli

Arduino Nedir?

Arduino kolay bir şekilde çevresiyle etkileşime girebilen sistemler tasarlayabileceğimiz bir açık kaynaklı geliştirme platformudur. Arduino açık kaynak kütüphanesine sahip olduğundan dolayı kolaylıkla programlanabilmektedir. Bu mikroişlemciler, arduinonun kendine has bir programa dili ile programlanır. Arduo'nun yazılım dili C++ ile çok benzerdir.

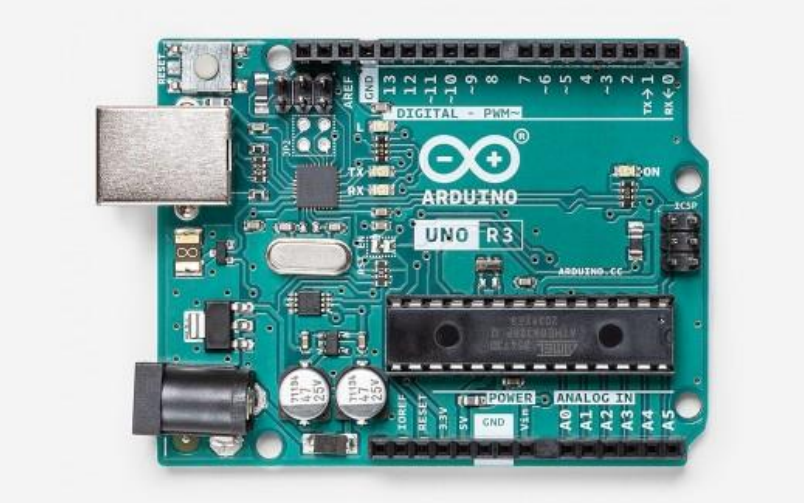
Arduino Çeşitlerinin Genel Özellikleri ve Aralarındaki Farklar

Arduino kartlarının birçok çeşidi bulunmaktadır. Genel olarak bütün kartlarda benzer bileşenler yer almaktadır. Fakat kartların giriş/çıkış pinlerinde, mikro denetleyici modellerinde ve dahili modüllerin sayısı ile çalışma gerilimlerinde farklılıklar bulunmaktadır. Farklı tipteki bu Arduino'ların donanım özelliklerine aşağıda yer verilmiştir.

Arduino	Çalışma Voltajı	Giriş Voltajı	UART	PWM	Analog Çıktı	Dijital I/O	Analog Girdi
ArduinoUno	5V	7-12V	1	6	N/A	14	6
Arduino Mega R3	5V	7-18V	4	14	N/A	54	16
ArduinoFio	3.3V	3.35-12V	1	6	N/A	14	8
ArduinoNano	5V	7-12V	1	6	N/A	14	8
Arduino Mega ADK	5V	7-18V	4	14	N/A	50	16
Arduino Mega Pro	5V	5-12V	4	14	N/A	54	16
Arduino Mini 05	5V	7-9V	1	6	N/A	14	8
ArduinoLenoardo	5V	3.3-5V	1	7	N/A	25	12

Şekil 10 - Arduino Çeşitleri Özellikleri

Arduino Uno



Şekil 9-Arduino UNO görseli

Arduino UNO kart üzerinde, kartı bilgisayara bağlayabilmemizi sağlayan bir USB girişi bulunur. Bu USB girişi ile Arduino UNO ile iletişim kurulur.

Arduino UNO Kart Üzerindeki Pinler

Arduino UNO üzerinde 14 adet dijital pin ve 6 adet analog pin yani bağlantı noktası bulunur.

Dijital Pinler

Dijital pinler hem giriş hem de çıkış olarak kullanılabilir. Yani bu pinler kullanılarak hem sensörlerden gelen verileri okuma gibi giriş işlemleri hem de LED yakma gibi çıkış işlemleri yapılabilir. Pinler 0 ile 13 arasında rakamlarla numaralandırılır. Her pin 5 volt ile çalışır ve maksimum 40 miliamper akım çekebilir.

0 ve 1 numaralı pinler, RX (yani veri alıcı) ve TX (yani veri yayıcı) pinleridir. Bilgisayar ile bağlantı kurulurken ve program yüklenirken bu pinler kullanılır.

Analog Pinler

Arduino UNO, A0'dan A5'e kadar isimlendirilen 6 adet analog girişe sahiptir. Analog devre elemanlarının değerlerini okumak için bu pinler kullanılır. Bu girişlerle 0 ile 1023 arasında değerler okunabilir.

Güç Pinleri

Vin: Bu pin haricî güç girişidir. Adaptör soketi takılan haricî güç girişi ile aynı hattadır. Bu yüzden pine 7 volt ile 12 volt arasında gerilim verilmelidir.

5V: Bu pin ile 5 volt çıkış alabiliriz. Bu sayede 5 volt ile çalışan sensörleri bu pine bağlayarak enerji girişlerini sağlayabiliriz.

3.3V: Bu pin Arduino üzerindeki regülatör sayesinde, devredeki 3.3 volt ile çalışan bileşenler için kullanabileceğimiz gerilim besleme pinidir. Bu pinin maksimum çıkış akımı 50 miliamperdir.

GND: GND pini devremizin tamamlanması için gerekli topraklama pinidir.

LED'ler

Kart üzerinde 4 tane yerleşik LED bulunur.

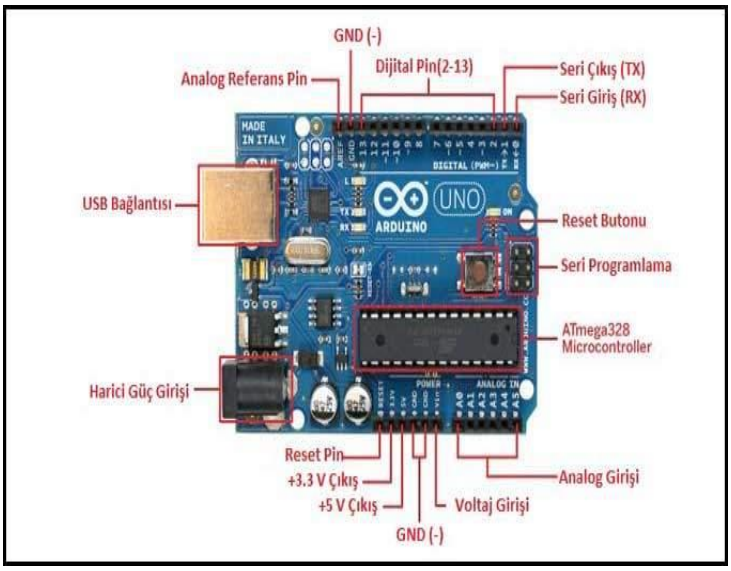
On LED: Karta enerji geldiğini ve kartın çalıştığını gösterir.

RX ve TX LED'leri: Haberleşme LED'leridir. Veri alışverişi yapıldığında yanıp sönerler.

L LED: Genellikle kartı kontrol etme amacıyla kullanılan LED'dir. Bu LED, 13 numaralı dijital pine bağlıdır.

Reset pini, reset düğmesine bağlıdır. Bu pine 5 volt akım verdiğimizde, sanki reset düğmesine basılmış gibi, Arduino kart resetlenir.

Arduino UNO kart üzerindeki pinlerin kullanım amaçlarını ve kart üzerindeki bileşenleri öğrendiğimize göre kartı kullanarak farklı etkinlikler yapabiliriz.



Şekil 11 - Arduino UNO Pinlerinin Görseli

Sistemin Çalışma Prensibi

Sera otomasyon sistemi Arduino mikrodenetleyici kartıyla tasarlanmıştır. Sistemde ışık sensörü, toprak nem sensörü, yağmur sensörü ve sıcaklık sensörü bulunmaktadır. Sensörlerden gelen verilere göre servo motor, su pompası, ışıklandırma, havalandırma(çatı) ve fan gibi aktüatörler çalışıp kapanmaktadır.

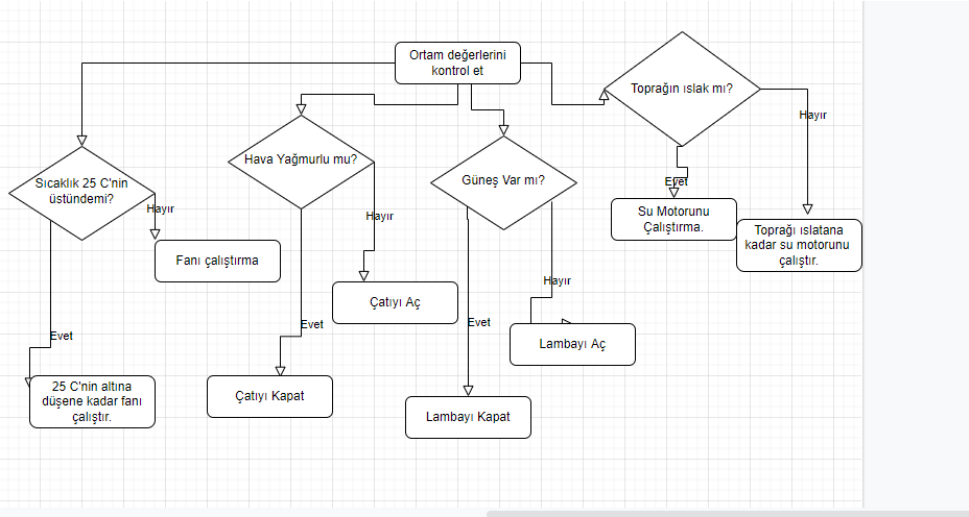
Şekil 12 - Sulama Sistemi Görseli

Şekil 13 - Sensörlerin Görseli

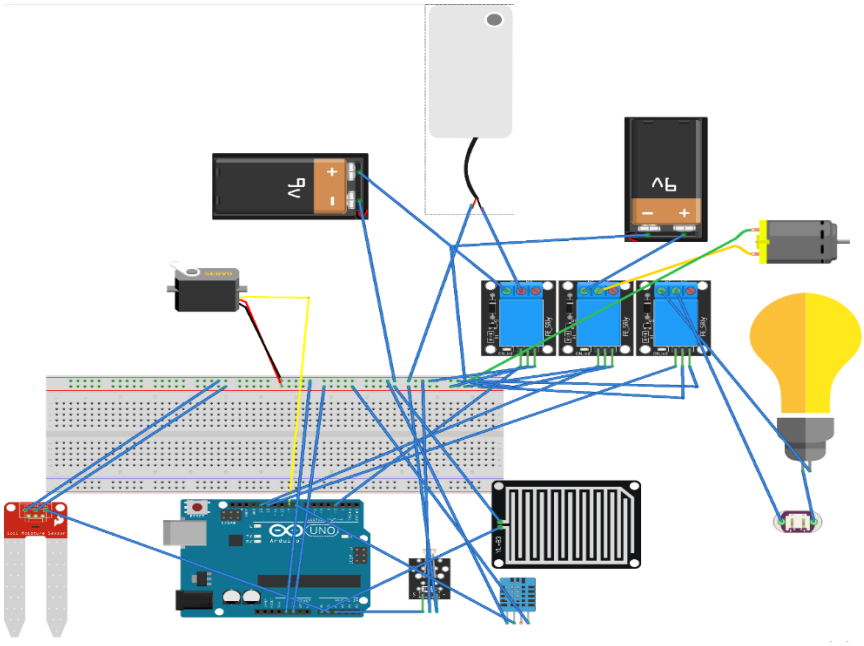
Sistemde toprak sulaması; toprağın içine konumlandırılmış nem sensörü topraktaki nem durumuna göre arduino'ya analog verileri gönderir. Arduino' da denetlenen veriler istenilen değer aralığının altında ise sulama sistemine aktif olması komutu vererek su pompasını çalıştırır. Sistemi istenilen değer aralığına getirir ve belli bir süre bu seviyede çalıştıktan sonra su pompasını devre dışı bırakır.

Seranın ortam sıcaklığı; seranın merkezi bir bölgesine konumlandırılan sıcaklık sensörü ortamda sıcaklığı ölçüp verileri arduinoya gönderir. Her bitkinin optimum yetişme sıcaklığı farklıdır ve bu sebepten ortam sıcaklığını belli aralıklarda tutmak çok önemlidir. Eğer ortam sıcaklık artmışsa havalandırma sistemi(çatının açılması ve fan) devreye sokulur. Isıtma ve soğutma sistemleri belli bir süre çalıştıktan sonra ortam sıcaklığını istenilen değer aralığına getirerek bitkileri daha verimli bir ortamda yetişmesi sağlanır.

Bitkiler; ortamda sıcaklığın anlık olarak değişmesi, şiddetli yağmur, dolu gibi doğa olaylarının önüne geçebilmek için yağmur sensörü vasıtasıyla havanın yağmurlu olması durumunda sensör üzerine düşen yağmur damlalarını algılar ve bilgileri arduinoya gönderir. Arduino'da bilgiler değerlendirilir ve servo motoru çalıştırarak havalandırmayı(çatı) kapatır.



Şekil 14- Akış Diyagramı



Şekil 155 – Projenin Bağlantı Şeması

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ülkemizde yapılan seracılık henüz tam anlamıyla modern kimliğine kavuşamamıştır. Gelişmiş ülkelerde bulunan ve modern sistemlerle donatılmış seralar ülkemizde çok az sayıda mevcuttur. Özellikle sera iç ortam havasının sıcaklığının ve neminin düzenli olarak kontrol edilememesi kötü sonuçlara neden olmaktadır. Bitki verimliliğini arttırmak için en önemli ölçüt optimum yetişme sıcaklığını ve nemini yakalamaktır.

Bu çalışmada prototip bir serada dış ortamın etkilerine karşı iç ortam iklim şartlarının uygun düzeyde kalmasını sağlayacak basit, ucuz ve kullanımı kolay düzenekler ve uzaktan kontrol ile sulama sistemi incelenmiştir. Çalışmada kullanılan düzenekler uygun değişikliklerle üzerinde

hiçbir otomasyon düzeneği olmayan seralarda küçük düzenlemelerle kolaylıkla uygulanabilir yeni kurulacak olan seralarda da rahatlıkla kullanılabilir bir sistemdir.

SİMGELER VE KISALTMALAR

Cm	: Santimetre
M	: Metre
Km^2	: Kilometrekare
A	: Amper
V	: Volt
W	: Watt
USB	: Universal Serial Bus
Hz	: Hertz
C	: Celsius
s	: Saniye
ns	: Nanosaniye
Kg	: Kilogram
LDR	: Light Dependent Resistor (Foto direnç)
PLC	: Programmable Logic Controller - Programlanabilir Mantık Denetleyici
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition - Uzaktan Kontrol ve Gözleme Sistemi
PIC	: Peripheral Interface Controller - Çevresel Arabirim Kontrolcü
P	: Basınç
L	: Litre

REFERANSLAR

Arduino Kartı Tanıyalım, 2021, https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/arduino-karti-taniyalim-0(Ziyaret Tarihi: 2022)

Arduino Türkiye, 2016," Arduinoya Giriş", http://arduinoturkiye.com/, (Ziyaret Tarihi: 2022)

Bilgi Ustam," Otomasyon Nedir Avantaj ve Dezavantajları", http://www.bilgiustam.com/otomasyon-nedir-avantajlari-ve-dezavantajlari-nelerdir/, (Ziyaret Tarihi: 2022)

Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C.,Yalçın G.,Neşeli S. (2019). Adaptif Saksı Sulama Sistemi. 8th International Vocational Schools Symposium (UMYOS'xx19), 2(8), 50-58. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5219058)

Geleceği Yazanlar, 2016 "Bluetooth ile İletişim", https://gelecegiyazanlar.turkcell.com.tr/konu/arduino/egitim/arduino-201/bluetooth-ile-iletisim, (Ziyaret Tarihi: 2022)

InterCompenents,"Bluetooth",2016 http://www.intercomponents.com/uploads/bluetooth_1.pdf, (Ziyaret Tarihi: 2022)

Kazan F.A.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2015). The Design of a Test amp amp Development Board for the Training of PIC18F4550 Microcontroller. 2015 2nd International Conference on Information Science and Control Engineering, Doi: 10.1109/ICISCE.2015.215 (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:1753829)

Otomasyon Dergisi, 2016, "Sera Otomatik Kontrol Sistemleri", http://www.otomasyondergisi.com.tr/arsiv/yazi/77-sera-otomatik-kontrol-sistemleri, (Ziyaret Tarihi: 2022)

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020, Seracılık Sektörü Fizibilite Raporu, https://www.yatirimadestek.gov.tr/pdf/assets/upload/fizibiliteler/ordu-ili-seracilik-sektoru-on-fizibilite-raporu_2020.pdf (Ziyaret Tarihi: 2022)

Uytun, A. , Pekey, B. , Kalemci, 2013, "Toprak Nemi Ölçümleri" KOCAELİ Üniversitesi, Umuttepe Yerleşkesi, Mühendislik Fakültesi, KOCAELİ, Sayfa: 2-4

BÖLÜM 5

3KW 48V HUB MOTOR TASARIM VE ANALİZİ

Seyidkhadija MIRJAFARLI[1]
[1]Selçuk Üniversitesi,Konya/Türkiye,

Hakan TERZİOĞLU[2]
[2]Selçuk Üniversitesi,Konya/Türkiye,
ORCID: 0000-0001-5928-8457

Gökhan YALÇIN[3]
[3]Konya Teknik Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0003-4491-0228

Elmas Sena SAĞDIÇ[4]
[4]Selçuk Üniversitesi,Konya/Türkiye,
ORCID: 0000-0002-4928-9824

GİRİŞ

Geçmişten günümüze doğru otomobillerin kullanım alanları ve sıklıkları giderek artmış, hayatımızın önemli bir parçası halini almıştır. Yaygın olarak pek çok ülke hala fosil yakıtlarla çalışan araçları kullanıyor olsa da bu yakıtların yenilenemez enerji kaynağı olarak tanımlanmasından dolayı tükenecek olması ve çevre kirliliğinin her geçen gün artmasından dolayı otomobillerde yakıt için yeni arayışlara yol açmıştır. Otomobillerin sahip olduğu dış yüzeylerindeki direnç, yola tutunma sistemleri ve aerodinamik özellikler; sürüş sırasındaki hissedilen konfor, gürültü seviyesi, araç dinamiği ve harcanan yakıt gibi birçok parametreye etkisi bulunmaktadır. Bir diğer etken ise aracı yola tekerlekleriyle bağlayan süspansiyon sistemleri ve özellikle ön kontrol sistemleridir.

Dış rotorlu yapma nedeni olarak, içi dönen rotorlardaki %3 ila %1 arasında değişen kayıplardır. Hub motor tekerlek içine yerleştirilen, merkeze bağlı ve elektrikli araçların tekerleklerinin ivmelenmesinde kullanılan senkron elektrik makineleridir. Bu makinelerin birçok avantajları ve bunun yanı sıra bazı dezavantajları da vardır ki, tasarlanacak elektrik makinesi türü seçiminde bu faktörler dikkate alınmıştır. Yüksek verim, düzenli bakıma gerek duymaması, sessiz çalışma ortamı, kolay soğutma ve estetik olarak da standartta mevcut bir öğeye yani tekerlek içine bağlanmasından dolayı az alan kaplaması ve aracın görsel tasarımını bozmaması gibi avantajlara sahiptir. Dezavantajlarına örnek olarak, karmaşık kontrol sistemine sahip olması, pahalı bir sistem oluşu, stator sargılarında oluşan komütasyon nedeniyle pozisyon algılayıcı sensörlere ihtiyaç duymasıdır ki, bizim motorda bu sensörler Alan etkili (Hal) sensörler seçilmiştir ve rotor pozisyonu, geçen akım, manyetik alanın şiddet ve yönü, oluşacak gerilimin şiddet ve yönünü tayin eder(Hanselman, 1994).

Tekerlek içi elektrik motorları, tahrikli tekerleklere sahip olacak şekilde tasarlanmayan araçlarda hareket etmesini sağlamanın etkili bir yöntemini temsil eder. Hub motorlar tekerlek içine yerleştirilen, merkeze bağlı elektrik motorlarıdır. Alternatif yakıtla çalışan araçlarda (Alternative Fuel Vehicles), özellikle elektrikli araçlarda kullanımı yaygınlaşmıştır. Araçların tekerleklerinin ivmelenmesinde kullanılabilen senkron makine türüdür. Bu motorlar büyük miktarlarda tork ve güç sağlayabilir. Yapısı ve çalışma prensibi Kalıcı Mıknatıslı Fırçasız DC motor (PM BLDC Motor) gibidir. Yapılarının aynı olması ve aynı elektrikli makine türüne dahil olduklarından tasarım aşamasında ve sayısal verilerin hesaplanmasında Kalıcı Mıknatıslı Fırçasız DC motor referans olarak alınmıştır. Bunlar; sabit mıknatıslı bir rotor, üç fazlı ve sargıları elektronik olarak enerjilendirilen stator, geri besleme üniteleri (pozisyon algılayıcı sensörler ile akım ve hız geri besleme bilgileri), evirici ve sürücü birimi, denetleyici (yazılımsal ve donanımsal yapılar)' dır.

LİTERATÜR TARAMASI

Bu çalışmada, eksenel akılı sürekli mıknatıslı fırçasız dc motorların tasarımı ve bu tasarımın elektrikli araçlarda kullanımı konusu incelenmiştir. Motor tasarım modeli adım adım açıklanmış ve bu aşamalardan geçen bir motorun üretim hataları dışında optimum olacağı belirtilmiştir. İstenilen parametrelere en kısa ve en az maliyetle ulaşmak isteyen bir tasarımcının yol haritası çıkarılmıştır. İki farklı yapıdaki sadece elektrikli araçlarda bu motor türünün teker içi motor olarak kullanılması ile sistemin ne kadar basitleştirildiği gösterilmiştir(Çetin & Daldaban, 2014).

MotorSolve BLDC, tasarımı oluşturulmak istenen motor ve jeneratörün performansını doğru ve eksiksiz bir şekilde tahmin etmek için oluşturulmuş tasarım yazılımıdır. MotorSolve bulut

tabanlı deneme sanal laboratuvarı 14 günlük deneme sürümü ile referans alınan motorun analizi yapılmıştır(Dereli).

Elektrik motorlarında sargıların yapısı, motor performansına ve verimine etki eden en önemli parametrelerden biridir. Sargılar üzerinde yapılacak olan iyileştirmelerin motor performansını yükseltmesinin yanı sıra imalat maliyetine de etkisi vardır. Bu çalışmada, hafif elektrikli araçların tahrik sisteminde kullanılan bir tekerlek içi fırçasız doğru akım (FDA) motorunun en iyileştirilmiş verim sonuçlarının eldesi için farklı sargı yapılarının uygulanması üzerine incelemeler yapılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda en iyileştirilmiş tasarımın prototipi imal edilmiş, ardından deneysel çalışma gerçekleştirilerek, test sonuçları ve hesaplamalar karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada kullanılan tekerlek içi FDA motoru 2,1 kW gücünde, 900 d/dk devir sayısındadır ve giriş gerilimi 110V dur. Tasarım çalışmasında el hesaplamaları ve sonlu elemanlar yöntemi (SEY) tabanlı ANSYS Electronics Desktop yazılımı kullanılmıştır. Farklı sargı yapılarında motor çalışmasının ne şekilde değişeceği ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Motor performans deneylerinde, motor iç ve dış büyüklükleri yüksek doğrulukla ölçülerek çeşitli çalışma koşullarında verim değerleri belirlenmiştir. Test sonuçlarıyla hesaplama sonuçları karşılaştırılarak en iyileştirme çalışmasının geçerliliği ve tasarım çalışmasının doğrulaması incelenmiştir. Çalışmada sargı yapısının özellikle tekerlek içi motorlarda çok önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır(Çabuk, Sağlam, & Üstün, 2019).

Bu çalışmada, dış rotor fırçasız doğru akım motorunun (BLCD) matematiksel modellemesi yapılmıştır. Fırçasız doğru akım motoru, diğer motor tiplerine göre avantaj ve dezavantajları göz önünde bulundurularak endüstriyel uygulamalarda oldukça tercih edilmektedir. Daha küçük boyutlarla daha yüksek tork üretme, kolay kontrol edilebilirlik ve yüksek verimli elektronik malzemeler geliştirme bu avantajlara örnek olarak verilebilir. Bu çalışmada laboratuvarda kullanılan bir dış rotorlu fırçasız DC motor modellenmiştir. Bu motor şu anda bilgi parametrelerine sahip değil. Bu nedenle öncelikle motor parametreleri için metrik ölçüler, faz sargı sıraları alınır. Elimizde bulunan motor parametreleri ile motor oluşturulmuş ve Maxwell program ortamında analiz edilmiştir. Daha sonra simülasyon için gerekli parametreler (tork sabiti, geri EMF sabiti, faz direnci vb.) elde edilmiştir. Elde edilen parametreler ile Matlab/Simulink ortamında matematiksel model tamamlanmıştır. Böylece Tork özellikleri, motor hızı ve yamuk arka EMF belirlendi. Motor akımları Maxwell ve Matlab/Simulink programları ile uyumludur. Böylece simülasyon modellemesinin doğruluğu onaylanmıştır(KELEK, ÇELİK, FİDAN, & OĞUZ, 2019)

Günümüz ulaşım araçlarının yerini alan elektrikli araçlarda kullanılması hedeflenen Fırçasız Doğru Akım Motor (FDAM) tasarımı gerçekleştirilmiştir. Öncelikle hedeflenen motorun analitik tasarımı yapılarak Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) ile modellemesi yapılmıştır. Ansys Maxwell Programı SEY'de kullanılan paket programlardan biridir. Bu çalışma Ansys Maxwell Elektromanyetik Suite 17.2 versiyonu ile gerçekleştirilmiştir. SEY ile hedeflenen sonuçlara ulaşıldıktan sonra motorun prototip üretimi gerçekleştirilmiş ve prototip motorun, laboratuvar ortamında hazırlanan deney düzeneği ile deneysel çalışmaları yapılmıştır. Deneysel sonuçlar elektromanyetik sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Son olarak prototip motor ElektroGOP aracına monte edilmiş ve sürüş denemelerinde motorun hedeflenen performansta ve sorunsuz şekilde çalıştığı görülmüştür. Analitik tasarım ve FEM yoluyla elde edilen sonuçların deneysel olarak doğrulanması için motor imalatı (mekanik işçilik) çok önemlidir. Bu nedenle prototip üretimi en zor adımlardan biridir. Prototip imalatı sırasında mekanik işlemlerde herhangi bir hata veya eksiklik motorda dezavantajlara yol açmaktadır(Mehmet, Mustafa, & Fazilet).

Çalışmanın bu kısmında, SEY tabanlı Ansoft Maxwell Rmxprt yazılımları kullanılarak benzetim çalışması yapılmış ve en iyileştirilmiş oluk-kutup sayısına sahip olan 24-oluk/20-

kutuplu tekerlek içi FDA motoru tasarımının imalatı gerçekleştirilmiş ve tasarımın deney düzeneği ile testleri yapılmıştır. Stator imalatı için benzetim çalışmaları sonucunda karar verilen 0,1 mm kalınlığındaki M27_26G silisli sac plakalara, tel erozyon yöntemi kullanılması durumunda kenarlarında bozucu etki oluşturması muhtemel olan saçaklanma oluşacağı için lazer kesim yöntemi uygulanmıştır. 16 adet imalatı yapılan bu sac dilimleri pimler yardımı ile paketlenmiştir(Çabuk, Sağlam, Tosun, & Üstün)

Hub Motor üzerinde yapılan çalışmalardan birinde elektrikli scooter için 13 inç tekerlek içi hub motorunun optimizasyonunu, tasarımını ve yapımını açıklamaktadır. 13 kW'lık nominal güç, böyle bir tahrik sistemi için oldukca yüksektir. Buna ek olarak, 121 cm'lik bir motosiklete benzer bir performansa sahip olan aracı 120 km/s'ye kadar hızlandırmak için uygundur. Bu tür tahrik sistemleri için diğer alternatif uygulamalar, elektrikli kamu hizmet araçlarıdır (Gruber, Bäck, & Amrhein, 2011)

Çalışmalardan birinde, elektrikli bir araç için hub motoruna uygulanan yeni bir BLDC motor yapısını sunulmaktadır. Günümüzde BLDC motorlarının fiziksel yapısına, sargılar için bir çerçeve olarak çıkıntılı kutuplara sahip büyük bir stator hakimdir. Bu yapı, stator malzemesinde eddy akımları ve histerezis kayıplarının neden olduğu yüksek ağırlık ve önemli enerji kayıplarına neden olur. Ayrıca, direnç kayıplarının meydana gelmesi için çoğunlukla sınırlı kesit alanları olan büyük miktarda iletken malzemeye ihtiyaç vardır. Bu yazıda, yüksek tork üretmek için. tüm kalıcı mıknatısların aynı anda kullanımına izin veren çok kompakt ve yüksek verimli hava boşluklu sargı ile birlikte azaltılmış ağırlık, boyut, dirençli ve manyetik kayıplara sahip stator yapılarına izin veren kalıcı uyarılmış bir elektrik motoruna yeni bir versiyon sunulmaktadır. Ağırlık ve enerji yoğunluğu hub motorların dezavantajlarındandır. Sunulan tasarlanmış yeni motor modeli bu iki probleme yöneliktir. Sayısal simülasyon ve ilk ölçüm sonuçları, yeni tasarımın uygulanabilirliğini kanıtlamış ve elektrikli araç uygulamaları için kullanılabiliriğini göstermiştir. Böylece elektrikli araçlar için yeni bir tekerlek içi hub motorunun tasarımı sunuldu. Hava boşluğu sargısı dahil modifiye edilmiş manyetik daire sayesinde, hafif bir yapı mümkün oldu ve yaklaşık 2kW/kg civarında çok yüksek bir güç yoğunluğu ile sonuçlandı. Kapsamlı sayısal simülasyonlar, yeni tasarımın uygulanabilirliğini kanıtlıyor. İlk deneysel sonuçların yapılması konsepti kanıtlamak ve küçük bir fonksiyonel prototip kullanarak analitik motor modelini doğrulamak içindi. Küçük bir modifiye edilmiş BLDC motorun sunulmuş sonuçlarına dayanarak, bu yazıda sunulan tasarım parametreleri temelinde 40kW'lık bir prototip geliştirildi ve inşa edildi (Borchardt, Kasper, & Heinemann, 2012)

Elektrikli sürme sistemi, elektrikli araçların (EV'ler) sürüş performansı ve güvenliği için çok önemlidir. Geleneksel iki tekerli EV'lerin aksine, hub motorlu dört tekerli sürme sistemi, her bir tekerleğin torkunu ve hızını bağımsız olarak kontrol ederek aracı yönlendirebilir ve yüksek verimlilik ve güvenilirliğe sahip çok basit bir dağıtılmış aktarma organı sağlar. Bu çalışmada, pratik bir sürüş döngüsüne dayalı olarak bir kampüs devriyesi EV'si için kalıcı mıknatıslı hub motor sürme sistemi için tasarım optimizasyon yöntemi sunar. Sürücü sistemi için bir dış rotorlu sabit mıknatıslı senkron hub motoru (PMSHM) ve geliştirilmiş bir model yüklem akım kontrolü önerilmiştir. Redüktörlerin olmaması nedeniyle, doğrudan tahrikli PMSHM'nin daha karmaşık çalışma koşulları ve tasarım kısıtlamaları ile yüzleşmesi gerekiyor. Uygulamada, motor tasarım gereksinimleri, kampüste pratik EV sürüş verilerinin toplanması yoluyla elde edilir. Süspansiyon sabitliği ve dönüş hızı regülasyonunu aynı anda dikkate almak, BPMSM sisteminde önemli bir konudur. Bu makalede, iyi izleme ve bozulma karşıtı performansı ile GWO tarafından ayarlanmış bir durum geri besleme kontrolörü önerilmiştir. Geleneksel SFC ile karşılaştırıldığında, önerilen strateji, GWO optimizasyonunu kullanarak daha az yanıt süresi

ve izlenebilirlik ile iyi sonuç alınmış, bu da hesaplama verimliliği ve yerel optimizasyondan kaçınma açısından bariz avantajları gösterir (X. Sun et al., 2020)

Diğer bir çalışmada, hub motorları için birleşik bir BLDC ve PMSM kontrolü önermektedir. Hub motoru için düşük hızda sinüzoidal kontrol veya alan odaklı kontrol uygulanırken, orta ve yüksek hızda blok komütasyon algoritması kullanılmaktadır. Sürüş kabininin tüm hız aralığında düşük gürültü seviyesine ulaşılabilir. Dört tekerlekli EV için elektrikli frenleme yöntemi de sunuldu. Önerilen metodoloji, araç testi ile gösterilmiştir ve düşük gürültü seviyesi ve dinamik performans elde ettiği gösterilmiştir. Kalıcı mıknatıslı fırçasız hub motoru için farklı kontrol yöntemleri sürüş ve frenleme kontrol stratejileri, blok komütasyon kontrolü, sinüzoidal kontrol ve alan yönelimli kontrol olarak sunulur. Daha sonra, bu yazıda hub motoru için birleşik BLDC ve PMSM kontrolü önerilmiştir. Hub motoru için düşük hızda sinüzoidal kontrol veya alan yönlendirmeli kontrol uygulanırken, orta ve yüksek hızda blok komütasyon algoritması kullanılmaktadır. Önerilen hibrit sürüş kontrol stratejisinin iyi bir performans elde edebileceği ve dört tekerlekli elektrikli araç için uygun olduğu doğrulandı. Deneyler, dinamik performansın elde edilebileceğini ve tüm hız aralığında sürüş kabinindeki düşük gürültü seviyesinin korunduğunu doğrulamaktadır (Lu, Li, Ouyang, & Gu, 2011)

Başka bir çalışma ise, merkezi ve dağıtılmış tahrikli elektrikli araçların performans özelliklerinin karşılaştırmalı analizine dayanarak, dağıtılmış tahrikli elektrikli araçların hub motor tahrik modunun kompakt yapıya, yüksek araç içi alan kullanım oranına, daha düşük araç ağırlık merkezine, iyi sürüş stabilitesi, kolay akıllı kontrol ve diğer birçok avantaja sahip olduğunu, böylece elektrikli araçların sürüş performansının geliştirilmesi için yeni gereksinimler olduğunu ve dağıtılmış tahrikin, gelecekte elektrikli araçların nihai modu olacağını göstermiştir (Y. Sun, Li, & Liao, 2017)

Çalışmalardan birinde de sabit mıknatıslı bir senkron motorun tekerlek içi motorunda bağımsız olarak dönen bir tekerlek setinin aktif direksiyonu üzerindeki motor dönüş hızı dalgalanmasının etkilerini analiz etti. Motor dönüş hızı dalgalanmasının IRW'nin ideal kontrol hedefine dönmesini engellediği; bunun yerine, belirli bir aralıkta dalgalandığı bulundu. Bu araştırma, düz bir çizgide çalışan bir tekerlek içi motorda bir IRW'nin sabit hız işlemi sırasında sol ve sağ tekerleklerin dönüş hızı farkı oranı ile tekerlek takımı yanal yer değiştirme değeri arasında bir fonksiyon denklemi çıkardı. Daha sonra, motor kontrol doğruluğu ile tekerlek takımının maksimum yanal yer değiştirme değeri arasındaki ilişki ortaya çıkarılmıştır (Ji, Ren, & Zhou, 2018).

Diğer bir çalışmada da, akustik davranışı sanal olarak optimize etmeye izin veren, otomobillerin elektrikli sürüşünü tasarlamak için yenilikçi bir konsept sunulmaktadır. Özel olarak, bir elektrikli tekerlek içi hub motorunun akustiği ayrıntılı olarak incelenir. Bu nedenle, hava basıncını hesaplamak için motor çevresindeki hava hacmi ile birleşen yapısal titreşimlerin yanı sıra en önemli titreşim uyarımı olarak elektromanyetik alanı dikkate alan bütünsel bir simülasyon iş akışı geliştirilmiştir. İlk olarak, motorun yapısal titreşimlerini uyarmak için uygulanan elektromanyetik kuvvetler hesaplanır. Son olarak, hesaplanan yüzey hızı, yayılan ses basıncı seviyesini belirlemek için serbest alan koşulları altında çevreleyen hava hacmini uyarmak için kullanılır. Bütünsel metodolojinin her üç adımında da sayısal simülasyonlar için sonlu elemanlar yöntemi (FEM) kullanılır. Simülasyon sonuçları ölçümlerle doğrulanır. Bu yazıda, çevredeki hava hacminde azaltılmış bir ses basıncı seviyesine sahip bir motor almak için farklı tasarım konfigürasyonları karşılaştırılmıştır. Son olarak, elektrikli tekerlek içi hub motorun en iyi tasarımı belirlenmiştir (Duvigneau, Perekopskiy, Kasper, & Gabbert, 2017).

Başka bir çalışma balanssız manyetik çekişe karsı, Elektrik motorlarındakı vibrasyonun bastırılması üzerine yapıldı. Hub motorlu elektrikli araç (HM-EV) için tahrik motoru doğrudan tekerleğe entegre edilmiştir. Hub motorunun dengesiz manyetik çekişi (UMP), yol yüzeyi pürüzlülüğü uyarımı altında mıknatıs boşluğu deformasyonu ile üretilecekti. HM-EV sisteminin boyuna ve dikey dinamik performansları bu nedenle bozulur. İlk olarak, HM-EV sisteminin uzunlamasına ve dikey dinamik performansını analiz etmek ve optimize etmek için, havalı süspansiyon modeli, kalıcı mıknatıslı fırçasız doğru akım (PM BLDC) ile donatılmış yeni bir on serbestlik dereceli matematiksel çeyrek HM-EV sistem modeli hub motor modeli ve rijit halka lastik modeli önerilmiştir. Bu modelde PM BLDC hub motorunun UMP'si dikkate alınmıştır. Bir HM-EV sistem modeli doğrulama test tezgahı oluşturulmuştur. Modelin doğruluğu deneyle doğrulanır. İkinci olarak, çeyrek HM-EV sistem modeline dayalı olarak, boyuna ve dikey UMP'yi hesaplamak için BP sinir ağı benimsenmiştir. BP sinir ağları ve elektromanyetik formül ile hesaplanan sonuçlar arasındaki bağıl hata %1'ten azdır ve ortalama karekök hatası (RMSE) 2'den küçüktür. Önerilen BP sinir ağları hesaplama yöntemi ile UMP hesaplama süresi %70,3 oranında kısaltılmıştır. Son olarak, ayarlanabilir kuvvet tanıtılır ve HMEV sisteminin boyuna ve dikey titreşimini bastırmak için model öngörücü kontrol (MPC) yöntemi kullanılır (Li, Liu, Song, & Wang, 2021)

Diğer bir araştırmada Fırçasız DC motorun (BLDCM) rejeneratif frenleme performansını etkileyen faktörler, tezgah testi ve yol testi yoluyla analiz edildi. BLDCM, dört tekerlekten bağımsız tahrikli bir EV'de tahrik motoru olarak kullanıldı. PWM görevi ile motor dönüş hızı, şarj akımı ve voltajı arasındaki ilişki, elektrik motoru için rejeneratif frenleme kontrol stratejisinin tasarımına fayda sağlayabilecek ve enerji verimliliğini artırmaya yardımcı olabilecek test ile belirlendi (Wang, Wang, Cai, & Sun, 2012)

Makalelerden birinde hem dış rotorlu hem de iç rotorlu sabit mıknatıslı senkron motor incelenmiştir. Hem iç rotorlu makine hem de dış rotorlu makine, çekiş tahrik motorları için yaygın yapısal biçimlerdir. İlk tip, aktarma organının tork hızı profili gereksinimlerini karşılamak için dişli kutusunun başlatılmasını gerektirir. Öte yandan, birçok mekanik bileşen, örneğin, şanzıman, diferansiyel ve şaft gerekli değildir Tekerlek içi hub motor başlatıldığında. Bu aşınma bileşenlerinin kaldırılması, elektrikli araçların maliyetlerini ve ağırlığını azaltmak için avantajlar sunar. İç rotor PMSM, FEA aracılığıyla tasarlanmış ve deneysel testlerle başarılı bir şekilde doğrulanmıştır (Roumani & Schmuelling, 2016)

Literatür çalışmalarından birinde, yukarıda da belirtildiği üzere eksenel akılı fırçasız doğru akım Hub motoru hazırlanmıştır. Lakin eksenel akılı motorların dezavantaj olarak rotor ve statordan aynı anda sıcaklıktan kaynaklı büyük kayıplar oluşma ihtimali yüksektir. Aynı zamanda yapı olarak asenkron motorlara benzerliğinden dolayı statorun sabit olup rotorun yüksek hız ve frekanslarda dönmesi motorda balans bozulması ve milden kayma gibi sorunlara neden açabileceği ihtimali büyüktür. Analizin tasarımının önemli etken olduğu söylenebilir çünkü, tasarımcıya motorun üretilmeden önceki performansını ve çıktılarını gözlemlemesine neden olur. Analiz sonuçları 100% doğruluk oranına sahip değildir, lakin analizi yapan mühendis analiz sonuçlarını mümkün oldukça ideale yakın düzeyde olmasını hedeflerler. Bunun için birçok yazılım bulunsa da kullanılacak yazılımlarda sonuç-çıktı doğruluk oranı değişmektedir. Başka bir çalışmada deneme süreci kullanıldığından motor analizleri doğru performans çıktılarını vermeme ihtimali MotorSolve yazılımcısının bizzat vurguladığı faktördür. Bu nedenle geniş literatür araştırması yapıldıktan sonra Ansys Electronis ve Ansys Workbench'in motor tasarım ve analizi için kullanılan en iyi uygulamalardan olduğu gözlemlenmiş ve bu projede motor analizleri bizzat bu iki uygulama üzerinden yapılmıştır. Ansys Workbench'de mesh yapısı mümkün olacak en optimize haliyle düzenlenmiş ve mekanik analiz sonuçlarının doğruluk yüzdesi böylece artmıştır. Elektromanyetik ve SEA ile

motorun manyetik ve performans çıktıları elde edilmiş ve tasarım parametreleri optimize edilerek bu değerdeki en verimli motor tasarlanmıştır. Yukarıda verilmiş çalışmalardakı gibi yapılan birçok çalışmada ya motorun voltaj düzeyi yüksektir ya da kayıpların düşürülememesi nedeniyle güç düzeyleri yüksek tutulmuştur. Buna esas neden motorun çektiği ve armatürde harcadığı akım düzeylerinin yüksek olmasıdır ki, bu malzeme seçimi dikkatli yapılmadığı sürece motorun ömrünü azaltır. Bu çalışma kapsamında tasarlanmış motor 72V olarak 3kW güçte hazırlandı.

Tasarlanmış motor hem verimli hem de ucuz bir yapı olarak tasarlandı. Motor malzeme ve parametreleri optimize ederek birçok aşamalı analizlerden geçirildi. Malzeme olarak rotorda soğuk haddelenmiş çelik kullanılacaktır. Sertliği yüksek bir malzeme olduğunda devamlı hareket kısmında olan rotor için bu malzeme en iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Stator malzemesi olarak tanecik yönetimli elektrik çelik kullanılmıştır. Malzemenin ısı dayanıklılığı ve titreşime dayanıklılığından kaynaklı olarak malzeme olarak bu elektrik çeliği seçilmiştir. Her iki malzeme frekans dayanıklılığından kaynaklı olarak seçimi yapılmıştır. Mıknatıs olarak NeFeB mıknatıs kullanılmıştır. Rotorun imalında kalıcı mıknatıs elde etmek için, ferrit maddesinden yapılan mıknatıslar tercih edilmiştir. Rotorda kullanılacak manyetik malzemenin belirlenmesinde- birim hacime düşen moment miktarına, motorun işletme sıcaklığı aralığına ve yerleştirilecek mıknatısın fonksiyonelliği göz önünde bulundurulduğundan mıknatıs seçimi özenle yapılmıştır. Şeçilmiş mıknatıs türü NdFeB mıknatısı olmuş çalışma sıcaklık aralığı 40-60C aralığında seçilmiştir. Arnold Magnetics firmasının N35SH kodlu mıknatısı maliyet ve özellik açısından tasarlanmış motor için seçilmiştir.

TASARIM ADIMLARI

Motor tasarımına motor türünü seçerek başlandı. Hub motorlar tekerlek içine yerleştirilen, merkeze bağlı elektrik motorlarıdır. Alternatif yakıtla çalışan araçlarda (Alternative Fuel Vehicles) ve bunların bir türü olan hidrojenli araçlarda kullanımı yaygınlaşmıştır. Araçların tekerleklerinin ivmelenmesinde kullanılabilen senkron makine türüdür. Bu proje kapsamında tasarlanmış Hub motor, Sabit Mıknatıslı Fırçasız Doğru Akım Motorunun bir türüdür. Tasarlanmış motor dış rotorludur ve iç rotorlu motorlara göre kayıplarının daha az olması nedeniyle tercih edilmiştir. Bu kayıpların oluşmasındaki ana neden, iç rotorlu motorlarda hareket eden kısım sabit kısımla kaplı olduğundan kinetik enerjiden kaynaklı ısınma ve hareketten kaynaklı titreşim daha fazla olur böylece kayıplar artar.

Kullanılacak motor türü belirlendikten sonra tasarıma başlamak için 2 temel sayısal parametre belirlenmesi gerekti. 210 kg'a kadar araç için 72V DC kaynaktan beslenme yeterli olacağı sonucuna literatür taraması sonucunda varılmıştır. Daha sonra tasarlanacak motorun boyutsal sınırlamaları belirlenmiştir. 72V motor için giriş ve çıkış güçleri hesaplanmış, bunun için Denklem 1.1- 1.7 kullanılmıştır.

$$F_{ro} = mgf_{ro} \quad (1.1)$$

$$f_{ro} = 0.01(1 + \frac{V}{160}) \quad (1.2)$$

$$F_a = 0.5\rho C_w A(v_0 + v) \quad (1.3)$$

$$F_w = 0.5(C_s \rho A_s v_r) \quad (1.4)$$

$$F_T = F_{ro} + F_w + F_a \quad (1.1)$$

$$P_t = F_t \cdot V \quad (1.6)$$

Tablo 1. Parametreler

F_{ro}	**Yuvarlanma direncidir**
F_a	Hava kuvvetidir
F_w	Rüzgâr kuvvetidir
F_T	Toplam kuvvettir
A	Araç ön iz düşüm alanıdır
A_s	Araç uzununa iz düşüm alanıdır
m	Motor ağırlığıdır
V	Ortalama hız (m/s cinsinden)
v_0	Başlangıç hız (m/s cinsinden)
ρ	Hava yoğunluğudur ve hesaplamada 1,293 kg/m^3 olarak hesaplanmıştır.
f_{ro}	Yuvarlanma katsayısıdır ve hesaplamada 0.02 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1'de hesaplamada kullanılmış parametrelerin açıklamaları verilmiştir.

Araç ağırlığı max 250 kg, Hız 65-120 km/h aralığında yapılan hesaplamalar sonucunda alınan gerekli giriş gücü 2,6 kW ve çıkış gücü 2.2 kW bulunmuştur. Böylece tasarlanarak motorun 3 kW ve 72V olmasına karar verilmiştir. Daha sonra aracın çalışacağı ortalama hız düzeyine göre motorun rpm hesabı yapılmıştır. Bunun için denklem 1.7 kullanılmıştır.

$$\omega = \frac{V}{D \cdot 0.001885} \quad (1.7)$$

$$J_x = \frac{1}{8} m(D_1^2 + D_2^2) \quad (1.8)$$

$$J_y = \frac{1}{4} m(\frac{D_1^2 + D_2^2}{4} + \frac{L^2}{3}) \quad (1.9)$$

$$T_a = (\frac{Ji^2 + J_L}{9.55}) \cdot \frac{\omega}{t_1} \quad (1.10)$$

Bulunan kalkınma torku değeri denklem 1.7-1.10 ile 387,6 Nm olarak, yüklü durumda sabit hızla hareket sırasında hesaplanmış tork değeri ise 42.6 Nm olarak 1.11 denklemi ile hesaplandı.

$$T_L = \frac{1}{4\pi} \cdot D_1^2 \cdot L \quad (1.11)$$

Bu hesapların yapılması için stator iç çapı ve motor dış çapı ve uygun paket boyu belirlenmesi gerekmektedir. Stator iç çapı denklem 1.12 ile 156 mm olarak hesaplandı.

$$D_i = D - 2 \cdot h_0 - 2 \cdot h_b \quad (1.12)$$

Ardından motor dış çapı (tasarlanmış motor dış rotorlu olduğundan buna rotor dış çapı da söylenebilir) denklem 1.13 ile 260 mm olarak hesaplanmıştır.

$$D_0 = D + 2g + 2d_{mag} + 2h_{rb} \quad (1.13)$$

Dış çapın hesaplanması için stator boyunduruğu, hava aralığı boşluğu genişliği ve mıknatıs kalınlığı değerleri belirlenmiştir. Stator boyunduruğu yüksekliği denklem 1.14'te, hava aralığı büyüklüğü ise denklem 1.15'te verilmiştir.

$$h_{rb} = \left(\frac{\tau_p}{2 \cdot k_{fe} \cdot B_b} \right) \cdot B_g \quad (1.14)$$

$$\Delta = 0,2 + 2\sqrt{D \cdot L} \quad (1.15)$$

ANALİZ

Tüm bu aşamaların ardından motorun Elektromanyetik analizleri yapıldı. Analizde Ansys Elctronics Desktop kullanılmıştır. Ansys Electronics Desktop, elektrik mühendislerinin çeşitli elektrik, elektronik ve elektromanyetik bileşenleri, cihazları ve sistemleri tasarlamasını ve simüle etmesini sağlayan kapsamlı bir platformdur. Elektromanyetik (EM), termal ve devre tasarımlarını oluşturan ve analiz eden birleşik bir arayüzdür.

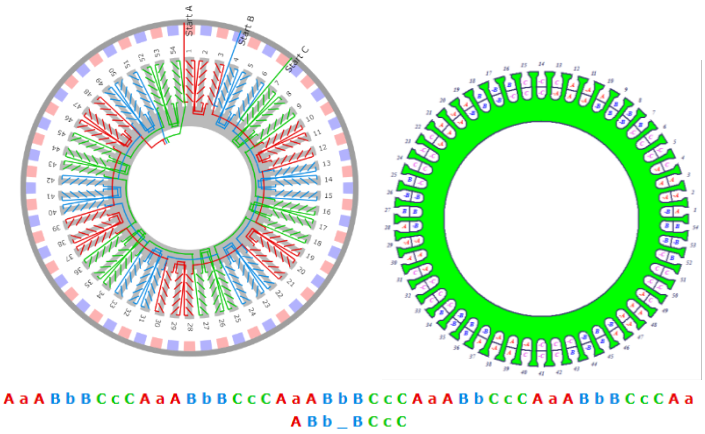
Analiz için öncelikle Analiz girdileri yapıldı ve buada yapılan hesaplamaların sonucu kullanılmıştır. Analiz için temel motor girdileri Tablo 2'deki gibidi

Tablo 2. Girdi değerleri

Güç	**3 kW**
Voltaj	48 V
Ortalama dönme hızı	291 rpm
Boşta çalışma hızı	821.4 rpm
Kutup sayısı	20
Oluk sayısı	14
Hava aralığı genişliği	1.31 mm
Mıknatıs kalınlığı	2.71 mm
Kirişleme faktörü	0,941
Stator iç çapı	200 mm
Stator dış çapı	211.8 mm
Rotor iç çapı	214.1 mm
Rotor dış çapı	228 mm
Referans hızda verimlilik	90.38%

Kutup sayısı oluk sayısına göre belirlenir ve oluk sayısı da uygulama talepleri ile tasarım tercihleri göz önünde bulundurularak seçilir. Herhangi özel metodu veya formülü yoktur. Tasarım sırasında bavaria-direct.co.za sitesi kullanılarak seçilmiş oluk kutup sayısının mekanik

olalar kullanılabilirliği test edilmiştir. Kutup sayısı 20, oluk sayısı 14 olarak kararlaştırılmış, uygun sarım faktörü 0.94121 olmuştur. Seçilmiş oluk/mıknatıs kutup kombinasyonu, dönüş başına 140 diş açma adımına sahip olmuştur. Sarım şematiği Şekil 2.1'de verilmiştir



Şekil 1. Sarım konfigürasyonu

Sargıların statorda bulunması, sargılarda meydana gelen ısının kolaylıkla dışarı atılarak motorun soğumasını sağlamaktır. Motor sargıları iki katmanlı olarak oluk başına 4 spir olacak şekilde sarılmıştır. Kullanılan iletken bakır olup 0.724mm çapındadır.

Motorun Tam yükte ve boşta çalışmasının analiz sonuçları Şekil 2-(a) ve (b)'de verilmiştir.

Data: Full-Load Operation

	Name	Value	Units
1	Average Input Current	69.149	A
2	RMS Armature Current	62.9	A
3	Armature Thermal Load	104.965	A^2/mm^3
4	Specific Electric Loading	17175.2	A_per_meter
5	Armature Current Density	6111470	A_per_m2
6	Frictional and Windage Loss	4.8356	W
7	Iron-Core Loss	221.87	W
8	Armature Copper Loss	92.489	W
9	Transistor Loss	0	W
10	Diode Loss	0	W
11	Total Loss	319.2	W
12	Output Power	2999.9	W
13	Input Power	3319.2	W
14	Efficiency	90.3831	%
15	Rated Speed	691.201	rpm
16	Rated Torque	41.4458	NewtonMeter
17	Locked-Rotor Torque	1343.31	NewtonMeter
18	Locked-Rotor Current	3074.3	A
19	Maximum Output Power	8664.4	W

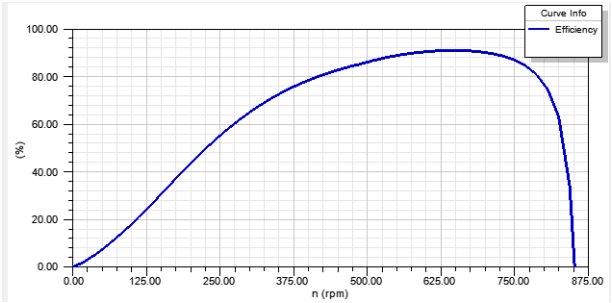
Data: No-Load Operation

	Name	Value	Units
1	Stator-Teeth Flux Density	1.49826	tesla
2	Stator-Yoke Flux Density	0.0416319	tesla
3	Rotor-Yoke Flux Density	1.14661	tesla
4	Air-Gap Flux Density	0.759004	tesla
5	Magnet Flux Density	0.802007	tesla
6	Stator-Teeth Ampere Turns	16.9189	A.T
7	Stator-Yoke Ampere Turns	0.0378528	A.T
8	Rotor-Yoke Ampere Turns	1.14787	A.T
9	Air-Gap Ampere Turns	833.481	A.T
10	Magnet Ampere Turns	-851.636	A.T
11	Start Armature Reactive AT	2074.96	A.T
12	Leakage-Flux Factor	1	
13	Stator Yoke Correction Factor	0.792784	
14	Rotor Yoke Correction Factor	0.728079	
15	No-Load Speed	861.414	rpm
16	Cogging Torque	1.04886	NewtonMeter

(a) Tam yükte çalışma **(b)** Boşta çalışma

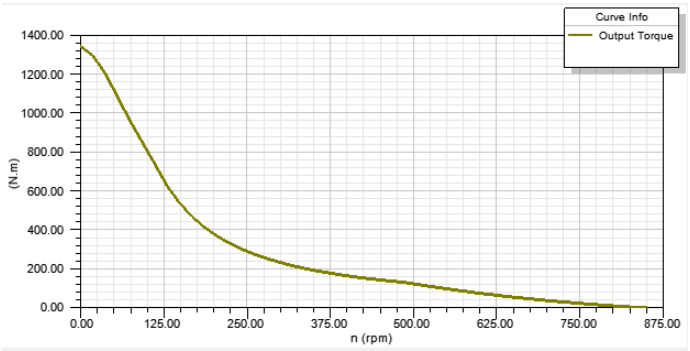
Şekil 2. Motorun Sonlu Elemanlar Analiz Sonuçları

Motorun grafiksel Analiz çıktıları Şekil 3-4 arasında verilmiştir.



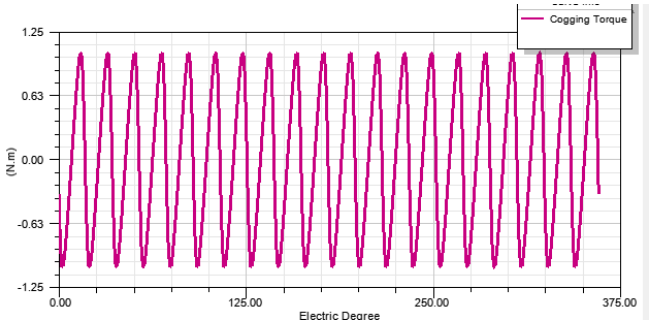
Şekil 3. Motorun verim hız grafiği

Buradan motorun verimli çalışacağı bölgenintahminen 100-710 rpm arasında olduğu görülüyor ki bu tahminen 11 km/h ile 83 km/h arasında bir hıza tekabül eder.



Şekil 4. Motorun Tork Hız grafiği

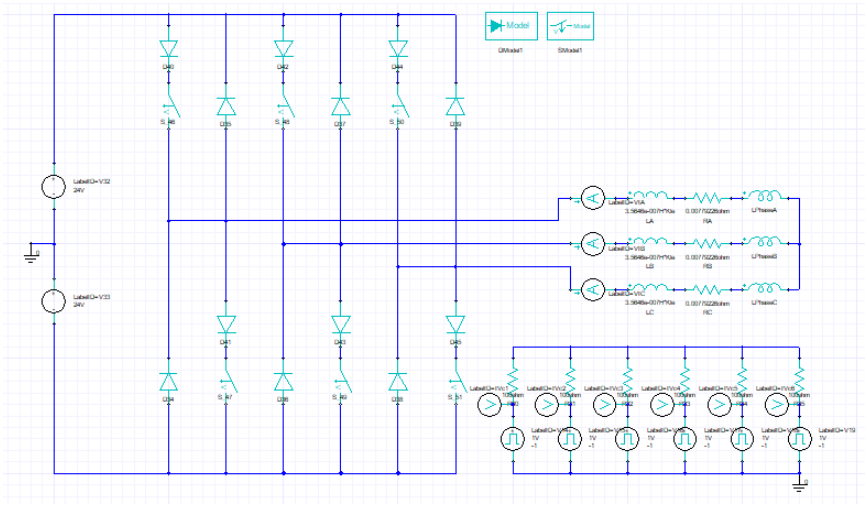
Hız tork grafiği motorun yeterli kalkınma ve hareket torkuna sahip olduğunu göstermiştir. Hesaplamalarda normal sabit hızda hareket sırasında gereken tork 41 Nm arası değişir ki verimli hızda yani 100-710 rpm'de bu tork değerlerinin üzerine ulaşmış 22-89Nm arası bir sonuç alınmıştır.



Şekil 5. İki stator dişi arasındaki vuruntu torku

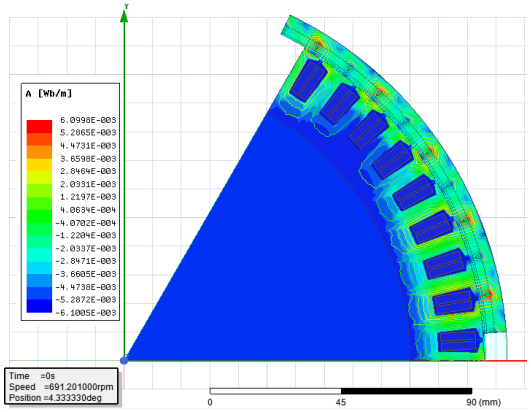
Şekil 5'dakı vuruntu torku motorda fazla kayba neden olmamaktadır. Lakin gerekli düzeyin üzerinde bir değer almıştır. Tasarım hesaplarında vuruntu torku 1'in altında tutulsa da analizde 1.1-1.13 Nm civarı değer bulunmuştur.

Elektromanyetik analiz Ansys 2D Maxwell yazılımıyla yapılmıştır. Tasarlanmış elektrik Hub motorun Eltromanyetik modeli Şekil 2.7'de verilmiştir. Burada motorun analiz sırasında faz başına iç direncinin 0,0079222Ohm, Bobin değerinin ise 3.1242e-007H*Kle olduğu gözlemlenmiştir.



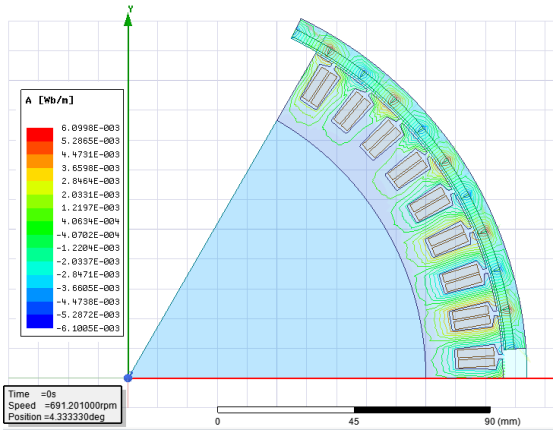
Şekil 6. Motorun Maxwell Şeması

Motorun Elektromanyetik analiz sonuçları Şekil 7 ve Şekil 8 arasında verilmiştir.



Şekil 7. Motor'dakı manyetik alan yoğunluğu

Motorda suan 4.33 Elektriksel derecede daha ilk fazın etkileşimiyle motor hareketi başlangıç andakı manyetik alan yoğunluğu dağılımı verilmiştir ki ilgili mıknatıslarda (Mıknatıs 7 ve Mıknatıs 12) bu durum gözlemlenmektedir.



Şekil 8. Motordaki Alan çizgileri

Motorun Elektromanyetik analizinden görüldüğü üzere Elektronik Komütasyon düzgün bir şekilde gerçekleşmiştir.

SONUÇ

Tekerlek içi elektrik motorları, tahrikli tekerleklere sahip olacak şekilde tasarlanmayan araçların hareket etmesini sağlamanın etkili bir yöntemini temsil eder. Hub motorlar tekerlek içine yerleştirilen, merkeze bağlı elektrik motorlarıdır. Araçların tekerleklerinin ivmelenmesinde kullanılabilen senkron makine türüdür. Bu motorlar büyük miktarlarda tork ve güç sağlayabilir. Araçta Sabit Mıknatıslı Fırçasız Doğru Akım Hub Motor kullanılma nedenlerinden biri budur. Diğer bir neden fırçasız doğru akım motorlarının yüksek verimlilik ve sağlam çalışma hızına sahip olmasıdır. İçi dönen motorlarda dişli kayıpları ve çok fazla ısınmadan dolayı motor dış rotorlu olarak tasarlandı. Motor teknik avantajlarının yanı sıra görsel olarak da tekerlek içine yerleştiğinden ve basit bağlantı şemasına sahip olduğundan kaba olmayan bir görselliğe sahiptir.

Motor tasarımına kullanılacak analiz ve çizim programlarına karar vermek ve daha sonrasında temel hesaplamalar yaparak devam edildi. Ansys Electronics kullanılarak motorun elektromanyetik ve mekanik analizleri yapıldı.

Motor hesaplamaları birbirine bağlı iki aşamadan oluşuyor: Elektriksel ve mekanik hesaplamalar. Lakin hesaplamalara başlamadan önce motorun ortalama hızı, voltajı ve gücü belirlenmelidir. Motorun gücü 270 kg araç için pistin eğimi ve sürtünme katsayısı da göz önünde bulundurularak 3kW hesaplandı. Bu hesaplamalar için öncelikle motora etki eden toplam mekanik kuvvet hesaplandı ve bunun ardından bunu ardından toplam kuvvet ile hızın çarpımı ile toplam motor gücü hesaplandı. Motorun çalışacağı gerilim deneme yanılma metoduyla 48V olarak bulunmuştur.

İlerleyen aşamada motorun hesaplamalarına uygun olarak Solidworks Design Suite üzerinden çizimi yapılacak ve Ansys workbench üzerinden analizler tekrardan yapılacaktır. Analiz sonuçlarına uygun olarak gerekirse optimizasyon yapılacak ve üretimi yapılacaktır.

REFERANSLAR

Ağaçayak A.,Terzioğlu Hakan,Özdeş Büşra, (2020). Bölüm 3- Elektrikli Araçlarda Telemetri, İKSAD, Elektrikli Araçlara Genel Bakış 2, ISBN:978-625-7687-48-5.

Borchardt, N., Kasper, R., & Heinemann, W. (2012). *Design of a wheel-hub motor with air gap winding and simultaneous utilization of all magnetic poles.* Paper presented at the 2012 IEEE International Electric Vehicle Conference.

Çabuk, A. S., Sağlam, S., & Üstün, Ö. (2019). Investigation on efficiency of in-wheel BLDC motors for different winding structures. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 34*(4), 1975-1985.

Çabuk, A. S., Sağlam, Ş., Tosun, G., & Üstün, Ö. Hafif Elektrikli Araçlar İçin Kullanılan Tekerlek İçi Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Farklı Oluk ve Kutup Sayısı Kombinasyonlarının Verim Üzerine Etkilerinin İncelenmesi Investigation of Different Slot-Pole Combinations of An In-Wheel BLDC Motor for Light Electric Vehicle Propulsion.

Çetin, E., & Daldaban, F. (2014). Otomotiv Uygulamalarında Kullanılacak Eksenel Akılı Sürekli Mıknatıslı BLDC Motor Tasarım Modeli.

Dereli, U. *Fırçasız doğru akım motoru (BLDC) ve sürücüsü tasarımı.* Fen Bilimleri Enstitüsü,

Duvigneau, F., Perekopskiy, S., Kasper, R., & Gabbert, U. (2017). *A holistic simulation workflow to design an acoustically optimized electric wheel hub motor.* Paper presented at the 8th international conference on design, modelling and experiments in advanced structures and systems–DeMEASS VIII.

Gruber, W., Bäck, W., & Amrhein, W. (2011). *Design and implementation of a wheel hub motor for an electric scooter.* Paper presented at the 2011 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference.

Hanselman, D. C. (1994). Brushless Permanent Magnet Motor Design. *1*, 411.

Ji, Y., Ren, L., & Zhou, J. (2018). Boundary conditions of active steering control of independent rotating wheelset based on hub motor and wheel rotating speed difference feedback. *Vehicle System Dynamics, 56*(12), 1883-1898.

KELEK, M. M., ÇELİK, İ., FİDAN, U., & OĞUZ, Y. (2019). The Simulation of mathematical model of outer rotor BLDC motor. *Simulation, 2687*, 5527.

Li, Z., Liu, C., Song, X., & Wang, C. (2021). Vibration suppression of hub motor electric vehicle considering unbalanced magnetic pull. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 235*(12), 3185-3198.

Lu, D., Li, J., Ouyang, M., & Gu, J. (2011). *Research on hub motor control of four-wheel drive electric vehicle.* Paper presented at the 2011 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference.

Mehmet, A., Mustafa, E., & Fazilet, A. BLDC motor design and application for light electric vehicle. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21*(2), 326-336.

Mirjafarli S., Terzioğlu H., Ağaçayak A.C., (2021). Bölüm 1:Hub Motor Tasarımına Genel Bakış, İKSAD, Mühendislik Alanında Akademik Çalışmalar-1, ISBN:978-625-8423-15-0.

Roumani, K., & Schmuelling, B. (2016). *Electromagnetic design of central motor and in-wheel hub motor according to their voltage range.* Paper presented at the 2016 19th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS).

Sun, X., Shi, Z., Cai, Y., Lei, G., Guo, Y., & Zhu, J. (2020). Driving-cycle-oriented design optimization of a permanent magnet hub motor drive system for a four-wheel-drive electric vehicle. *IEEE Transactions on Transportation Electrification, 6*(3), 1115-1125.

Sun, Y., Li, M., & Liao, C. (2017). *Analysis of wheel hub motor drive application in electric vehicles.* Paper presented at the MATEC Web of Conferences.

Wang, B., Wang, R. G., Cai, Q. Y., & Sun, H. W. (2012). *Experimental research on regenerative braking of wheel-hub motor.* Paper presented at the Advanced Materials Research.

BÖLÜM 6

ELEKTRİKLİ ARAÇ İÇİN MEKANİK TASARIM

Elmas Sena SAĞDIÇ[1]
[1]Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0002-5186-834X

Ömer Cem GÖKDOĞAN[2]
[2]Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0002-5091-1588

İsmail İRİŞ[3]
[3]Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0001-9582-9433

Sultan ÇETİNTAŞ[4]
[4]Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0002-7161-2480

Melike EROĞLU[5]
[5]Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0001-8085-0301

Emine ALAN[6]
[6]Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0002-7970-5155

GİRİŞ

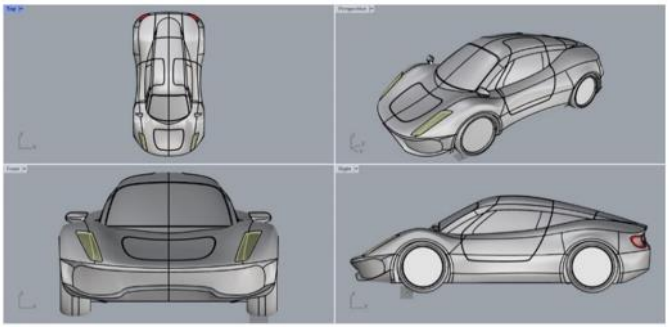
Otomotiv sektörünün hızla ilerlemesi ile daha yüksek verim eldesi, daha düşük karbon emisyonu gibi hem daha temiz bir çevre hem de daha konforlu yolculuklar otomotiv sektörü için hedef haline gelmiştir. Bu beklentiler doğrultusunda elektrikli araç fikri ortaya çıkmıştır. Günümüzde oldukça yaygınlaşmakta olan elektrikli otomobiller eski tasarımlara nazaran bu isterleri çok daha iyi sağlayabilmektedir. Örneğin bir benzinli araçtaki verim ile elektrikli araçtaki verimi karşılaştırdığımızda; benzinli araçlarda verim %20-25 aralığında seyrederken elektrikli araçlarda verim değerleri ortalama %85-90 arasında değişmektedir.

Yüksek verimlere ulaşabilen bir motorun verimli bir çalışma gerçekleştirebilmesi için tasarımda ve hareket sağlayan tüm kısımlarda kayıplar minimuma indirilmelidir. Bir araç tasarımında aerodinamik yapı, minimum sürtünme ile stabil hareket sağlayan mekanik aksamlar ve malzeme tercihi gibi yöntemler ile aracın verimi yükseltilebilmektedir.

KABUK TASARIMI

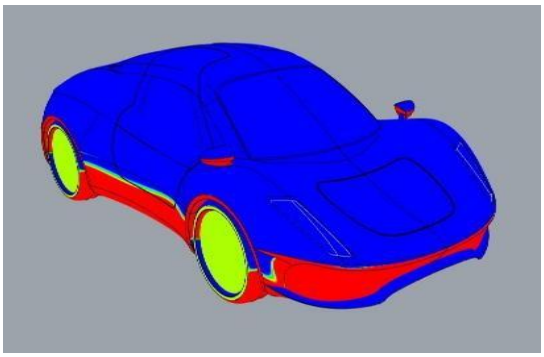
Projedeki esas amacın verimlilik üzerine olması nedeniyle kabuk tasarımında en fazla önem arzeden faktör öncelikle düşük sürtünme katsayısına sahip iyi aerodinamik yapıda bir gövdedir. Bunun yanında görsel anlamda da araçta gündelik hayatta kullanılan araçlara benzeyen bir tasarımın oluşturulması hedeflenmiştir.

Tasarım öncelikle el ile çizilmiş ardından bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Şekil 1'de aracın bilgisayar üzerinde alınmış render görüntüsü verilmiştir.



Şekil 1 Araç render görüntüsü

Sistemler doğru şekilde çalışıyor, araç gövdesi gerekli mukavemeti sağlıyor ve yapılan akış analizleri istenilen sonucu veriyorsa CAD modelleme aşaması tamamlanır. Şekil 2'de aracınüretim görseli verilmiştir.



Şekil 2 Elektromobil üretim görseli

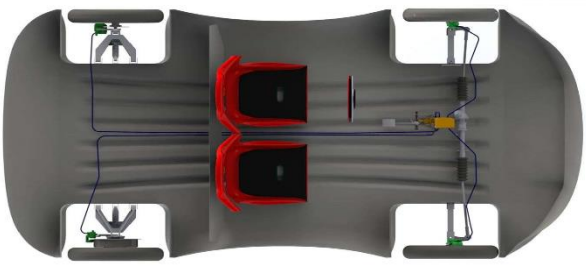
FREN SİSTEMİ

Fren sistemi taşıttaki kinetik enerjiyi sürtünme yoluyla ısı enerjisine çevirerek taşıtın durmasını veya yavaşlamasını sağlar. Araçta hidrolik fren sistem bulunmaktadır. Hidrolik fren, aracın frenleme sistemini çalıştırırken hidrolik yağ basıncından faydalanır. Bu sistemin çalışma ilkesi hayli basittir. Frene basıldığında piston hareket eder ve hidrolik mekanizmasının içerisindeki yağın basıncı ile kaliperler kapanır. Kaliperler kapandığında, fren balataları ile tekerleklerde bulunan diskler birbirlerine yapışır. Bu sayede de aracın yavaşlaması ya da durması sağlanır. Bu sistemin en büyük avantajı pedala basılması ile hızlı geri dönüş alınmasıdır, bununla birlikte sistem bileşenlerinin kompakt olması sebebi ile sistemin bütününün hafif ve diğer sistemlere nazaran daha az maliyetli olmasıdır.

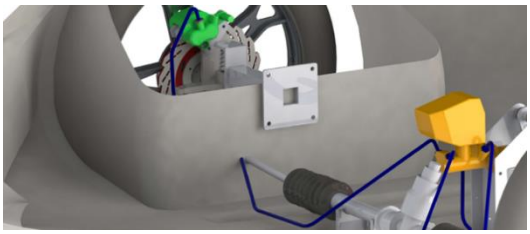
Tasarlanan aracın fren sistemi TEKNOFEST Uluslararası EC Elektrikli Araç Yarışları Kurallar Kitapçığında belirtildiği üzere tek fren merkezli ve merkezde dört çıkışlı olarak kullanılmıştır. Merkezin öndeki iki çıkışı ön tekerlerdeki kaliperlere bağlantı sağlarken, arkada kalan iki çıkışı arka tekerlek kaliperleri ile bağlantı sağlamaktadır. Fren borularının merkez ile bağlantısı rekorlar aracılığı ile yapılmaktadır. Kullanım kolaylığı açısından kaliper – fren merkezi arası 4mm iç çapında fren borusunun kaliper bağlantı kısmında 30 cm uzunluğunda kauçuk fren hortumu kullanılmıştır. Sistemde motosiklet diskleri ve kaliperi kullanılmıştır. Fren merkezinde

piston çapı 25 milimetreliktir, sistem Renault markalı araca aittir. Kullanılan fren merkezinin hidrolik çıkış çapları ile kaliperlerin fren hortumu giriş çapları uyumsuzluğu sebebi ile kaliperlerin hidrolik giriş kısmına hortumlara uyacak şekilde rekor yaptırılarak uyumsuzluk giderilmiştir.

Şekil 3-4'de fren devre şemasının ve tüm ekipmanların cadmodeli verilmiştir



Şekil 3. Fren Sistemi üst görünüşü

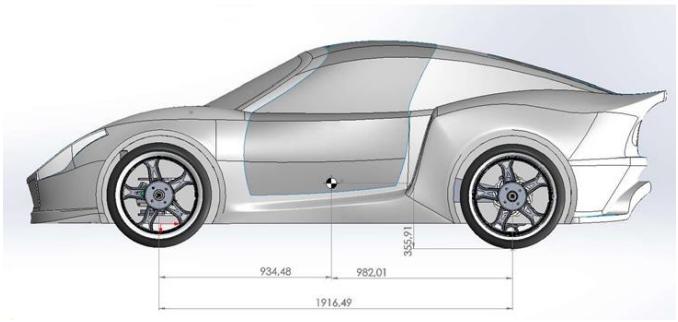


Şekil 4. Fren sistemi tekerlek bağlantısı

Fren Hesaplamaları

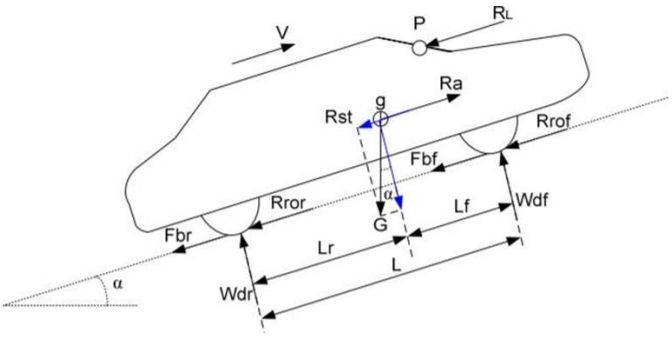
➢ Maksimum Frenleme Kuvveti

Şekil 5'te taşıt ağırlık merkezinin ön ve arka akslara olan uzaklıkları gösterilmektedir.



Şekil 5. Gerekli ölçülendirmeler

Araca etkiyen kuvvetler Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 6. Araca etkiyen kuvvetler

F_{br} = arka tekerlek frenleme kuvveti

F_{bf} =ön tekerlek frenleme kuvveti

F_{br} + F_{bf}= F_b = araç frenleme kuvveti

$\Sigma M_f = 0$ 'dan $F_b$max= G X μROmax

H_g =0,296 m

L =2,1 M

L_f =0,721 m

L_r =1,279 m

G =1863,9 N

$M_b\,max$ =0,8

- **Kaliper Basma Kuvveti Hesapları**

Tekerlek silindiri yarı çapı = 125mm =1,25 cm

Tekerlek silindiri kesit alanı = $\frac{\pi x r^2}{4}$

$= \frac{\pi x 1{,}25^2}{4}$ x $\frac{\pi x 1{,}25^2}{4} = 1{,}22 cm^2$

$F_a = P_m x A_b$

= 13081,96 x 0,000122

=1596 N

- **Ön ve Arka Fren Hattı Hidrolik Basınç Hesapları**

Fren merkezi silindir çapı 2,5 cm

Fren merkezi silindir kesit alanı = $\frac{\pi x r^2}{4}$

$= \frac{\pi x 1{,}25^2}{4}$ x $\frac{\pi x 1{,}25^2}{4} = 1{,}22 cm^2$

$P_m = F_m / A_m$

$P_m = \frac{F_m}{A_m} = \frac{4x\ 2100}{\pi\ x\ 3^2} = 297{,}08$ Pa

- **Fren Pedalında Kuvvet Artışı**

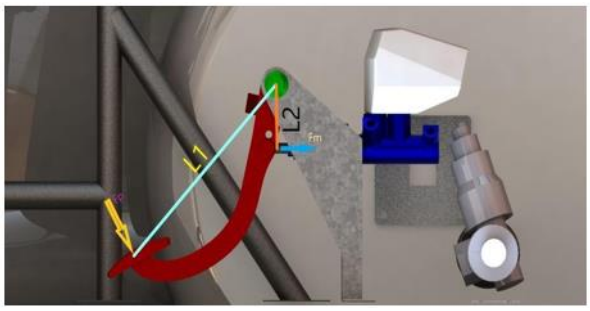
$F_p x L_1 = F_m x L_2$

F_p =300 N

L_1 =175mm

L_2 = 25 mm

$\frac{F_m}{F_p} = \frac{L_1}{L_2} = rf$ = pedal oranı



Şekil 7. Pedal ölçüleri

- **Fren Pedalı Oranı ve Pedaldaki Kuvvet Artış Oranı**

$$\text{rf} = \frac{175}{25} = 7\pi$$

- **Ana Dağıtıcıya İletilen Toplam Fren Kuvveti Hesapları**

$$F_m = F_p x\, rf$$

300 N x 7 = 2100 N

- **Frenleme İvmesi**

$a_b\ max$ = G x ($M_b max$ x cos a +(-) sin a)

= 9.81 x (0,8 x cos 10 – sin 10)

= -1,248 $\frac{\text{N}}{\text{m}^2 \text{ x s}}$

- **Frenleme Anında Ön Teker ve Arka Teker Fren Kuvveti Hesapları**

Arka tekerleğin frenleme kuvvetini hesap eden formül:

$$W_{dr} = \frac{1}{L} \times ((\text{G} \times l_f) - h_g \times (F_b + R_{ro}))$$

=1 ÷ 2,1 × ((2648,7 × 0,721) + (2648,7 × 0,296) × (0,8)

= 1536,59 N

Ön tekerleğin frenleme kuvvetini hesap eden formül:

$$W_{df} = \frac{1}{L} \times ((\text{G} \times l_r) + h_g \times (F_b + R_{ro}))$$

=1 ÷ 2,1 × ((2648,7 × 1,729) + (2648,7 × 0,296) × (0,8)

= 2807,97 N

- **Frenlemedeki Ağırlık Dağılımı**

$$(\text{ön aks})W_{bf} = \frac{l_r + h_g x M_b max}{L}$$

$W_{bf} = \frac{1,279+0,296x0,8}{2,1}$=0,721

$$(arka\ aks)W_{br} = \frac{l_f - h_g x M_b max}{L}$$

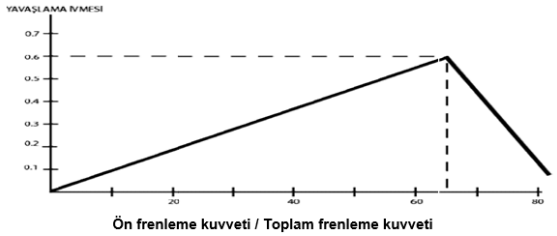
$W_{br} = \frac{0,72-0,296x0,8}{2,1}$=0,229

$$\frac{F_{bf}\,max}{F_{br}\,max} = \frac{W_{bf}}{W_{br}} = \frac{0,721}{0,229} = 3,148$$

- **Sabit Fren Kuvveti Dağılımı Grafiği**

a_b max= G($M_b max$ x cos a +(-) sin a)
= 9.81 (0,8 x cos 10 – sin 10)
= 6,02 N/m^2 x s
= 6,02 N/m^2 x s / 9,81 = 0,61

Yaklaşık 0,60 tır.
Toplam frenleme kuvveti = 4344,56 değerinde %100 ise Arka frenleme kuvveti 2807,97 değerinde %64,63 tir. O da yaklaşık %65 tir.



SÜSPANSİYON SİSTEMİ

Elektrikli aracın arka süspansiyon sistemi olarak Double-Wishbone (çift salıncaklı) süspansiyon sistemi düşünülmüştür. Bu sistem temelde iki salıncak kolu ve bir amortisör yayından oluşmaktadır. Sistemde salıncaklar galvaniz saclar ile davlumbazlara sabitlenecektir. Salıncak kollarının diğer kısmına ise özel olarak tasarlanmış poryalar ile teker bağlantımız sağlanacaktır. Amortisörün alt bağlantı noktası alt salıncakta bulunan yuvaya yerleştirilip üst kısım yine bir galvaniz sac ile davlumbaza bağlanacaktır. Tekerlek yukarı ve aşağı doğru hareket ettikçe, her iki salıncak da aynı şekilde yukarı ve aşağı doğru hareket edecek, salıncaklar arasında bulunan amortisör yayı da uzayıp kısalarak stabil bir sürüş sağlayacaktır. Salıncak görselleri Şekil 4.1 ve 4.1'de gösterilmiştir.

Şekil 4.1 Alt salıncak kolu

Şekil 4.3 Üst salıncak kolu

Sistemde bulunan salıncak kolları 7075 T6 Alüminyum malzemeden üretilmiş olup daha hafif ve kullanışlı bir tasarım olarak revize edilmesi hedeflenmektedir. Salınımda asıl stabilite sağlayan parça olan amortisörün; araç tasarımına uygun olarak bağlanacağı noktaya yerleştirilme açısı 35 derece olarak belirlenmiştir. Belirlenen açı referansında amortisörün kaldıracağı yük hesaplanarak 250 kg taşıyabilme kapasiteli bir amortisör tercih edilmesi düşünülmektedir. Aracın arka süspansiyon sisteminin render görüntüsü ve montajlı hali Şekil 8 ve 9'te verilmiştir.

Şekil 8. Arka süspansiyon sistemi render görüntüsü

Şekil 9. Arka süspansiyon sistemini montajlı hali

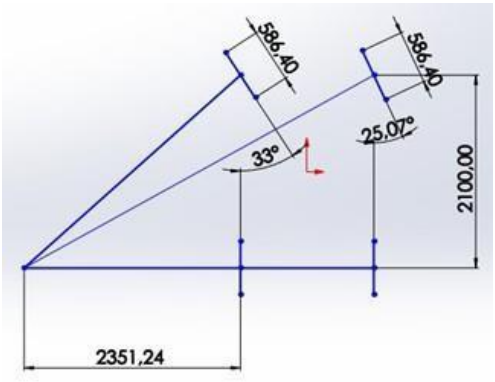
Aracın ön süspansiyon sistemi için özel bir taşıyıcı tasarımı düşünülmüştür. Davlumbazlara sabitlenen 7075 T6 Alüminyum profiller ile gövde bağlantısı gerçekleştirilecek olup profilin uc kısmına bir U sac kaynatılarak bu kısma taşıyıcı ve yay yerleştirilecektir. Taşıyıcı porya bağlantısını ve direksiyonun hareketini tekerleklere aktarılacak hareketi iletecek parça olmasından ötürü st37 çelik malzemeden üretilmiş olup helezonik yayın altına yerleştirilmiştir. Aracın ön süspansiyon render görüntüsü ve montajlı hali Şekil 10 ve 11'da verilmiştir.

Şekil 10. Ön süspansiyon render görüntüsü

Şekil 11. Ön süspansiyon sistemini montajlı hali

DİREKSİYON SİSTEMİ

Elektromobil aracında Hyundai Accent 1995-2000 model direksiyon merkezi kullanılmıştır. Maksimum direksiyon açısı şartnamede güvenli aralık olarak belirtilen değeraralığı dikkate alınarak 33 derece olarak belirlenmiştir. Bunun sebebi şaside yeteri kadar tekerlek boşluğunun ayarlanması ve dönüşlerde kararlılık oluşturmasıdır. Ackermann prensibine göre belirlenen maksimum direksiyon açı değerin kontrol edildiği zaman aracın dönüş yarıçapı 2.8 metre olarak hesaplanmıştır. Ackermann prensibine göre maksimum direksiyon açısı 33 olduğu zaman diğer tekerleğin dönüş açısı 22.18 olarak bulunmuştur.Bu hesaba göre ise minimum dönüş çapı 2.79 metre bulunmuştur. Dönüş yarıçapı düştükçe manevra kabiliyeti artmakta olup bu da yarışta istenmeyen manevraların yapılma olasılığını arttırmaktadır. Direksiyon sisteminin ölçüleri Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 12. Direksiyon sistemi ölçüleri

Aracınızın ön askı geometrisinde kaster açısı ve toe-in mesafesi bulunmamaktadır.Kamber açısı 3 derece olarak belirlenmiştir. Direksiyon sisteminin son hali Şekil 13'de verilmiştir.

Şekil 13. Direksiyon sistemi montajlı hali

ŞASİ TASARIMI

Aracımızın şasisi monokok şasi olarak tasarlanmıştır. Tasarımda monokok şasi tercih edilmesinin en önemli sebebi kaynak ya da cıvata bağlantısıyla birleştirilmiş şasilere kıyasla daha dayanıklı ve esnek bir yapıda olmasıdır. Bu esnek yapısı sayesinde oluşabilecek gerilmelerin bir noktada toplanmasını engelleyerek gerilmeleri gövde geneline yayılmasını sağlayabilmesidir. Ayrıca teker bağlantıları bu tip şasi sistemlerinde oldukça az bağlantı elemanı ile sağlam bir şekilde bağlanabilmektedir. Şekil 14'de mononkok şasinin görseli verilmiştir.

Şekil 14. Monokok şasi render görüntüsü

ROLLBAR- ROLLCAGE

Ön ve arka rollbar-rollcage aracın güvenliğini sağlamak amacıyla geliştirilen özel bir sistemdir. Rollbar araç zeminine dik ve dört noktadan bağlanması gereken, olası bir takla durumunda araç tavanının çökmesini önleyen sistemdir. Rollcage ise rollbar kollarına yatay olarak kaynatılan, olası yan yatma durumlarda araçta çökme gibi olumsuzlukları engellemektedir. Malzeme olarak şartnamede de belirtildiği gibi ve malzeme mukavemetini korumak amacıyla St37 malzeme borular kullanılarak imal edilmiştir. Kullanılan borular dış çap 30 mm ve et kalınlığı 3 mm olarak tasarlanmıştır. Arka rollbar yüksekliği ve ayak açıklığı sırasıyla 885 mm ve 1150 mm'dir. Aynı şekilde ön rollbar yüksekliği ve ayak açıklığı sırasıyla 535 mm ve 850 mm'dir. Kesilen profiller uygun çaplarda bükülerek saclara gaz altı kaynağı ile şasi üzerindeki konumlarına kaynak bağlantısı ile konumlandırılmıştır. Şekil 7.1'de rollbar render görüntüsü verilmiştir.

Şekil 15. Rollbar render görüntüsü

REFERANSLAR

https://www.kia.com/tr/faydalibilgiler/haberler/Teknoloji/araclardaki-fren-sistemleri-ve-cesitleri.html#:~:text=Bu%20sistemin%20%C3%A7al%C4%B1%C5%9Fma%20ilkesi%20hayli,yava%C5%9Flamas%C4%B1%20ya%20da%20durmas%C4%B1%20sa%C4%9Flan%C4%B1r.

https://www.gokhanhizal.com/wp-content/uploads/pdf/bitirme-odevi-2010.pdf

https://polen.itu.edu.tr:8443/server/api/core/bitstreams/a8fbf5d4-c218-4676-a0c0-76f77100b6c9/content

http://161.9.193.26/xmlui/bitstream/handle/20.500.12508/942/melis-k%c4%b1l%c4%b1c.pdf?sequence=1&isAllowed=y

https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/384441

https://www.magna.com/products/power-vision/electrified-powertrain-technologies?gclid=CjwKCAjwtp2bBhAGEiwAOZZTuBTjoy1QF7x8KdXIecMA6MEg0uAlpcrQGFnYA0U6WCW-htNVFVltuhoCwacQAvD_BwE

Yalçın G.,Ağaçayak A.C., Bozkır M., (2020). Bölüm 4: Elektrikli Araçlarda Direksiyon Sistemi. Elektriktrikli Araçlara Genel Bakış 1, İksad Yayınevi, Basım sayısı:1, ISBN:978-625-7687-47-8. pp. 67- 91.

https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1237521

file:///C:/Users/senan/Downloads/verimlilik-yarlar-iin-bir-elektrikli-otomobilin-gereklenmesi_compress.pdf

https://www.arabam.com/blog/genel/arabalarda-aerodinamik-yapi-nedir-neden-onemlidir/

https://www.proquest.com/docview/2616973309?fromopenview=true&pq-origsite=gscholar

file:///C:/Users/senan/Downloads/Motorlu_Ta%C5%9F%C4%B1tlarda_Fren_Sistem.pdf

https://www.kia.com/tr/faydalibilgiler/haberler/Teknoloji/araclardaki-fren-sistemleri-ve-cesitleri.html#:~:text=Bu%20sistemin%20%C3%A7al%C4%B1%C5%9Fma%20ilkesi%20hayli,yava%C5%9Flamas%C4%B1%20ya%20da%20durmas%C4%B1%20sa%C4%9Flan%C4%B1r.

https://scidar.kg.ac.rs/bitstream/123456789/9128/1/10.5937-fmet1604398P.pdf

http://offroadaksesuar.blogspot.com/2012/10/roll-cage-nedir-roll-cagenin-onemi.html

https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/385791

Neşeli S.,Ağaçayak A.C.,Kaya Y., (2020). Bölüm 3: Süspansiyon Sistemleri. Elektriktrikli Araçlara Genel Bakış 1, İksad Yayınevi, Basım sayısı:1, ISBN:978-625-7687-47-8.pp. 47- 67.

Yalçın G.,Ağaçayak A.C., Bozkır M., (2020). Bölüm 4: Elektrikli Araçlarda Direksiyon Sistemi. Elektriktrikli Araçlara Genel Bakış 1, İksad Yayınevi, Basım sayısı:1, ISBN:978-625-7687-47-8. pp. 67- 91.

Yalçın G.,Ağaçayak A.C., Bozkır M., (2020). Bölüm 1: Modern İmalat Yöntemlerine Genel Bakış. Elektriktrikli Araçlara Genel Bakış 1, İksad Yayınevi, Basım sayısı:1, ISBN:978-625-8423-15-0. pp. 3- 33..

MYS Selçuk Teknofest raporları ve MYS Sancak Teknofest raporlarında referans alınmıştır.

Taşıt Mekaniği-Prof. Dr. Selim Çetinkaya

BÖLÜM 7

PROTOTİP ÜRÜN ÜRETMEK İÇİN 3 EKSENLİ MASA ÜSTÜ CNC ROUTER TASARIMI

Namık Kemal YALÇIN[1]
[1] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0002-8715-2087

Süleyman NEŞELİ[2]
[2] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0003-1553-581X

Hakan TERZİOĞLU[3]
[3] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0001-5928-8457

GİRİŞ

CNC router makineleri, kesme, oyma, delme, raybalama, markalama ve diğer mekanik işler için kullanılmaktadır. İmalat sanayinde CNC router makinelerinin kullanılması artan üretimi büyük ölçüde etkilemektedir. Bu makinaların çalışmasında kesinlik, doğruluk, hız, tutarlılık ve esneklik gereklidir. İş gücünden ve zamandan çok daha fazla tasarruf elde edebilmek için CNC router tezgâhlar günümüzde çok kullanışlı hale gelmiştir. Hobi amaçlı birçok parça üretilebilmesi için 3 eksenli CNC router tezgâhları tasarlanabilir. Bu parçalar üretilen özel tasarım CNC router tezgâhlarında işlenerek seri üretimine geçilebilir ve ticari olarak pazarlanabilir. Verilen literatürlerde 3 eksenli CNC router kullanımının önemine ve tasarımına değinilmiştir.

Patel ve ark. (2019), hacimli oyma makinesinin maliyetini ve karmaşıklığını azaltmak için kullanılan mikro denetleyiciye dayalı taşınabilir 3 Eksenli CNC yönlendirici makinesinin Tasarım ve Geliştirmesini anlatmaktadır. Bu makine ahşap, akrilik ve PCB malzemelerinde gravür, kesme, raybalama, markalama, delme ve frezeleme için kullanılabilir. İmal edilecek parçanın parça programlaması görüntü işleme yardımı ile yapılmıştır. Öncelikle görüntü işlemeyi destekleyen yazılım (ArtCam, InkScape) kullanılarak üretilecek parça tasarlanır, daha sonra G-kodları üretilir ve seri iletişim kullanılarak GRBL yazılımı aracılığıyla mikrodenetleyiciye gönderilir ve ardından sinyalleri aktüatörlere gönderir. Nokta koordinatlarına göre iş üzerinde gerekli hareketi yapar. Makinenin doğruluğunu kontrol etmek için çeşitli testler yapıldı. Bu makine 280x170x65mm çalışma alanında talaşlı imalat yapabilmektedir [1].

Yalçın ve ark. (2019), CNC router makinesi tek dönüş hızına ve 3 eksen hareket edebilme kabiliyetine sahip makinayı tasarlayıp üretimini gerçekleştirmişler. Üç eksende kesme işlemine kadar hareket için üç kademeli motor kullanmışlar. Makine rijitliğini sağlamak için taşlama çubukları ve uygun hassasiyette yataklama kullanmışlar. Grbl Controller kullanılarak G kodlarının üretimi yapılmışlar. Bilgisayar ile etkileşim Arduino üzerinden gerçekleştirilmiştir. X, Y ve Z için kafanın hareket kapasitesi 300x350x140 mm olarak belirlemişler. Ayrıca takım magazini bulunmadığından takım değişimi elle kolayca yapılabilir şekilde tasarlamışlar. Ana gövde malzemesinin konstrüksiyonu 20x20 mm kesitli alüminyum sigma profilden polyamid, elektrik devre kartı ve ahşap malzemelerin kesim işlemlerinde güvenle kullanılabilir [2].

Sushama ve ark. (2018) CNC tezgâhlarında asenkron çalışma yapabilmek için AVR Micro kontrollerin kullanarak C dilinde bir donanım yazılımı geliştirmişlerdir. Bu sayede, hareket motorlarını 30 kHz'e kadar titreşime maruz kalmadan çalışmayı sağlayabilmişler ve tezgâhta standart G kodları ile sorunsuz bir şekilde çalışabildiğini göstermişlerdir. Yaptıkları çalışma yazılımı ile de ek olarak lazer modunu da çalışabilen ücretsiz olarak da kullanılabilir bir yazılım gerçekleştirmişlerdir [3].

Neşeli ve ark. (2018) çalışmalarında SolidWorks programı kullanılarak üç eksenli masa tipi CNC router tezgâhı tasarımı yapılmıştır. Tasarımda tezgâh çalışma sınırı boyutları 500x600x450 mm olarak kabul edilmiştir. Tasarlanan tezgâhın eksen sistemindeki hareketlerini iletip yönlendirecek yataklama sistemleri, tezgâh üzerinde işlenebilecek malzemeler (ahşap, plastik, pleksiglas, strafor, alüminyum) dikkate alınarak tasarlanmıştır. Tezgâh eksenlerinin tahrik sistemlerinde piyasada kolayca bulunabilen ve en fazla tercih edilen step motorlar kullanılmıştır. Bu sayede disiplinler arası proje ve tasarım çalışmalarında kullanılabilecek şekilde tasarlanan CNC router ile eğitime katkıda bulunulması düşünmüşlerdir [4].

Gümüş (2017), eğitimde kullanılabilir robot manipülatör, CNC yönlendirici ve 3B yazıcı ünitelerinin yer aldığı bir bütünleşik imalat sistemi tasarımını gerçekleştirmiştir. Üç eksenli bir robot kol manipülatörü için kontrolcü yazılımı oluşturmuştur. Esnek sistem tasarımı ve özelleştirilebilir arayüz yazılımı sayesinde teknik okullar, üniversiteler, küçük ve orta ölçekli işletmelerde kullanılabilecek maliyeti düşük, fonksiyon açısından endüstriyel standartlara yakın bir teknoloji sunmuştur. Eğitim kurumlarının deneysel çalışmalarda kullanabilmesi için sonradan değişikliğe uyarlanabilir bir tasarım yapmıştır [5].

Ginting ve ark. (2017), yayınlarında iş mili matkabı ile birleştirilmiş mikrodenetleyiciye dayalı karmaşık 3 eksenli CNC makinelerinin tasarımını ve gerçekleştirilmesini araştırarak, yaptıkları tasarımda ahşap, akrilik ve PCB nesnelerinde kesme, oyma ve markalama için kullanılabilir. Seri haberleşme ile mikrodenetleyiciye gönderilen PC'de yapılan tasarım resmi daha sonra CNC, nesne üzerinde nokta koordinatlarına göre yürütme yapmışlar. Matkap milleri, tasarım çizimlerine göre nesneler üzerinde otomatik olarak desenler oluşturabilir şekilde yapmışlar. Testten sonra, CNC makinesi %98,5 oyma doğruluğu ve %100 derinlik doğruluğu ile ahşap, akrilik ve PCB'yi 2D veya 3D nesnelere kesmek, gravürlemek ve markalamak için kullanılabilir. Bu makine, maksimum 20 x 20 cm boyutundaki bir nesne üzerinde çalışabilirdir [6].

Beskese (2017), ahşap işçiliği imalatında küçük ve orta ölçekli işletmelerde (KOBİ'ler) CNC router seçimi için tereddütlü bulanık analitik hiyerarşi süreci (HFAHP) tabanlı çok kriterli karar verme (MCDM) sistemini amaçlamışlardır [7].

Karabey ve ark. (2016) proje çalışmalarında atölye derslerinde kullanılabilecek 3 eksenli CNC freze tezgahını tasarlayıp, modelleyip prototip olarak imalatını gerçekleştirilmişlerdir. Tezgâh kontrol yazılımı olarak Mach 3 CNC programı kullanılmıştır. Tezgâhın teorik hassasiyeti ve standart sapması hesaplanmıştır. Sonuç olarak Eğitim amaçlı geliştirilen prototip üç eksenli CNC freze tezgâhı sorunsuz bir şekilde çalıştırılmıştır [8].

Aktan ve ark. (2016) eğitim amaçlı 3 eksenli CNC router sisteminin imalatını yapmak için mekanik bileşenleri lineer bağlantılı, elektronik kontrol arabirim kartlarının ve sürücülerin üretimi ise mekanik ve elektronik yaklaşımla gerçekleştirilmişler, aynı zamanda, USB üzerinden yönlendiriciyi kontrol etmek için arayüz programı hazırlanmışlar. Yaptıkları çalışma sayesinde eğitim maksatlı kullanımı kolay arayüze sahip yeni bir konsept CNC makinesi tasarlanıp üretimi gerçekleştirilmişler [9].

Bu çalışmada, prototip ürün üretmek için 3 eksenli masaüstü CNC router tasarımı SolidWorks programı kullanılarak yapılmıştır. Makinenin yapması beklenilen tüm hareketler (doğrusal ve dairesel) dikkate alınarak çalışma alanı boyutları X, Y ve Z tabla ve kafanın hareket kapasitesi 1000x1200x140 mm olarak tasarlanmıştır. Tasarlanan tezgâhın eksen sistemindeki hareketleri iletecek ve yönlendirecek yataklama sistemleri buna göre tasarlanmıştır. Makine prototip ürünleri üretmek için kullanacağından poliamid, kontrplak, alüminyum ve kolay kesilebilir malzemelerin güvenle kesilmesi için kullanılabilecektir. CNC router eksenlerinin hareketleri step motorlarla sağlanacak tarzda tasarlanmıştır. Taşınabilirliğin kolay olabilmesi için ana gövde malzemesinin konstrüksiyonu alüminyum sigma profil olarak tasarlanmıştır. Geleneksel G kodları ile üç eksenli CNC router elektronik kontrolü kumanda paneli Mac 3 yazılımı, Arduino ve PLC yazılımları yardımıyla programlanabilir olarak öngörülmüştür.

MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, prototip ürün üretmek için 3 eksenli masaüstü CNC router tezgahının ana şasesi taşınabilir ve masaüstünde kullanılabilecek şekilde sigma profiller kullanılarak tasarlanmıştır. Herhangi bir masa türüne istenildiğinde (Ahşap, Plastik, Metal…) sigma profiller vasıtası ile sabitlenebilir. Çalışma alanı boyutları X, Y ve Z tabla ve kafanın hareket kapasitesi 1000x1200x140 mm olarak SolidWorks programında tasarlanıp katı modellemesi yapılarak, eksen hareketlerinin tümü çalışabilir konumda simülasyonları yapılabilmektedir.

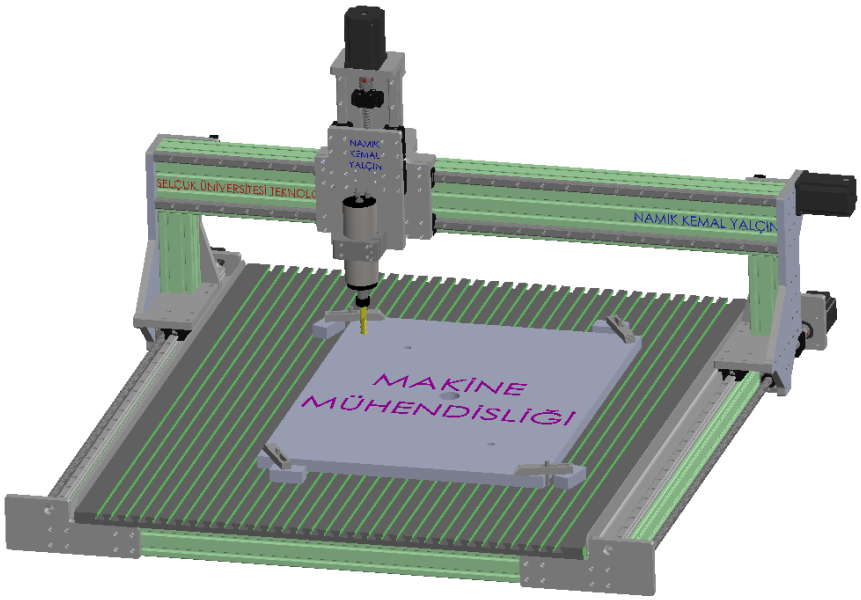
Tasarımı yapılan makine, prototip ürünleri üretmek için kullanacağından poliamid, kontrplak, alüminyum ve kolay kesilebilir malzemelerin güvenle kesilmesi için kullanılabilecektir. Tasarlanan tezgâhın eksen sistemindeki hareketleri iletecek ve yönlendirecek yataklama sistemleri, çalışma esnasında çıkabilecek maksimum kuvvet değerlerine göre tasarlanmıştır. Piyasadan kolayca bulunabilen ve tercih edilen edilen step motorlarla gerçekleştirilmiştir. Geleneksel G kodları ile üç eksenli CNC router elektronik kontrolü kumanda paneli Mac 3 yazılımı, Arduino ve PLC yazılımları yardımıyla programlanabilir olarak öngörülmüştür. Şekil 1'de Tasarımı gerçekleştirilen tezgâhın farklı açılardan katı model görünümleri görülmektedir. Tasarım genel yapı itibariyle dört ana kısımdan oluşmaktadır.

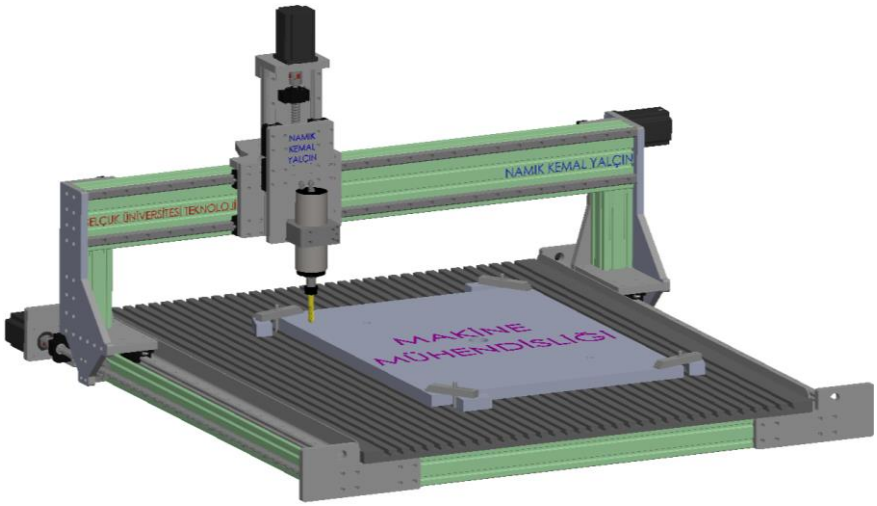
a) Alt Şase

b) İş Parçası Bağlama Tablası

c) Kafa Taşıyıcı Şase

d) Kesici Hareket Sistemi

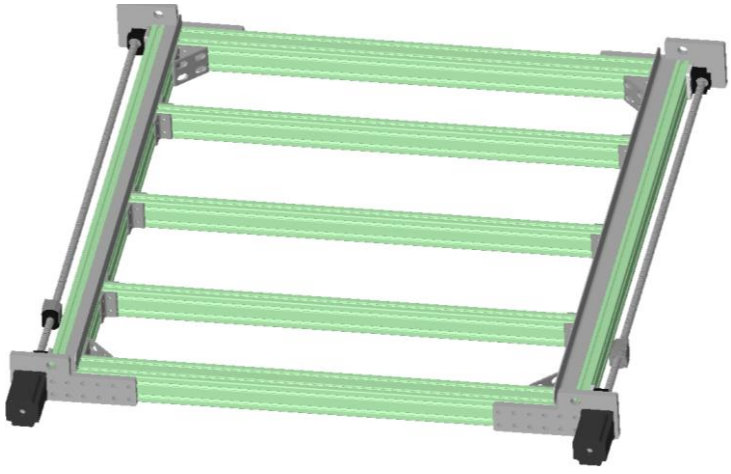




Şekil 1. Tasarımı gerçekleştirilen tezgahın farklı açılardan katı model görünümü

Alt Şase

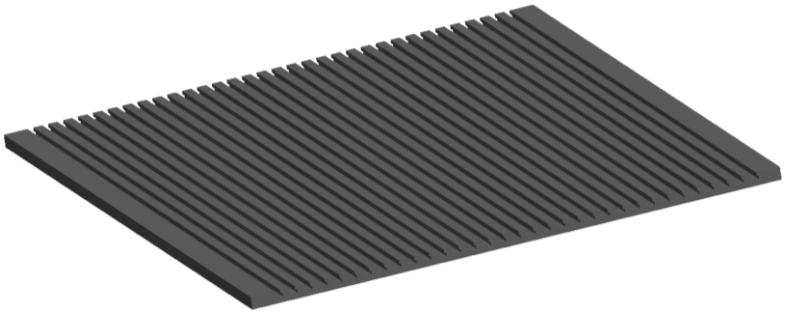
Alt şase, hem üst hareketli sistemi hem de kesici hareket mekanizma sistemini taşıyabilmesi için 80x80 mm sigma profillerden bir çerçeve oluşturulmuş ve iç kısmının enine 3 adet 40x80 mm sigma profilleri ile desteklenerek tasarlanmıştır. Profiller kendi içeresinde köşe bağlantı elamanları ile sökülüp takılabilecek ve 900 hassasiyette rijit olacak şekilde şase montajı gerçekleştirilmiştir. Y ekseni hareketinin hassas olarak yapılabilmesi için şase üzerine iki adet step motoru kullanılmıştır. Üst kısmın hareketinin istenilen güvenli sınırlar içerisinde olması için vidalı mil ve yataklamalar kullanılmıştır. İş parçasının bağlanacağı tablanın montajının yapılabilmesi için iki kenar kısmına hem sınırlayıcı hemde bağlantı sağlanabilir parçalar eklenmiştir. İstenildiğinde bu sigma profiller kullanılarak masaya ya da istenilen bir yere sabitlenebilir. Şekil 2.'de tasarlanan alt şase montajı görülmektedir.



Şekil 2. Tasarlanan alt şase montajı

İş Parçası Bağlama Tablası

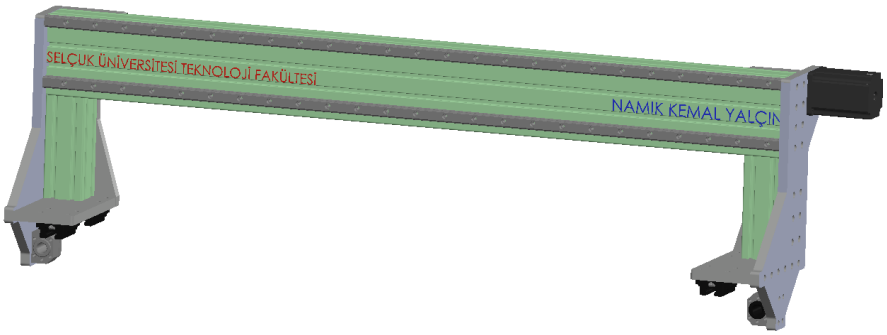
İş parçasının sökülüp takılmasında sistem üzerindeki ana parçaların zarar görmemesi için sigma profillerden oluşan ek iş parçası tablası bağlama plakası tasarlanmıştır. Üzerindeki kanallar sayesinde papuçla bağlantı, vidalı bağlantı yada mengene gibi aparatlarda rahatça bağlanabilmektedir. Şekil 3'de tasarlana iş parçası bağlama tablası görülmektedir.



Şekil 3. Tasarlana iş parçası bağlama tablası

Kafa Taşıyıcı Şase

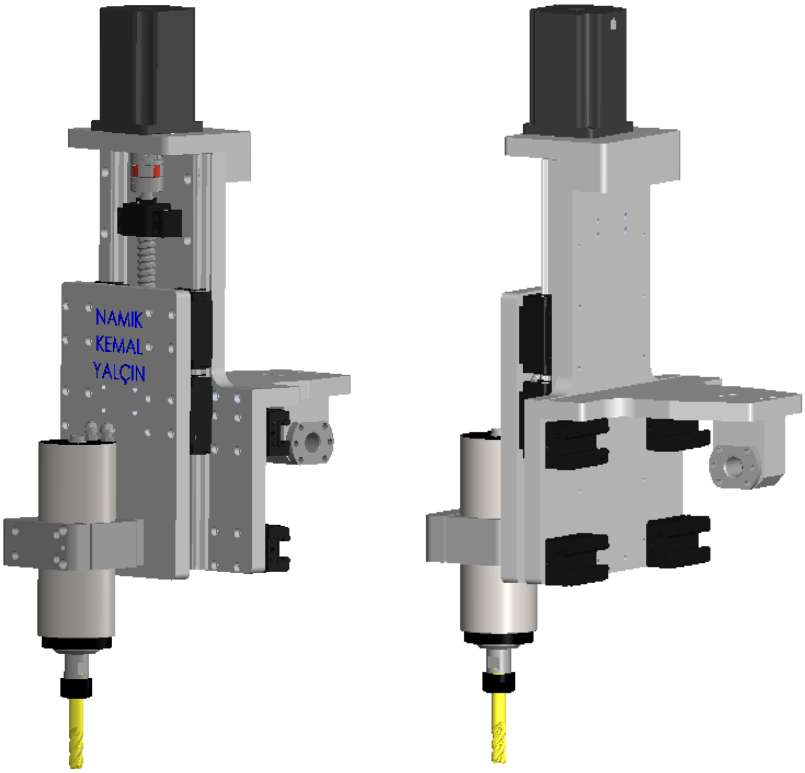
X eksenindeki kabul edilen tolerans aralığında kalabilmek için takım yolu oluşumu sırasında titreşim, tırlama, tezgâh dinamiği problemleri vs. kaçınılması gereken olumsuzlukları bertaraf edecek 80x80x1200 mm sigma profiller kullanılarak sistem rijit hale getirilmiştir. Üzerine X ekseni hareketinin yapabilmesi için bir adet step motor kullanılmıştır. Şase üzerinde hareket halinde rijitliğin sağlanabilmesi için ek iki adet lama parçası tasarlanmıştır ve profiller üzerine uygun şekilde montajı yapılmıştır. Bu lamalar üzerinden yataklama sağlanarak bir adet vidalı merkez mili ile de yataklanması yapılmıştır. Üzerinde taşıması gerekli olan kesici kafasının montajı için kesitine 80x120 mm sigma profiller ve Z eksenindeki hassas hareket içinde 40x40 sigma profiller ile desteklenecek şekilde tasarlanmıştır. Şekil 4.'te kafa taşıyıcı şase montajı görülmektedir.



Şekil 4. Kafa taşıyıcı şase montajı

Kesici Hareket Sistemi

Kesici takımın Z ekseni boyunca aşağı yukarı hareketini ve dönme hızını sağlayan kısım olarak tasarlanmıştır. Üzerinde bir adet step motor olacak şekilde tasarlanarak Z ekseni üzerindeki iki yönlü hareketlerin kontrolü sağlanabilecektir. Sistemde devir ayarlanmasının yapılabilmesi için 5000 dev/dk dönme hızına sahip ek bir başlık kullanılmıştır. Kesici kafasının aşağı yukarı hareketlerinin düzgün ve lineer olabilmesi için tek taraflı mil ve iki yanda ikişer adet linner kızaklı olacak şekilde tasarlanmıştır. Merkezden vidalı mil bilyalı yataklama sayesinde hareketin hassas olması sağlanmıştır. Kesici hareket sistemi, kafa taşıyıcı şase üzerine montajı gerçekleşmiştir. Şekil 5.'de kesici hareket sistemi görülmektedir.



Şekil 5. Kesici hareket sistemi

DENEY CİHAZININ ÇALIŞMA PRENSİBİ

Prototip ürün üretmek için 3 eksenli masa tipi CNC router tezgâhı elektronik kontrolü kumanda paneli Mac 3 yazılımı, Arduino ve PLC yazılımları yardımıyla programlanabilir olacaktır. Kontrol sistemine herhangi bir CAM paket program kullanarak ya da elle yazılarak üretilen G kodları ile çalışabilecek tarzda tasarlanmıştır. Hareket aralığı 1000x1200x140 mm olarak belirlenen alan içerisinde olan parçaları işleyebilecektir. Takımın hareketleri X, Y, Z eksenleri doğrultusunda lineer, lineer olmayan, cep boşaltma veya ada oluşturma enterpolasyon hazır kodlarının hareketleri senkronize bir şekilde yapabilmesi mümkündür ve solidWorks programında da simülasyon yapılarak izlenmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Tasarımı gerçekleştirilip ürün haline döndürülmek istenilen tüm parçalar CNC tezgahları kullanılarak üretilebilmektedir. CNC router tezgahları kodlanabilir olduklarından dolayı bir

yazılım ile kontrol edilebilen sistemlerdir. Buyüzden prototip ürün üretimi için çok kullanışlı tezgahlardır. Tezgahların kullanımı için operatöre ihtiyaç duyulur ve bunun için gerekli eğitimlerin alınması gerekmektedir. Daha önceden eğitimi alan operatörler tezgahın üretilmesi durumunda bildikleri programlama dilini adapte ederek rahat bir şekilde kullanabileceklerdir. Genelde prototip ürün tasarımı yapan kişiler aynı zamanda tezgahın kontrolünü sağlayabilen kişilerdir. Eğer programlama dillerinden herhangi birinin bilinmemesi durumunda ise yazılımın türüne bağlı olarak çok kısa sürede öğrenilebilmektedir. Tasarımı gerçekleştirlen prototip ürün üretmek için 3 eksenli masaüstü CNC router'ı kodlamasını yapan kişiler tarafından kullanabilecektir. Tasarlanan CNC router tezgâhının maliyeti yaklaşık olarak 39.000 Türk Lirası'dır. Tezgah için kullanılan parçalar standart olarak şeçilmiştir. Tezgahın periyodik bakımı çok ucuz ve operator tarafından yapılabileceği için system için herhangi bir sıkıntı oluşturmayacaktır. hobi amaçlı çalışmalar yapacak kişilerin kullandıkları diğer tezgahlarada uyum sağlayarak üretilebilmesi sağlanabilir ve satışıda gerçekleştirilebilirdir.

Bu çalışmanın sonucunda, hobi amaçlı çalışma gerçekleştiren kişilerin hem ucuz hemde kolayca edilinebilir bir tezgâh tasarımı gerçekleştirilmiştir. Böylece gerçek tasarım üretilmeden, prototip üretimi yapılarak hataların olup olmadığı yada ürün de değişklik yapılıp yapılmayacağı gibi karaların verilmesi sağlanmış olacaktır. Tasarlanan tezgâh farklı ürün üretecek olan tüm iş kollarında rahatça kullanılabilecektir. Istenildiğinde sisteme dışarıdan soğutma sistemi ilave edilebilir bu sayede farklı malzemelerin kesimide gerçekleştirilebilir.

Daha sonraki yapılacak çalışmada, tezgâh boyuları istenilene göre revise edilebilir. Daha hassas parçların işlenebilmesi için tezgah üretim tolerans aralıkları azaltılabilir. Farklı operasyonların yapılabilmesi için takım değiştirme sistemi kullanılabilir. CNC tezgahlarında kullanılan döngü kodlamaları eklenerek daha seri işlemeler sağlanabilir.

REFERANSLAR

[1] Mr. Prashil N Patel, Mr. Shreyas D Pavagadhi, Dr. Shailee G Acharya., (2019). Design and Development of Portable 3-Axis CNC Router Machine, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume:06 Issue:03, e-ISSN: 2395-0056

[2] Yalçın G, Neşeli S, Terzioğlu H, Ağaçayak A.C., (2019). Design and Construction of Compact CNC Router, International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'19), 474-478, E-ISBN: 978-605-68537-9-1

[3] Sushama Kolhe, A., Deepak Varde, V., Devyani Khairnar. S., Anushka Aware, M. (2018). CNC Controller based on Microcontroller ATmega1284P. International Journal of Electronics, Electrical and Computational System (IJEECS), ISSN 2348-117X, Volume 7, Issue 3.

[4] Neşeli S, Terzioğlu H, Yalçın G., (2018). Üç Eksenli Masa Tipi CNC Router Tasarımı, VII. International Vocational Schools Symposium (UMYOS), 449-458, ISBN: 978-605-68882-4-3

[5] Gümüş F., (2017), Bilgisayarla Bütünleşik İmalat Sistemi Tasarımı, Mühendis Beyinler Dergisi, Cilt 1, Sayı 2, 53 - 69, 01.01.2017

[6] R.Ginting, S. Hadiyoso, and S.Aulia., (2017), Implementation 3-Axis CNC Router for Small Scale Industry, International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 17 pp. 6553-6558 © Research India Publications. http://www.ripublication.com

[7] Beskese A, CAMCI A., TEKİN G., (2017), CNC router selection for SMEs in woodwork manufacturing using hesitant fuzzy AHP method, Journal of Enterprise Information Management Vol. 31 No. 4, 2018, pp. 529-549 © Emerald Publishing Limited 1741-0398, DOI 10.1108/JEIM-01-201

[8] Karabey Ö., (2016). Prototip 3 Eksenli Cnc Freze Tasarimi ve Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği, Sivas.

[9] Aktan M.E., Akkuş N., Yılmaz A., Akdoğan E., (2016). Design and Implementation of 3 Axis CNC Router for Computer Aided Manufacturing Courses. MATEC Web Conferences 45, 05002-P.2/P.5.

[10] CNC Router Tasarım Modelleri (2017), https://goo.gl/EroorK

[11] https://www.doguskalip.com.tr/Urunler/9/aluminyum-sigma-profiller

[12] http://www.megep.meb.gov.tr › moduller_pdf , Makine Teknolojisi Yataklar -II MEGEP II

[13] https://en.wikipedia.org/wiki/Numerical_control

[14] https://www.youtube.com/watch?v=59-X6zO60M8

[15] Yalçın G.,Ağaçayak A.C., Bozkır M., (2020). Bölüm 1: Modern İmalat Yöntemlerine Genel Bakış. Elektriktrikli Araçlara Genel Bakış 1, İksad Yayınevi, Basım sayısı:1, ISBN:978-625-8423-15-0. pp. 3- 33..

BÖLÜM 8

YERLI SUALTI KONTROL KART TASARIMI

Seyidkhadija MIRJAFARLI[1]
[1] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye

Hakan TERZİOĞLU[2]
[2] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0001-5928-8457

Engin TANRIKULU[3]
[3] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0002-4928-9824,

GİRİŞ

Herhangi bir araca otonomluk getirmenin esas sorunu, uygun bir sistem tasarımından kaynaklanmakta olduğu sonucuna varılmıştır. Gerçek anlamda otonom çalışma için aracın izlenecek uygun yörüngeleri oluşturan güvenilir navigasyon, otonom kontrol ve donanımsal kontrol sistemine sahip olması gerekir. Lakin, insansız su altı araçları için geliştirilmiş otonom su altı kontrol kartı bulunmamasından dolayı uçuş kontrol kartları kullanılmaktadır. Bu eksiklik göz önünde bulundurularak proje kapsamında geliştirilecek olan otonom kontrol kartı su altı araçlarına özel, ar-ge çalışmaları sonucunda üretilecektir.

Modern dönemde sosyal toplumun gelişmesi ile insanların ihtiyaç alanları artmakta ve mühendisler bunları gerçekleştirmek için kullanım kolaylıklarını da göz önünde bulundurarak tasarımlar geliştirmektedir. Bu alanlara kontrol sistemleri de dahildir ki, günümüzde otonom araçların kullanımı ekonominin, doğal yapının, toplumun ihtiyaç ve gereksinimleri ile lineer değişim göstermektedir.

Literatür taraması ve yapılan projelerden edinilmiş pratik tecrübelerin incelenmesi sonucunda kullanılan uçuş kontrol kartlarının hava araçlarına göre uyarlanmış olmasından kaynaklı olarak, su altı araçlarında çalıştırılması durumunda sorunlarla karşılaşılmıştır. ESC ile motor kontrolünde kalibrasyon sıkıntısı veya gyroscop sensöründen alınan verilere uygun aracı dengede tutamama gibi problemler buna örnek olarak gösterilebilir(Gül & Leblebicioğlu, 2012; Kartal, Leblebicioğlu, & Ege, 2015). Karşılaşılan bu sorunları minimize etmek amacı ile yerli kontrol kartı oluşturulacaktır. Kontrol kartı, sonar ve güç dağıtım devresi olarak üç yapıda oluşacaktır. Ana devre olan kontrol kartı devresi, kullanıcıya kolaylık sağlanması amacıyla sonar ve güç dağıtım kartı modülleriyle bir araya gelecek yapıda oluşturulacaktır. Aynı zamanda, kullanılacak sensör ve malzemelere daha iyi bir alternatif bulunarak daha hassas ve hızlı bir kontrol kartı tasarlanması hedeflenmektedir.

Donanımsal zenginliği ve yüksek hız performansı neticesinde seçilmiş olan ARM tabanlı mikrodenetleyici olan STM32F407VG işlemci kullanılarak kontrol kartı oluşturulacaktır. Oluşturulacak olan kontrol kartı birçok haberleşme protokollerini bulundurmaktadır. Bu protokolleri kullanılarak fırçasız DC motorların, sensörlerin, sonar sistemi ve tek kartlı bilgisayar (SBC) ile tercihe bağlı olarak, haberleşme yapılabilecektir. Sualtı araçları için önem arz eden bir diğer husus da çok yönlü hareket kabiliyeti sağlayabilecek PID algoritması oluşturulmasıdır.

Oluşturulacak kontrol kartı, sualtı aracının farklı tasarım modellerine uygun olarak kullanım yapısına sahip olacaktır. Üzerinde minimum 1, maksimum 8 motorlu araca uygun olarak 8 adet motorsürücü girişi bulunmaktadır.

Aynı zamanda, soket konnektörler kullanılarak güç dağıtım ve sonar modülerini devreye bağlamak ve çıkarmak için kullanılacaktır.

LİTERATÜR TARAMASI

Bu bildiride, altı serbestlik derecesine sahip otonom bir sualtı aracı (AUV) modeli, çeşitli çalışma koşulları altında doğru sallaştırılmış olarak gösterilmek üzere sunulmaktadır. Kayan modlu Kontrol Kanunu, otonom su altı araçlarına uygulanabilecek şekilde türetilmiştir. Doğrusal olmayan modele uygulanan sapma yönlendirme düzlemi için x ekseni üzerinde sabit bir hızla hareket ettiği varsayılarak türetilen bir kontrol yasası. Model doğrusal olmasa bile, kurs komutu için sistem yanıtı çok iyi ve tatmin edicidir. İşaret işlevli Kayar mod kontrolü, çok fazla kontrol enerjisi tüketir ve AUV'ye zarar verir. Hiperbolik tanjant işlevini kullanarak,

kontrol enerjisini azaltın ve çatırdama etkisini önleyin(Akçakaya, Yildiz, Sağlam, & Gürleyen, 2009).

Çalışmalardan birinde, Bulanık Kalman Filtresi ve Kalman Filtresi yöntemleri, istenen yörünge ile AUV'nin konumunu tahmin etmek için kullanılması önerilmiştir. Parametre ölçümleri nedeniyle, yani hareket dalgalanması, sallanma, yükselme ve yalpalamada, her konumun nispeten küçük RMSE'si vardır. Başka bir deyişle, bu tahmin yöntemi AUV üzerindeki öteleme ve dönme hareketine uygulanabiliği gösterilmiştir(Ermayanti, Apriliani, Nurhadi, & Herlambang, 2015).

Başka bir çalışmada ise, sualtı aracın otonom görevlerinde gerekli motor manevralarını yapabilmesi için 9 DOF ivme ölçer, jiroskop gibi aracın denge verilerini okuyabileceğimiz sensör kartı koyulmuştur.Ayrıca otonomluk esnasında pixhawk kartı ile tıpkı bir drone aracının havada dengede kalabilmesi gibi su altında da insansız sualtı robotun görevlere göre denge manevralarını yapabilmesi sağlanmıştır(ÜYELERİ & DANIŞMAN)

Diğer bir çalışmada su altı deney platformu için bir kontrol kartı tasarlanmış olup PID derinlik kontrol uygulaması gerçekleştirilmiştir. Devam eden aşamalarda PID kontrol yön kontrolü içinde uygulanacaktır. Aynı zamanda bir Yapay isnir ağı(YSA) yapısı oluşturulup PID kontrol sonuçları ile karşılaştırılacaktır. Verimli olan kontrol biçimine karar verilip STM32F407VGT6 mikrokontrolörüne gömülecek ve aracın sadece seri haberleşme ile kontrol edilebilmesi sağlanacaktır. Ayrıca kontrol arayüzüde geliştirilip kart ayarlarının değiştirilebilmesine olanak sağlanacak ve kamera görüntüsünün ethernet aracılığıyla arayüz üzerinden izlenmesi ve aracın hareketlerinin kolay kontrol edilebilmesi içinde arayüze joystik veya gamepad desteği eklenmesi planlanımıştır(ERGAN, Yılmaz, & YAKUT)

Sualtı araçları için tasarlanan Kontrol Panosu'nda ARM tabanlı STM32 mikroişlemci ve IMU, basınç sensörü, haberleşme kartı gibi yardımcı elemanlar kullanıldı. Tasarlanan kontrol kartı, uzaktan kumandalı ve otonom araçlarda araç kontrolü ve yer istasyonu ile iletişim için kullanılabilir. Bu çalışmada, sualtı araçlarının derinlik ve yön kontrolünü PID algoritmaları kullanılarak yapacak olan Kontrol Panosu tasarımı anlatılmıştır(Ataner, Özdeş, Durdu, & Terzioğlu, 2020; Ataner, Özdeş, Öztürk, et al., 2020)

İncelenmiş literatür araştırmaları sonucunda, modern teknolojinin otonom su altı araçlar için yeni tasarım konseptleri sunması gerekmektedir. Aynı zamanda bunların düşük maliyetli ve çok yönlü olması önemlidir. Böylece bu projede düşük maliyetli ve işlevi çok olan su altı araçlara özel kontrol kartı tasarlanmıştır. Literatür taraması sonucunda gözüktüğü gibi otonom araçlar için dikkat edilmesi gereken 3 esas başlık vardır. Bunlar hareket yönünü belirlemek, donanımsal ve yazılımsal kontroldür. Sualtı otonom aracı su altında hareket edeceği için GPS sistemi kullanılamaz. Su altı aracına alternatif olarak sonar sistemi kullanılması düşünülmüştür. Aracın otonomluğunu sağlayabilmek için [3]'de pixhawk kullanılmıştır. Lakin pixhawk insansız hava araçları için tasarlanmış bir yapıda olduğu için su altı araçlarına özel tüm verilerin okunabileceği bir yapıya gereksinim duyulmuştur. Bunun içinde yukarıda bahsedilen stm32 tabanlı su altı kontrol kartı aynı zamanda aracın otonomluğunu sağlayan bir yapıda tasarlanmıştır.

İncelenmiş literatür araştırmaları sonucunda, Eryamanti et al. çalışmasında da anlaşılmaktadır ki modern teknoloji otonom su altı araçlar için yeni tasarım konseptleri sunması gerekmektedir. Aynı zamanda bunların düşük maliyetli ve çok yönlü olması önemlidir. Böylece bu çalışmada düşük maliyetli ve işlevi çok olan su altı araçlara özel kontrol kartı tasarlanmıştır. Literatür taraması sonucunda gözüktüğü gibi otonom araçlar için dikkat edilmesi gereken 3 esas başlık

vardır. Bunlar hareket yönünü belirlemek, donanımsal ve yazılımsal kontroldür. Referans alınmış otonom araç su altında hareket edeceği için gps sistemi kullanılamaz. Su altı aracına alternatif olarak sonar sistemi kullanılması düşünülmüştür. Bilindiği üzere sonar sistemin esas beyni mikrodenetleyicilerden oluşmaktadır. Tasarlanan kart stm tabanlı olduğu için ve stm32 birçok mikrodenetleyici ile haberleşebildiği için bu tasarlanan devrede bir avantaj oluşturur. Bu sebepten ötürü stm32 ve mikrodenetleyici haberleşmesine uygun bir devre yapısı gerçekleştirildi. Aracın otonomluğunu sağlayabilmek için bir literatür çalışmasında pixhawk kullanılmıştır. Lakin pixhawk insansız hava araçları için tasarlanmış bir yapıda olduğu için su altı araçlarına özel tüm verilerin okunabileceği bir yapıya gereksinim duyulmuştur. Bunun içinde yukarıda bahsedilen stm32 tabanlı su altı kontrol kartı aynı zamanda aracın otonomluğunu sağlayan bir yapıda tasarlanmıştır. Stm tabanlı kartlarda PID kontrolü kullanımı yaygındır ve buna alternatif olarak literatürde bulanık mantık ve yapay sinir ağlarının kullanımıyla da yön kontrolü doğru bir şekilde yapılır. Akademik çalışmadakı ilerleyen süreçte yapay zekanın kullanımıyla sensörlerden alınan verilere göre bulanık mantık metoduyla otonom insansız su altı aracının kendi kendine karar verecek ve hareket edecek düzeye getirilmesi düşünülüyor. Literatür çalışmasında gözlemlenen STM32F407VGT6'nın yapılacak projenin amacına uygun olduğu kanısına varılmıştır.

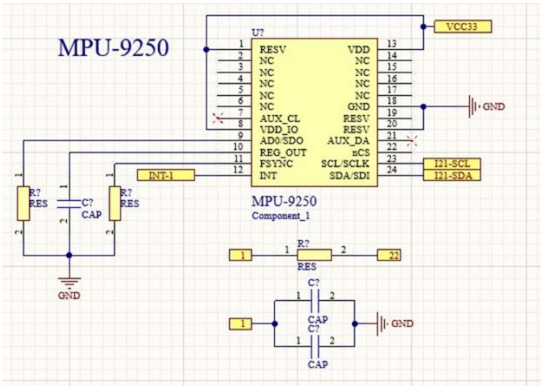
Piyasa ve literatürde, sadece sualtı otonom araçlara özel hazırlanmış kontrol kartı bulunmamaktadır. Var olan ve yukarıda bahsedilmiş uçuş kontrol kartları ise, sualtı araçlarında kullanım amaçlarını karşılamamaktadır. Böylece akademik çalışma tamamen özgün olup, yeni ticari ve girişimci yapıların temelini oluşturabilecek potensiyel değere sahiptir.

Tasarım Adımları

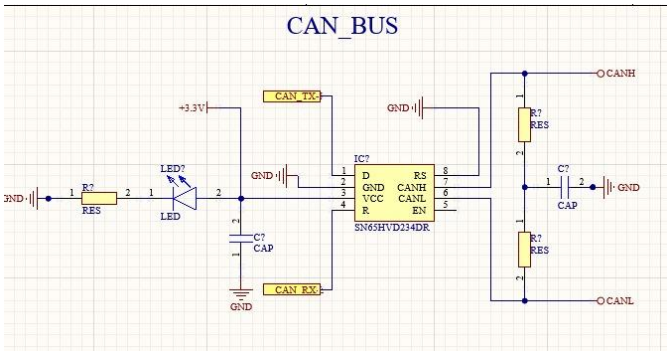
Literatür taraması sonucunda , yapılmış olan uçuş kontrol kartlarının su altı araçlarına özel olmadığı kanaatine varılmıştır. Etkin bir şekilde kullanılabilecek ve daha az maliyetle üretilebilecek su altı araçlarına özel yerli kontrol kartı yapılması planlanmıştır. Tasarlanacak olan kontrol kartı sualtı araçlarında hem manuel kullanımlarda kullanıcıya kolaylık sağlayacak hem de otonomi su altı sistemler için uyumlu olacaktır.

Yapım çalışmalarına başlanmış olan su altı kontrol kartında STM32F407VGT6 tipi işlemci kullanılarak içerisinde birçok haberleşme protokollerini barındırmasından dolayı dışardan bağlanabilecek harici işlemciler ile kolaylıkla haberleşme sağlayabilen bir yapı oluşturulabilecektir[8]. Yapılacak olan projede ana kontrol kartının yanı sıra, su altı mesafe ölçümü ve haritalandırma yapılabilmesi için ses dalgaları kullanarak sonar sistem oluşturulacaktır. Ana kontrol kartı ve sonar sistem arasında SPI haberleşme protokolü kullanılacaktır. Gözlemler sonucuna mikrodenetleyicilerin kendi aralarında SPI pini ile daha sağlam haberleşebildiği görülmüştür ve bunu baz alarak tasarlanmış kartda da STM'ler kendi aralarında haberleşmesinde seri haberleşme (SPI) yapılmasına karar verilmiştir. Tasarlanmış kontrol kartındakı STM32 ve sonar devresindeki mikrodeneyicinin haberleşme durumu dikkate alınarak devre tasarımında aşırı akım oluşabileceği ve mikrodeneleyicilerin besleme voltajları arasındaki fark da dikkate alınarak SPI pini ile seri haberleşme yapılması kararlaştırılmıştır. Tasarlanmış olan sonar sistem devresi ana kontrol kartına uyumlu bir yapıda olup konnektör kullanılarak uygun bağlantı konfigürasyonu oluşturulacaktır. Ana kontrol kartında en fazla sekiz motorlu yapıya uygun olacak şekilde motor kontrollerini gerçekleştirmek üzere kullanılan ESC'ler için konnektörler kullanılarak bağlantı noktaları oluşturulacaktır. İşlemcinin tek kartlı bilgisayar ile için Usart haberleşme protokolü kullanıldı. Fırçasız DC motorların kontrolü için TIM hatları kesmeler ile birlikte aktif hale getirilerek kullanılacaktır. Analog sensörlerden veri okuyabilmek için ADC kanalı etkinleştirildi. I2C haberleşme protokolüne ihtiyaç duyulan

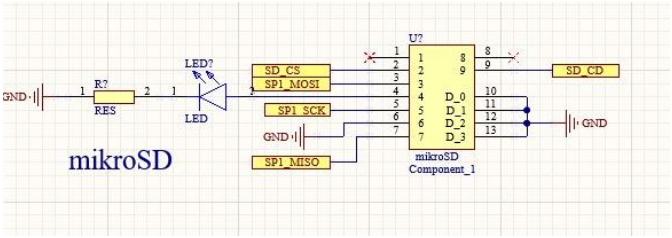
sensörler için ilgili kanal aktif edildi. Tasarlanmış devrenin Altium Designer'de şematik çizimleri Şekil 1- Şekil 7 arasında verilmiştir.



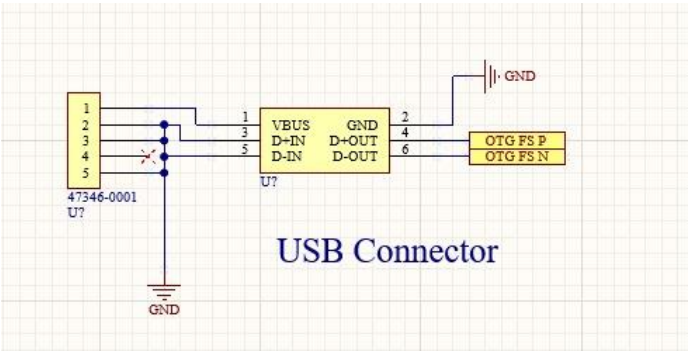
Şekil 1. MPU sensör devresi



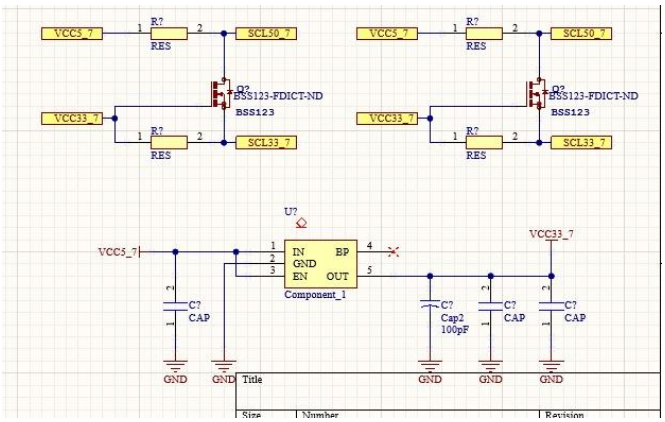
Şekil 2. CAN BUS devresi



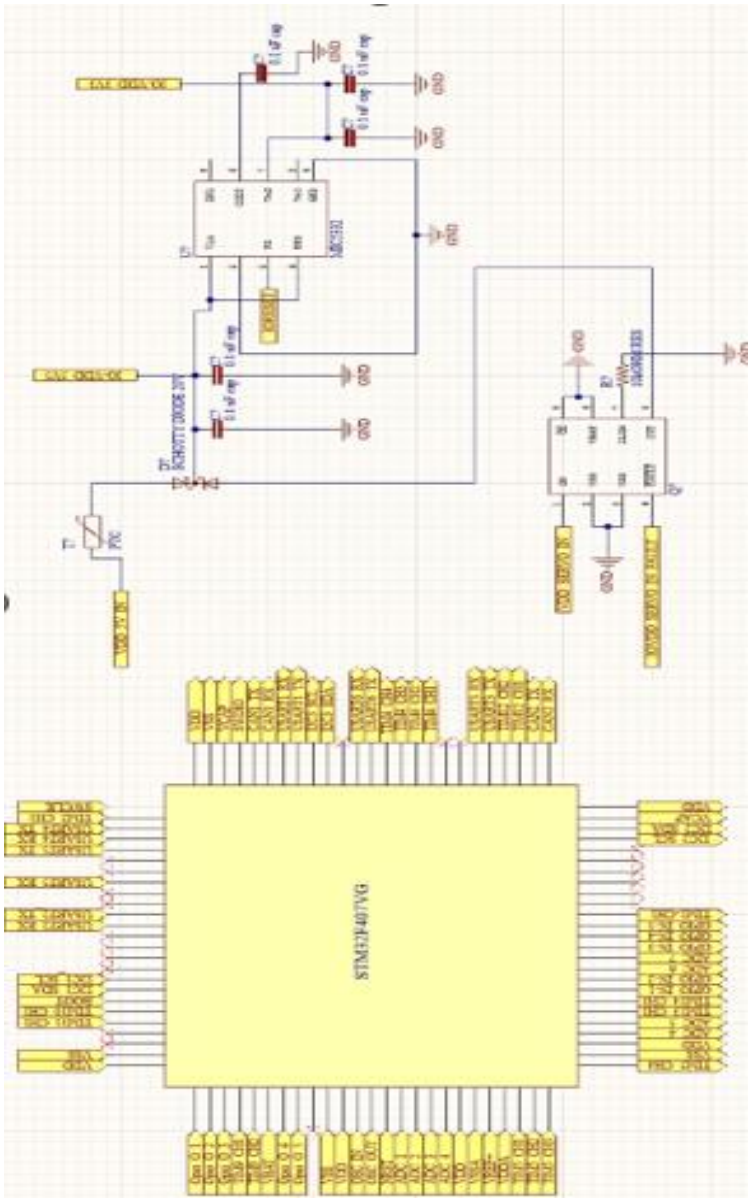
Şekil 3. Micro SD Card devresi



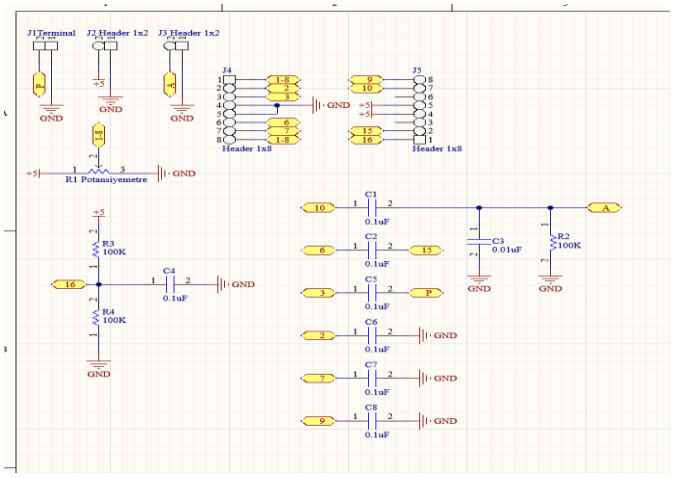
Şekil 4. USB devresi



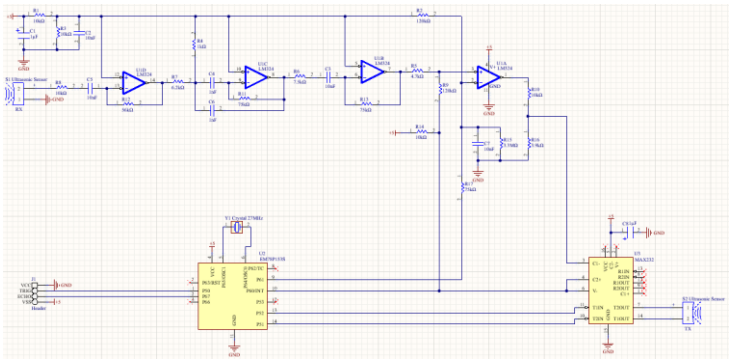
Şekil 5. Anahtarlama devresi



Şekil 6. STM devresi



Şekil 7. Sonar sisteminin şematik devresi



Şekil 8. Sonar Sistem Tasarımı HC RS04 Devresi Şematik Görüntüsü

Sekil 7 ve Şekil 8'de Sonar sistem tasarımı verilmiştir.

Aynı zamanda 12-36 V aralığında değişebilen ve istenilen değerde sabitlenebilen güç dağıtım kartı oluşturulacaktır.

Sonar devresi STM32 mikrodenetleyicisiyle olacaktır. Akustik olarak havadan farklı olan sualtı ortamda kullanılan insansız sualtı araçlarda kullanılması planlanan tasarlanmış kontrol kartının daha önce de özel olarak böyle sistemler için tasarlandığı söylenmiştir. GPS modülü yerine kullanılan sonar kartı pozisyon ve engel algılama için sualtı sistemlere özel bir yapıdır. Alıcı ve verici devresiyle ses dalgalarının suda yayılması ve engele değip geri dönmesine dayanan sade bir mantığa sahip kullanışlı bir sistemdir. Tasarlanmış kontrol kartındakı STM32 ve sonar devresindeki mikrodeneyicinin haberleşme durumu dikkate alınarak devre tasarımında aşırı akım oluşabileceği ve mikrodeneleyicilerin besleme voltajları arasındaki fark da dikkate alınarak SPI pini ile seri haberleşme yapılması kararlaştırılmıştır.

SPI haberleşme ile mikroSD kart STM32F407 ile haberleşiyor ve aldığı verileri hafızasında tutuyor. Bu performans analizi yapıldığı zaman arşivlenmiş verileri tekrardan göz atabilme açısından avantaj sağlıyor.

Projenin ilerleyen kısımlarında su altında hareket eden aracın EEPROM ve mikroSD kartta topladığı dataları su yüzeyine çıktığında STM32F407 tabanlı tasarlanmış su altına özel kontrol kartı telemetri ile ana bilgisayara aktarma metodları düşünülmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada yerli olarak sualtı araçlara uyumlu sualtı kontrol kartı yapılmıştır. Kontrol kartına ek olarak küçük sualtı araçların elektronik sistemlerine uygun olarakkontrol kartı üzerind bağlantı noktaları ve ayar butonları da bulunmaktadır. Sonar sistem ve güç dağıtım kartları da yerli olarak tasarlanmıştır. Üretilecek kontrol kartı ile ilgili gerekli özellikler araştırılmış, geleceğe dair kontrol kartlarıyla ilgili yapılması planlanan konular değerlendirilmiş ve sualtı kullanımına uyarlanması planlanmıştır. Sonuç olarak, su altı kontrol kartının bir bilgisayar, sonar, basınç sensörü, ivme, jiroskop, manyetometre sensörü ile etkin bir şekilde haberleşebilmesi için gerekli tasarım yapılmıştır. Donanımsal zenginliği ve yüksek hız performansı neticesinde seçilmiş olan ARM tabanlı mikrodenetleyici olan STM32F407 ve 746 kullanılacaktır. Aracın kontrol kartında; üzerinde haberleşme protokollerinin yeterli olması, işlemcisinin oldukça hızlı olması ve arayüzü vasıtası ile konfigürasyon ayarlarının kolaylıkla yapılabilmesi STM32 mikrodenetleyicisinin kullanılma nedenidir. Kontrol yazılımı; C dilinde olup USART, I2C, SPI ve dahili kesmeler kullanılarak programlanacaktır.

REFERANSLAR

Akçakaya, H., Yildiz, H. A., Sağlam, G., & Gürleyen, F. (2009). *Sliding mode control of autonomous underwater vehicle.* Paper presented at the 2009 International Conference on Electrical and Electronics Engineering-ELECO 2009.

Ataner, E., Özdeş, B., Durdu, A., & Terzioğlu, H. (2020). STM32 Based Underwater Control Card Design. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi,* 351-356.

Ataner, E., Özdeş, B., Öztürk, G., Çelik, T. Y. C., Durdu, A., & Terzioğlu, H. (2020). Deep Learning Methods in Unmanned Underwater Vehicles. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi,* 345-350.

ERGAN, A. F., Yılmaz, S., & YAKUT, M. Sualtı Deney Platformu için Kontrol Kartı Tasarımı.

Ermayanti, Z., Apriliani, E., Nurhadi, H., & Herlambang, T. (2015). *Estimate and control position autonomous underwater vehicle based on determined trajectory using fuzzy Kalman filter method.* Paper presented at the 2015 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation (ICAMIMIA).

Neşeli S.,Yalçın G.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). Nano Yüzey Kalitesi Oluşturmak İçin Lepleme Makinesi Tasarımı. V Scıence Technology and Innovatıon Congress, 374-380. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5601104)

Gül, U. D., & Leblebicioğlu, K. (2012). *Autonomous underwater vehicle modelling, control, motion and mission planning design.* Paper presented at the 2012 20th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU).

Kartal, S. K., Leblebicioğlu, M. K., & Ege, E. (2015). *Vision-based navigation and system identification of underwater survey vehicle.* Paper presented at the 2015 23nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU).

Leonard, N. E. (1998). Mechanics and nonlinear control: Making underwater vehicles ride and glide. *IFAC Proceedings Volumes, 31*(17), 1-6.

ÜYELERİ, T., & DANIŞMAN, A. İNSANSIZ SU ALTI SİSTEMLERİ YARIŞMASI KRİTİK TASARIM RAPORU.

BÖLÜM 9

YAPAY ZEKA VE MAKINE ÖĞRENME METODLARININ TIP'TA KULLANIM ALANLARINA GENEL BAKIŞ

Seyidkhadija MIRJAFARLI[1]
[1] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye

Hakan TERZİOĞLU[2]
[2] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0001-5928-8457

Abdullah Cem AĞAÇAYAK[3]
[3] Konya Teknik Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0002-9285-5764

GİRİŞ

Tıpta yapay zekâ kullanımı efsane olmaktan çıktı. Artık her alanda doktorların en büyük yardımcısı, algoritmalar, makine öğrenimi sistemleri ve becerikli robotlar…

Yapay zekâ hayatımızın her alanında olduğu gibi sağlıkta da devrim yaratıyor. Dünya genelindeki sağlık hizmetleri de bu değişimden önemli derecede etkileniyor. Makine öğrenimi ve yapay zekâ, doktorları, hastaneleri ve sağlıkla bağlantılı tüm diğer alanları etkiliyor.

Hastalıkların doğru bir şekilde tespit edilmesi, yıllarca tıp eğitimi almayı gerektirir. Bu eğitimin ardından bile teşhis koymak zorlu ve zaman alıcı bir iştir. Tıbbın birçok alanında, uzman talebinin arzı aşmış durumda olması doktorları strese sokuyor ve hastalıkların teşhisi daha da gecikiyor.

Makine öğrenimi -özellikle de derin öğrenme algoritmaları hastalıkların otomatik teşhisi konusunda son dönemde büyük ilerleme kaydetmiş, teşhis sürecini daha ucuz, kolay ve erişilebilir hale getirmiş durumda.

Tıp alanında yapay zeka kullanımı için bu alanlarda bol miktarlarda verinin bulunması gerekiyor. Bu verilerin sağlanması halinde ise mevcut algoritmalar teşhis konusunda en az doktorlar kadar büyük bir başarı gösterebiliyorlar. Hatta algoritmaların teşhisleri daha kısa sürede yapmaları ve daha az maliyetli olması tıpta yapay zekayı daha da öne çıkarıyor. Bu bakımdan özellikle radyoloji teşhisleri için yapay zekanın dünya genelinde yaygınlaştırılması planlanıyor.

Radyoloji çok fazla meşgul oluşturan bir alan olduğundan bu alandaki yapay zeka çalışmalarının da daha kapsamlı bir şekilde yapılması hedefleniyor. Özellikle yıllık olarak dünya genelinde çekilen göğüs röntgeni sayısı iki milyarı geçiyor. Yapay zeka algoritmalarının ise bu röntgenleri değerlendirmesi ve aynı zamanda hastalıkların teşhisinin daha erken bir şekilde yapılarak hastaların tedavi süreçlerinin kısaltılması amaçlanıyor. Buna göre sadece röntgen filmleri değil, MR, BT, mamografi gibi çeşitli tıbbi görüntüleme cihazlarında da yapay zekadan yararlanmak hedefleniyor ve insanlara göre yapay zeka 150 kat daha hızlı sonuçlar veriyor. Bu sayede meme, akciğer, prostat kanserlerinin tespit edilmesi, santral sinir sistemi tümörlerinin teşhis edilmesi, iyi huylu olan lezyonların ayrıt edilmesi gibi konularda yapay zeka algoritması yararlar gösteriyor.

Bunları gözönünde bulundurarak birçok kullanılmış yapay zeka ve makine öğrenmesi algoritma ve motolarının kulanıldığı çalışmalara bu akademik makalede derlenmiş ve literatür taraması yapılmıştır.

LİTERATÜR TARAMASI

Twitter, günümüz ortamında muazzam bir konu haline gelen, birçok kuruluşun ve kamuoyunun kimliğini geliştirmesine ve bu sosyal web sitesi aracılığıyla ezici hale gelmesine neden olan bir sosyal blog sitesidir. Ancak ne yazık ki Twitter, web sitesinin itibarını kasıtlı kullanıcılardan siteyi kullanmayı bırakmaktan alıkoyan spam gönderenler nedeniyle büyük zorluklarla karşı karşıya. Araştırmacılar, spam gönderenlerin karşılaştığı sorunların üstesinden gelmek için

birçok teknik önerdiler. Araştırmacılar yeni bir yol buldukça spam gönderenler bu yolda seyahat etmek için yeni teknikler geliştiriyor. Şimdiye kadar istenmeyen posta gönderenleri tespit etmek için birçok algoritma önerilmiş ve tespit oranını artırmak için bazı ayıklama teknikleri geliştirilmiştir. Bu sayfada, ana odak noktası, temel bileşen analizi kullanılarak lojistik regresyonu boyutsal indirgeme tekniğiyle birleştiren hibrit bir yaklaşımla verilerimizin özellik çıkarımıdır. Veri setimiz, içinde 159 özellik bulunan 17 milyon kullanıcının tweet'lerini içermektedir. Ardından, sınıflandırma doğruluğunu artırmaya yönelik daha sonraki süreç için yardımcı olacak belirli özellikleri ondan çıkaracağız. Sınıflandırma işlemi için çalışmamız, bazı makine öğrenme teknikleri kullanılarak verilerin sınıflandırılması sürecine kadar genişletildi. Önerilen çalışmadan, sınıflandırma işlemi için belirli özellikler kullanılarak algılama oranı artırılabilir. Ardından, sınıflandırma doğruluğunu artırmaya yönelik daha sonraki süreç için yardımcı olacak belirli özellikleri ondan çıkaracağız. Sınıflandırma işlemi için çalışmamız, LR makine öğrenme teknikleri kullanılarak verilerin sınıflandırılması sürecine kadar genişletildi. Önerilen çalışmadan, sınıflandırma işlemi için belirli özellikler kullanılarak algılama oranı artırılabilir. Ardından, sınıflandırma doğruluğunu artırmaya yönelik daha sonraki süreç için yardımcı olacak belirli özellikleri ondan çıkaracağız. Sınıflandırma işlemi için çalışmamız, bazı makine öğrenme teknikleri kullanılarak verilerin sınıflandırılması sürecine kadar genişletildi. Önerilen çalışmadan, sınıflandırma işlemi için belirli özellikler kullanılarak algılama oranı artırılabilir(Murugan & Devi, 2019)

Diğer bir çalışmada ise, veri seti çok büyük ve büyük ölçekli olduğundan, GA-LR adı verilen bir öznitelik seçme tekniği yardımıyla eğitim süresi azaltılmaya çalışılmıştır. Bu yöntemde, optimum sayıda ve en iyi özellik tipini elde etmek için GA tekniği kullanılır. Öznitelik seçiminde kullanılan amaç fonksiyonu algılama oranıdır. Her bir öznitelik alt kümesinin algılama oranı, LR ile elde edilir. Yüksek algılama oranına sahip bir özellik alt kümesi aranmıştır(Hosseini, 2020).

Başka bir akademik çalışmada, amaç olarak literatürdeki klinik tahmin modellemesi için lojistik regresyonun (LR) performansını makine öğrenimi (ML) ile karşılaştırmaktı. 927 çalışmanın 71'ini dahil ettik. Medyan örneklem büyüklüğü 1.250 (aralık 72–3.994.872), dikkate alınan 19 öngörücü (5–563 aralığı) ve yordayıcı başına sekiz olay (aralık 0.3–6.697) idi. En yaygın ML yöntemleri, sınıflandırma ağaçları, rastgele ormanlar, yapay sinir ağlarıydı.ve vektör makinelerini destekler. 48 (%68) çalışmada, doğrulama prosedürlerinde potansiyel yanlılık gözlemledik. Altmış dört (%90) çalışma, ayrımcılığı değerlendirmek için alıcı çalışma karakteristik eğrisinin (AUC) altındaki alanı kullandı. Kalibrasyon 56 (%79) çalışmada ele alınmadı. Bir LR ve ML modeli arasında 282 karşılaştırma belirledik (AUC aralığı, 0,52–0,99). Kayırma hatası riskinin düşük olduğu 145 karşılaştırma için, LR ve ML arasındaki logit (EAA) farkı 0,00'dı (%95 güven aralığı, -0,18 ila 0,18). Kayırma hatası riskinin yüksek olduğu 137 karşılaştırma için logit(EAA), ML için 0,34 (0,20-0,47) daha yüksekti. ML'nin LR'ye göre üstün performansına dair hiçbir kanıt bulamadık. Modelleme algoritmalarını karşılaştıran çalışmalar için metodoloji ve raporlamada iyileştirmelere ihtiyaç vardır. Ve bu akademik çalışmada aşağıdakı önemli bulgular elde edilmiştir:

1.Lojistik regresyona dayalı klinik tahmin modellerini ve makine öğrenimi algoritmalarını karşılaştıran uygulamalı araştırmalar, özellikle doğrulama prosedürüyle ilgili olarak zayıf metodoloji ve raporlamadan muzdaripti.

2.Çalışmalar, risk tahminlerinin güvenilir olup olmadığını (kalibrasyon) nadiren değerlendirdi, ancak alıcı çalışma karakteristik eğrisinin (AUC) altındaki alan neredeyse her zaman sağlandı.

3.Klinik risk tahmini için lojistik regresyon ve makine öğrenimi modellerinin EAA'sı, karşılaştırmalar kayırma hatası riskinin düşük olduğu durumlarda benzerdi; makine öğrenimi (ML) performansı, önyargı riski yüksek olan karşılaştırmalarda daha yüksekti(Christodoulou et al., 2019).

Diğer bir akademik inceleme, beyin cerrahisi makine öğrenimi uygulamalarının mevcut durumunu ve uygulanan algoritmaların performansını değerlendirdi. Sistematik arama stratejimiz, 70'i dahil edilme kriterlerini karşılayan 6866 sonuç verdi. Analiz edilen performans istatistikleri, alıcı çalışma özellikleri eğrisi (AUC), doğruluk, hassasiyet ve özgüllük altındaki alanı içeriyordu. Doğal dil işleme (NLP), korpustaki konuları modellemek ve cerrahi alt uzmanlık dallarındaki anahtar kelimeleri belirlemek için kullanıldı. Makine öğrenimi uygulamaları heterojendi. En yoğun çalışma grubu, omurga cerrahisinde ameliyat öncesi değerlendirme, planlama ve sonuç tahminine odaklanmıştır. Uygulanan ana algoritmalar NN, LR ve SVM idi. Girdi ve çıktı özellikleri çok çeşitliydi ve gelecekteki araştırmaları kolaylaştırmak için listelendi. Doğruluk ($F(2,19) = 6,56$, $p < 0,01$) ve özgüllük ($F(2,16) = 5,57$, $p < 0.01$) NN, LR ve SVM önemli ölçüde farklıydı. NN algoritmaları, LR'den önemli ölçüde daha yüksek doğruluk gösterdi. SVM, LR'den önemli ölçüde daha yüksek özgüllük gösterdi. NN, LR ve SVM EAA ve duyarlılık arasında anlamlı bir fark bulamadık. NLP konu modellemesi, modelleme yaklaşımı, cerrahi tipi ve patoloji temaları ile tanımlanan yedi konuda maksimum tutarlılığa ulaşmıştır. En sık uygulanan ilk üç algoritmanın (LR, NN ve SVM) performansı istatistiksel olarak karşılaştırıldı. Bu derlemde, diğer algoritmaları dahil etmek için yeterli rapor edilmiş performans verisi yoktu. Algoritmaları doğruluk, EAA, duyarlılık ve özgüllük açısından karşılaştırdık (Tablo 5). LR, NN ve SVM, doğruluk performanslarında önemli ölçüde farklılık gösterdi ($F(2,19) = 6.56$, $p < 0.01$). Post hoc testler, NN'lerin LR'den önemli ölçüde daha doğru olduğunu gösterdi. NN'lerin ve SVM'lerin doğruluk performansı önemli ölçüde farklılık göstermedi. Üç algoritma, AUC ($F(2,56) = 1.75$, $p = 0.18$) veya hassasiyet ($F(2,16)$ açısından önemli ölçüde farklılık göstermedi. $= 2,85$, $p = 0,07$). Üç algoritma, özgüllük açısından önemli ölçüde farklılık gösterdi ($F(2,16) = 5.57$, $p < 0.01$). Post hoc testler, SVM'nin LR'den önemli ölçüde daha yüksek özgüllük gösterdiğini gösterdi(Buchlak et al., 2020).

Meme kanseri tüm dünyada kadınlar arasında çok popülerdir. Ancak bu kanseri ilk evrelerinde tespit etmek hayat kurtarmaya yardımcı olur. Radyologlar mamografi görüntülerinde kanser olup olmadığını tahmin edebiliyorlar ama yaklaşık %15'ini gözden kaçırabiliyorlar. Bu yazıda, meme kanserini yüksek doğrulukla tespit etmek için yeni bir yöntem öneriyoruz. Bu yöntem iki ana bölümden oluşmaktadır, birinci bölümde görüntü işleme teknikleri kullanılarak mamografi görüntülerinin özellik ve örüntü çıkarma işlemine hazırlanması sağlanmaktadır. İkinci bölüm, çıkarılan özniteliklerin Geri Yayılma Sinir Ağı (BPNN) modeli ve Lojistik

Regresyon (LR) modeli olan iki tür denetimli öğrenme modeli için bir girdi olarak kullanılmasıyla sunulmuştur. Bu makalede bu modellerin doğruluğunu incelenmiştir. Önerdiğimiz model temel olarak iki bölümden oluşmaktadır, ilki özellik çıkarımı için görüntü işleme tekniklerini kullanmakta, ikinci bölüm ise iki tür denetimli öğrenme algoritması olan LR ve BPNN'deki makine öğrenmesi algoritmalarıdır. LR modelinde kullanılan özellik sayısının BPNN'den çok daha fazla olduğunu gözlemlendi. Ancak sadece 240 öznitelik ile %93'ü aşan BPNN kullanarak iyi bir regresyon değerine de sahibtir(Alarabeyyat & Alhanahnah, 2016).

Bu çalışmada, yağlı karaciğer hastalığını doğru bir şekilde tahmin etmek için dört sınıflandırma modelini geliştirdik ve karşılaştırdık. Ancak rastgele orman modeli, diğer sınıflandırma modellerinden daha yüksek performans göstermiştir. Klinik ortamda rastgele bir orman modelinin uygulanması, doktorların yağlı karaciğer hastalarını birincil koruma, gözetim, erken tedavi ve yönetim için sınıflandırmasına yardımcı olabilir. Rastgele orman (RF), Naïve Bayes (NB), yapay sinir ağları (ANN) ve lojistik regresyon gibi sınıflandırma modelleri (LR), FLD'yi tahmin etmek için geliştirilmiştir. Dört model arasındaki performansı değerlendirmek için alıcı çalışma karakteristik eğrisinin (ROC) altındaki alan kullanıldı. Toplam 577 hasta dahil edildi; Bu 377 hastanın karaciğer yağlanması vardı. 10 kat çapraz doğrulama ile RF, NB, ANN ve LR'nin alıcı işletim karakteristiği (AUROC) altındaki alan sırasıyla 0.925, 0.888, 0.895 ve 0.854 idi. Ek olarak, RF, NB, ANN ve LR'nin doğruluğu %87,48, 82,65, 81,85 ve %76,96'dır(Wu et al., 2019).

Klinik sorunları ele almak için makine öğrenimi (ML) tekniklerinin uygulanmasına artan bir ilgi olsa da, sağlık hizmetlerinde derin öğrenmenin kullanımı son zamanlarda ilgi görmeye başladı. Derin sinir ağı (DNN) gibi derin öğrenme, son yıllarda konuşma tanıma, bilgisayarla görme ve doğal dil işleme alanlarında etkileyici sonuçlar elde etti. Ancak, çerçevesindeki karmaşıklıklar nedeniyle derin öğrenmeyi anlamak genellikle zordur. Ayrıca, bu yöntemin, EMC'leri kullanan hastalık tahmin görevlerinde diğer geleneksel ML algoritmalarına kıyasla daha iyi bir performans elde ettiği henüz gösterilmemiştir. Bu çalışmada, 5 yıllık inme oluşumunu tahmin etmek için DNN'yi diğer üç ML yaklaşımıyla karşılaştırmak için yaklaşık 800.000 hastadan oluşan büyük bir popülasyona dayalı EMC veri tabanı kullanıyoruz. Sonuç, DNN ve gradyan artırma karar ağacının (GBDT), lojistik regresyon (LR) ve destek vektör makinesi (SVM) yaklaşımlarına kıyasla benzer şekilde yüksek tahmin doğruluklarına yol açabileceğini göstermektedir. Bu arada DNN, GBDT yöntemine göre daha az hasta verisi kullanarak optimal sonuçlara ulaşmaktadır(Hung, Chen, Lai, Lin, & Lee, 2017).

Türkiye'de Güneydoğu Anadolu bölgesi, özellikle bölgede Şanlıurfa ilinin kuzeybatısında yaşayan insanlar diş florozisi riskine maruz kalmaktadır. Yeraltı sularından aşırı florür alımı diş florozuna neden olur. Florür içeriğinin tespiti ancak maliyetli ve zaman alıcı olan kimyasal yöntemlerle mümkündür. Bu nedenle, alternatif maliyetli çözümlere ulaşmak oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Türkiye'de güneydoğu Anadolu'da diş florozisinin makine öğrenimi teknikleriyle tahmini analiz edildi. 63 kuyudan alınan yeraltı suyu numuneleri laboratuvarda analiz edilmiş ve numunelerden 26 parametre seçilmiştir. Bu 26 giriş parametresi aracılığıyla numunelerdeki florür seviyesini tahmin etmek için LR, KNN, ANN ve SVM dahil olmak üzere çeşitli makine öğrenme algoritmaları kullanıldı. KNN diğer öngörücülerden daha iyi performans gösterdiğinden, önerilen SA algoritması, özellik seçimi amacıyla KNN ile

yürütülmüştür. SA algoritması, diğer öznitelik seçim yöntemleriyle karşılaştırıldı. Test setindeki tahmin performansına bakıldığında SA öznitelik altkümesi seçim algoritmasının daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca seçilen alt küme (SAR, K+ , NO 3 - , NO 2 - , Mn, Ba ve Fe) SA algoritması ile 0,731 gibi yüksek korelasyon katsayısı değerleri ve 5,248 ile güçlü t testi puanları sergilemiştir. Öte yandan oy haritası ile en sık seçilen bireysel özellikler NO 3 - , NO 2 - , Fe ve SAR olarak belirlendi. Gelecekte, florür konsantrasyonunun tahmini için modelimizi aynı bölgede yeni yeraltı suyu örnekleriyle doğrulanabilir(Ataş, Yeşilnacar, & Demir Yetiş, 2022).

Sınıflandırma, veri analitiği, örüntü tanıma ve makine öğrenimi için çok önemlidir. Verileri önceki bilgilerden kategorize ettiği için denetimli bir öğrenme tekniğidir. Her test örneğinin sınıfına, eğitim verilerinden her bir sınıf için ortak olan özellikler ve örüntüler birleştirilerek karar verilir. Sınıflandırma iki aşamada yapılır. İlk olarak, eğitim veri setine LR sınıflandırma algoritması uygulanır ve ardından çıkarılan model, model performansını ve doğruluğunu ölçmek için etiketli bir test veri setine karşı doğrulanır. Sınıflandırma uygulamaları arasında belge sınıflandırması, spam filtreleme, görüntü sınıflandırması, dolandırıcılık tespiti, arkadaş analizi, risk analizi vb. yer alır(Singh, Thakur, & Sharma, 2016).

Bu çalışma, Güney Kore'deki Jumunjin Ülkesi için heyelan duyarlılık haritaları üretmeye çalışmaktadır. Lojistik Regresyon (LR), LogitBoost (LB) ve NaïveBayes (NB) olmak üzere üç makine öğrenimi algoritması kullanılmış ve nihai model sonuçları birbiriyle karşılaştırılmıştır. İlk olarak, arazi doğrulaması, tarihsel kayıtlar ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) ortamındaki yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama verilerine dayalı olarak bir heyelan envanter haritası ve heyelan koşullandırma faktörlerinin ilgili girdi veri katmanları geliştirilmiştir. Bakı, eğim, yükseklik, maksimum eğrilik, profil eğriliği, topografik ıslaklık indeksi (TWI), topografik konumlandırma indeksi (TPI), faydan uzaklık dahil olmak üzere on yedi heyelan koşullandırma faktörü hazırlanmıştır. dışbükeylik, orman türü, orman çapı, orman yoğunluğu, arazi kullanımı/arazi örtüsü, litoloji, toprak, akış birikimi ve orta eğim konumu. Sonuç, LR, LB ve NB modellerinin eğri altındaki alan (AUC) değerlerinin sırasıyla %84,2, %70,7 ve %85,2 olduğunu gösterdi. Sonuçlar, LR ve LB modellerinin heyelan duyarlılık değerlendirmesinde NB modeline göre makul doğruluk ürettiğini ortaya koydu. Nihai duyarlılık haritaları, ön arazi kullanım planlaması ve tehlike azaltma amacı için faydalı olacaktır. Sonuçlar, LR ve LB modellerinin heyelan duyarlılık değerlendirmesinde NB modeline göre makul doğruluk ürettiğini ortaya koydu. Nihai duyarlılık haritaları, ön arazi kullanım planlaması ve tehlike azaltma amacı için faydalı olacaktır. Sonuçlar, LR ve LB modellerinin heyelan duyarlılık değerlendirmesinde NB modeline göre makul doğruluk ürettiğini ortaya koydu(Pourghasemi, Gayen, Park, Lee, & Lee, 2018).

Bu çalışmada, tek hastalık tahmininde birden fazla denetimli makine öğrenimi algoritması uygulayan çalışmaları belirlemek için kapsamlı araştırma çabaları yapılmıştır. Farklı arama öğesi türleri için iki veritabanı (örn. Scopus ve PubMed) arandı. Bu nedenle, hastalık tahmini için denetimli makine öğrenimi algoritmalarının varyantları arasında karşılaştırma yapmak üzere toplam 48 makale seçtik. Destek Vektör Makinesi (DVM) algoritmasının en sık (29 çalışmada) ve ardından Naïve Bayes algoritmasının (23 çalışmada) uygulandığını bulduk. Bununla birlikte, Rastgele Orman (RF) algoritması, karşılaştırmalı olarak üstün doğruluk

göstermiştir. RF uygulandığı 17 çalışmanın 9'unda en yüksek doğruluğu, yani %53'ünü gösterdi. Bunu, dikkate alındığı çalışmaların %41'inde ilk sırayı alan SVM izledi(Uddin, Khan, Hossain, & Moni, 2019).

Bu yazıda, farklı makine öğrenimi teknikleri kullanarak bilişsel radyo ağlarındaki (CRN'ler) spektrum doluluğunu analiz ediyoruz. En iyi tekniği bulmak için hem denetimli teknikler [naive Bayesian sınıflandırıcı (NBC), karar ağaçları (DT), destek vektör makinesi (SVM), lineer regresyon (LR)] hem de denetimsiz algoritmalar [gizli Markov modeli (HMM)] incelenir. en yüksek sınıflandırma doğruluğu (CA). Denetimli ve denetimsiz algoritmaların hesaplama süresi ve CA açısından ayrıntılı bir karşılaştırması yapılır. Sınıflandırılmış doluluk durumu, sistem tasarımcıları tarafından spektrum tahsisi ve spektrum paylaşım politikalarını tanımlamak için kullanılabilen, ikincil kullanıcının gelecekteki zaman aralıkları için engelleme olasılığını değerlendirmek için daha fazla kullanılır. Sayısal sonuçlar, DVM'nin tüm denetimli ve denetimsiz sınıflandırıcılar arasında en iyi algoritma olduğunu göstermektedir. Buna dayanarak, diğer tüm algoritmalardan daha iyi performans gösterdiği gösterilen bir firefly algoritması (FFA) ile birleştirerek yeni bir SVM algoritması önerdik(Azmat, Chen, & Stocks, 2015).

Mikroskobik incelemesi yoluyla sıtmanın tespiti, büyük ölçüde eğitimli mikroskop uzmanlarının uzmanlığına dayanan bir tanısal zorluktur. Bu makale, sıtma paraziti Plasmodium falciparum tarafından enfekte olmuş kırmızı kan hücrelerinin saptanması ve evrelendirilmesi için otomatik bir analiz yöntemi sunmaktadır.trofozoit veya şizont aşamasında. Bu alandaki önceki çabaların aksine, bu çalışma boyanmamış hücrelerin kantitatif faz görüntülerini kullanır. Eritrositler, optik faz eşikleri kullanılarak otomatik olarak bölümlere ayrılır ve faz görüntülerinin kantitatif karşılaştırmasını sağlamak için yeniden odaklanır. Yeniden odaklanan görüntüler, faz bilgisine dayalı olarak 23 morfolojik tanımlayıcıyı çıkarmak için analiz edilir. Tüm bireysel tanımlayıcılar, enfekte olmuş ve enfekte olmamış hücreler arasında istatistiksel olarak oldukça farklı olsa da, her tanımlayıcı, popülasyonların klinik kullanım için tatmin edici bir seviyede ayrılmasını sağlamaz. Teşhis kapasitesini geliştirmek için doğrusal ayrımcı sınıflandırma (LDC), lojistik regresyon (LR)-hücreleri daha etkili bir şekilde ayırt etmek için hesaplanan tüm fiziksel parametreleri birleştiren algoritmaları formüle etmek için en yakın komşu sınıflandırması (NNC) ve k dahil olmak üzere çeşitli makine öğrenimi teknikleri uygulandı. Sonuçlar, LDC'nin, enfekte olmamış RBC'lere kıyasla şizont evresindeki enfekte hücreleri tespit etmede %99,7'ye varan en yüksek doğruluğu sağladığını göstermektedir. NNC, geç trofozoitleri enfekte olmamış RBC'lerden ayırt etmede LDC'den (%99,0) veya LR'den (%99,1) biraz daha iyi doğruluk (%99,5) gösterdi. Bununla birlikte, erken dönem trofozoitleri için LDC, %98'lik en iyi doğruluğu sağladı. Enfeksiyon evresinin ayrımı daha az doğruydu, yüksek özgüllük (%99,8) ancak yalnızca %45,0-%66,8 hassasiyet üretiyordu; çoğu zaman geç trofozoit veya şizont evresi ile karıştırılan erken trofozoitler ve geç trofozoit ve şizont evresi çoğunlukla birbiriyle karıştırılır(Park, Rinehart, Walzer, Chi, & Wax, 2016).

Resüsite kardiyak arrest, yüksek mortalite ile ilişkilidir; ancak, mevcut hastalık şiddeti puanlarını kullanarak olumsuz sonuç riskini tahmin etme yeteneği sınırlıdır. Hastaneye yatıştan sonraki ilk 24 saat içinde mevcut olan hastane içi verileri kullanarak, demografik, fizyolojik ve biyokimyasal bilgilerin bir kombinasyonu ile hem lojistik regresyon (LR) hem de makine

öğrenimi (ML) tekniklerini kullanarak daha doğru risk tahmini modelleri geliştirmeyi amaçlandı. LR ve 5 ML yaklaşımları (gradyan artırma makinesi [GBM], destek vektörü sınıflandırıcı [SVC], rastgele orman [RF], yapay sinir ağı [ANN] ve bir topluluk), APACHE III ve Avustralya ve Yeni Zelanda Riski ile karşılaştırıldı. Ölüm (ANZROD) tahminleri. Toplamda 186 yoğun bakım ünitesinden 39.566 hasta analiz edildi. Ortalama (±SS) yaş 61 ± 17 idi; %65'i erkekti. Genel hastane içi mortalite %45,5 idi. Modeller test setinde değerlendirildi. APACHE III ve ANZROD puanları, iyi bir ayrım (alıcı çalışma karakteristik eğrisinin altındaki alan [AUROC] = 0,80 [%95 CI 0,79–0,82] ve 0,81 [%95 CI 0,8–0,82]) ve mütevazı kalibrasyon (Brier skoru 0,19) gösterdi. her ikisi için), LR (AUROC = 0,82 [%95 CI 0,81–0,83], DeLong testi,$p < 0.001$). Ayrımcılık, ML modelleri (topluluk ve GBM AUROC'leri = 0,87 [%95 CI 0,86–0,88], DeLong testi, $p < 0,001$) kullanılarak performansta bir iyileşmeyle (Brier skorunda %22 azalma) önemli ölçüde iyileştirildi. Bir hastanın hayatta kalmasına en çok katkıda bulunan fizyolojik özelliklerin belirlenmesine yardımcı olmak için açıklanabilirlik modelleri oluşturuldu(Nanayakkara et al., 2018).

Nesnelerin İnterneti (IoT) altyapısında saldırı ve anormallik tespiti , IoT alanında artan bir endişe kaynağıdır. IoT altyapısının her alanda kullanımının artmasıyla birlikte bu altyapılardaki tehdit ve saldırılar da orantılı olarak artıyor. Hizmet Reddi , Veri Türü Araştırması, Kötü Amaçlı Kontrol, Kötü Amaçlı İşlem , Tarama, Casusluk ve Yanlış Kurulum, IoT sistem arızasına neden olabilecek bu tür saldırılar ve anormalliklerdir. Bu yazıda, IoT sistemlerindeki saldırıları ve anormallikleri doğru bir şekilde tahmin etmek için çeşitli makine öğrenimi modellerinin performansları karşılaştırıldı. Burada kullanılan makine öğrenimi (ML) algoritmaları Lojistik Regresyon (LR),Destek Vektör Makinesi (SVM), Karar Ağacı (DT), Rastgele Orman (RF) ve Yapay Sinir Ağı (YSA). Performans karşılaştırmasında kullanılan değerlendirme ölçütleri , doğruluk, kesinlik, geri çağırma, f1 puanı ve Alıcı Çalışma Karakteristik Eğrisi altındaki alandır. Sistem, Karar Ağacı, Rastgele Orman ve YSA için %99,4 test doğruluğu elde etti. Bu teknikler aynı doğruluğa sahip olsa da diğer ölçümler Random Forest'ın nispeten daha iyi performans gösterdiğini kanıtlıyor.

Bu çalışma, makine öğrenimi modellerinin, şu anda insanlık için potansiyel bir tehdit olarak kabul edilen COVID-19'dan etkilenen yaklaşan hasta sayısını tahmin etme yeteneğini göstermektedir. Özellikle doğrusal regresyon (LR), en küçük mutlak küçülme ve seçim operatörü (LASSO), destek vektör makinesi (SVM) gibi dört standart tahmin modeli, ve üstel yumuşatma (ES), bu çalışmada COVID-19'un tehdit edici faktörlerini tahmin etmek için kullanılmıştır. Yeni enfekte vaka sayısı, ölüm sayısı ve önümüzdeki 10 gün içinde iyileşen sayısı gibi modellerin her biri tarafından üç tür tahmin yapılır. Çalışmanın ürettiği sonuçlar, bu yöntemlerin mevcut COVID-19 pandemisi senaryosu için kullanılmasının umut verici bir mekanizma olduğunu kanıtlıyor. Sonuçlar, ES'nin kullanılan tüm modeller arasında en iyi performansı gösterdiğini, ardından yeni doğrulanmış vakaları, ölüm oranını ve iyileşme oranını tahmin etmede iyi performans gösteren LR ve LASSO'nun izlediğini, SVM'nin ise mevcut veri kümesi verilen tüm tahmin senaryolarında düşük performans gösterdiğini kanıtlıyor(Rustam et al., 2020).

İran'ın Sarkhoon havzasındaki heyelanların mekansal dağılımını tahmin etmek için yeni bir hibrit fonksiyonel makine öğrenme algoritması kullanıldı. Heyelanları tahmin etmek için

işlevsel bir algoritma, stokastik gradyan iniş (SGD) ve AdaBoost (AB) Meta sınıflandırıcı ABSGD modelinin birleşiminden oluşan yeni bir topluluk modeli geliştirdik. Model, en küçük kareler destek vektör makinesi (LSSVM) tekniğini kullanarak sıraladığımız 20 heyelan koşullandırma faktörünü içermektedir. Modelleme için, %70'i (79) eğitim ve %30'u (19) doğrulama süreçleri için kullanılan 98 heyelan lokasyonunu dikkate aldık. Model doğrulama, hassasiyet, özgüllük, doğruluk, kök ortalama kare hatası (RMSE) ve alıcı çalışma karakteristiği (AUC) eğrisi altındaki alan kullanılarak gerçekleştirildi. Ayrıca, SGD dahil olmak üzere yumuşak bilgi işlem kıyaslama modellerini kullandık. model doğrulama ve karşılaştırma için lojistik regresyon (LR), lojistik model ağacı (LMT) ve fonksiyonel ağaç (FT) algoritmaları. Seçilen koşullandırma faktörlerinin heyelan oluşumunda önemli olduğu ancak yola uzaklığın en önemli faktör olduğu görülmüştür. ABSGD modeli (AUC= 0,860), LR (0,797), SGD (0,776), LMT (0,740) ve FT (0,734) modellerinden daha iyi performans göstermiştir. Sonuçlarımız, işlevsel bir algoritmanın ve bir Meta sınıflandırıcının birlikte kullanılmasının aşırı uyumu önlediğini, gürültüyü azalttığını ve heyelanların uzamsal tahmini için bireysel SGD algoritmasının güç tahminini geliştirdiğini doğrulamaktadır. Seçilen koşullandırma faktörlerinin heyelan oluşumunda önemli olduğu ancak yola uzaklığın en önemli faktör olduğu görülmüştür. ABSGD modeli (AUC= 0,860), LR (0,797), SGD (0,776), LMT (0,740) ve FT (0,734) modellerinden daha iyi performans göstermiştir. Sonuçlarımız, işlevsel bir algoritmanın ve bir Meta sınıflandırıcının birlikte kullanılmasının aşırı uyumu önlediğini, gürültüyü azalttığını ve heyelanların uzamsal tahmini için bireysel SGD algoritmasının güç tahminini geliştirdiğini doğrulamaktadır. Seçilen koşullandırma faktörlerinin heyelan oluşumunda önemli olduğu ancak yola uzaklığın en önemli faktör olduğu görülmüştür. ABSGD modeli (AUC= 0,860), LR (0,797), SGD (0,776), LMT (0,740) ve FT (0,734) modellerinden daha iyi performans göstermiştir. Sonuçlarımız, işlevsel bir algoritmanın ve bir Meta sınıflandırıcının birlikte kullanılmasının aşırı uyumu önlediğini, gürültüyü azalttığını ve heyelanların uzamsal tahmini için bireysel SGD algoritmasının güç tahminini geliştirdiğini doğrulamaktadır(Tien Bui et al., 2019).

Bu akademik çalışmada orta ve şiddetli travmatik beyin hasarı için sonucun tahmini için yaygın makine öğrenimi (ML) algoritmalarının katma değerini keşfetmeyi amaçlandı. IMPACT-II veritabanında (15 çalışma, n = 11.022) temel temel belirleyicilerle lojistik regresyon (LR), kement regresyonu ve sırt regresyonu gerçekleştirdik. ML algoritmaları, destek vektör makinelerini, rastgele ormanları, gradyan artırma makinelerini ve yapay sinir ağlarını içeriyordu ve aynı öngörücüler kullanılarak eğitildi. Tahminlerin genelleştirilebilirliğini değerlendirmek için, yakın tarihli CENTER-TBI çalışmasında dahili, dahili-dış ve harici doğrulama gerçekleştirdik (Glasgow Koma Skalası <13, n = 1.554 olan hastalar). Hem kalibrasyon (kalibrasyon eğimi/kesişim noktası) hem de ayrım (eğrinin altındaki alan) ölçülmüştür. Lakin, Makine öğrenimi algoritmaları, orta veya şiddetli travmatik beyin hasarından sonra sonuç tahmini için düşük boyutlu bir ortamda geleneksel regresyon yaklaşımlarından daha iyi performans göstermeyebilir. Regresyona dayalı tahmin modellerine benzer şekilde, yeni popülasyonlara uygulanabilirliği sağlamak için makine öğrenimi algoritmalarının titizlikle doğrulanması gerekir(Gravesteijn et al., 2020).

Gradient Boosting (GB), Support Vector Machines (SVM), Decision Tree (DT), LR ve RF gibi klasik algoritmaların yararlı olduğu kanıtlanmıştır. Makalede GB, LR, RD, SVM ve belirli

sınıflandırıcıların bir kombinasyonu kullanıldı, bu da bir Avrupa veri setinde %91'in üzerinde yüksek geri çağırmaya yol açtı. Yüksek kesinlik ve geri çağırma, yalnızca veri setini, verileri düşük örnekleyerek dengeledikten sonra elde edildi. Makalede, Avrupa veri seti de kullanılmış ve LR, DT ve RF'ye dayalı modeller arasında karşılaştırma yapılmıştır. Üç model arasında %95,5 doğrulukla RF en iyisi oldu, onu %94,3 ile DT ve %90 doğrulukla LR izledi(Varmedja, Karanovic, Sladojevic, Arsenovic, & Anderla, 2019).

Yapay Zeka (AI), su kalitesinin (WQ) sınıflandırılmasını ve tahminini iyileştirmeye yardımcı olmak için önemli fırsatlar sunar. Bu çalışmada, uzun bir süre boyunca toplanan WQ verilerini işlemek ve su kalitesini mümkün olduğunca doğru bir şekilde tahmin etmek için güvenilir bir yaklaşım geliştirmek için çeşitli AI algoritmaları değerlendirilmektedir. Spesifik olarak, Su Kalitesi İndeksi (WQI) yoluyla WQ verilerini sınıflandırmak için çeşitli makine öğrenimi sınıflandırıcıları ve bunların kümeleme topluluğu modelleri kullanıldı. İncelenen sınıflandırıcılar arasında Destek Vektör Makinesi (SVM), Rastgele Orman (RF), Lojistik Regresyon (LR), Karar Ağacı (DT), CATBoost, XGBoost ve Çok Katmanlı Perceptron yer alır.(MLP). Çalışmada kullanılan veri seti, dokuz yıl boyunca toplanan 1679 örneği ve bunların meta verilerini içermektedir. Ek olarak, çeşitli sınıflandırıcıların performansını değerlendirmek için kesinlik-geri çağırma eğrileri ve Alıcı Çalışma Karakteristik eğrileri (ROC) kullanıldı. Bulgular, CATBoost modelinin yüzde 94.51 ile en doğru sınıflandırıcıyı sunduğunu ortaya koydu. Ayrıca, tüm sınıflandırıcılarla istifleme topluluğu modellerini uyguladıktan sonra, çeşitli Meta sınıflandırıcılarda doğruluk %100'e ulaşmıştır. Ayrıca CATBoost, birincil gradyan artırma algoritması ve bir meta sınıflandırıcı olarak en yüksek doğruluğu elde etti. Bu nedenle, artırma algoritması, WQ sınıflandırması için güvenilir bir yaklaşım olarak önerilmiştir(Nasir et al., 2022).

Destek vektör makinesi (SVM), sınıflandırma için nispeten yeni bir makine öğrenme algoritmasıyken, lojistik regresyon (LR) eski bir standart istatistiksel sınıflandırma yöntemidir. SVM ve LR'yi karşılaştıran birçok kapsamlı çalışma olmasına rağmen, yapıldıkları günden bu yana bunlara torbalama ve topluluk gibi birçok yeni iyileştirme uygulandı. Son zamanlarda, tekli öğrenme algoritmasının genelleme performansını iyileştirmek için yaygın olarak kullanılan torbalama ve toplulukla öğrenme, sıcak konular haline geldi. Bu nedenle, torbalama ve topluluk kullanarak SVM ve LR arasındaki sınıflandırma performansının karşılaştırılması ilginç bir konudur. Tahmin edilen olasılıkların ortalaması stratejisi, bu çalışmada sınıflandırıcıları birleştirmek için kullanıldı. Farklı değerlendirme ölçümleri, makine öğrenimi algoritmasının farklı özelliklerini değerlendirir. Bir öğrenme yönteminin bir metrikte iyi performans göstermesi, ancak diğer metriklerde yetersiz kalması mümkündür. Bu nedenle bu çalışma, öğrenme yöntemlerinin sınıflandırma performansını değerlendirmek için çeşitli kriterler içermektedir: doğruluk, hassasiyet, özgüllük, kesinlik, F-skoru ve alıcı çalışma karakteristik eğrisi altındaki alan. Bu, o sırada tahmin edilen olasılıkları desteklemediği için önceki SVM çalışmalarına dahil edilmemiştir. Youden indeksi (γ), pozitif ve negatif olasılıklar ($\rho+$, $\rho-$) ve teşhis olasılık oranı gibi tıbbi teşhiste kullanılan diğer ölçütler, iki algoritmanın niteliklerini iletmek ve karşılaştırmak için değerlendirildi. Bu çalışma, çeşitli veri kümeleri üzerinde SVM ve LR algoritmalarının sonuçları için kapsamlı bir istatistiksel analiz içermesiyle diğerlerinden ayrılır(Musa, 2013).

Bu akademik çalışmada ise, kredi kartı şirketlerinin tüketicilerine satın almadıkları satın alma işlemleri için tazmin edilmeyecek şekilde hileli çevrimiçi satın alımları tespit etmektir. Dolandırıcılık tespitini belirlemek için çeşitli makine öğrenimi teknikleri kullanıldı ve dolandırıcılık tespitlerinin doğruluğu, verilere ve model tasarımına bağlı olarak değişiklik gösterdi. Çalışmada Kuadratik Diskriminant Analizi (QDA), Lojistik Regresyon (LR) ve Destek Vektör Makinesi (SVM) gibi ayıklama algoritmaları kullanılmıştır. Kredi kartı dolandırıcılığının analizi için doğru bir değerin sonucu elde edilmiştir. Çeşitli işlevlerle karşılaştırıldığında, bu özel modül çok sayıda veri kümesi için geçerlidir ve daha fazla doğrulukla daha fazla sonuç sağlar. Daha fazla ön işleme tekniğinin kullanılması da yardımcı olacaktır. Bu modelin motivasyonu Kuadratik Diskriminant Analizi, Lojistik Regresyon ve Destek Vektörü Regresyonunu öğrenmek ve geliştirmektir. Kredi kartı dolandırıcılığı tespitinde yongalama yapılırken ortaya konan uğraşın ne olduğu aşikardır. Veri serisi ve miktar gibi parametrelerin kategorik değerleri gelecekte gömülü olacaktır(Naveen & Diwan, 2020).

Uygulama tabanlı araç çağırma hizmetleri, mevcut geleneksel taksi pazarlarında geniş çapta benimsendiğinden, araştırmacılar kendilerini yeni mobilite talebini etkileyen önemli faktörleri anlamaya adadılar. Ekonometrik modeller (EM'ler) esas olarak talebin önemli faktörlerini yorumlamak için kullanılır ve derin sinir ağları (DNN'ler) son zamanlarda büyük veri kümelerindeki karmaşık kalıpları yakalayarak tahmin performansını iyileştirmek için kullanılır. Bununla birlikte, olası (teşvik edilen) trafik sıkışıklığını azaltmak ve mevcut taksi sürücüleri için kullanım oranlarını dengelemek için, hem yeni ortaya çıkan hizmetler hem de normal taksiler için bir kota sistemini proaktif bir şekilde yönetmeye yönelik etkili bir stratejiye hâlâ kritik düzeyde ihtiyaç duyulmaktadır. Bu makale, iki mod arasındaki talep hacimlerini dengeleyen kota sistemini değerlendirebilen açıklanabilir bir derin öğrenme modelini sistematik olarak tasarlamayı amaçlamaktadır. İki aşamalı, yorumlanabilir bir makine öğrenimi modelleme çerçevesi, uzun kısa süreli bellek (LSTM) ile katmanlı bir sinir ağı ile birleştirilmiş bir doğrusal regresyon (LR) modeli tarafından geliştirilmiştir. İlk aşama, diğer açıklayıcı değişkenleri kontrol ederken, mevcut taksiler ile isteğe bağlı araç çağırma hizmetleri arasındaki ilişkiyi araştırır. İkinci aşama, uzun kısa süreli bellek (LSTM) ağ yapısını yerine getirerek, tahmin performansını artırmak için ilk tahmin aşamasından kalanları yakalar. Önerilen aşamalı modelleme yaklaşımı (LR-LSTM), taksi yolculuğu talebini tahmin eder ve New York City (NYC) taksi verilerini kullanarak teslim alma talep tahmini uygulamasında uygulanmaktadır. Deney sonucu, entegre modelin mevcut taksiler ve taksi çağırma hizmetleri arasındaki karşılıklı ilişkileri yakalayabildiğini ve ayrıca haftanın günü, hava durumu ve tatil günleri gibi ek faktörlerin etkisini tanımlayabildiğini göstermektedir(Kim, Sharda, Zhou, & Pendyala, 2020).

Bu çalışmada, ölçümlerdeki (örn. özellikler) ve atanmış sınıflardaki (örn. etiketler) belirsizlikleri hesaba katmak için köklü Rastgele Orman (RF) algoritmasını değiştiriyoruz. Bunu yapmak için Olasılıksal Rastgele Orman (PRF) algoritması, özellikleri ve etiketleri deterministik nicelikler yerine olasılık dağılım işlevleri olarak ele alır. Bir veri setine farklı gürültü türleri enjekte ettiğimiz ve PRF'nin doğruluğunu RF'ninkiyle karşılaştırdığımız çeşitli deneyler yapıyoruz. PRF, çalışma süresinde orta düzeyde bir artışla her durumda RF'den daha iyi performans gösterir. Gürültülü özellikler durumunda sınıflandırma doğruluğunda %10'a kadar ve gürültülü etiketler durumunda %30'a kadar bir gelişme bulduk. PRF doğruluğu, temiz bir veri setine kıyasla %45'e kadar yanlış sınıflandırılmış nesneler içeren bir veri seti için %5'ten

daha az azaldı. PRF, gürültülü veri setlerinde tahmin doğruluğunu iyileştirmenin yanı sıra, verilerdeki eksik değerlerle doğal olarak başa çıkıyor ve eğitim ve test setlerinde farklı gürültü özelliklerine sahip bir veri setine uygulandığında RF'den daha iyi performans gösteriyor, bu da aktarım için kullanılabileceğini düşündürüyor (Reis, Baron, & Shahaf, 2018).

Yapay sinir ağları (ANN'ler), regresyon ağaçları (RT'ler), rastgele orman (RF) ve destek vektör makineleri (SVM'ler) gibi makine öğrenimi algoritmaları (MLA'lar), mineral arama olasılıklarının haritalanmasında nispeten daha az yaygın olarak kullanılan güçlü veri odaklı yöntemlerdir. ve bu nedenle bu alanda kapsamlı bir şekilde birlikte karşılaştırmalı olarak değerlendirilmemiştir.

Mineral prospektivite modellemesinde bir dizi MLA'nın, yani yapay sinir ağları (ANN'ler), regresyon ağaçları (RT'ler), rastgele orman (RF) ve destek vektör makinelerinin (SVM'ler) performansları aşağıdaki kriterlere göre karşılaştırılır: a) muhtemel alanların tasvirinde doğruluk; b) hiper parametrelerin tahminine duyarlılık; c) eğitim verilerinin boyutuna duyarlılık ve d) model parametrelerinin yorumlanabilirliğidir. Yukarıdaki algoritmaların İspanya'nın Rodalquilar bölgesinin epitermal Au prospektivite haritalamasına uygulanmasının sonuçları, RF'nin diğer MLA algoritmalarından (ANN'ler, RT'ler ve SVM'ler) daha iyi performans gösterdiğini göstermektedir. RF algoritması, değişen eğitim parametreleri ve daha iyi başarı oranları ve ROC analizi sonuçları ile daha yüksek kararlılık ve sağlamlık gösterdi. Öte yandan, tüm MLA algoritmaları şu durumlarda kullanılabilir:cevher yatağı kanıtları azdır. Ayrıca, RF ve RT'nin model parametreleri, mineralizasyonun jeolojik kontrolleri hakkında fikir edinmek için yorumlanabilir(Rodriguez-Galiano, Sanchez-Castillo, Chica-Olmo, & Chica-Rivas, 2015).

Son yirmi yılda uzaktan algılama görüntü sınıflandırması için çeşitli makine öğrenme algoritmaları önerilmiştir. Bu makine öğrenme algoritmalarından Random Forest (RF) ve Support Vector Machines (SVM) birçok uzaktan algılama uygulamasında görüntü sınıflandırmasına dikkat çekmiştir. Bu makale, uzaktan algılama görüntü sınıflandırmasıyla ilgili RF ve SVM kavramlarını gözden geçirmekte ve 251 hakemli dergi makalesinin bir meta-analizini uygulamaktadır. İncelenen bu makalelerden 40'tan fazla nicel ve nitel alan içeren bir veri tabanı oluşturuldu. Meta-analiz ağırlıklı olarak 1) çalışmaların coğrafi dağılımı, makalelerin zamana göre sıklığı, dergiler, uygulama alanları ve vaka çalışmalarında kullanılan uzaktan algılama yazılım paketleri gibi genel özelliklerine ilişkin analizlere, ve 2) veri türü, RS uygulamaları, uzamsal çözünürlük ve özellik mühendisliği adımında çıkarılan özelliklerin sayısı gibi çeşitli parametrelere karşı RF ve SVM sınıflandırmasının performanslarına ilişkin karşılaştırmalı bir analizdir(Sheykhmousa et al., 2020).

Bu çalışma, iki çok önemli, farklı, çeşitli ve büyük ülke için kesin ve doğru bir Landsat 30-m'den türetilmiş ekin alanı ürünü geliştirdi: Avustralya ve Çin. Çalışmada, 2013–2015 yılları için Landsat-8'in her 16 günlük Operasyonel Arazi Görüntüleyici (OLI) verilerinin sekiz bandı (mavi, yeşil, kırmızı, NIR, SWIR1, SWIR2, TIR1 ve NDVI) kullanıldı. Sınıflandırma, Google Earth Engine (GEE) bulut bilgi işlem platformunda yürütülen piksel tabanlı denetimli rastgele orman (RF) makine öğrenimi algoritması (MLA) kullanılarak gerçekleştirildi. Her bant, Avustralya ve Çin'in çeşitli tarımsal-ekolojik bölgeleri (AEZ'ler) için medyan değer kullanılarak bir yıl boyunca 4-6 zaman diliminde zaman bileşimine sahipti. Bu, AEZ'lerin her

biri için 32–48 katmanlı bir mega dosya veri küpü (MFDC) ile sonuçlandı. Çalışma çok yıllı (2013–2015), 16 günlük Landsat verileri, rastgele orman makine öğrenimi kullanarak çok geniş alanlarda (örn. Avustralya, Çin) yüksek çözünürlüklü 30 m ekili alan ürünleri türetmede bir "paradigma kayması" gösterdi. Google Earth Engine bulut bilgi işlem platformunun büyük veri yönetimi ve işleme gücünden yararlanarak çok sayıda kaynaktan algoritmalar, büyük hacimli referans eğitimi ve doğrulama veri kümeleri. Bu yöntemler ve yaklaşımlar, petabayt hacimli büyük veriyi içeren kıtasal/büyük ülke ölçeğinde ekin alanlarının haritasını hızlı ve doğru bir şekilde çıkarma becerisini gösterdi(Teluguntla et al., 2018).

Geleneksel teorik modellerle veya resmileştirilmiş ampirik uyumlu modellerle karşılaştırıldığında, makine öğrenimi destekli günlük kaydı regresyon modellemesi daha doğru ve objektiftir. Sinir ağları, destek vektör regresyonu, bulanık mantık, k en yakın komşu regresyonu, çok değişkenli uyarlanabilir regresyon spline ve rastgele orman gibi çeşitli makine öğrenimi regresyon algoritmaları halihazırda uygulanmıştır. Bu yazıda, Doğrusal Rastgele Ormanın algoritması ve günlük regresyon modellemesindeki uygulamasını sunuyoruz. En küçük kareler doğrusal regresyon, sinir ağları, epsilon destek vektörü regresyonu, k en yakın komşular regresyonu, regresyon ağacı, regresyon rasgele ormanı, gradyan iniş destekli ağaçlar ve doğrusal karar ağacı dahil olmak üzere diğer 8 algoritma ile sistematik olarak karşılaştırılarak, doğrusal rasgele ormanın avantajı performans, 7 farklı alandan 24 gerçek dünya görevi ile onaylanmıştır(Ao, Li, Zhu, Ali, & Yang, 2019).

Rastgele ormanlar, tahmin için istatistiksel veya makine öğrenimi algoritmasıdır(Breiman, 2001). Bu makalede, karşılık gelen yeni bir komut olan rf'yi tanıtıyoruz. Rastgele orman algoritmasını gözden geçireceğiz ve kullanımını iki örnekle açıklayacağız: İlk örnek, bir kredi kartı sahibinin borcunu temerrüde düşüp düşmeyeceğini tahmin eden bir sınıflandırma problemidir. İkinci örnek, çevrimiçi haber makalelerinin günlük ölçekli paylaşım sayısını tahmin eden bir regresyon problemidir. Örneklerde gösterilen kilit noktaları özetleyen bir tartışma ile bitiriyoruz(Schonlau & Zou, 2020).

Telekom sektöründe, geniş bir müşteri tabanı nedeniyle günlük olarak büyük miktarda veri üretiliyor. Karar vericiler ve iş analistleri, yeni müşterilere ulaşmanın mevcut müşterileri elde tutmaktan daha maliyetli olduğunu vurguladılar. İş analistleri ve müşteri ilişkileri yönetimi (CRM) analizcilerinin, müşteri kaybının nedenlerini ve aynı zamanda müşteri kaybının mevcut verilerinden davranış modellerini bilmesi gerekir. Bu makale, kayıp müşterileri belirlemek için sınıflandırmanın yanı sıra kümeleme tekniklerini kullanan ve telekom sektöründeki müşterilerin çalkalanmasının ardındaki faktörleri sağlayan bir kayıp tahmin modeli önermektedir. Özellik seçimi, bilgi kazancı ve korelasyon özelliği sıralama filtresi kullanılarak gerçekleştirilir. Önerilen model ilk olarak müşteri kayıp verilerini sınıflandırma algoritmalarını kullanarak sınıflandırır, Rastgele Orman (RF) algoritmasının %88,63 doğru sınıflandırılmış örneklerle iyi performans gösterdiği. Etkili saklama politikaları oluşturmak, müşteri kaybını önlemek için CRM'nin temel bir görevidir. Sınıflandırmadan sonra, önerilen model, grup tabanlı elde tutma teklifleri sağlamak için kosinüs benzerliğini kullanarak, karma müşterileri gruplar halinde kategorize ederek çalkantılı müşterinin verilerini bölümlere ayırır. Bu makale ayrıca, kaybın temel nedenlerini belirlemede gerekli olan kayıp faktörlerini de tanımlamıştır(Ullah et al., 2019).

SONUÇ

Akademik makalede makine öğrenme metotlarına genel bakış yapılmış ve özellikle tıpta kullanımı incelenmiştir. Ve başka alanlarla ortak kullanılan metotlar vardır ki bunlarla ilgili akademik çalışmalar yapılmıştır. Lakin ilginç olan kısım makine öğrenme metotlarından LR, RF ve SVM metotlarının tıpta kullanımında çok daha iyi sonuçların alındığı gözlemlenmiştir.

İlerleyen zamanlarda yapılacak çalışmalarda, makalede bahsi geçmiş algoritmaların gerçekleştirilmesi ve alınan sonuçlardan bahsedilecektir. Akademik makale, diğer akademisyenler için araştırmalarında kolaylık sağlayacağı ve sonuçlardan yararlanacağı düşünülerek yazılmıştır.

REFERANSLAR

Alarabeyyat, A., & Alhanahnah, M. (2016). *Breast cancer detection using k-nearest neighbor machine learning algorithm.* Paper presented at the 2016 9th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE).

Ao, Y., Li, H., Zhu, L., Ali, S., & Yang, Z. (2019). The linear random forest algorithm and its advantages in machine learning assisted logging regression modeling. *Journal of Petroleum Science and Engineering, 174*, 776-789.

Ataş, M., Yeşilnacar, M. İ., & Demir Yetiş, A. (2022). Novel machine learning techniques based hybrid models (LR-KNN-ANN and SVM) in prediction of dental fluorosis in groundwater. *Environmental Geochemistry and Health, 44*(11), 3891-3905.

Azmat, F., Chen, Y., & Stocks, N. (2015). Analysis of spectrum occupancy using machine learning algorithms. *IEEE transactions on vehicular technology, 65*(9), 6853-6860.

Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning, 45*(1), 5-32.

Buchlak, Q. D., Esmaili, N., Leveque, J.-C., Farrokhi, F., Bennett, C., Piccardi, M., & Sethi, R. K. (2020). Machine learning applications to clinical decision support in neurosurgery: an artificial intelligence augmented systematic review. *Neurosurgical review, 43*(5), 1235-1253.

Christodoulou, E., Ma, J., Collins, G. S., Steyerberg, E. W., Verbakel, J. Y., & Van Calster, B. (2019). A systematic review shows no performance benefit of machine learning over logistic regression for clinical prediction models. *Journal of clinical epidemiology, 110*, 12-22.

Gravesteijn, B. Y., Nieboer, D., Ercole, A., Lingsma, H. F., Nelson, D., Van Calster, B., . . . Andelic, N. (2020). Machine learning algorithms performed no better than regression models for prognostication in traumatic brain injury. *Journal of clinical epidemiology, 122*, 95-107.

Hosseini, S. (2020). A new machine learning method consisting of GA-LR and ANN for attack detection. *Wireless Networks, 26*(6), 4149-4162.

Hung, C.-Y., Chen, W.-C., Lai, P.-T., Lin, C.-H., & Lee, C.-C. (2017). *Comparing deep neural network and other machine learning algorithms for stroke prediction in a large-scale population-based electronic medical claims database.* Paper presented at the 2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC).

Kim, T., Sharda, S., Zhou, X., & Pendyala, R. M. (2020). A stepwise interpretable machine learning framework using linear regression (LR) and long short-term memory (LSTM): City-wide demand-side prediction of yellow taxi and for-hire vehicle (FHV) service. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 120*, 102786.

Murugan, N. S., & Devi, G. U. (2019). Feature extraction using LR-PCA hybridization on twitter data and classification accuracy using machine learning algorithms. *Cluster Computing, 22*(6), 13965-13974.

Musa, A. B. (2013). Comparative study on classification performance between support vector machine and logistic regression. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics, 4*(1), 13-24.

Nanayakkara, S., Fogarty, S., Tremeer, M., Ross, K., Richards, B., Bergmeir, C., . . . Tacey, M. (2018). Characterising risk of in-hospital mortality following cardiac arrest using machine learning: A retrospective international registry study. *PLoS medicine, 15*(11), e1002709.

Nasir, N., Kansal, A., Alshaltone, O., Barneih, F., Sameer, M., Shanableh, A., & Al-Shamma'a, A. (2022). Water quality classification using machine learning algorithms. *Journal of Water Process Engineering, 48*, 102920.

Naveen, P., & Diwan, B. (2020). *Relative Analysis of ML Algorithm QDA, LR and SVM for Credit Card Fraud Detection Dataset.* Paper presented at the 2020 Fourth International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud)(I-SMAC).

Park, H. S., Rinehart, M. T., Walzer, K. A., Chi, J.-T. A., & Wax, A. (2016). Automated detection of P. falciparum using machine learning algorithms with quantitative phase images of unstained cells. *PloS one, 11*(9), e0163045.

Pourghasemi, H. R., Gayen, A., Park, S., Lee, C.-W., & Lee, S. (2018). Assessment of landslide-prone areas and their zonation using logistic regression, logitboost, and naïvebayes machine-learning algorithms. *Sustainability, 10*(10), 3697.

Reis, I., Baron, D., & Shahaf, S. (2018). Probabilistic random forest: A machine learning algorithm for noisy data sets. *The Astronomical Journal, 157*(1), 16.

Rodriguez-Galiano, V., Sanchez-Castillo, M., Chica-Olmo, M., & Chica-Rivas, M. (2015). Machine learning predictive models for mineral prospectivity: An evaluation of neural networks, random forest, regression trees and support vector machines. *Ore Geology Reviews, 71*, 804-818.

Rustam, F., Reshi, A. A., Mehmood, A., Ullah, S., On, B.-W., Aslam, W., & Choi, G. S. (2020). COVID-19 future forecasting using supervised machine learning models. *IEEE access, 8*, 101489-101499.

Schonlau, M., & Zou, R. Y. (2020). The random forest algorithm for statistical learning. *The Stata Journal, 20*(1), 3-29.

Sheykhmousa, M., Mahdianpari, M., Ghanbari, H., Mohammadimanesh, F., Ghamisi, P., & Homayouni, S. (2020). Support vector machine versus random forest for remote sensing image classification: A meta-analysis and systematic review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 13*, 6308-6325.

Singh, A., Thakur, N., & Sharma, A. (2016). *A review of supervised machine learning algorithms.* Paper presented at the 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom).

Teluguntla, P., Thenkabail, P. S., Oliphant, A., Xiong, J., Gumma, M. K., Congalton, R. G., . . . Huete, A. (2018). A 30-m landsat-derived cropland extent product of Australia and China using random forest machine learning algorithm on Google Earth Engine cloud computing platform. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 144*, 325-340.

Tien Bui, D., Shahabi, H., Omidvar, E., Shirzadi, A., Geertsema, M., Clague, J. J., . . . Chapi, K. (2019). Shallow landslide prediction using a novel hybrid functional machine learning algorithm. *Remote Sensing, 11*(8), 931.

Uddin, S., Khan, A., Hossain, M. E., & Moni, M. A. (2019). Comparing different supervised machine learning algorithms for disease prediction. *BMC medical informatics and decision making, 19*(1), 1-16.

Ullah, I., Raza, B., Malik, A. K., Imran, M., Islam, S. U., & Kim, S. W. (2019). A churn prediction model using random forest: analysis of machine learning techniques for churn prediction and factor identification in telecom sector. *IEEE access, 7*, 60134-60149.

Varmedja, D., Karanovic, M., Sladojevic, S., Arsenovic, M., & Anderla, A. (2019). *Credit card fraud detection-machine learning methods.* Paper presented at the 2019 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH).

BÖLÜM 10

GENETİK ALGORİTMA UYGULAMALARI

Ayşe ŞİMŞEK
Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0002-8394-8731

GİRİŞ

Günümüzün karmaşık problemlere hızlı ve kolay çözüm veren yeni yöntemlerin arayışı, özellikle optimizasyon teknikleri yerine yumuşak hesaplama ve evrimsel algoritma kullanımı ön plana çıkmıştır. Genetik algoritmalar evrimsel yaklaşımlardan olup bu arayışlar içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Genetik algoritmalar, diğer yumuşak hesaplama yöntemleri ile kullanılarak hibrid çözümlerin geliştirilmesinde çalışmaktadır [37].

Genetik algoritmalar evrimsel hesaplama tekniğinin bir parçasıdır. Darwin'inin evrim teorisinden esinlenerek oluşturulmuştur. Herhangi bir problemin genetik algoritma ile çözümü, ele alınan problemi sanal olarak evrimden geçirerek yapılmaktadır [29].

Gen, Kendi başına bir anlamı olan ve genetik bilgi taşıyan en küçük genetik birim olarak ifade edilir. Gen, A, B gibi bir karakter olabileceği gibi 0 veya 1 ile de ifade edilebilen bit veya bit dizisidir. Kromozom, bir ya da birden fazla genin bir araya gelmesi ile oluşurlar. Probleme ait tüm bilgiyi içerirler. Kromozomlar, toplumdaki bireylere karşılık gelmektedir. Ele alınan problem içerisindeki alternatif çözüm adayıdır [21]. Popülasyon, Bireylerin bir arada bulunması ile oluşur. Popülasyondaki bireylerin sayısı, çözüme kavuşturulacak problemin yapısına göre, GA'yı planlayacak olan uzman kişi tarafından belirlenir [17].

Nesil, Her bir iterasyonda bir sonraki nesile daha kaliteli çözümler aktarılabilmesidir. Popülasyon sayısı değişken olabilir. Sonlandırma kriteri olarak da kullanılır. Nesil sayısının artması hesaplama süresini arttırır, az olması ise optimum sonuca uzak kalmaya neden olmaktadır. Elitizm, mevcut nesilden en iyi bireylerin herhangi bir değişime tabi tutulmadan yani mutasyona uğramadan bir sonraki nesile aktarılması stratejisidir [25].

Genetik algoritma, metasezgisel ve matematikte evrimsel algoritmalar sınıfı olarak adlandırılır. Bu algoritmalar çözüm açısından kaliteli sonuçlar üretilerek sıkça kullanılır [21] [3] [12]. Yüksek kaliteli çözüm oluşturmak için [21] ve günümüzde daha çok karmaşık problemlerin çözümünde büyük ölçüde kullanılmaktadır [26]. Arama sistemlerinde kullanılmakta, doğal seleksiyon ve genetik kavramlardan türetilmektedir [26]. Mühendis ve aynı zamanda bir biyolog olan Michigan Üniversitesi'nde John Holland tarafından 1988'de Darwin'in evrim teorisine dayalı olarak ortaya atılmıştır [14] [5] [4]. Darwin, 1922 yılında 2 genetik algoritmayı genişletmiş, [6] başarılı sonuçlanması ile bu konuyla ilgili sayısız çalışmalar yapılmış ve daha geniş bir alana yayılmıştır [4]. Popülasyon olarak insanlar, hayvanlar, orgetipler yer alır. Tarihte önerilen ilk popülasyon tabanlı algoritmalardan birisidir [34].

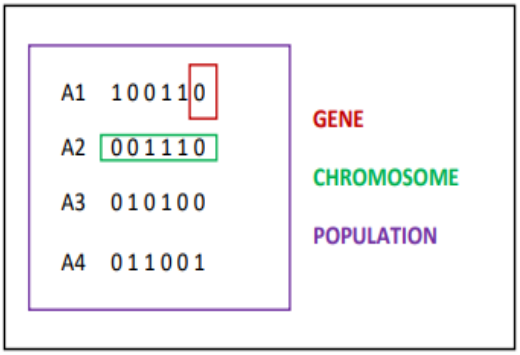
Genetik algoritmalar evrimsel olarak sürekli geliştirilebilir yapıda olmaları adından sıklıkla bahsedilmesine neden olmaktadır [15] [19]. Basit bir genetik algoritma; seçim, çaprazlama ve mutasyon olmak üzere üç temel genetik işlemi içerir [14].

Genetik algoritma popülasyonlar arasında daha iyi seçeneklere yönelik geliştirilen bir çözümdür [26] [34]. Kullanım alanı olarak sıralamada çizelgeleme, atama, dağıtım problemlerinin çözümlerinde yer almaktadır [4] ama bilgisayar çağına girilmesiyle birlikte bu algoritma daha kolay ve hızlı hale getirilmiştir [10]. Çözümler binary olarak 0'lar ve 1'ler olarak temsil edilir ancak diğer kodlamaları da içerisinde barındırabilir [21]. Çözümlerin binary olarak tanımlanması, kullanılacak olan bit sayısı ile ilişkili olarak çözüm kesinliğini etkileyen faktördür. Kromozomların değerlerinin büyük olması ikili kodlamada temsil edilmesinde sıkıntıya yol açacaktır. Bu nedenle genetik algoritmaların kullanılması kolaylık sağlayacaktır [14].

Genetik algoritma, çalışmalarına Barricelli, Fraser, Martin ve Cockerham örnek gösterilebilir. Fracer'in çalışması modern genetik algoritma yapısına daha uygundur. John Holland, topluluğun reproduction, mutation, crossover gibi farklı genetik işlemlerden geçirilerek sonucunda yeni bireylerin olduğunu görmüştür. 1975'te Genetik Algoritmalar olarak yayınladığı kitapta çalışmalarının sonucunu açıklamıştır. Holland, yeni çocuklar oluşturmak üzere ebeveynlerden gelen bilgileri farklı kombinasyonlarda birleştirerek genetik algoritma tekniğini geliştirmiştir. Bu tekniği de GA ifadesi ile literatüre kazandırmıştır [17].

Parametre ve sistem tanılama, kontrol sistemleri, robot uygulamaları, gürültü ve ses tanıma, mühendislik tasarımları, planlama, yapay zeka uygulamaları, uzman sistemler, fonksiyon ve kombinasyonel eniyileme problemleri, ağ tasarım problemleri, yol bulma problemleri, çizelgeleme problemleri, sosyal ve ekonomik planlama problemleri için diğer eniyileme yöntemlerinin yanında başarılı sonuçlar vermektedir [19].

Optimizasyon işlemlerinde; farklı bilim dallarındaki optimizasyon problemlerini çözmek için kullanılırlar. Bu problemler, fonksiyon optimizasyonu ve birleşi optimizasyonudur. Genetik algoritmaların önemli bir bölümü fonksiyon optimizasyonu ile 3 ile ilgilidr. Genetik algoritmalar; zor, süreksiz ve gürültü içeren fonksiyonları çözme noktasında daha etkilidirler. Genetik algoritmalar, problemlerin çözümü için türev veya diğer yardımcı bilgilere gereksinim duymadığı için bu tip problem çözümlerinde önemli bir üstünlük sağlamaktadır [37] [30]. Birleşi optimizasyon problemlerinde istenen amaçlara ulaşmak için sınırlı kaynakların tahsis edilmesi gerekmektedir [37]. Bu sınırlar genel olarak iş gücü, tedarik, bütçe ile ilgilidir. Bir problemdeki daha fazla optimal çözüm bulma sürecini ifade eder. Bu tip problemler yönetim biliminin tüm dallarında da ortaya çıkmaktadır [31]. Genetik algoritma terimsel gösterimi Şekil 1. 'de yer almaktadır.



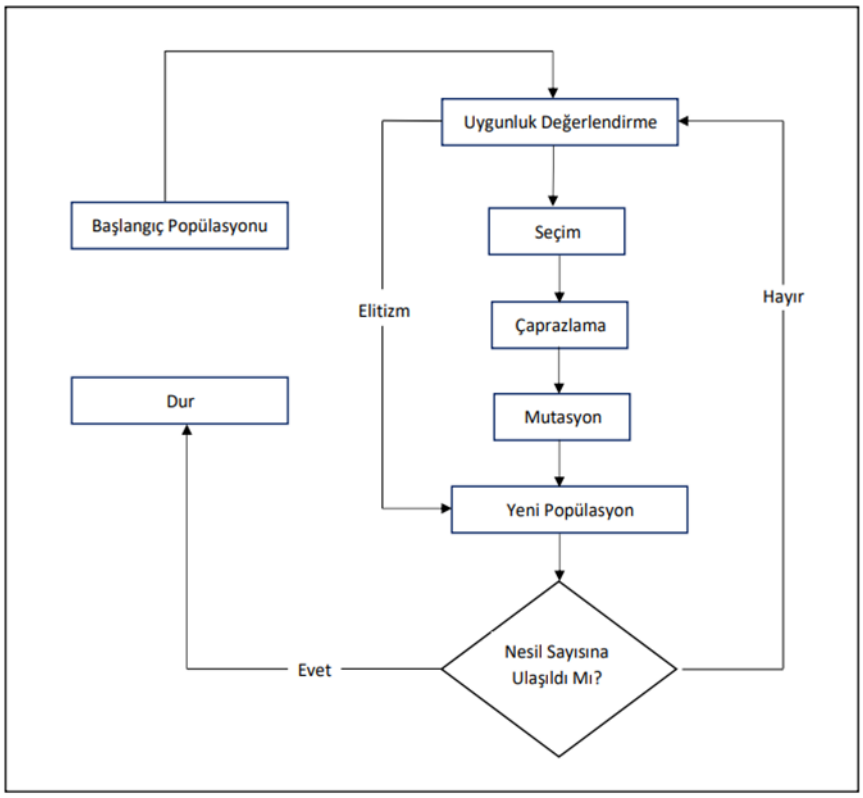
Şekil 1.1. Genetik algoritma terimsel gösterimi

GENETİK ALGORİTMA METODOLOJİLERİ

Uygunluk Fonksiyonu (Fitness Function)

İlk popülasyonun oluşturulmasıdır. Binary olarak kullanılan kromozomların gösteriminde ilk popülasyonun oluşturulması için rastgele sayı üreticileri kullanılır. 0,5'e gör değerde değişim gösterilir. 0,5'ten küçükse konum 0'a değilse 1'e ayarlanır [35] [7]. Genetik algoritmalarda yalnızca binary kodlama yöntemi kullanılmaz. Bunun yanında çözümü aranan probleme bağlı olarak farklı kodlama yöntemleri de kullanılmaktadır [13]. Genetik algoritmada ilk adım popülasyondaki her üyenin uygunluk değerinin hesaplanmasıdır [35]. Genlerdeki değişken değerler fonksiyon içerisinde işleme tabi tutularak kromozomun uygunluk değerini verir. Genetik algoritmalar başlangıç popülasyonuna uygulanarak yeni bir jenerasyonun elde edilmesini sağlarlar. Bu ilk iterasyon anlamına gelmektedir. İkinci iterasyon olarak uygunluk değeri belirlenir ve döngü devam eder [16].

Genetik algoritmada, çok sayıda birey bir araya gelerek popülasyonu oluşturur. GA'da başlangıç bireyleri rastgele üretilebilir. Bireyler uygunluk fonksiyonuna tabi tutulurlar. Başlangıç popülasyonu oluşturulan genetik algoritma seçim, çaprazlama ve mutasyon olmak üzere üç evrim operatörü ile çalışır. Bu operatörler, yeni nesilde oluşan her bireyde uygulanır. Seçim süreci, Popülasyondaki bireyin uygunluk değerine göre yeni bireyler oluşturmak için seçilen yöntem olarak bilinir. Çaprazlama operatörü ise seçim işleminden sonra uygulanır. Bireyin kromozomlarının belirli kısımlarının karşılıklı olarak yer değiştirmesi sonucunda yeni özelliklere sahip bir bireyi oluşturmaktan sorumludur. Mutasyon, yeni özellikteki bireylerde kromozomların herhangi birisinin içinde olan geni mutasyon olasılığına göre değiştirilmesidir. Genetik algoritma parametresindeki toplam birey sayısı kadar birey oluştuğunda, yeni bir nesil meydana gelmiş olur. Bu yeni nesil önceki neslin yerini alır. Her nesilde bireylerin temsil ettikleri çözümler değerlendirilir ve bulundukları popülasyonun en iyi bireyi seçilir [17]. Genetik algoritma akış şeması Şekil 2. 'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Genetik algoritma akış şeması

Selection

Çok boyutlu veri kümelerinin sınıflandırılmasını etkiler [19] [1]. Populasyonun oluşturulması ardından yeni kromozomların uyum değerleri hesaplanır. Yeni nesil oluşacak olan kromozomları eşleştirilmek için seçime tabi tutulurlar [13].

• Rulet Tekerleği Seçimi (Roulette Wheel selection)

Genetik algoritmadaki ilk seçim metodudur. 1975 yılında Holland tarafından önerilmiştir [2]. Kromozomların uygunluk fonksiyon değerlerine göre işlemler yapılmaktadır. Yapılan işlem sonucunda uygunluk değeri hesaplanan kromozomlara rulet çemberi üzerinde alan sağlanır. Uygunluk değeri büyük olan kromozom rulet tekerleğindeki çember üzerinde daha fazla alana

sahiptir ve seçilme şansı bu şekilde artmaktadı. Stokastik bir yöntemdir. Önceden belirlenen bireylerin sayısına ulaşılana kadar işlem devam tekrarlanmaktadır. [37]. Rulet tekerleğine ait örnek ve şekil aşağıdaki gibidir [10]; Rulet tekerleğine ait örnek problem ve sonuç ekran görüntüsü Şekil 3. 'de gösterilmiştir.

	Binary	Survival Points	Percentage
Chromosome 1	1101	13	% 46
Chromosome 2	0100	4	% 4
Chromosome 3	1011	11	% 33
Chromosome 4	1000	8	% 17

Uygunluk Fonksiyonu: f(x) = x2

Chromosome 1: 1101, x = 13, x2 = 169

Chromosome 2: 0100, x = 4, x2 = 16

Chromosome 3: 1011, x = 11, x2 = 121

Chromosome 4: 1000, x = 8, x2 = 64

Rulet tekerleği 1 defa çevrildiğinde aşağıdaki gibi ihtimaller bulunur.

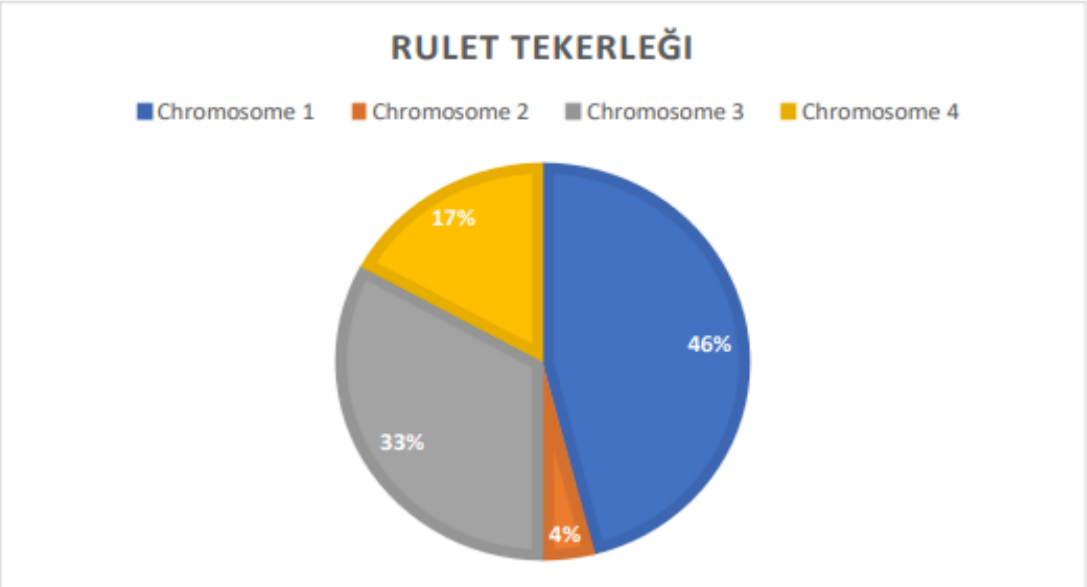
Toplam = 169 + 16 + 121 + 64 = 370

Chromosome 1: 169 / 370= 0,300 (% 46)

Chromosome 2: 16 / 370= 0,202 (% 4)

Chromosome 3: 121 / 370= 0,055 (% 33)

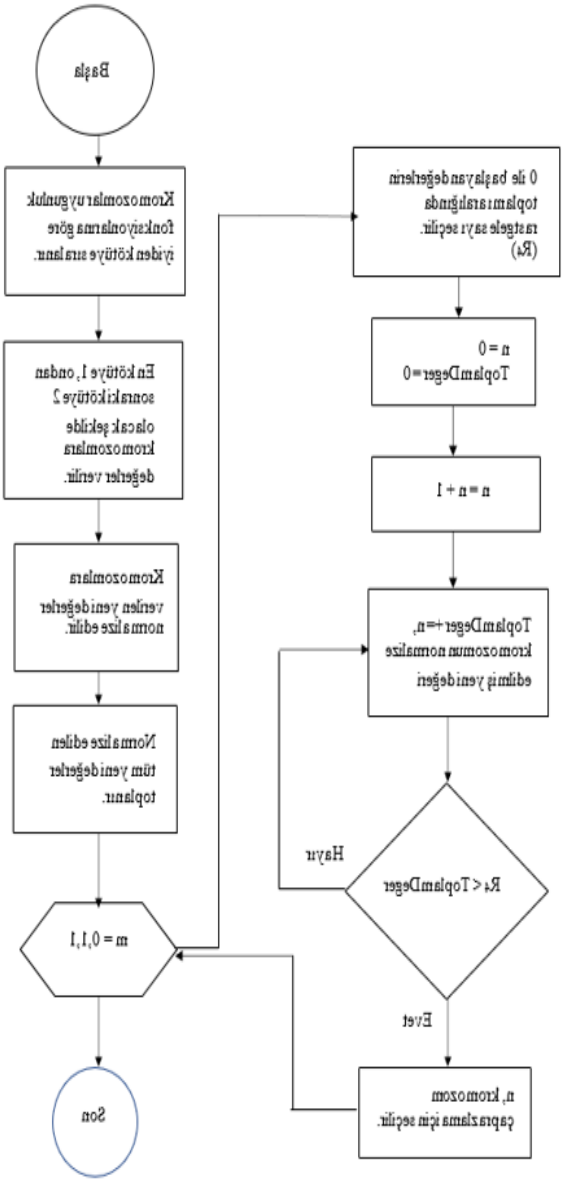
Chromosome 4: 64 / 370= 0,442 (% 17)

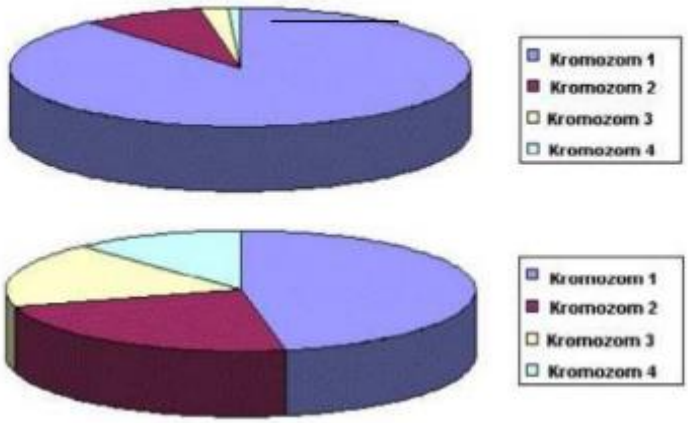


Şekil 3. Rulet tekerleği seçimi sonuç görüntüsü

Lineer rank seçimi (Linear rank selection)

Lineer rank seçimi genetik algoritmalarda yaygın olarak kullanılır. Orantılı seçimin olumsuz yönlerini ortadan kaldırmak amacı ile ilk kez Baker tarafından önerilmiştir. Lineer rank, uygunluk fonksiyonu değerini kullanır. Sıralama belirlenirken en kötü uygunluk değerine sahip olan kromozom en başta olacak şekilde en iyi uygunluk değerine sahip olan kromozoma kadar sıralanır. Popülasyondaki kromozom sayısına kadar birer artış olacak şekilde sıra numarası verilir ve verilen bu sıra numaralarının toplamı hesaplanır. Sonucunda ise her kromozomun sıra numarası oranlanır ve yeni bir oran elde edilir. Oluşan bu sayıların belirlenen aralıkların hangisinde olduğu bir rassal sayı üretilerek belirlenir. Rassal sayının bulunduğu aralığa sahip kromozom tercih edilir ve çaprazlama işlemine gönderilir [16] [7]. Lineer Rank akış şeması ve seçimi aşağıdaki/ Şekil 4. 'teki gibidir [9].

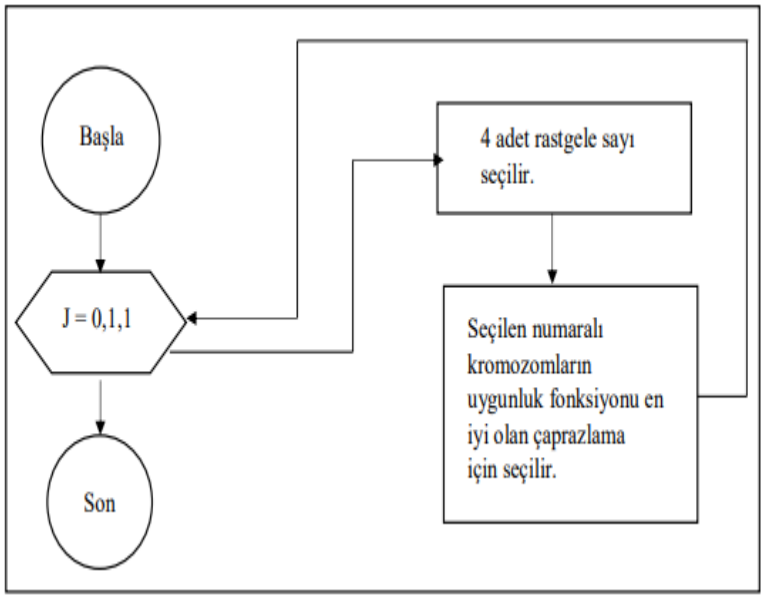




Şekil 4. Rank seçimi

Turnuva Seçimi (Tournament selection)

Gelecek nesiller için seçim işlemi esnasında iyi bireylerin seçilmesi istenir. Turnuva seçim yönteminde, n tane rekabetçi arasında bir turnuva düzenlenir ve bunun sonucunda en iyi birey seçilir. N tane bireyin seçimi esnasında popülasyon içindeki en iyi konum korunur. Kalan N-1 konum için ise ayrı ayrı turnuva düzenlenir. Bir sonraki nesle aktarılacak popülasyon sayısı elde edilinceye kadar Turnuva seçim yöntemi uygulanır [12]. Turnuva seçimi akış şeması Şekil 2.4. 'te gösterilmiştir [9].



Şekil 5. Turnuva seçimi akış şeması [9]

Crossover

Çaprazlama, genetik algoritmadaki en önemli araştırma operatörlerden bir tanesidir [18]. İki bireyin genlerinden yeni bir nesil oluşturma sürecidir. Buradaki asıl amaç popülasyondaki farklı bireylerdeki bilgi parçalarının kombine edilmesi işlemidir. Üreme işleminden elde edilen ve iyi bireylerden oluşmuş popülasyonlar çaprazlama işlemine tabi tutulurlar. Bireyler arasında gen aktarımı başlar. Tamamlanan bu gen aktarımına göre daha iyi bireylerden oluşmuş yeni bir

popülasyon oluşması amaçlanır [15]. Çaprazlama yöntemi tek olmamakla beraber birçok yöntem bulunmaktadır.

- Tek nokta çaprazlama
- İki nokta çaprazlama
- Çok nokta çaprazlama
- Tekdüze (Uniform) çaprazlama

Bunlar arasında en kolay olanı tek noktalı çaprazlamadır. Tek nokta çaprazlama, genetik algoritmanın kullandığı en basit çaprazlamadır [37]. Bu yöntemde, iki ebeveyn için ortak bir çaprazlama noktası belirlenir. Çocuklar çaprazlama noktasına kadar olan genleri uygun sıra ile alırlar. Birinci çocuk genleri aldıktan sonra kalanları diğer çocuğa aktarılır. Bu yöntem bu şekilde devam eder [11].

Tek Noktalı Çaprazlama Değer & Şema

Kromozom – 1	11000 | 00100110110
Kromozom – 2	11011 | 11000011110

Çocuk – 1	11011(11000011110)
Çocuk – 2	(110000)00100110110

İki Noktalı Çaprazlama Değer & Şema

A	9 8 4 | 5 6 7 | 1 3 2 10
B	8 7 1 | 2 3 10 | 9 5 4 6

A	9 8 4 | 2 3 10 | 1 H H H
B	8 H 1 | 5 6 7 | 9 H 4 H

AI	9 8 4 | 2 3 10 | 1 5 6 7
BI	8 2 1 | 5 6 7 | 9 3 4 10

Sıralı Çaprazlama Değer&Şema

Kromozom – 1	11000 | 00100 | 110110
Kromozom – 2	11011 | 11000 | 011110

Çocuk – 1	11000(11000)110110
Çocuk – 2	(11011)00100(011110)

Mutation

Mutasyon, üreme ve çaprazlama işlemlerinin tamamlayıcısıdır. Genellikle birey içerisindeki değerin değiştirilmesiyle popülasyon içerisinde yeni bireylerin oluşmasının sağlanmasıdır [4]. Mutasyon işlemi genetik algoritmadaki karar verici rolündedir. Amacı, Var olan bir kromozomdaki genlerin yerlerinin değiştirilerek yeni bir kromozom elde edilmesidir. Sürekli olarak nesil üretimi gerçekleşebilmektedir. Belli bir süre sonra nesil üretimi kendini tekrarlamaya, yinelemeye başlar ve farklı kromozom üretiminin durdurulmasına yol açabilirler ve çok azalabilirler. Bundan dolayı kromozomdaki çeşitliliğin arttırılması için bazı kromozomlar mutasyona uğratılırlar [18]. Mutasyon genetik algoritmadaki önemli bir faktördür. Mutasyon olmadığı taktirde yeni oluşacak bireyde çaprazlama veya kopyalama sonrasında bir değişiklik meydana gelmez [29]. Mutasyon oranı değerleri (0,01 – 0,001) aralığındadır [6]. Mutasyon işleminde ele alınan problemin yapısına göre en uygun seçimler aşağıdaki gibi seçilir [37].

- Ters çevirme
- Ekleme
- Yer değişikliği
- Karşılıklı değişim

PARENT	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
CHILD	**0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1**
MUTASYON ÖNCESİ	h e l k a
MUTASTON SONRASI	h e l **l o**

Reproduction

Diğer anlamı ile üremeyi ifade eder. Kromozomun özelliklerinin yeni jenerasyona aktarılmasıdır. Ebeveynlerin özellikleri yeni oluşacak kromozoma aktarılır [24]. Seçilen kromozom çifti, yeni toplumun oluşumuna katkıda bulunabilir. Seçilen uyumlu kromozomlardan daha uyumlu ve iyi bireyler elde etmek için çaprazlama ve mutasyon işlemlerine tabi tutulurlar [31]. Yüksek uyuma sahip bireyin bir sonraki kuşağa kopyalanması anlamına gelmektedir [37]. Var olan neslin yerine yeniden nesil oluşturma işlemidir. Sadece

nesildeki birkaç birey yeni bireylerle yer değiştirir ve yeniden üretim sonucunda elde edilen ara nesil; çaprazlama ve mutasyona tabi tutularak yeni nesil elde edilir [26].

GENETİK ALGORİTMADA KODLAMA

Kodlama işlemi genetik algoritmada uygulanacak ilk adımdır. Çözümlerin uygun şekilde kodlanması ile problemdeki bilgiler genetik algoritmanın kullanabileceği şekle dönüştürülür. Farklı tipteki problemler farklı kodlama tipleri ile çözümlenir. Değişkenler, kromozom adı verilen yapıda genler ile temsil edilir. Genetik algoritma ile bir problem çözüleceği zaman problemin türüne gör e kromozomların kodlanması gerekmektedir. [42].

Kodlamada genellikle ikili sayı sistemi (0 – 1) tercih edilir. Tek nokta, iki nokta, çok nokta ve üniform çaprazlama ikili kodlama biçimlerinde kullanılabilecek çaprazlama çeşitleridir [26]. Genetik algoritmada tüm problemler için geçerli olabilecek genel bir kodlama tekniği yoktur. Kodlama türleri 3 grupta incelenebilir.

- İkili Kodlama (Binary Coding)
- Sıralı Kodlama (Sequential Coding)
- Değer Kodlama (Value Coding)
- Ağaç Kodlama (Trees Coding)

Binary Coding

John Holland tarafından schema ortaya atılmıştır. Şema, ikili dizileri göstermek için kullanılır. Bu yönteme göre genetik algoritma iyi yapıları ortaya çıkarır, çoğaltır ve birleştirir. Holland'ın bu teoremi genetik algoritmadaki en başarılı teorem olarak kullanılır. Çözüm uzayındaki ifadelerin ikilik sayma sistemine dönüştürülmesidir. Bu kodlamanın avantajı, çaprazlama ve dönüşümün kolaylaştırılmasıdır [4]. Genetik algoritma genel olarak binary sistemi üzerinde çalışır. Binary kodlama şu şekilde ifade edilebilir [26]; 0, 1 ve * ("*" o konumda 0 veya 1 olmasının önemsiz olduğunu ifade eder.) Örnek bir şema aşağıdaki gibidir;

Şema: * 1 * 1 * 0

İkili Dizi: 010100, 010110, 011100, 011110, 110100, 110110, 111100, 111110

Kromozom A: 10011111

Kromozom B: 11011110

Sequential Coding

Permütasyon kodlaması, gezgin satıcı problemi veya görev sıralama problemlerinde kullanılır. Bu kodlamada her kromozom, bir dizideki sayıyı temsil eden bir sayı dizisidir. Yalnızca sıralama problemlerinde kullanışlıdırlar [35].

Kromozom A: 1 5 3 2 6 4 7 9 8

Kromozom B: 8 5 6 7 2 3 1 4 9

3.3. Value Coding

Bu kodlama, gerçel gibi kompleks sayıların yer aldığı problemlerde sıklıkla kullanılmaktadır [21]. Doğrudan değer kodlaması, gerçek sayılar gibi bazı karmaşık değerlerin problemlerinde kullanılabilir. Bu tür problemlerde binary kodlama kullanımı oldukça zordur. Her kromozom bazı değerlerin bir dizisidir. Değerler probleme bağlı herhangi bir ifade olabilir. Form numaraları, gerçek sayılar veya bazı karmaşık nesnelere ait karakterler de olabilir [35]. Değer kodlamasında çözümün uzunluğu tasarım değişkeni sayısına eşit olmakta ve onluk sisteme geçme işlemine gerek kalmamaktadır [42].

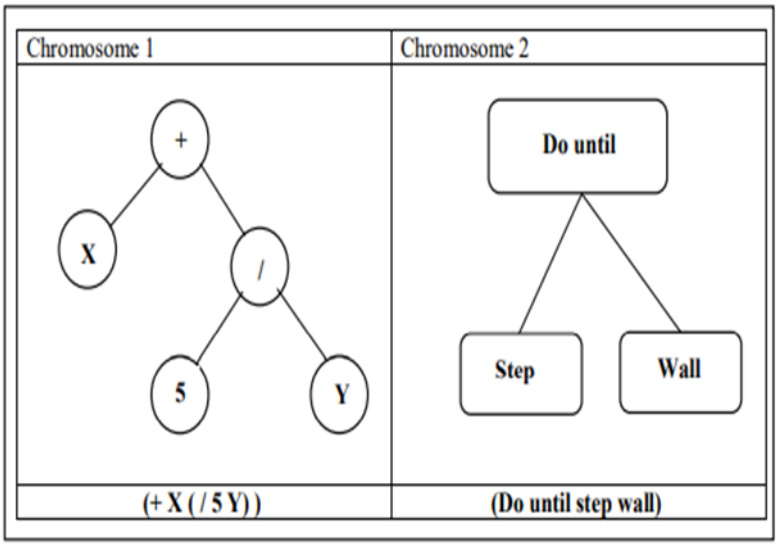
Kromozom A: 1,2324 5,3243 0,4556 2,3293 2,4545

Kromozom B: ABDJEIFJDHDIERJFDDLDFLFEGT

Kromozom C: (geri), (geri), (sağ), (ileri), (sol)

Trees Coding

Kromozomların nesnelerden ve nesneler arasındaki işlemleri içerir. Ağaç yapısı şeklinde gösterilir. Diğer kodlama türevlerine göre çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanmasının daha kolay olduğu düşünülmektedir. Bulunulması istenilen sayı için aritmetik işlemlerin yapılması zorunlu olan ve verilen sayıların işlemlerde yalnızca bir defa kullanıldığı soruların çözümünde sıklıkla bu türden yararlanılmaktadır [28]. Trees coding örnek gösterim aşağıda verilmiştir.



Şekil 6. Trees coding örnek gösterim

GENETİK ALGORİTMA PROBLEMİ

- 6 genden oluşan kromozomlar bulunur.

o Xi = a b c d e f (Her gen 0 ile 9 arasında numaralandırılmıştır.)

- 4 kromozomdan oluşan popülasyonlar bulunur.

o X1 = 4 3 5 2 1 6

o X2 = 1 7 3 9 6 5

o X3 = 2 4 8 0 1 2

o X4 = 9 0 8 1 2 3

Uygunluk fonksiyon hesaplaması yapılır.

f(x) = (a + c + e) – (b + d + f)

f(X1) = (4 + 5 + 1) – (3 + 2 + 6) = -1

f(X2) = (1 + 3 + 6) – (7 + 9 + 5) = -11

f(X3) = (2 + 8 + 1) – (4 + 0 + 2) = 5

f(X4) = (9 + 8 + 2) – (0 + 1 + 3) = 15

Uygunluk fonksiyonuna göre sıralama şu şekildedir; X4, X3, X1 ve X2

Çaprazlama işlemleri yapılır.

3. ve 4. kromozomları tam orta noktalarından ayırarak çaprazlama yapılır.

X4 = 9 0 8 | 1 2 3 O1 = 9 0 8 0 1 2

X3 = 2 4 8 | 0 1 2 O2 = 2 4 8 1 2 3

1.ve 2. kromozomların 2. Ve 4. Bitlerinden ayırarak 2 noktalı çaprazlama yapılır.

X3 = 2 4 | 8 0 | 1 2 O3 = 2 4 5 2 1 2

X1 = 4 3 | 5 2 | 1 6 O4 = 4 3 8 0 1 6

Yeni oluşan neslin uygunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

f(x) = (a + c + e) – (b + d + f)

f(O1) = (9 + 8 + 1) – (0 + 0 + 2) = 16

f(O2) = (2 + 8 + 2) – (4 + 1 + 3) = 4

f(O3) = (2 + 5 + 1) – (4 + 2 + 2) = 0

f(O4) = (4 + 8 + 1) – (3 + 0 + 6) = 4

SONUÇ

Bu makale çalışmasında genetik algoritmanın genel uygulanması literatür araştırması yapılarak incelenmiştir. Pazarlama alanında üretim ve tasarım alanlarındaki kadar yaygın bir uygulama görülmemektedir. Bu problemlerde özellikle çizelgeleme ve tasarım alanlarında daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu tip problemlerin kısa sürede en etkili ve optimal şekilde çözüme kavuşması, üretim planlama ve tasarımda etkin bir çalışma sağlamaktadır. Bu sebeple

de işletmelerin müşterilere hızlı yanıt vermesi sağlanmaktadır. Bu durum rekabet avantajını doğurmaktadır. Genetik algoritmalar çok amaçlı optimizasyon yöntemlerini kullanabilmektedir. Çok karmaşık ortamlara uyarlanabilir ve kısa sürede iyi sonuçlar verebilmektedir.

Kromozom sayısını arttırmak çalışma zamanını arttırırken, azaltmak da kromozom çeşitliliğini yok eder. Kromozomlar birbirlerine benzemeye başladığında mutasyon işlemi çözüm yöntemidir. Çaprazlama yöntemi genelde tek noktada gerçekleştirilse de araştırmalar neticesinde bazı problemlerde çok noktalı çaprazlamanın daha yararlı olduğu gösterilmiştir.

REFERANSLAR

[1] A., G. I. (2003). An introduction to variable and feature selection., (s. 3, 1157-1182).

[2] Abd Rahman R., R. R.-M. (2016). Evolutionary Algorithm with Roulette-Tournament Selection for Solving Aquaculture Diet Formulation., (s. 1-16).

[3] Alam, T. Q. (2020). Genetic algorithm: Reviews, implementations, and applications. arXiv preprint arXiv., (s. arXiv:2007.12673).

[4] Altay, A. (2007). Genetik algoritma ve bir uygulama. İstanbul.

[5] Aydın, Ş. E. (2017). YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİSİ. İstanbul: Academiak.edu.

[6] Biethahn, J. A. (1995). An introduction to evolutionary algorithms, in Evolutionary Algorithms in Management Applications., (s. 3-39). Heidelberg.

[7] Blickle T., T. L. (1995). A comparison of selection schemes used in genetic algorithms., (s. 27- 33).

[8] Bolat, B. K. (2004). Genetic algorithms in engineering applications and the Function of operators. Sigma, (s. 4, 264-271).

[9] CANPOLAT, K. (2018). GENETİK ALGORİTMALAR İLE YAPAY SİNİR. Sakarya.

[10] Çınar, A. C. (2017, 08 08). rulet-tekerlegi-secim-yontemi. Ahmet Cevahir Çınar: https://www.ahmetcevahircinar.com.tr/2017/08/08/genetik-algoritma-nedir-genetikalgoritma-nasil-calisir/rulet-tekerlegi-secim-yontemi/ adresinden alındı

[11] Çolak, S. (2010). Genetik algoritmalar yardımı ile gezgin satıcı probleminin çözümü üzerine bir uygulama., (s. 423-438).

[12] D., K. (2014). Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları. Nobel Akademik Yayıncılık. Ankara, Turkey.

[13] D.E., G. (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning., (s. 148- 154). USA.
[14] De Jong, K. (1988). Learning with genetic algorithms: An overview. Machine learning., (s. 3(2), 121-138.).

[15] Deb, K. (1996). Genetic algorithms for function optimization, in Genetic Algorithms and Soft Computing., (s. 3 - 19). Eds. Herrera, F. & Verdegay, J L., Physica – Verlag, Heidelberg.

[16] DEMİR, A. a. (2022). Çok amaçlı genetik algoritma için yeni bir seçim stratejisi önerisi: MultiMoora Rank seçimi., (s. 4, 2119 - 2132).

[17] Elen, A. &. (2019). Genetik Algoritmada Çaprazlama Yöntemleri. Research Gate, (s. 1-18).

[18] Emel, G. G. (2002). Genetik algoritmalar ve uygulama alanlari. IIBF, (s. 129-152).

[19] Erdem, H. a. (2013). Feature selection and multiple classifier fusion using genetic algorithms in intrusion detection systems., (s. 9).

[20] Erentürk, M. (2004). Performance Analysis of Meta-Heuristic Approaches for Traveling Salesman Problem. YÖK. İstanbul: YÖK.

[21] G., B. (2018). Genetik Algoritmalar. http://kergun.baun.edu.tr/20172018Guz/YZ_Sunumlar/Genetik_Algoritmalar_Busra_Gura car.pdf adresinden alındı

[22] Holland, J. (1992). Genetic Algorithms. Scientific American., (s. 267, 66-72).

[23] K., B. (13.01.2020). Yapay Arı Kolonisi Algoritması ile Yapılan Geliştirmeler ve Sonuçları. Dergipark (s. 1, 99 - 115). dergipark.org.tr.

[24] Kaplan, B. (2014). Genetik Algoritma ve Monte Carlo Simülasyonu ile Bir İnşaat Projesinde Alt Yüklenici Seçimine İlişkin Süre Maliyet Kalite Optimizasyonu ve Risk Değerlendirmesi. İzmir.

[25] Kapucu, U. (2015, 05 16). Genetik Algoritma. HYPIOSTECHT: https://www.hypiostech.com/post/genetik-algoritma adresinden alındı

[26] Keskintürk, T. a. (2009). Doğrusal olmayan regresyon analizinde gerçek değer kodlamalı genetik algoritma. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, (s. 15, 167-178).

[27] Koza, J. R. (1994). Genetic programming as a means for programming computers by natural selection., (s. 4, 87–112).

[28] Kumar, A. (2013). Encoding schemes in genetic algorithm. International Journal of Advanced Research in IT and Engineering, (s. 2.3; 1 - 7).

[29] Kurt, M. V. (2001). Genetik algoritma ve uygulama alanları., (s. 19 - 24).

[30] L., K. C. (1999). Industrial Applications of Genetic Algorithms. USA.

[31] M., H. K. (2019). Combinatorial and Integer Optimization. Dergipark, (s. 1- 10).

[32] M., O. (1998). Genetic Algorithms., (s. 4).

[33] McCall, J. (1 December 2005). Genetic algorithms for modelling and optimisation, Journal of Computational and Applied Mathematics., (s. Volume 184, Issue 1).

[34] Mirjalili, S. (2019). Genetic Algorithm,İn Evolutionary algorithms and neural networks., (s. 43- 55). Springer, Cham.

[35] O., M. (1998). Introduction to Genetic Algorithms. https://www.obitko.com/tutorials/geneticalgorithms/encoding.php adresinden alındı

[36] O., Y. M. (1996). Optimising Engineering Problems Using Genetic Algorithms. Dergipark, (s. 2, 268-280).

[37] Öztürk, A. (2002). Gerçel sayı kodlamalı genetik algoritmaların optimizasyonda kullanımı. 20

[38] Öztürk, M. ,. (05.06.2018). Genetik Algoritmalar (GA) İle Nüfus Artış Tahmini. Dergipark, (s. 1, 40 - 51).
[39] PAKSOY, Ö. G. (2015). Genetik algoritma ile kaynak kısıtlı proje çizelgeleme., (s. 345-362).

[40] Tanweer, A. S. (2020). Genetic Algorithm: Reviews, Implementations, and Applications. International Journal of Engineering Pedagogy., (s. 10(6)).

[41] Taşkın Ç., G. G. (2002). Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları. ResearchGate.

[42] Taşkın, Ç. v. (2009). Sayısal Yöntemlerde Genetik Algoritmalar. Alfa Aktüel Yayınları, (s. 153). Bursa. [43] Toğan, V. a. (2006). Genetik Algoritma ile Üç Boyutlu Kafes Sistemlerin Şekil . İMO Teknik Dergi, (s. 251, 3809 -3825). Trabzon.

[44] Vural, M. (2005). Genetik algoritma yöntemi ile toplu üretim planlama.

[45] Whitley, D. (1994). A genetic algorithm tutorial. Statistics and computing., (s. 4(2), 65-85.).

[46] Yavuz, A. (2004). Genetic Algortihms Convergence To Traditional Optimization Method

BÖLÜM 11

TEMEL BİLEŞENLER ANALİZİ

Betül KOKULU
Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0001-7945-3894

GİRİŞ

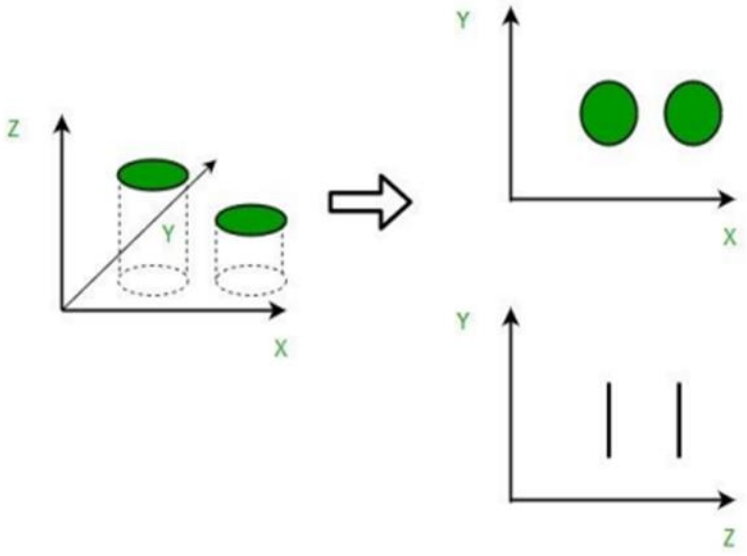
Bu çalışmada PCA (Principal Component Analysis) olarakta bilinen Temel Bileşenler Analizi konusuna değinilmiştir. Temel Bileşenler Analizi, tanıma, görüntü sıkıştırma, sınıflandırma alanlarında kullanılan yararlı bir istatiksel tekniktir. Çok yüksek boyutlu verilerde en yüksek varyans ile veri setini tutmak fakat bunu yaparken de boyutu indirgemeyi sağlamaktır bu teknikteki temel amaç. Çok boyutlu verilerde verilerin sıkıştırılmasını ve boyut sayısının azaltılması sağlanır. Boyutun azaltılmasıyla bazı özellikler kaybedilir fakat amaçlanan, bu kaybolan özelliklerin popülasyon hakkında çok az bilgi içermesidir. Temel bileşenler analizi ile yüksek korelasyonlu değişkenler bir araya getirilerek verilerdeki en çok varyasyonu oluşturan 'temel bileşenler' olarak adlandırılan daha az sayıda yapay değişken kümesi oluşturur. Temel bileşenler analizi yöntem olarak verideki gerekli bilgileri ortaya çıkarmada etkilidir. Yöntemdeki temel mantık çok boyutlu bir veriyi, verideki temel özellikleri yakalayarak daha az sayıda değişkenle göstermeye yaramaktadır.

İstatistikte, temel bileşen analizi (TBA), çok boyutlu uzaydaki bir verinin daha düşük boyutlu bir uzaya izdüşümünü, varyansı maksimize edecek şekilde bulma yöntemidir [1].

1901 yılında Karl Pearson' un başlattığı temel bileşenler analizi çalışmaları, 1993 yılında Hotelling tarafından geliştirilmiştir [3]. Eldeki veriyi daha az sayıda değişkenle ifade edilebilecek en iyi dönüşümü hedeflemektedir. Dönüşüm sonucunda elde edilen değişkenler ilk değişkenlerin temel bileşenleri olarak adlandırılır. İlk temel bileşen değeri en büyük olandır ve diğer temel bileşenler değerleri azalacak şekilde sıralanır. Gürültüye karşı düşük hassasiyet, kapasite ve bellek ihtiyaçlarının azalması, düşük boyutlu uzaylarda daha etkin çalışması PCA' nın temel avantajları arasında sıralanmaktadır [2].

Birbirleriyle ilişkisi olan çok sayıda değişkenden meydana gelen çok değişkenli sistemi, değişkenlerin doğrusal fonksiyonları şeklinde daha az sayıda, birbirleriyle ilişkisi olmayan bir yapıda ve öncesinde kullanılan sisteme ait toplam değişimi büyük oranda açıklayabilen yeni değişkenlerden meydana gelen sisteme dönüştüren çok değişkenli analiz tekniğidir. Analizin sonucunda oluşmuş olan her değişkene ise temel bileşen ismi verilmektedir.

Temel Bileşenler Analizi' nde x sayıda başlangıç değişkenine karşılık olarak x sayıda temel bileşenin her biri, asıl değişkenlerin doğrusal bir bileşimidir. Böylece, her 2 temel bileşen içerisinde tüm değişkenlerden belirli oranlarda bilgileri barındırmaktadır. Bu özellik, x boyutlu veri kümesinin yerine, ilk y önemli temel bileşenin kullanılması yoluyla boyut indirgemesi sağlar. İlk y temel bileşen toplam varyansın büyük bir bölümünü açıklayabiliyorsa, geri kalan kısım x-y temel bileşen ihmal edilebilir. Diğer tekniklerden olan klasik değişken seçimi ile karşılaştırıldığında Temel Bileşenler Analizi ile bilgi kaybı oldukça aza indirilebilecektir. Büyük boyutlu verilerde sorunları aşabilmek için en çok kullanılan yöntem olan Temel Bileşenler Analizi ile ilgili görseli Şekil 1 'de görebiliriz.



Şekil 1. Temel bileşenler analizinin nasıl hesaplandığı ile ilgili görsel

TEMEL MATEMATİK

Temel Bileşenler analizinin iyi bir şekilde anlaşılabilmesi için matematiksel bazı terimlerin anlaşılması gerekmektedir. Bu maddede matematiksel terimlere değinilmiştir.

İstatistik

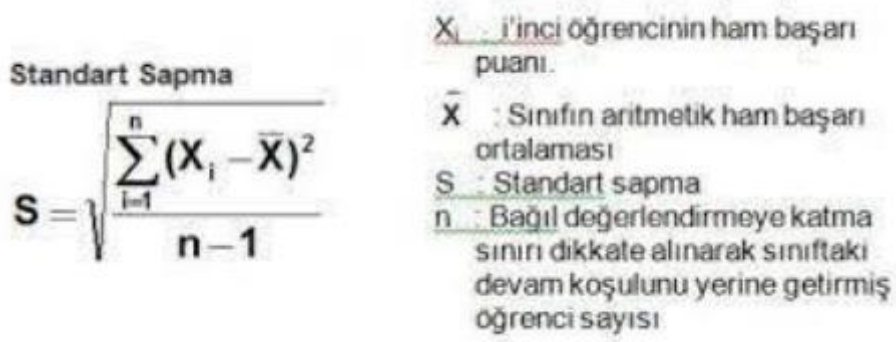
İstatistik, belirli bir amaç için veri toplama, tablo ve grafiklerle özetleme, sonuçları yorumlama, sonuçların güven derecelerini açıklama, örneklerden elde edilen sonuçları kitle için genelleme, özellikler arasındaki ilişkiyi araştırma, çeşitli konularda geleceğe ilişkin tahmin yapma, deney düzenleme ve gözlem ilkelerini kapsayan bir bilimdir. Belirli bir amaç için verilerin toplanması, sınıflandırılması, çözümlenmesi ve sonuçlarının yorumlanması esasına dayanır [7].

Uygulamalı bilimlerde gözlem yapılarak elde edilen sonuçlar birbirlerinden farklı olabilir. Aynı olaya ait birçok gözlemde değerler farklı elde edilir. İstatiksel yöntemler böyle değerlerin tek bir değere indirgenmesini sağlamak için kullanılır. En genel kullanılan yöntemler ise ortalama değer ve standart sapmadır.

Standart Sapma

Çok sayıda matematiksel işlemde kullanılan standart sapma, istatistik ve olasılık gibi bir çok farklı farklı alanlarda kullanılmaktadır ve değişken veri değerlerine ait değerleri özetleyen bir ölçüttür. Standart sapma, bir seriye ait ortalama değer ve değişken arasındaki farktır. Sigma harfi ile gösterilen (S harfi ile gösterilir) standart sapma, bilgilerin, verilerin veya değerin aritmetik ortalamadan sağma karelerin karekökü olarak tanımı yapılır.

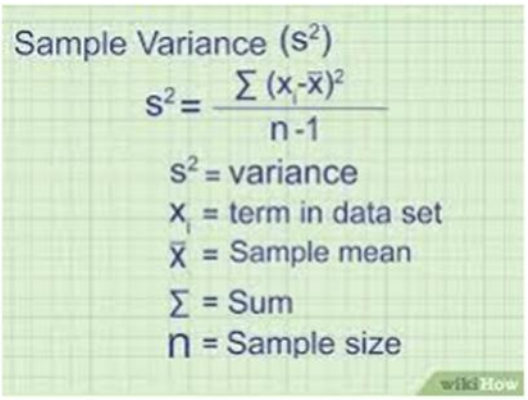
Belli bir formülü mevcuttur. Getiri ve tahmini getiri arasındaki farkın karesi ve sonuç olarak çarpılıp, kaç senelik veriye ihtiyaç var ise buna bölünerek bulunur. Aşağıda yer alan şekil 2'de standart sapmanın formülü yer almaktadır.



Şekil 2. Standart Sapma Formülü

Varyans

İstatistikçilere veri kümesinin çeşitli yönlerinden bilgi vermektedir varyans. Varyans standart sapmaya bağlıdır ve her iki istatiksel kavram da çeşitli ortamlarda faydalıdır. Varyans, ortalamadan uzaklıklarının karelerinin ortalaması şeklinde bulunan ölçüdür. Aşağıda yer alan şekil 3'de varyansın formülü yer almaktadır.

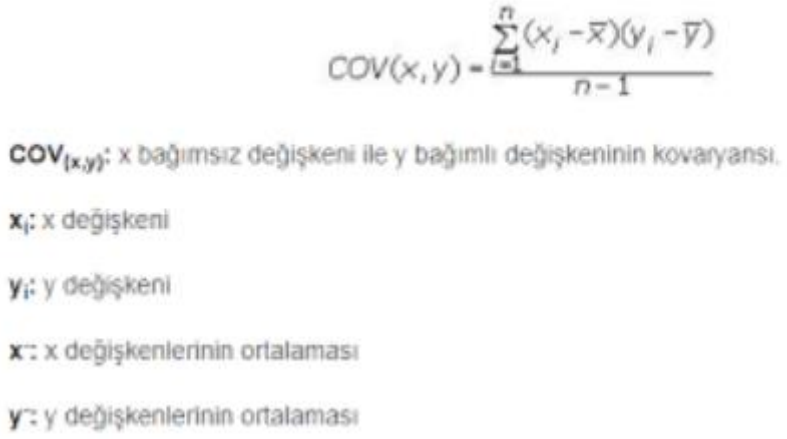


Şekil 3. Varyans formülü

Kovaryans

Matematik ve istatistiğin sağlam bir şekilde anlamamıza yardımcı olması için çok önemli olan kovaryans, iki değişkenin birbirleriyle olan ilişkisini göstermektedir. Aşağıda yer alan Şekil 4.' de yer alan görselde kovaryansın formülü yer almaktadır.

Olasılık teorisi ve istatistikte, kovaryans iki değişkenin birlikte ne kadar değiştiklerinin ölçüsüdür. Kovaryans, iki rasgele değişkenin beraber değişimlerini inceleyen bir istatistiktir [8].



Şekil 4. Kovaryans formülü

TEMEL BİLEŞENLER ANALİZİ

Temel Bileşenler Analizi boyut azaltma ve bağımlılık yapısını yok etmek amaçlarıyla kullanılmaktadır. Çok değişkenli bir istatiksel yöntem olan Temel bileşenler analizi tanıma, boyut indirgenmesi, sınıflandırma ve yorumlanmasını sağlamaktadır. Bu nedenle örüntü bulma tekniği olarak da kullanılabilmektedir. Verinin içindeki en güçlü örüntüyü bulmak amaçlanır. Veride bulunan çeşitlilik, tüm boyut takımından seçilen küçük bir boyut setiyle yakalanabilir. Verideki gürültüler, örüntülerden daha güçsüz olduklarından, boyut küçültme sonucunda bu gürültüler temizlenebilmektedir.

PCA'nın üç temel amacı vardır:

1. Verilerin boyutunu azaltma

2. Tahminleme yapma

3. Veri setini, bazı analizler için görüntülemek

PCA uygulandığında p boyutlu uzayın gerçek boyutu belirlenir. Bu gerçek boyuta temel bileşenler adı verilir. Temel bileşenlerin üç özelliği vardır:

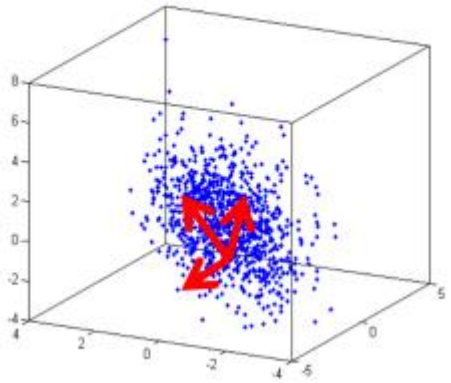
1. Kolerasyonsuzlardır.

2. Birinci temel bileşen toplam değişkenliği en çok açıklayan değişkendir.

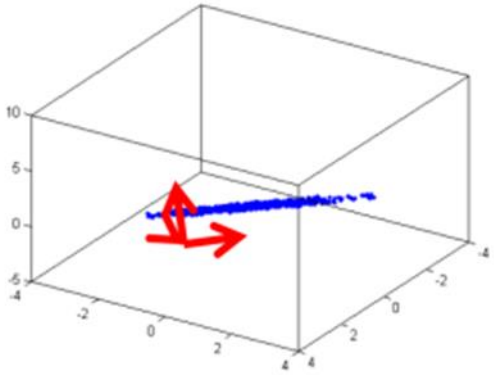
3. Bir sonraki temel bileşen kalan değişkenliği en çok açıklayan değişkendir [4].

Çok boyutlu verilere doğru açıdan bakarak genellikle verideki ilişkiler açıklanabilir.

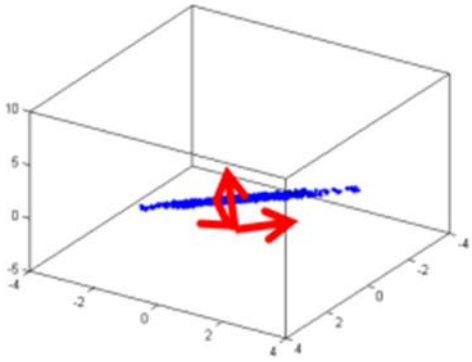
PCA'nın amacı bu "doğru açıyı" bulmaktır. Aşağıdaki Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8' de PCA' nın doğru açıdan bakılabilmesi için görseller yer almaktadır.



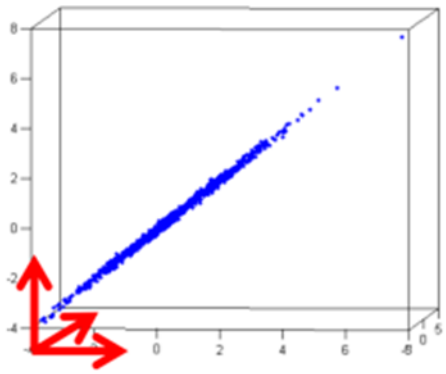
Şekil 5 Veri çok boyutlu ve ilişkiler açık değildir



Şekil 6. Doğru açıdan bakıldığında çok boyutlu karmaşık veri setindeki ilişkinin lineer olduğu görülmektedir



Şekil 7. Karmaşık veri seti lineer hale getirilmiştir



Şekil 8. Yeni koordinat sisteminde verinin görüntüsü elde edilmiştir

PCA'da, uygun koordinat sistemi aşağıdaki şekilde aranmaktadır [6]:

- 1. eksen olarak, verilerin en büyük değişiminde olan yön seçilir.

- 2. eksen olarak, önceki 1. eksene dikey olan ve verilerin en büyük değişiminde olan yön seçilir. 8

- 3. eksen olarak, önceki 1. ve 2. eksene dikey olan ve kalan verilerin en büyük değişiminde olan yön seçilir.

- Böyle her zaman yeni eksen olarak verilerindeki en büyük kalan değişimde olan yön seçilmektedir.

Böyle seçilmiş dikey olan "en büyük değişim" yönlerine "temel bileşenler" denir. PCA yönleri, verilerin değişimi ile ilgili en büyük katkıda olan yönü ilk önce belirtmekte, daha sonra da daha az katkıda olan yönleri açıklamaktadır. Gerçek uygulamalarda "çok boyutlu ve ilk bakıştan çok karmaşık verilerde çok az temel etki olduğu" düşünülebilir. Bu etkiler birkaç ilk PCA yönü olarak bulunur. Bu anlamda, PCA yönleri, çok boyutlu karmaşık verileri sıkça 2-3 yeni "özellikle" açıklayıp gösterebilmektedir. Temel bileşenlerin yeterli sayısını belirtmek için "tutulan varyans2" kavramı kullanılmaktadır. Kullanılacak ilk temel bileşenlerin toplam varyansı orijinal verilerin toplam varyansının %90-%95'i olmalıdır. Genel uygulamalarda, 1000 boyutlu veriler için genelikle10-20 ilk temel bileşen verilerin %90-%95 değişimini vermektedir. Bir başka ifadeyle, orijinal veriler %95 doğrululukla temsil etmek için 10-20 PCA bileşeni yeterli olabilir. Örneğin, 1000 özellikli veriyi kaydetmek için bütün 1000 özelliği kaydetme yerine 10-20 ilk temel bileşen kaydedilip diğer bileşenlerin değerleri için ortalama olarak (çünkü onlar aşağı yukarı değişmez) depolanabilir. Orijinal veriler, %1-2 bellekle kaydedilebilir.

Sonuç olarak [7]:

- PCA, boyut azaltmada çok faydalı bir yöntemdir.

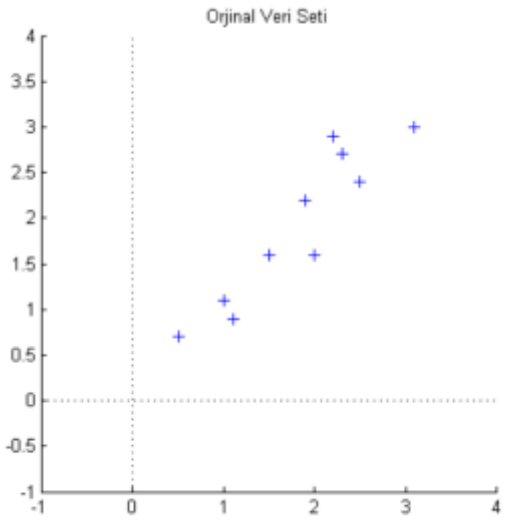
- PCA, çok boyutlu verileri yaklaşık olarak ve daha az boyutlu veriyle temsil eder.

- PCA, orijinal veriler için dik-olan-en-büyük-varyans-yönleri bulup orijinal verileri bu koordinat sisteminde gösterir. • PCA, çok boyutlu verilerin görsel gösterilmesi ve incelenmesi için kullanılabilir.

• PCA, makine öğrenmesi olarak, verilerin boyutu azaltabilir–az değişen PCA özellikleri modelleme için önemsiz olabilir, bu şekilde modelleme ile ilgili hesaplama hızlandırabilir.

• PCA, veri sıkıştırma için de kullanılabilir.

Hazırlanan basit örnekte 1. Adım olan veri setinin hazırlanmasıyla ilgili şekiller yer almaktadır. PCA iki boyutlu bir veri setine uygulanacaktır. Veri seti Şekil 9 ve Şekil 10'da gösterilmiştir [7].



Şekil 9. Veri seti

x	y
2,5	2,4
0,5	0,7
2,2	2,9
1,9	2,2
3,1	3
2,3	2,7
2	1,6
1	1,1
1,5	1,6
1,1	0,9

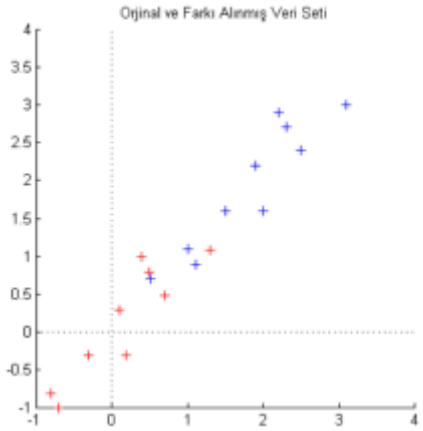
Şekil 10. Veri seti tablosu

2. adım ise ortalamadan çıkarma adımıdır. Şekil 11'de yeni veri seti bulunmaktadır.

x	y	$(x-\overline{x})$	$(y-\overline{y})$
2,5	2,4	0,69	0,49
0,5	0,7	-1,31	-1,21
2,2	2,9	0,39	0,99
1,9	2,2	0,09	0,29
3,1	3	1,29	1,09
2,3	2,7	0,49	0,79
2	1,6	0,19	-0,31
1	1,1	-0,81	-0,81
1,5	1,6	-0,31	-0,31
1,1	0,9	-0,71	-1,01

Şekil 11. 2. Veri seti tablosu

Temel bileşenler analizi ile çalışabilmek için veri setinde bulunan her boyutu kendi ortalamasından çıkarmak gereklidir. Böylece veri setinde yer alan x veya değerleri için $(x - x)$ ve $(y - y)$ değerleri elde edilecektir. Şekil 12'de eski ve yeni veri setleri ile ilgili görsel bulunmaktadır.



Şekil 12. Orijinal veri seti ve ortalamalarından farkları alınmış yeni veri seti

3. adım kovaryans matris hesaplandığı adımdır. Özdeğerler ve özvektörlerin elde edilmesi için kullanılmaktadır [7]. Bu adımda iki boyutlu veri kullanıldığı için kovaryans matris de 2x2 boyutlu olacaktır. Aşağıda yer alan şekil 13' de kovaryans matris hesaplanması ile ilgili görsel bulunmaktadır.

$$cov(Data) = \begin{pmatrix} 0.6166 & 0.6154 \\ 0.6154 & 0.7166 \end{pmatrix}$$

Şekil 13. Kovaryans matris hesaplanması

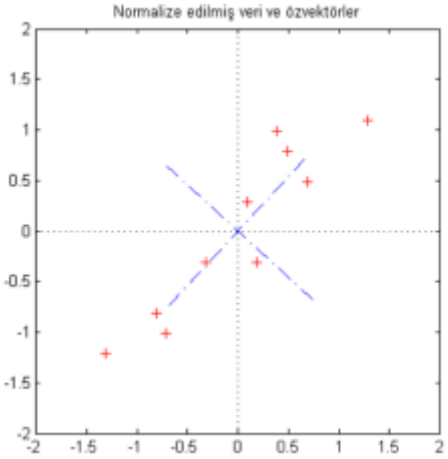
4. adım karesel bir matris olan kovaryans matristen özvektörler ve özdeğerler elde edilmesi adımıdır. Buradaki önemli nokta matrisin veri seti ile ilgili verdiği bilgidir. Aşağıda yer alan şekil 14'de yer alan resimde özvektörler ve özdeğerlerin elde edilmesi yer almaktadır.

$$D\ (\text{özdeğerler}) = \begin{pmatrix} 0.0491 \\ 1.2840 \end{pmatrix}$$

$$V\ (\text{özvektörler}) = \begin{pmatrix} -0.7352 & 0.6779 \\ 0.6779 & 0.7352 \end{pmatrix}$$

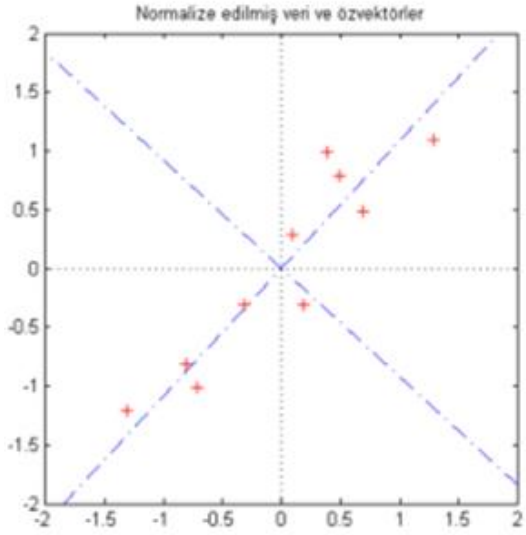
Şekil 14. Özvektörler ve özdeğerlerin elde edilmesi

5. adım bileşenlerin seçilmesi ve özellik vektörünün oluşturulmasıdır. Bu adımda kovaryans matristen elde edilen özvektör ve özdeğerler yardımıyla eksenler ve özellik vektörü elde edilecektir. Şekil 15'de normalize edilmiş veriler kırmızı + karakteri ile gösterilmektedir. Mavi çizgiler ile özvektörlerden elde edilmiş eksenler göstermektedir [7].



Şekil 15. Normalize edilmiş veri ve özvektörler

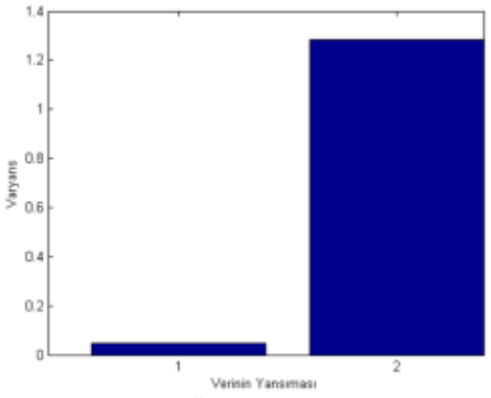
Özvektörler 10 ile çarpılarak eksenlerin daha belirgin olması sağlanmıştır. Aşağıda yer alan şekil 16' da özvektörlerin genişletilmesi ile ilgili görsel yer almaktadır.



Şekil 16. Özvektörlerin genişletilmesi

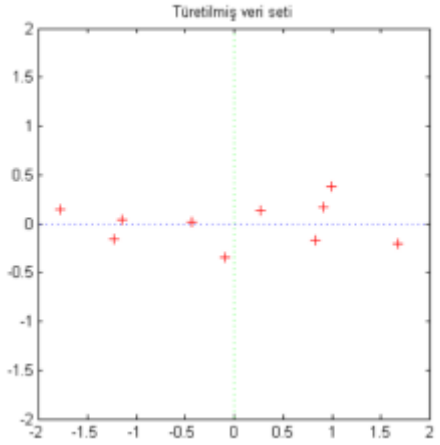
6. madde son aşama olan yeni veri setinin türetilmesi adımıdır. Yeni veri seti türetilir ve en basit aşamada bu aşamadır. Öncelikle veri setini en iyi temsil edecek, önem derecesi en yüksek olarak seçilen bileşenler ile normalize edilmiş verinin transpozu alınarak çarpılması sonucu yeni veri seti türetilebilir [7]. Şekil 17'de özdeğerler görülmektedir.

$$Yeni\ Veri\ Seti = \text{Özellik Vektörü}\ x\ Normalize\ Edilmiş\ Ver$$



Şekil 17. Özdeğerler ve varyans

Özvektörlerin iki numaralı bileşeni veriyi daha iyi temsil etmektir. Yani ikinci değerin varyansı daha yüksektir. Bu sebeple öncelikle özvektörlerin 2 numaralı kolonu işleme alınıp daha sonra bir numaralı kolon işleme alınacaktır. Önem sırasının 13 belirlenmesinden dolayı bu bilgi önemlidir. Şekil 18' de türetilmiş veri seti bulunmaktadır.



Şekil 18. Türetilmiş veri seti

Veri setindeki varyans değerleri dikkate alınarak bileşenler seçildikten sonra yeni eksen üzerine veriler yansıtılmıştır. Böylelikle iki boyutlu bir veri setine PCA uygulanmıştır [7].

REFERANS

1. Alpaydin, Ethem. Introduction to machine learning (2nd bas.). MIT Press. wiley, 2010.

2. E.Sütçüler. «Gerçek Zamanlı Video Görüntülerinden Yüz Bulma ve Tanıma Sistemi.»

Gerçek Zamanlı Video Görüntülerinden Yüz Bulma ve Tanıma Sistemi, Yüksek Lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006. 90 s.

3. Filiz, Z. «Güvenilirlik Çözümlemesi, Temel Bileşenler ve Faktör Çözümlemesi,

Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, Cilt.4, No.2.» Güvenilirlik Çözümlemesi, Temel Bileşenler ve Faktör Çözümlemesi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2003. s. 211–222.

4.İstatistik Eğitim ve Bilgilendirme Sitesi. 2013. http://www.stat.gen.tr/index.php?istek=sinif&dersid=ist01&konuid=pca&max=1 (erişildi: 11 15, 2022).

5. kara Üniversitesi, Ankara Üniversitesi. tarih yok. http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/ozturk/Dersler/ist312/Ders4/Matris2.pd f. (erişildi: 11 15, 2022).

6. Smith, L. I. «A tutorial on Principal Components Analysis.» 2002. 12.

7. wikipedia. wikipedia. 01 12 2013. http://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0st atistik. (erişildi: 11 10, 2022).

8. Wikipedia. Wikipedia. 20 05 2013. http://tr.wikipedia.org/wiki/Kovaryans. (erişildi: 11 15, 2022).

BÖLÜM 12

RFM İLE MÜŞTERİ SEGMENTASYONU: E-TİCARET ÖRNEĞİ

Beyzanur TOPRAK[1]
[1] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0003-0838-5067

Hakan TERZİOĞLU[2]
[2] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye,
ORCID: 0000-0001-5928-8457

GİRİŞ

Değişen dünya ve rekabet ortamı ile hayatımıza giren e-ticaret ile birlikte şirketler müşterilerinin devamlılığını sağlamak için müşteriye özel pazarlama stratejileri sağlamak istemektedir.Bunu da mevcutta bulunan ve devamlılığı olan müşterileri tespit ederek bağlılıklarına göre stratejiler geliştirmesi gerekmektedir. Ancak işletmelerin, müşteri sadakatini arzu etmeleri yeterli değildir, bu yönde çaba harcamaları ve müşteri sadakatine odaklanarak faaliyet göstermeleri gerekmektedir. Çünkü, müşterilerin işletmelere uyma zorunlulukları bu yeni ortamda yoktur, işletmelerin müşterilerine uyma zorunlulukları vardır. (BAYUK & KÜÇÜK, 2007). Uyum zorunluluğu nedeni ile şirketler müşterilere özel oluşturdukları kampanyalar ve reklamlar ile müşterinin sadakatini arttırmak istemektedir.

Sadık müşterilere hizmet vermek yeni müşteri kazanmaktan daha az maliyetlidir.Bu sebep ile işletmeler mevcutta bulunan ve sadık olan müşterilerini korumak aynı zamanda kendi gelen yeni müşterilere uyguladıkları pazarlama stratejileri ile daha az maliyet ile daha çok kazanç sağlayabilir.

Bunun bir sonucu olarak pazarlama uygulamaları pazarın bütününden ziyade benzer özelliklere sahip pazar bölümlerine, hatta bireysel müşterilere kadar özelleşmeye başlamıştır. Bu özelleşme ile birlikte daha avantajlı ve verimli hedefler oluşturulmalıdır.

Müşteri ilişkileri yönetimi(CRM) uygulamaları işletmeler için çok önemli stratejik araçlar haline gelmeye başlamıştır.Yenilik,sıklık ve parasal değer(RFM) metrikleri gündelik hayatta şirketlerin kendi bünyesinde çalışanlarına yetkinlikler kazandırdığı ve sıkça kullandığı araçlar haline gelmiştir.

MÜŞTERİ İLİŞKİLERİ YÖNETİMİ

Müşteri ilişkileri yönetimi(CRM) İşletmeler için en değerli müşterilerini çekmek ve onlarla karlı ilişkiler geliştirmek, analitik araçlar ve teknikler gerektiren operasyonlar gerektirir.

O zaman meseleye farklı bir açıdan bakmamız gerekir.Farklılaştırma çabalarına ürünü iyileştirmekten başlamak yerine “Müşteri ne istiyor” sorusu ile başlamak stratejik açıdan çok daha farklı açınımlar getirebilir. (KARACA, 2001)

Sadık müşteriler oluşturmayı başaran işletmeler, gelecekte karlılığı ve büyümeyi büyük ölçüde garanti altına alacaklardır. (BİLGİN, 2017)

RFM

RFM (Sıklık,) İngilizce baş harflerinden meydana gelen bir isimdir. İş dünyasında yaygın olarak kullanılan segmentasyon da ilk akla gelen ilk uygulamalardandır. RFM analizi müşterilerin satın alma alışkanlıkları üzerinden gruplara ayrılması ve bu gruplar özelinde strateji oluşturmaya yardımcı olmaktadır.

Rfm metriklerine bağlı olarak bazı skorlar oluşturarak bu skorlar üzerinden gruplar oluşturulmuştur. Metriklerde hesaplanan değerler metrik içeriğine göre değişmektedir. Sıklık(Frequeny) müşterinin işlem sıklığı hesaplanır. Şirketten toplam kaç sefer alış veriş yaptığını belirtir. Miktarın büyüklüğü müşterinin bize bıraktığı paranın fazla olduğunu ifade eder. Parasal Değer(Monetary) müşterinin bizden aldığı ürünler için ödediği toplam parasal değeri ifade eder.

Müşteri davranışını analiz etmede RFM modelini uygulamanın yaygın bir yolu, RFM'nin her bir boyutuyla müşteri verisini analiz etmek ve bu verileri 5 eşit bölüme ayırarak kodlamaktır. Kodlama yönteminde ilgili parametreler bazında tüm müşterilerle her bir müşteri kıyaslanır ve her müşteri için RFM skoru oluşturulur. (DURSUN, 2015)

Bu model aynı zamanda, doğrudan pazarlama sektöründeki düşük yanıt oranlarını arttırmak amacıyla belirli müşterileri hedef alan pazarlama programlarını (örneğin doğrudan posta) uygulamak ve veritabanlı pazarlama alanında müşterilerin satın alma geçmişlerine göre değerlerini ölçmede yaygın olarak kullanılmaktadır. (BAŞKOL, 2020)

Regex

Regular Expressions(düzenli ifadeler; kısacası regex ya da regexp) yazılımcıların kullandığı fazlasıyla önemli bir o kadarda güçlü, yaygın bir yapıdır. Bu yapıyı neredeyse bütün modern programlama dillerinde kullanabilirsiniz. Herhangi bir metni eşleştirmenize, bulmanıza ya da yönetmenize yardımcı olacak desenler yaratmanıza izin veren birçok karakter ve sembollerin bir araya gelmesiyle oluşan metin dizesidir.

Normal ifadenin kısaltması olan regex, metni eşleştirmenize, bulmanıza ve yönetmenize yardımcı olan kalıplar oluşturmanıza olanak tanıyan bir metin dizisidir.

R	F	Segment
5	4-5	Şampiyon
4-5	2-3	Potansiyel Sadıklar
5	1	Yeni Müşteri
4	1	Umut Verici
3-4	4-5	Sadık Müşteriler
3	3	Dikkat Gerekli Müşteriler
3	1-2	Uykuda olan Müşteri
1-2	5	Kayıp
1-2	3-4	Risk
1-2	1-2	Hazırda Bekletme

Şemada R ve F skorlarından oluşan sektörde kabul gören haritalamalar vardır,numeric olarak hesaplanan değerlerin text olarak son kullanıcıya iletilmesi ve analiz edilebilmesi sağlanır.

MÜŞTERİ SEGMENTASYONU İÇİN RFM TEKNİĞİ

RFM analizi gelecekteki satın alma ile ilgili üç önemli metrik (Recency Frequency Monetary, Güncellik Sıklık Para) hesaplanmasına bağlıdır. İlgili hesaplamalar aşağıdaki denklemlerde gösterilmiştir. (KURTARAN, 2022)

$$R(Ci) = (Ri - Rmin)/(Rmax - Rmin)$$

$$F(Ci) = (Fi - Fmin)/F(max - Fmin$$

$$M(Ci) = (Mi - Mmin)/(Mmax - Mmi)$$

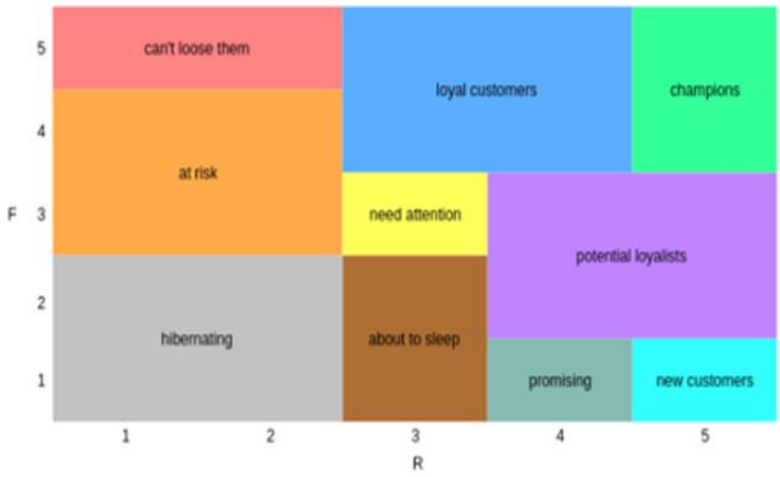
RFM analizi uygulayan şirketler karlarını belli değerlerde artırmaktadır. Müşterinin hareketlerini gözle görülür şekilde ortaya koyup buna uygun olarak müşteriye karşı önlemler alıp, gelirlerini belirli değerde tutabilir veya yıllık karlarını arttırmayı amaçlamaktadırlar. (BUDAK, 2020)

RFM Analizi 3 Adımdan Oluşur

1.Müşterilerin R,F,M değerlerini belirlemek.

2.Tabloya göre gruplama işlemi yapmak.

3.Müşterinin bulunduğu gruba göre önlemler almak veya özel yöntemler belirlemek.



Şekil 1: R ve F Metriklerine Göre Müşteri Sınıfları

Şirket müşterilerini Recency ve Frequency değerlerine göre grupladık.

Champions: En sık, en son ve en çok çok harcama yapan gruptur. Şirketlerin gözbebeğidir. Bu gruptaki müşteriler yeni ürünleri hemen benimser ürünün tanıtımını sağlar.

At Risk Customers: Sık sık alışveriş yapan ama son zamanlarda alışveriş yapmayan müşteri grubudur. Bu müşteriler kişisel kampanyalar yapılarak çekilebilir.

Can’t Lose Them: Bu gibi müşterilerle sık sık ilgilenip tekrar kendinize çekebilirsiniz son zamanlarda alışveriş yapmayan gruptur.

Veri Seti Hikayesi

Veri Setinde 8 değişken bulunmaktadır,bu değişkenler;

InvoiceNo: Fatura numarası. Her işleme yani faturaya ait eşsiz numara. Eğer bu kod C ile başlıyorsa işlemin iptal edildiğini ifade eder.

StockCode: Ürün kodu. Her bir ürün için eşsiz numara.

Description: Ürün ismi

Quantity: Ürün adedi. Faturalardaki ürünlerden kaçar tane satıldığını ifade etmektedir.

InvoiceDate: Fatura tarihi ve zamanını ifade eder.

UnitPrice: Ürün fiyatı (Sterlin cinsinden) belirtir.

CustomerID: Eşsiz müşteri numarasıdır.

Country: Müşterinin yaşadığı ülkeyi belirtir.

Verinin İşlenmesi

Kullanılacak olan kütüphaneler;

```
import datetime as dt

import pandas as pd

import matplotlib.pyplot as plt
```

Veri setini işleme alıyoruz,

```
data = pd.read_excel("datasets/online_retail_II.xlsx", sheet_name="Year 2010
```

```
  Invoice StockCode                          Description  Quantity  \
0  536365    85123A   WHITE HANGING HEART T-LIGHT HOLDER         6
1  536365     71053                  WHITE METAL LANTERN         6
2  536365    84406B       CREAM CUPID HEARTS COAT HANGER         8
3  536365    84029G  KNITTED UNION FLAG HOT WATER BOTTLE         6
4  536365    84029E       RED WOOLLY HOTTIE WHITE HEART.         6

          InvoiceDate  Price  Customer ID         Country
0 2010-12-01 08:26:00      3        17850  United Kingdom
1 2010-12-01 08:26:00      3        17850  United Kingdom
2 2010-12-01 08:26:00      3        17850  United Kingdom
3 2010-12-01 08:26:00      3        17850  United Kingdom
4 2010-12-01 08:26:00      3        17850  United Kingdom
```

Şekil 2: Veri Seti Değişkenleri

Veri setini tanıdıktan sonra eğer eksik değerler mevcutta onlar temizlenir.

Aynı zamanda InvoiceId'ler de başınca "C"olan yani iade edilen ürünlerin olduğu faturalar temizlenir.

RFM metriklerinde requency ters,frequency ve monetary değerleri düz değerlerdir. Örneğin:Requency değeri ne kadar küçükse büyük değer alır,frequency ve monetary ne kadar büyükse o kadar büyük değer alır.

Analiz tarihini veri seti 2010-2011 arasındaki verileri barındırdığı için bugünün tarihi alabiliriz.

InvoiceDate,Invoice ve TotalPrice değişkenleri kullanılarak, Customer ID değişkenine göre groupby yapıp InvoiceDate, Invoice ve TotalPrice değerlerini isimsiz fonksiyon olan lambda ile bulduk. Daha sonra elimizde olan bu üç sutünun isimlerini sırasıyla Receny, Frequency ve Monetary değerleri ile değiştirdim.

InvoiceDate kullanıcının son satın alma tarihidir.Bugünün tarihinden çıkarıldığında en son kaç gün önce alışveriş yaptığı hesaplanır.RFM metriklerinden Receny değeri hesaplanmış olur.

Invoice ile eşsiz faturaId'ler alınarak değerleri ile müşteri kaç kez alışveriş yapmış bu belirlenir.Frequency değerini hesaplamış oluruz.

TotalPrice ile de toplam ödediği para miktarı belirlenir.Monetary değerini hesaplamış oluruz.

Customer ID	Recency	Frequency	Monetary
12346	327	1	77184
12347	4	182	4310
12348	77	31	1797
12349	20	73	1758
12350	312	17	334

Şekil 3: RFM Değerleri

Veri setini tanıdıktan sonra eğer eksik değerler mevcutta onlar temizlenir.

Aynı zamanda InvoiceId'ler de başınca "C"olan yani iade edilen ürünlerin olduğu faturalar temizlenir.

RFM metriklerinde requency ters,frequency ve monetary değerleri düz değerlerdir.Örneğin:Requency değeri ne kadar küçükse büyük değer alır,frequency ve monetary ne kadar büyükse o kadar büyük değer alır.

Analiz tarihini veri seti 2010-2011 arasındaki verileri barındırdığı için bugünün tarihi alabiliriz.

InvoiceDate,Invoice ve TotalPrice değişkenleri kullanılarak, Customer ID değişkenine göre groupby yapıp InvoiceDate, Invoice ve TotalPrice değerlerini isimsiz fonksiyon olan lambda ile bulduk. Daha sonra elimizde olan bu üç sutünun isimlerini sırasıyla Receny, Frequency ve Monetary değerleri ile değiştirdim.

InvoiceDate kullanıcının son satın alma tarihidir.Bugünün tarihinden çıkarıldığında en son kaç gün önce alışveriş yaptığı hesaplanır.RFM metriklerinden Receny değeri hesaplanmış olur.

Invoice ile eşsiz faturaId'ler alınarak değerleri ile müşteri kaç kez alışveriş yapmış bu belirlenir.Frequency değerini hesaplamış oluruz.

TotalPrice ile de toplam ödediği para miktarı belirlenir.Monetary değerini hesaplamış oluruz.

Customer ID	Recency	Frequency	Monetary
12346	327	1	77184
12347	4	182	4310
12348	77	31	1797
12349	20	73	1758
12350	312	17	334

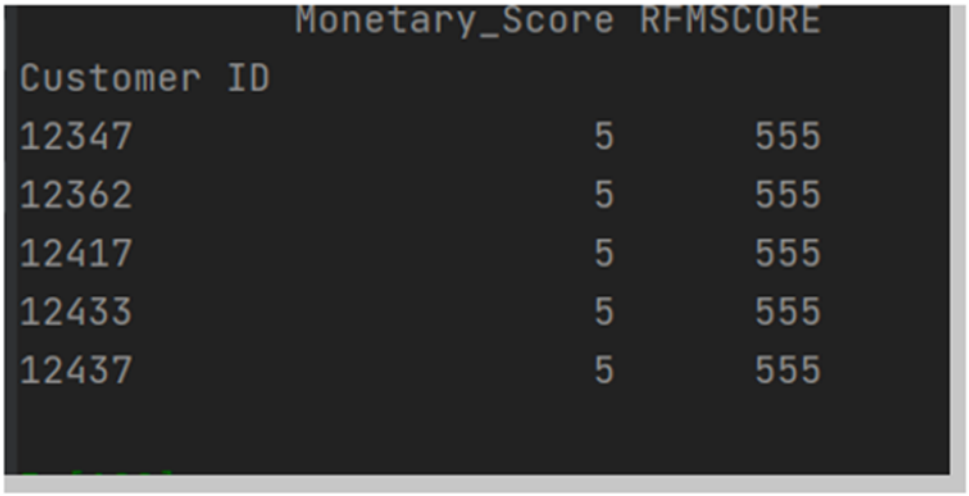
Şekil 4: RFM Değerleri

Sıradaki işlemim RFM değişkenlerini bulma aslında amacımız şu bir puanlama işlemi yapıp en üsteki tabloda gözüken görseli oluşturmak. Recency değişkenimiz müşterimizin en yakın zamanda gelmesiyle ödüllendirip 5 puanı veriyoruz. Daha sonra bunları string tipine çevirip RFMSCORE sutününda birleştirme işlemi yaptım.

Customer ID	Monetary_Score	RFMSCORE
12346	5	115
12347	5	555
12348	4	234
12349	4	444
12350	2	122

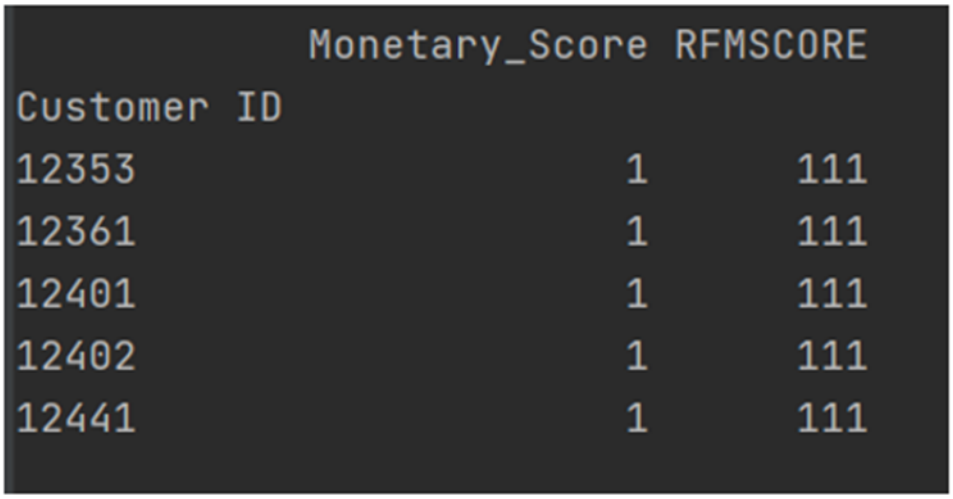
Şekil 5: Müşteriye Bağlı RFM Skorları

En iyi müşterilerimizi bulmak için RFM deki her bir değerin 5 olması doğrultusunda bize bu kişilerin ID değerlerini getirir.



Customer ID	Monetary_Score	RFMSCORE
12347	5	555
12362	5	555
12417	5	555
12433	5	555
12437	5	555

Şekil 6 : Rfm Skoru En Yüksek Olan Örnek Müşteriler



Customer ID	Monetary_Score	RFMSCORE
12353	1	111
12361	1	111
12401	1	111
12402	1	111
12441	1	111

Şekil 7: Rfm Skoru En Düşük Olan Örnek Müşteriler

Şimdi sıra geldi segment haritamızı oluşturmaya aşağıda gözüktüğü gibi segment isimlendirmelerini regex kullanrak yaptım.Bu oluşturduğumuz sözlüğü key değerlerine göre arama yapıp value değerleri değiştirmesini isteyip yeni oluşturduğum Segment sutününa yerleştirdim.

Customer ID	Monetary_Score	RFMSCORE	Segment
12346	5	115	Hibernating
12347	5	555	Champions
12348	4	234	At_Risk
12349	4	444	Loyal_Customers
12350	2	122	Hibernating

Şekil 8: Rfm Skoru Göre Segment Bilgisi Örneği

Segment değişkenine göre,Recency, Frequency ve Monetary değişkenini groupby yapıp mean, count, max ve min değerlerini görebilirsiniz.

	Recency				Frequency			
	mean	count	max	min	mean	count	max	min
Segment								
About_to_Sleep	54	322	73	35	16	322	29	1
At_Risk	167	569	375	74	57	569	119	30
Cant_Loose	145	84	374	74	182	84	543	122
Champions	7	606	14	2	289	606	7847	59
Hibernating	211	1074	375	74	14	1074	29	1
Loyal_Customers	35	817	73	16	157	817	1204	59
Need_Attention	54	205	73	35	42	205	58	30
New_Customers	8	57	13	2	8	57	14	1
Potential_Loyalists	18	492	34	2	35	492	58	15
Promising	24	112	34	16	8	112	14	1

	Monetary			
	mean	count	max	min
Segment				
About_to_Sleep	451	322	7331	6
At_Risk	997	569	11073	67
Cant_Loose	2371	84	10254	412
Champions	6961	606	280206	190
Hibernating	537	1074	77184	4
Loyal_Customers	2846	817	124915	155
Need_Attention	856	205	11582	98
New_Customers	3619	57	168472	42

Şekil 9: Rfm Metriklerine Göre Hesaplama Örnekleri

SONUÇ

Bu makalede veri bilimi çalışmalarında sıkça kullanılan RFM analizinin tanımı, nasıl çalıştığı, uygulandığı alanlara yer verilmiştir. (KURTARAN, 2022)

Bir pazarlama yöneticisinin bakış açısından, müşteri segmentlerini keşfetmek, sonraki kararlar için ilk ve temel adım olabilir. Her bir etiketli segment, belirli bir pazarlama eylemleri grubuyla ayrı ayrı hedeflenebilir. (KABASAKAL, 2020)

Pazarlama ekipleri ile paylaşılan müşteri segmentlerine özel kampanyalar ve stratejiler oluşturacaktır.Örneğin yeni gelen müşteriler için masrafsız ve kendiliğinden geldiği için yeni gelen müşterilere özel kampanayalar hazırlanabilir.

REFERANSLAR

BAŞKOL, M. (2020). Rfm Ve Uyum Analizi Kullanılarak Müşteri Segmentasyonunun Belirlenmesi. *Busıness & Management Studıes: An Internatıonal Journal*, 902-928.

BAYUK, Y., & KÜÇÜK, Y. (2007). Müşteri Tatmini Ve Müşteri Sadakati İlişkisi. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, s. 285-292.

BİLGİN, Y. (2017). Restoran İşletmelerinde Hizmet Kalitesinin Müşteri Memnuniyetine ve Sadakatine Etkisi: Oba Restoran Örneğ. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Çankırı Karatekin University İktisadi ve İdari Bilimle Journal of The Faculty of Economics Fakültesi Dergisi, 7*(2), 147-170.

BUDAK, A. (2020, 5 10). Karayolu Taşımacılığı Sektöründe Müşteri Analitiği: Bir Vaka Çalışması. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi KAÜİİBFD, 11*(21), 88-117.

DİNÇER, Ö., & YILMAZ, C. (2003). *Değişimin Yönetimi İçin Yönetimde Değişim, Kamu Yönetiminde Yeniden Yapılanma:1.* Ankara: T.C. Başbakanlık.

DURSUN, A. (2015, 6 3). Otel İşletmelerinde Müşteri Profili Oluşturmada Veri Madenciliği Tekniklerinin Kullanılması: Rfm Modeli Örneği. Antalya, Türkiye.

KARACA, Ö. (2001). *Müşteri Sadakati ve Müşteri için Değer Yaratma* (Cilt 3). Afyon: Afyon Kocateoe Üniversitesi.

KURTARAN, G. D. (2022). RFM Analizi (Recently Frequance Monetary Value, Güncellik Sıklık Para). *YBS Ansiklopedi* (Cilt 10). içinde Antalya: YBS Ansiklopedi.

BÖLÜM 13

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ

Burak KAPUSIZ[1],
[1] Kozağaç M.T.A.L
ORCID: 0000-0003-1592-0240

Yusuf UZUN[2]
[2] Necmettin Erbakan Üniversitesi
ORCID: 0000-0002-7061- 8784

GİRİŞ

Tüm dünyada ve ülkemizde nüfusun artması, endüstriyel üretimin artması ve insan ihtiyaçlarının artmasıyla doğal olarak elektrik enerjisi ihtiyacı artmıştır. Bu ihtiyacı karşılamak için kullanılan fosil kaynaklar çevreye zararlı atıklar meydana getirmektedir. Bu durumdan dolayı insanlar hep çevreye zararı minimum olan hem de yenilebilir olan enerji kaynakları aramaya başlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları fosil kaynaklara göre çevreye zararlı atığı veya zararı daha az olan kaynaklardır. Rüzgâr enerjisi de bu kaynaklardan biridir. Sadece rüzgâr hızına ihtiyaç duyan ve bu enerjiyi rüzgâr türbini ile elektriğe çeviren çevreye zararı oldukça az olan elektrik enerjisi üretim tekniğidir.

Günümüzde dünyadaki enerji ihtiyacının büyük bir bölümü kömür, doğal gaz ve petrol gibi konvansiyonel enerji kaynakları kullanılarak karşılanmaktadır. Bunun yanı sıra dünyadaki enerji ihtiyacı her geçen gün artış göstermekte, bu durum da konvansiyonel yakıt ihtiyacını giderek arttırmaktadır. Öte yandan bahsi geçen konvansiyonel yakıtların rezervleri dünya üzerinde sınırlıdır ve artan enerji ihtiyacına bağlı olarak giderek tükenmektedir. Bu durum da gelecekteki üretim/tüketim dengesinin sağlanmasını tehlikeye düşürmektedir. Bütün bunların yanı sıra konvansiyonel yakıtların kullanılması, sera gazı salınımının önemli oranda artmasına ve buna bağlı olarak küresel ısınma gibi bütün dünyayı etkileyebilecek önemli sonuçların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu açıdan günümüzde başta güneş ve rüzgâr tabanlı sistemler olmak üzere alternatif ve yenilenebilir enerji sistemleri, çevre dostu ve sürdürülebilir bir işletim sağladıklarından dolayı gelecek açısından önemli olarak değerlendirilen enerji kaynakları konumundadırlar (Hadjipaschalis, Poullikkas ve Efthimiou, 2009: 1517).

Ancak bahsi geçen alternatif enerji kaynaklarının birçoğu doğa koşullarına son derece bağımlı durumdadır. Bu nedenle bu kaynaklar ile üretilen enerji sezonluk, günlük ve hatta anlık olarak bile büyük değişimler gösterebilmektedir. Bu durum da üretilen enerjinin genel enerji talebi ile tam olarak örtüşmemesine neden olabilmektedir. Bu açıdan, yükün enerji ihtiyacının her durumda başarı ile karşılanabilmesi için enerji depolama üniteleri oldukça büyük öneme sahiptirler. Bahsi geçen alternatif kaynaklardan üretilen fazla enerji farklı tür enerji depolanma ünitelerine aktarılmakta, depolanan bu enerji ise ana kaynakların mevcut olmadığı ya da yetersiz olduğu durumlarda yük talebinin karşılanmasında kullanılmaktadır. Özellikle şebekeden bağımsız uygulamalar için enerji depolama ünitelerinin araştırılması ve incelenmesi oldukça büyük önem arz etmektedir (İbrahim, Ilinca ve Perron, 2008: 1232).

Rüzgâr türbinleri tarihçesiyle ilgili değişik dokümanlara rastlanmakla birlikte, en eski rüzgâr kuvvet makinesi olan yel değirmeninin, bundan 3000 yıl önce İskenderiye yakınlarında yapıldığı tahmin edilmektedir. Türkler tarafından ilk defa M.S. 640 yılına doğru imal edilen yel değirmeni tipleri, haçlı seferleri sırasında Avrupa'ya geçmiştir. Yel değirmenleri, 1105 tarihinde Fransa'da görülmeye başlanmış ve 1143'de İngiltere'de ilk yel değirmeni yapılmıştır. XIX. yüzyıl sonlarına doğru Almanya'da rüzgâr ile çalışan kuvvet makinaları görülmeye başlandı. Hollanda'da ise çatısı dönen yel değirmenleri XVIII. yüzyıl başlarında kullanılmıştır (Özgener, 2002: 165).

Yazılı belgeli ilk yel değirmeni, M.S. 644 yılına ait İran-Afganistan sınırındaki Seistan'dadır. Yel değirmenleri, Çin'de M.S. 750-850 yıllarında pirinç tarlalarının sulanmasında kullanılmıştır. İlk olarak Doğuda kullanılan düşey eksenli yel değirmenleri, Batılılar tarafından geliştirilmiş ve yatay eksenli hale getirilmiştir. Yatay eksenli ilk yel değirmeni örneği, 1180 yılında Normandiya Krallığı zamanına aittir. Yatay eksenli ve mekanik enerji amaçlı yel değirmenlerinin gelişimi; ayaklı yel değirmeni (Almanya), kule tipi yel değirmeni (Akdeniz

Ülkeleri, Alaçatı), döner çatılı Hollanda tipi yel değirmeni (Hollanda) ve 1850 yılında Daniel Halladay tarafından rüzgâr yönü yönlendiricisi takılan çok kanatlı Amerikan tipi yel değirmeni olarak sıralanabilir. 1882 yılında New York'da elektrik santrali kurulmuş ve daha sonra da elektrik enerjisi kullanımı yaygınlaşmıştır.

İlk rüzgâr elektriği de, Danimarkalı Profesör Paul La Cour tarafından 1891 yılında üretilmiştir. Doğru akım elde eden Paul La Cour, elektroliz yoluyla hidrojen gazı elde etmiş ve bu şekilde rüzgâr enerjisini depolamıştır. 1918 y ı l ı sonrasında büyük şehirler elektriğe kavuşmuş ve dizel yakıtların ucuzluğu nedeniyle rüzgâr enerjisini değerlendirme çabaları, bir kenara bırakılmıştır. Rüzgâr enerjisinin bu bir kenara itilmişliği, enerji sıkıntısı nedeniyle 2. Dünya Savaşı'na kadar sürmüştür. Rüzgar enerjisi kullanımının tarihsel gelişimine; 1942 yılında üretilen 17,5 m pervane çaplı ve 50 kW nominal güçlü Smidth rüzgar türbini ve 1957 yılında üretilen 24 m pervane çaplı ve 200 kW nominal güçlü Gedser rüzgar türbini örnek verilebilir (Erich ve Özdamar, 2000: 138).

Rüzgârdan elektrik üretimi yaklaşık 100 yıl önce başlamıştır. 1950 yılı öncesinde daha çok 20-100 kW'lık makineler üzerinde durulmuş olmakla birlikte, 1250 kW'lık türbinler de yapılmıştır. 1974-1978 Yapay Petrol Krizleri Dönemi 'ne kadar 100 ve 800 kW'lık rüzgâr türbinleri üzerinde durulduğu görülmektedir. 1980 'li yıllarda yeni teknoloji ve malzemelerle yeniden geliştirilerek dizayn edilen ve maliyetleri düşürülen rüzgâr türbinleri, rüzgâr elektriği için yeni çağ açmıştır (www.tusiad.org.tr, 1998).

Rüzgârın enerji üretiminde kullanımı, 1970'li yıllardaki petrol krizinden sonra gelişmeye başlamıştır. 1980-1985 yıllarında Amerika 'da toplam 1580 MW güce sahip rüzgâr çiftlikleri kurulmuştur. Kurulu güç değeri 1998 sonu itibariyle 1946 MW 'a ulaşmıştır. Avrupa 'da, Danimarka, Hollanda ve Almanya 'da kurulmaya başlanan rüzgâr çiftlikleri hızla gelişmiş, 1991 yılında yeniden düzenlenen enerji kanunu ile Almanya rüzgâr enerjisinde birinci sıraya çıkmıştır. Dünya 'da kurulu gücün %60 'ı Avrupa 'da, %20 'si ise Amerika'dadır. 1998 yılında eklenen 2100 MW'lık kapasite ile dünyadaki kurulu rüzgâr gücü 9600 MW 'a ulaşmıştır (www.tubitak.gov.tr, 2003).

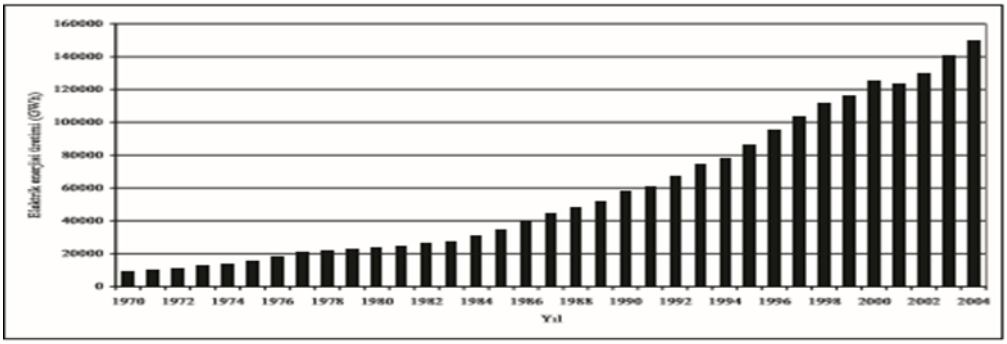
Günümüz şartlarında dünyadaki mevcut toplam teknik rüzgâr potansiyeli yılda 53000 TWh'tır ve bu, dünyanın 1998 yılındaki toplam elektrik tüketiminin yaklaşık 4 katıdır. 2020 yılına kadar dünya elektriğinin %10'nu rüzgâr gücüyle sağlansa bile rüzgâr potansiyelinin çoğu hala kullanılamamış olacaktır. Dünya rüzgâr enerjisi piyasasında 2004 yılında Almanya 16000 MW kurulu güç ve 1/3 payla birinci, %25 ile ABD ikinci, %15 ile İspanya üçüncüdür (Haas, 2002: 45).

Rüzgâr enerjisi maliyeti için 1980 yılında 3000 $/kW olan yatırım maliyeti, 2000 yılında 980 $/kW'a düşmüş ve bu sürede üretim maliyeti de 20 sent/kWh'den 7 sent/kWh'e inmiştir (Moody ve Stuart, 2020: 63). Birçok rüzgâr türbini üreticisi firma yeni geliştirdikleri santrallerle 5 m/s'nin altındaki ve 20 m/s'nin üstündeki rüzgâr hızlarında da çalışan türbin rotorları kullanarak maliyeti 4-5 sent/kWh'e indirdiklerini ifade etmekte olup, 5 sent/kWh'ı garanti edebilmektedirler (www.ewea.org,2004). Halen petrol ve doğal gazla elektrik enerjisi üretim maliyeti 4-6 sent/kWh olduğu düşünülürse, artık günümüzde rüzgâr santrallerinin konvansiyonel sistemlerle rahatlıkla rekabet edebileceği düşünülmektedir (Oğuzer, 2001:50). Türkiye için farklı kapasite ön görümleri olmasına karşın, uygun bölgelerde yararlanılabilir rüzgâr enerjisi güç potansiyelinin yaklaşık olarak 10000 MW civarındadır (Altaş, Özkan ve Çelebi, 2003).

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ DURUMU

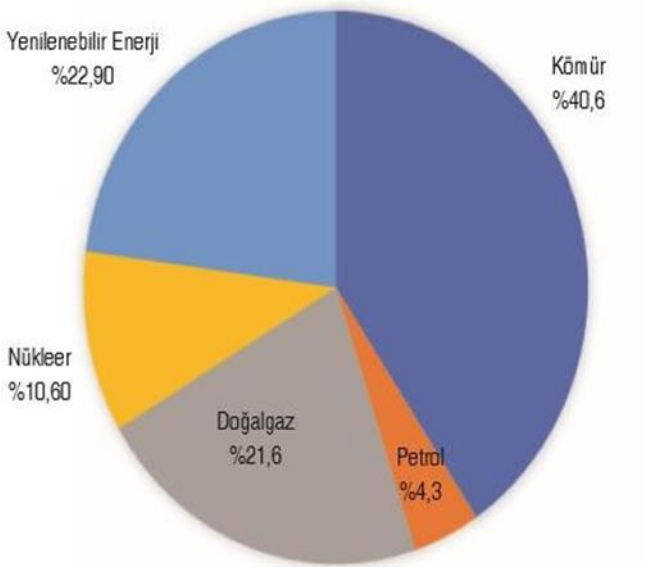
2003 yılı itibari ile Türkiye'nin toplam kurulu gücü 35587MW' tır. Kurulu gücün%64.60'ı termik, %35.34'ü hidrolik %0.06'sı ise rüzgâr kaynaklıdır (Oğuzer, 2001:50). Türkiye'de üretilen toplam elektrik enerjisinin 1970 yılından itibaren değişimi yıllara bağlı olarak Şekil 1' de verilmektedir (www.die.gov.tr, 2016).

2004 yılındaki toplam elektrik enerjisi üretimi 149608.300 GWh olup, elektrik üretimindeki artış ekonomik gelişmelere bağlı olarak değişiklik göstermekte ve 1970 yılından itibaren ortalama artış %8.59 civarındadır (www.enerji.gov.tr, 2018).



Şekil 1. 1970 yılından itibaren Türkiye'nin brüt elektrik enerji üretimi(Çağlar, Cengiz, Çakan, Onan ve Kocaoğlu, 2008).

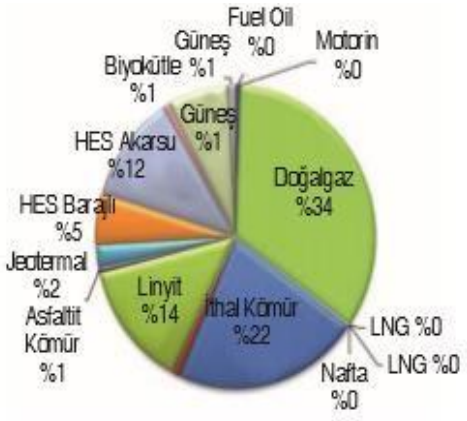
Dünya 1 Ocak 2017 tarihli güncel veriye dayalı olarak enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretim miktarı 24.097,7 TWh olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılı sonu itibari ile dünya genelinde birincil enerji kaynak bazında elektrik enerjisi üretim oranları Şekil 9'da belirtilmiştir. Dünya elektrik üretimi için en yaygın olarak kullanılan kaynaklar sırasıyla kömür, yenilenebilir enerji, doğalgaz kaynaklarının geldiği görülmektedir (Şekil 2). Elektrik enerjisi üretiminde en yüksek oranlara sahip ülkeler ve kaynakları 2016 yılı sonu itibariyle Tablo 1'de verilmiştir. Bu verilere göre kömür kaynağında ilk sırada gelen ülkeler ABD, Çin, Hindistan olmaktadır. Bu bilgiye ek olarak doğalgaz kaynağında Rusya, nükleer enerjide Fransa ve yenilenebilir enerjide Kanada ilk sıralarda gelmektedir. Dünya toplam elektrik enerjisi üretiminde en büyük payı bulunduran kömür (%40,6) ardından takip eden doğalgaz (%21,6) ve yenilenebilir enerji (%22,9) olarak gerçekleşmiştir (www.enerji.gov.tr, 2018).



Şekil 2. Dünya Genelinde Birincil Enerji Kaynak Bazında Elektrik Enerjisi Üretim Oranları (2016) (www.enerji.gov.tr, 2018).

2018 yılı Haziran ve öncesindeki son 365 gün içerisinde Türkiye genelinde birincil kaynaklardan elektrik enerjisi üretimimiz toplam 292.702,9 GWh olarak hesaplanmıştır. Ülkemiz aynı yıl içerisinde elektrik üretim kaynaklar bazında dağılımı Şekil 3'de belirtilmiştir. Bu üretimin en büyük payı %71,2'i termik santrallerden elde edilmekte olup en fazla elektrik üretimi 104.665 GWh ile doğal gazdan sağlanmıştır. Bu elektrik üretimine takiben hidroelektrik santrallerden %17'i üretilmiş olup, diğer yenilenebilir enerji kaynakları tarafından %11'i üretilmiştir (Durak ve Çaldağ, 2003: 449).

Son on beş yıl içerisinde termik ve hidrolik kaynaklı elektrik üretim dağılımı 2016 yılı dağılım oranı ile kıyaslandığında çok farklılık bulunmamakla birlikte rüzgâr ve jeotermal kaynağından elde edilen elektrik üretim payları 2002 yılındaki %0,1 civarından 2016 sonu ile yaklaşık %8 civarı artmıştır. 2014 yılı ile 2018 yıl ortası rüzgâr santrallerinde üretilen elektriğin karşılaştırmasında ise 2014 yılında toplam üretimdeki pay %3,4 iken 2018 yıl ortasında bu payın %7'ye yükselmiş olması kayda değer önem belirtmektedir (www.enerji.gov.tr, 2018).



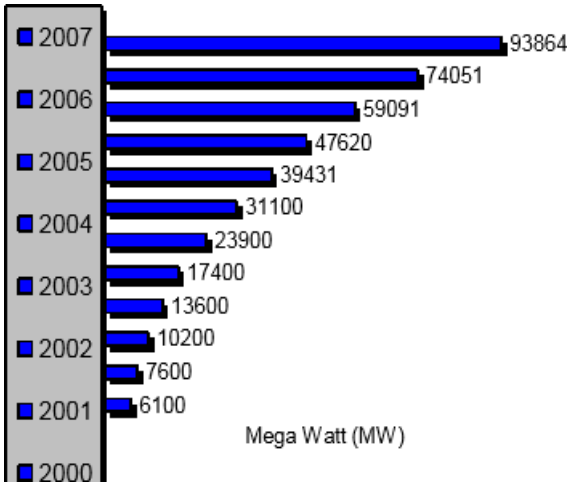
Şekil 3. Türkiye 2018 Yılı Ocak Ayı İtibariyle Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklar Bazında Dağılımı (Durak ve Çaldağ, 2003: 449).

Tablo 1. Bazı Ülkelerin Kaynak Bazında Elektrik Üretim Oranı (2016) (GWEC, 2008).

Ülke	Kömür	Petrol	Doğalgaz	Nükleer	Yenilenebilir Enerji	Diğer
Fransa	%2,1	%0,3	%2,3	%77,6	%17,5	%0,2
Almanya	%45,4	%0,9	%9,9	%15,5	%28,0	%0,3
ABD	%39,5	%0,9	%26,8	%19,1	%13,6	%0,1
Kanada	%9,9	%1,2	%9,3	%16,4	%62,8	%0,3
Çin	%72,5	%0,2	%2,0	%2,3	%23,0	%0,0
Hindistan	%75,1	%1,8	%4,9	%2,8	%15,5	%0,0
Rusya	%14,9	%1,0	%50,1	%17,0	%17,0	%0,0
Dünya	**%40,6**	**%4,3**	**%21,6**	**%10,6**	**%22,9**	**%0,1**

DÜNYA'DA VE ÜLKEMİZDE RÜZGÂR ENERJİSİ KULLANIM DURUMU

Rüzgâr enerjisinin Dünya'daki kullanım oranı artan enerji talebine ve üretimde yaşanılan teknolojik gelişmelere bağlı olarak son 15 yılda ortalama %25 büyüme hızı göstermiştir. Sadece 2006 yılında rüzgâr enerjisi sektörüne 13 milyar €'yu aşan yatırım gerçekleştirilmiştir (Koç ve Şenel,2013: 536). 1996 yılında küresel rüzgâr enerjisi kurulu gücü 6100 MW iken, 2007 yılının sonuna gelindiğinde bu rakam 15 kattan daha fazla artarak 93864 MW'a ulaşmıştır (www.eie.gov.tr,2018). Dünya'da 50'den fazla ülkede kullanılan rüzgâr enerjisinin kurulu güç kapasitesine ilişkin değerlerin yıllara göre gelişimi Şekil 4'de verilmiştir.

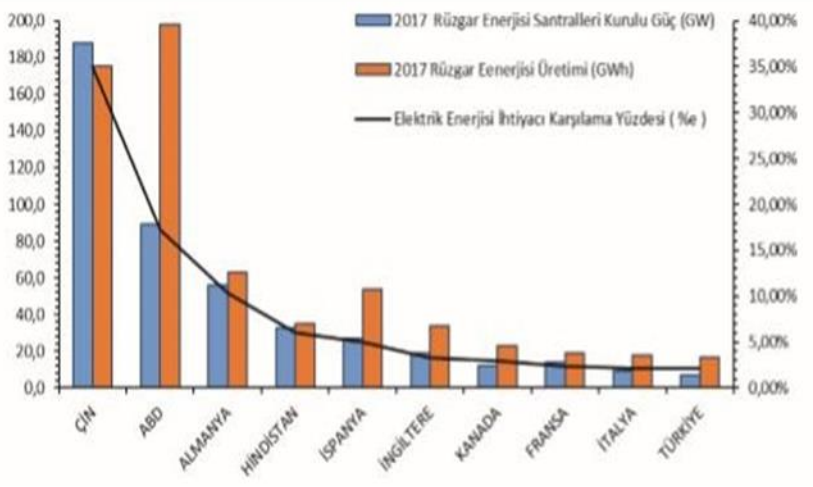


Şekil 4. Küresel kümülatif rüzgâr enerjisi kurulu güç kapasitesi 1996-2007 (GWEC,2008)

Rüzgârın oluşumunun başlıca kaynağı güneş ışınımlarının yer yüzeylerini farklı ısıtmasıdır. Bununla birlikte, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının birbirleri arasında çeşitli olmasıyla, havanın hareketlenmesini meydana getirmektedir. Hava hareketinin Yüksek basınçtan alçak basınca doğru olması ile rüzgârın oluşmasını sağlamaktadır (www.worlenergy.org, 2016).

Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi gerçekleştiren ana aracı rüzgâr türbinleridir. Rüzgâr türbininin kanatlarının havanın hareketi ile dönmesiyle kinetik enerjiyi oluşturur; bir

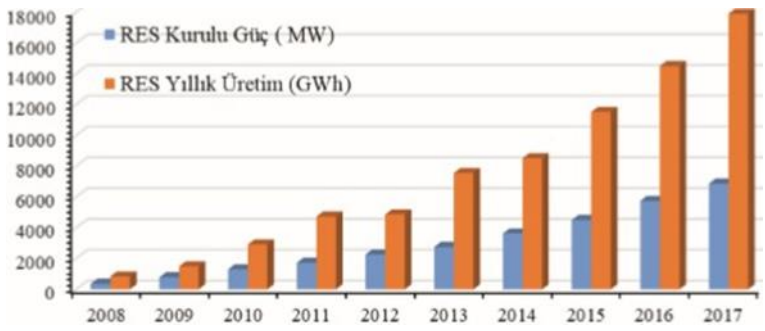
jeneratör daha sonra bu dönme enerjisini elektriğe çevirmektedir (GWEC,2017). Rüzgâr türbin üreticilerine bakıldığında, 2017 yılında küresel rüzgâr pazarının yeni kapasite eklenmeleriyle birlikte rüzgâr türbini üreticileri sırasıyla; Vestas (Almanya, %9,9), GE (Amerika Birleşik Devletleri, %9,1) ve Goldwind (Çin, %9,0) dir. Vestas, küresel olarak dünyanın 2015 yılındaki en büyük rüzgâr türbini tedarikçisi olmaktadır (REN21, 2018). Dünyadaki toplam rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güç miktarı 539 GW'dir [21]. Belirli ülkelerin 2017 yılına ait rüzgâr enerjisi santralleri kurulu güç ve elektrik enerjisi üretim miktarları Şekil 5'de belirtilmiştir.



Şekil 5. Dünya Geneli Ülkelerin Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Kapasiteleri ve Elektrik Enerjisi Üretimi (2017) (REN21, 2018; TÜREB,2018).

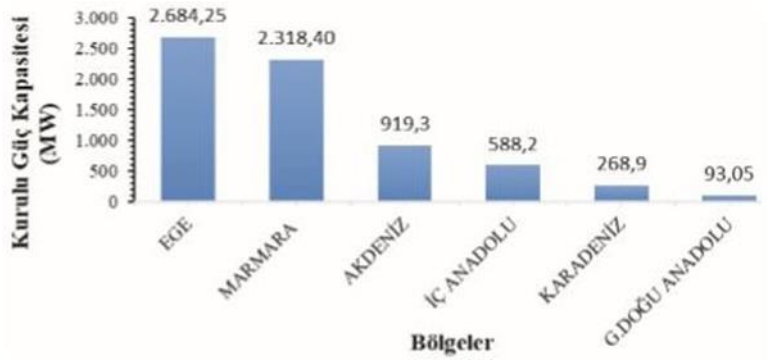
Çin, 2017 yılı içerisinde küresel rüzgâr enerjisi kapasitesi bakımından liderliği üstlenmiş olup 188 GW kurulu gücü bulunmaktadır. Buna ek olarak Çin 175 GWh rüzgâr enerjisi elektrik üretimi hesaplanmış olup bu üretim miktarının %35 oranı ile elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamaktadır. İkinciliği üstlenen ülke 89 GW rüzgâr enerjisi kurulu gücü ile ABD olmaktadır. Ayrıca rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde en fazla potansiyeli bulunan Avrupa ülkeleri başlıca Şekil 18'de görüldüğü üzere sırasıyla; Almanya, İspanya, İtalya'dır (REN21,2018;TÜREB,2018;MMO,2018).

Türkiye 2017 yılı sonu itibariyle kurulu güç 6.872,10 MW'tir. Bu rüzgâr enerjisi santrallerinden elde edilen elektrik enerjisi miktarı 17.909,3 GWh'dir(TÜREB,2018). Aynı yıl içerisinde inşa aşamasında olan yatırım sürecindeki projelerin toplamı 26 adet rüzgâr enerji santrali olup, 552 MW kurulu gücü bulunmaktadır. Türkiye Stratejik Planın'da 2023 yılı hedefi rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 20.000 MW'tir (www.enerji.gov.tr,2018). Türkiye 2008 ile 2017 yılları arası rüzgâr enerji santralleri kurulu güç ve yıllık elektrik üretimi oranları karşılaştırılması Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Türkiye Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç ve Üretim Miktarları (2008-2017) (Turan,2008).

Ülkemizde rüzgâr enerji santrallerinin (RES) kurulu güç oranı giderek çoğalmakta olup, 2011 yılında kurulu güç miktarı 1.805 MW, 2014 yılı 3.762 MW hesaplanmış olup, 2017 yılı 6.872,10 MW'tır ve altı yıl içerinde rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücündeki büyüme miktarı 5.067 MW civarındadır. Bu durum, ülkemizde RES'lere dair yürütlen yatırımların giderek arttığını gösteren bir gerçektir (Ramachandra, Rajeev, Krishna ve Shruthi, 2005:70). İşletmede bulunan rüzgâr enerjisinin bölgelere göre dağılımı Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 7. Türkiye İşletmedeki Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Bölgelere Dağılımı (2017) (Ramachandra, Rajeev, Krishna ve Shruthi, 2005:70).

Türkiye'de rüzgar enerji bakımından potansiyeline bakıldığında 2.684 MW kurulu güç kapasite miktarı ile Ege bölgesi en yüksek rüzgar potansiyeli bulunan bölgemizdir. İzmir, Balıkesir ardından Manisa Ege bölgesinde ilk üç sıralamanın içerisindedir. Kurulu güç bakımından Ege bölgesi ilk sırada bulunmakta olup, ardından sırasıyla 2.318 MW miktarı ile Marmara, 919,7 MW miktarı ile Akdeniz, 588,2 MW miktarı ile İç Anadolu bölgesi gelmektedir. Faaliyet halinde olan 164 RES işletmesi bulunmaktadır. En fazla kurulu güç kapasitesi bulunan rüzgâr enerji santralleri; Geycek RES (Kırşehir-168 MW), Balıkesir RES (Balıkesir-143 MW), Soma RES (Manisa-143 MW), Gökçedağ RES (Osmaniye-135 MW)'dir (www.enerji.gov.tr, 2018; Ramachandra, Rajeev, Krishna ve Shruthi, 2005:71).

TÜRKİYE'NİN RÜZGÂR ENERJİSİ POTANSİYELİ

Türkiye`de rüzgâr enerjisi potansiyeli konusunda farklı yaklaşımlar olmakla birlikte, rüzgâr enerji kaynağı açısından şanslı ülkeler arasında sayılabilir, EİE'nin ölçüm istasyonlarından elde edilen ortalama rüzgâr hızları, bu bölgelerin birçoğunun rüzgâr enerjisi uygulamaları için elverişli olduğunu göstermektedir (www.eie.gov.tr, 2009; Danish Wind History, 1999).

Türkiye, karasal rüzgâr açısından, EİE'nin ölçüm verilerine göre zengin sayılabilecek konumdadır (Danish Wind History, 1999). Rüzgâr potansiyeli bakımından zengin olan bölgelerimiz öncelikle; Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz kıyılarıdır. EİE tarafından hazırlanan Türkiye Rüzgâr Potansiyeli Atlası'na göre yerleşim alanları dışında 50 m yükseklikteki rüzgâr hızları Şekil 8'den görüleceği üzere; Marmara, Batı Karadeniz, Doğu Akdeniz kıyılarında 6,0 – 7,0 m/sn ve iç kesimlerinde 5,5 – 6,5 m/sn, Batı Akdeniz kıyılarında 5,0 – 6,0 m/sn ve iç kesimlerinde 4,5 – 5,5 m/sn, Kuzeybatı Ege kıyılarında 7,0 –8,5 m/sn ve iç kesimlerinde 6,5– 7,0 m/sn'dir (Nurbay ve Çınar, 2005)

Şekil 8. Türkiye Rüzgar Atlası (EİE Genel Müdürlüğü)

RÜZGÂR TÜRBİNLERİNİN KULLANIMI VE GELİŞİMİ

Dünyada rüzgâr enerjisinden elektrik üreten ilk türbin, 1891'de modern aerodinamiğin önemli mühendisi olan Paul la Cour tarafından Danimarka'da inşa edilmiştir. Elektriğin birim fiyatı yüksek olduğundan, 1980–1981 yıllarında, endüstriyel ve teknolojik gelişmeler sonucu 55 kW kapasiteli türbinler yapılıp, üretimine başlanmıştır. Rüzgâr endüstrisi daha çok yaygınlaşmış ve Risoe National Laboratuarı yardımı ile Avrupa Rüzgâr Atlasının gelişmesine ve yeni teknolojilerinde geliştirilmesine paralel olarak elektrik birim fiyatlarında önemli ölçüde azalmalar meydana gelmiştir (TÜSİAD,1998).

En küçük türbinler 1982 yılında California piyasasına girdiğinde, Danimarka'da uzun süredir kullanılmaktaydı. California'da 1979–1985 yılları arasındaki devlet yardım programı etkisini göstermiş ve 1981 yılında 150 adet olan küçük rüzgâr türbini sayısı, 1985 yılı sonlarında 16000'e ulaşmıştır. California'daki bütün türbinlerin %75'ine ortak olan Danimarkalı üreticiler, 55 kW'lık türbinler için bir endüstri kurmuşlardır. Danimarkalı rüzgâr türbini üreticileri, bugün dünya çapındaki piyasada en büyük üretici olma özelliğini elinde bulundurmaktadır (Elibüyük ve Üçgül, 2014: 40).

Rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından denizler karalara göre daha verimli alanlar olarak tespit edildiği için, denizlerde de deniz üstü (Offshore-Alarga) rüzgâr santralleri kurulmasına başlanmıştır. İlk deniz üstü rüzgâr çiftliği 5 MW güçle Danimarka'da Lolland adası yakınlarında kurulan Vindeby rüzgâr çiftliğidir. Diğer ülkeler (İngiltere, İsveç) ile birlikte Avrupa'da şu anda 12 MW'lık offshore rüzgâr santrali faaliyettedir. Avrupa bu kurulu gücünü 180 MW'a çıkarmayı planlamaktadır (Gençoğlu, 2001). Rüzgâr türbinleri eksen, devir, güç, kanat sayısı, rüzgâr etkisi, dişli özellikleri ve kurulum yerleri özelliklerine göre sınıflandırılır.

Şekil 9. Rüzgâr Türbini Sınıflandırılması (Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği,1999).

İşletmemizde kullanacağımız rüzgâr enerjisi arazinin eğikliğine, bölgenin rüzgâr hızına, rüzgârın geliş açısına ve santralden elde etmemiz istenen elektrik enerjisine göre seçim yapılmaktadır.

RÜZGÂR ENERJİSİNİN AVANTAJLARI

Rüzgâr enerjisindeki hızlı gelişimin en önemli nedeni, bu kaynağın çevre dostu temiz kaynak oluşudur. Rüzgâr türbin teknolojisi sürekli geliştiğinden, gerek kurulmalarında ve gerekse işletilmelerinde kaza olasılığı yok denecek düzeye indirilmiştir. Kompozite malzemeden yapılmış kanatlarda kırılma olmamaktadır. Rüzgâr santralları sanıldığı gibi kuş ölümlerine neden olmamaktadır, kuşların türbinlerin kanadına çarpma olasılığı milyonda birden daha azdır (TÜBİTAK,2018).

Tablo 2: Rüzgar enerjisinin diğer enerji kaynaklarıyla karşılaştırılması (Akyüz,2000).

Enerji Türü	Min (c/kWh)	Max (c/kWh)	Ort (c/kWh)
Solar,termal,hibrit	6	7.8	6.9
Nükleer	5.3	9.3	7.3
Doğalgaz	4.4	5	4.7
Hidrolik	5.2	18.9	12.1
Rüzgar	4.7	7.2	6
Kömür	4.5	7	5.8
Jeotermal	4.3	6.8	5.6
Biyomas	4.2	7.9	6.1

Gerçekçi ve güvenilir hesaplamalara dayalı olarak seçilmiş bir bölgeye kurulan rüzgâr türbini, bir yıldan daha kısa sürede kendi imalatı için harcanan enerjiyi üretecektir. Türbinlerin ömrü ortalama 20 yıl olarak tahmin edildiğine göre, geriye 19 yıllık net üretim süresi kalmaktadır. Rüzgâr çiftliği kurulduktan sonra yapılacak harcamanın, işletme ve bakım masraflarının son derece düşük olması da diğer bir avantajdır (Akyüz, 2000).

20 türbinden oluşan tipik bir rüzgâr çiftliği yaklaşık 1 km2 ‘lik (100 hektar) alana kurulabilmektedir. Diğer güç istasyonlarına nazaran rüzgâr çiftliği, bulunduğu alanın sadece %

1 ’ini kullanır. Tarım alanlarında çiftçilik faaliyetleri türbinlerin hemen altında yapılabilmektedir (TÜBİTAK,2018). Türbinler çalışma hayatlarının sonuna geldiklerinde kolayca sökülebilmekte ve bulundukları alan eskiden kullanıldığı hale dönüştürülebilmektedir. Türbinlerin sökülmesinin maliyeti genelde türbinlerin arta kalan parçaların parasal değeri ile karşılanabilmektedir (Dereli, 2001: 43).

Rüzgâr enerjisi santrallerinde oluşabilecek tek çevresel etki olarak gürültü gösterilmektedir. Ancak rüzgâr enerjisi santralleri, rüzgâr rejimine bağlı olarak, genelde yerleşimin olmadığı veya rakım farklılıkları sebebiyle gürültü etkilerinin daha az hissedildiği yerlerde kurulmaktadır. Diğer yandan türbin teknolojisindeki gelişmeler doğrultusunda gürültü emisyonları gün geçtikçe düşürülmekte ve hatta türbinlerden 150-200 metre uzaklıkta 40 dB ‘in (fısıltı seviyesi) altına inilmektedir. Dolayısıyla gürültü etkisiyle oluşacak bir çevresel kirlenme rüzgâr enerjisi santralları için göz ardı edilebilecek orandadır (Güler, 2009: 2108).

SONUÇLAR

Dünyadaki enerji rezervlerinin durumu dikkate alındığında, rüzgâr enerjisinden yararlanmanın, hem çevresel hem de kaynak varlığı açısından önemli olduğu anlaşılmaktadır. Dünya enerji rezervi tükenme yılı yaklaşık olarak kömür için 200 yıl, gaz için 65 yıl, petrol için 40 yıl ve rüzgâr için ise sonsuzdur (Çağlar, Cengiz, Çakan, Onan ve Kocaoğlu, 2008). Mevcut fosil kaynaklı enerji rezervlerinin gelecekte tükenecek olması, şu anda büyük bir bölümünü ithal eden bir ülke olarak Türkiye’yi, artacak olan fiyatlardan ve teminindeki problemlerden dolayı zora sokacaktır. Bu nedenle elektrik enerjisi üretimini yenilenebilir kaynaklara doğru yönlendirmemiz, mevcut hidrolik kaynaklarımız ile birlikte rüzgâr enerjisinden faydalanmamız gerekmektedir (Çolak,2018: 57).

Ülkemizin rüzgâr enerjisi potansiyeli üzerine yapılan çalışmalarda, Türkiye iyi-sıradışı rüzgâr sınıfına giren aralıktaki rüzgârlı alanların potansiyeli yaklaşık 83000 MW olan rüzgâr kurulu gücünü destekleyebileceği hesaplanmıştır (Alcan, Demir ve Duman,2018: 39). Fakat şu anda, bu gücün sadece 334 MW’lık kısmı kullanılabilmektedir. Rüzgâr enerjisi üzerine yapılan son yıllardaki çalışmalar göstermektedir ki, rüzgâr enerjisi kullanım oranının artmasına yönelik olarak teknolojik ve bilimsel çalışmalar olmakla beraber, teknik olmayan engeller de mevcuttur. Bu engeller genellikle düzenlemeler, kurumsal uygulamalar ve piyasa değişikliklerinden kaynaklanmaktadır (Alcan, Demir ve Duman,2018: 39).

Dünya rüzgâr enerjisi kurulu güç kapasitesi toplam 539 GW’ye ulaşmıştır (REN21,2018). Türkiye 2017 yılı itibariyle kurulu güç 6.872 MW’dir. Bu rüzgâr enerjisi santrallerinden elde edilen elektrik enerjisi miktarı 17.909 GWh’dir (Alcan, Demir ve Duman,2018: 40). Rüzgâr enerjisinden faydalanma noktasında rüzgârın hızının fazla olması önem taşımaktadır. Türkiye’de rüzgâr hızı ortalama 7,5 m/s olarak hesaplanmakta olup birçok ülkeye göre rüzgâr enerjisi üretiminde daha iyi konuma sahiptir. Türkiye Stratejik Planı’nda 2023 yılı hedefi rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 20.000 MW’dir (www.enerji.gov.tr, 2018).

Genel olarak bakıldığında artan nüfus, artan üretimle birlikte dünya da olduğu gibi ülkemizde de artan elektrik enerjisi ihtiyacı gözükmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları hiçbir zaman asıl enerji kaynağı olarak görülmemelidir. Yenilenebilir enerji kaynakları birincil enerji kaynaklarını tamamlayan enerji kaynaklarıdır. Fosil kaynakların ömrünün tükenmesi ve nükleer enerji kullanımının artmasına bağlı olarak bütün dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha ortaya çıkmıştır. Ülkemizde dışa bağlı olan enerji kaynaklarının yerini nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynakları ile değiştirmek için adımlar atılmaktadır.

Ülkemiz rüzgâr enerjisi kaynağı bakımından oldukça zengin olduğu gözükmektedir. Temiz ve çevresel enerji kaynağı olarak bu alanda daha fazla çalışma yapılması doğru olacaktır.

REFERANSLAR

Akyüz, O.(2000). Rüzgâr Enerjisi ile Diğer Enerji Kaynaklarının Fiyat /Maliyet Analiz Raporu, http://www.unimedya.net.tr/egetek/pages/news/ smakmaliyet.html. 2000

Alcan, Y., Demir, M. ve Duman, S., (2018). Sinop İlinin Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Ülkemiz ve Almanya ile Karşılaştırarak İncelenmesi, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi,* 5(1),35-44.

Altaş, M., Özkan, H.F. ve Çelebi, E., (2003). 2002 Enerji İstatistikleri, *Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi,* İstanbul.

Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği Türkiye Şubesi Bülteni, (1999). 1(1999), İstanbul.

Çağlar, Ü., Cengiz, C., Çakan, E., Onan, M.T. ve Kocaoğlu Ş., (2008). Türkiye'nin Atıl Enerji Kaynağı: Rüzgar Enerjisi, *2. Ulusal İktisat Kongresi,* İzmir, 20-22 Şubat 2008.

Çolak, İ. ve Demirtaş, M., (2018). Rüzgâr Enerjisinden Elektrik Üretiminin Türkiye'deki Gelişimi, *TUBAV Bilim Dergisi,* 1(2), 55-62.

Danish Wind History, (1999). *Danish Wind Turbine Manufacturers Association Wind Power,* Danish.

Dereli, S. (2001). *Rüzgâr Enerjisi,* Ankara; Tübitak Yayını.

Durak, M. ve Çaldağ, B., (2003). Avrupa Ülkelerinde Rüzgâr Enerjisi Yatırımlarına Verilen Teşvikler ve Türkiye için Öneriler, *III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu,* 448-454.

Elibüyük U. ve Üçgül, İ. (2014). Rüzgar Türbinleri, Çeşitleri ve Rüzgar Enerjisi Depolama Yöntemleri, *Yekarum e-Dergi,* 32- 46.

Erich, H. ve Özdamar, A. (2000). Dünya ve Türkiye'de Rüzgâr Enerjisinden Yararlanılması Üzerine Bir Araştırma, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,* 6(23),133-145.

Gençoğlu, M.T. ve Cebeci, M. (2001). Dünya'da ve Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi, *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, İzmir, 18-20 Ocak 2001.

GWEC,(2008). *Global Wind 2007 Report,* Global Wind Energy Council (GWEC).

GWEC,(2017). Global Wind Energy Council, *Global Wind Statistics 2017,* http:www.gwec.net/wpcontent/uploads/vip/GWEC_PRstats2017_ EN003_FINAL.pdf, son erişim tarihi: 06.07.2018.

Haas, L., (2002). Yeni Enerji Kaynağı: Rüzgâr Gücü, *Deutschland,* 6(2002), 44-49.

Hadjipaschalis, I., Poullikkas, A. ve Efthimiou, V., (2009). Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 13(6- 7),1513–1522.

Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C.,Yalçın G.,Neşeli S. (2019). Alternatif Akım Ölçme ve Kaydetme Sistemi. 8thInternational Vocational Schools Symposium (UMYOS'xx19), 2(8), 69-77 (Yayın No:5219069)

İbrahim, H., Ilinca, A. ve Perron, J.,(2008). Energy storage systems Characteristics and Comparisons, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 12(5),1221–1250.

Kaygusuz, G.(2010). Wind Energy Status in Electrical Energy Production of Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,*14(2010), 2104–2112.

Koç, E., ve Şenel, M. C., (2013). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme, *Mühendis ve Makine Dergisi,* 54(639),532-44.

MMO, 2018. Türkiye'nin Enerji Görünümü, Yayın No:MMO/691, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası,* www.mmo.org.tr/site/default/files/EnerjiGorunumu2018_1.pdf

Moody, S. ve Stuart, M. (2020). A Blueprint to Achieve 12% of the World's Electricity From Power by 2020, *Co-Chair G8 Renew,* 8(10), 60-72.

Nurbay, N. ve Çınar, A. (2005). Rüzgâr Türbinlerinin Çeşitleri ve Birbirleriyle Karşılaştırılması, *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu,* Mersin, 19-21 Ekim 2005.

Ağaçayak A.C.,Terzioğlu H.,Neşeli S.,Yalçın G., (2018). Small Power Wınd Turbıne Desıgn, Academıc Studıes In Engıneerıng, Gece Kitaplığı, ISBN:978-605-288-611-3,

Oğuzer, C., (2001). Rüzgâr Ölçüm Sistemlerinin Esasları, *Rüzgâr Enerjisi Sempozyumu,* 5-7 Nisan 2001. 49-52.

Özgener, Ö. (2002). Türkiye'de ve Dünya'da Rüzgâr Enerjisi Kullanımı, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi,* 4(3), 159-173.

Ramachandra, T.V., Rajeev, K.J., Krishna, S.V. ve Shruthi, B.V. (2005). Wind energy potential assessment spatial decision support system, *Energy Education Science and Technology,*14(2), 61-80.

REN21, 2018. Renewables 2018 Global Status Report, *Renewables Energy Policy Network for the 21st Century (REN21),*Paris: REN21 Secretariat, www.ren21.net/wpcontent/uploads/2018/06/178652_GSR208 _FullReport_web_- 1.pdf, son erişim tarihi: 04.07.2017.

Turan, İ. (2008). Türkiye Rüzgâr Enerjisi Sektörünün Durumu, *Rüzgâr Türbinleri ve Ekipmanlarının Yerli Kaynaklar Kullanılarak Tasarımı ve Üretim Paneli*,7 Mayıs 2008, İstanbul, Türkiye.

TUSIAD, (1998). 21. yy. Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi.

TÜBİTAK, (2018). 21.Yüzyılın Enerji Teknolojileri, http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/enerji/ icindekiler.html

TÜREB, (2018). Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu, *Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TÜREB),* Ocak,2018.

Uyar, T.S. (2008). Türkiye Enerji Sektöründe Karar Verme ve RüzgarEnerjisininEntegrasyonu.http://www.unimedya.net.tr/egetek/pages/news/TanayUyar02.html

www.die.gov.tr, (2016). Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı İle Bağlı, İlgili ve İlişkili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri,* www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FMavi%20 Kitap%2FMavi_kitap_2016.pd, son erişim tarihi 19.03.2018.

www.eie.gov.tr, (2009). Türkiye'de Güneş Enerjisi, http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html, son erişim tarihi26.05.2009.

www.eie.gov.tr, Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (2016). *Yenilenebilir Enerji.* www.eie.gov.tr/yenilenebilir.aspx, son erişim tarihi 19.03.2018.

www.enerji.gov.tr, (2018). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2017 Strateji Geliştirme Başkanlığı, *Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü*, www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi_15/mobile/ind ex.html, son erişim tarihi 19.03.2018.

www.enerji.gov.tr, (2018). Türkiye Elektrik İletim A.Ş, Elektrik İstatistikleri, *Türkiye Aylık Elektrik Enerjisi İstatistik Raporu 1,* http:www.enerji.gov.tr/tr-TR/EIGM-Raporlari, son erişim tarihi: 04.07.2018.

www.ewea.org, (2004). Wind Power Economics, *Renewable Energy House*, Brussels, Belgium.

www.worldenergy.org, (2016). Resources, *World Energy Council,* https://www.worldenergy.org/wpcontent/uploads/2016/10/Wor ld-Energy-Resources- Full-report-2016.10.03.pdf, son erişim tarihi: 19.03.2018.

BÖLÜM 14

KOMPOZİT MALZEMELERE GENEL BAKIŞ

Rüstem BİNALİ [1]
[1] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0003-0775-3817

Süleyman NEŞELİ[2]
[2] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0003-1553-581X

Gökhan YALÇIN[3]
[3]Konya Teknik Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0003-4491-0228

GİRİŞ

Teknolojide meydana gelen gelişmeler doğrultusunda malzemelerin çalışma performanslarına ve malzeme bilimine olan ihtiyacı da arttırmaktadır. Bu nedenle günümüzde kullanılan geleneksel malzemelerin kullanım alanlarını daha yüksek performansa ve ömre sahip malzemeler almaktadır. Bu durumda malzemelerden beklenilen performansın artması yeni üretim yöntemlerinin gelişmesine ve yeni tür malzemelerin üretilmesine başlanmıştır. Böylece kompozit malzemelerin önemi artmıştır. Kompozit malzemeler, birden fazla malzemenin özel yöntemler vasıtasıyla birbirlerinin en iyi özelliklerini alarak birleştirilmesi ile oluşturulan malzemelerdir[1]. Farklı bir şekilde tanımlanırsa, kompozit malzemeler birbirlerinin arasında çözünme gerçekleştirmeyen ve farklı olarak şekil ve/veya malzeme özelliklerine sahip malzemelerin karışımından oluşan malzeme sistemidir[2]. Kompozitler makro yapıda birleşmektedir, malzemeler birbirleri arasında çözünmeyip heterojen karakterine sahip malzemeler olarak nitelendirilmektedir[3]. Mikro yapıda birleşme durumunda kompozit malzeme olarak değil alaşım olarak ifade edilir. Kompozit malzemelerin bileşenleri arasında atom alışverişi yoktur, yani, kimyasal olarak birbirlerini etkilememektedir. Bu nedenle metal alaşımları ve polimerik karışımlar kompozit malzemeler ile karıştırılmamalıdır. Kompozit malzemeler "matris" olarak ifade edilen ana bileşen ve "fiber/elyaf/takviye elemanı" olarak ifade edilen başka bir bileşenden oluşur.

Kompozit malzemeler, kendilerini meydana getiren malzemelerin özelliklerini göstermenin yanı sıra, tasarımda esneklik, yüksek mukavemetine rağmen hafiflik, korozyon dayanımı ve çalışma ortamında oluşan titreşimleri absorbe edebilme gibi özelliklerine sahiptirler. Ayrıca ısıl dayanımları yüksek ve yüzey uygulamalarında da kolaylık sağlar. Bunun yanı sıra kullanım yerlerine ve özelliklerine bağlı olarak gerekli değişimlerle geliştirilebilen malzemelerdir. Tek parça halinde üretim kolaylığıyla parça sayısında azalmaya imkân vermesi nedeniyle avantaj sağlamaktadır [3, 4]. Kompozit malzemeler için belirtilen bu avantajların yanı sıra dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar ise; imalatının zor olması, üretim maliyetinin fazla olması, enerji absorbe edebilme özelliklerinin yani tokluğunun düşük olması, geri dönüşümünün yapılamaması ve gevrek olmaları nedeniyle kolay zarar görebilmesidir [5].

KOMPOZİT MALZEMELERİN SINIFLANDIRILMASI

Kompozit malzemeler yapılarında bulunan birden fazla malzeme nedeniyle sınıflandırlırken belirli bir sınırlaması yoktur. Bu nedenle kompozit malzemeler sınıflandırılırken matris malzemesine ve takviye malzemesine göre yapılmaktadır[3, 6]. Takviye elemanlarına göre kompozitler dört gruba ayrılabilir. Bunlar; partikül takviyeli, fiber/elyaf takviyeli, tabakalı ve karma (hibrid) kompozit malzemelerdir. Matris malzemelerine göre de kompozit malzemeler beş gruba ayrılabilir. Bunlar; metal, polimer, seramik, karbon/karbon ve nano kompozit malzemelerdir[6].

Takviye Elemanlarına göre Kompozit Malzemeler

Kompozit malzemelerde takviye elemanları matrisli kompozit malzemeler içerisinde bulunabilir. Matris malzemesinin içinde bulunan takviye elemanları malzemenin esas mukavemetini veren yapıdır. Bu durumda takviye elemanına sahip kompozit malzemelerin matris kompozitlerine göre daha sert olduğu ifade edilebilir Ayrıca yüksek elastisite

modülüne ve düşük yoğunluğa sahiptirler. En çok tercih edilen ve kullanılan takviye elemanı sürekli elyaf/fiberdir.

Fiber/Elyaf Takviyeli Kompozit Malzemeler

Fiber/elyaf takviyeli kompozit malzemelerin kullanılmasının esas gayesi çalışma ortamında oluşan dış yükün etkisini karşılayarak malzemenin dayanımını ve rijitliğini arttırmaktır. Bu tip kompozit malzemelerde yükü taşıyan esas eleman fiber/elyaftır. Belirli kısımlarda kullanım yerlerinde fiberler rastgele bir şekilde ya da istenilen bir düzene göre bir matris malzemesiyle birleştirilebilir. Daimî fiber/elyaflarda ise genelde tek yöne sahip şeritler reçineye ortognal şekilde örtülü ya da bir malafaya sarılmış durumdadır[4].

Fiberler/Elyaflar kompozit malzemelerin yapısında;

- Kompozit malzemelere uygulanan yükün yaklaşık olarak %70 ile 90'ını taşımaktadırlar,
- Kompozit yapısının içerisine sahip olduğu hafifliği, rijitliği, mukavemeti ve termal kararlılığı gibi özelliklerini yansıtırlar[7].
- Malzemenin kırılganlığını olumlu etkilemektedir [4]

Reçineler ise oluşturulan malzemelerin tokluğuna, yoğunluğun düşük olmasına, mukavemetin düşürülmesine, rijitliliğin kaybına, ısıl kararlılığın düşmesine ve ısıl genleşmenin artmasına katkı sağlar.

Fiber/elyaf takviyeli kompozit malzemelerin üretiminde kullanılan malzemeler;

- Cam Fiberler/Elyaflar,
- Kuvars ve Silika Fiberler/Elyaflar,
- Karbon Fiberler/Elyaflar,
- Aramid Fiberler/Elyaflar,
- Boron Fiberler/Elyaflar,
- Bazalt Fiberler/Elyaflar,
- Seramik Fiberler/Elyaflar,
- Metalik Fiberler/Elyaflardır[8].

Fiberlerin/Elyafların kompzit malzeme içerisinde bulunma şekilleri oluşturulan malzemelerin özelliklerini önemli düzeyde etkilediği gibi işlenebilirlik özelliklerini de etkilemektedir.

Partikül Takviyeli Kompozit Malzemeler

Partikül takviyeli kompozitler, matris içinde yer alan farklı bir malzeme çeşidinin partikül biçiminde yer alması ile elde edilir. Meydana gelen malzemenin mukavemetini oluşturan partikül malzemelerinin sertliklerine bağlıdır. Partikül takviyeli kompozit malzemelerin arasında plastik matris içinde yer alan metal partiküller bulunur. Bu metal partiküller malzemede ısıl ve elektriksel iletkenliği sağlar. Matris içindeki seramik partiküllerin sıcaklık ve sertlik dayanımları yüksektir. Takviye elemanı olarak seramik partiküller bulunan metal matrisli kompozit malzemelerde yaygın olarak kullanılan seramik partikülleri ise Al2O3 ile SiC karışımı ile oluşturulan seramik malzemelerdir. Bu tip kompozitler özellik olarak izotropik yapıda olmakla beraber fiberler/elyaflar, yükler ve martislerle beraber taşınmaktadır. Bu yöntem ile elde edilen kompozit malzemelerin esas gayesi mukavemetin arttırılması değil farklı özelliklere sahip malzemelerin oluşturulmasıdır[3]. Partikül dayanımı artışı çökelme sertleşmesi mekanizmasından kaynaklanmaktadır. Burada matris uygulanan yükün önemli bir kısmını taşırken, küçük saçınmış partiküller dislokasyon hareketini yavaşlatır ya da engeller. Bööylece plastik şekil değişimi sınırlandırılarak akme ve çekme dayanımının yanı sıra sertlik artışı da olur[8].

Partikül takviyeli kompozit malzemeleri farklı şekilde anlatacak olursak, iri partiküllü ve saçınım yolu ile dayanımı arttırılmış kompozitlerdir. Bunların arasında ayrım ise takviye ya da dayanım arttırma mekanizmalarına göre yapılır. İri ifadesi sürekli ortam mekaniğindeki moleküler ya da atomsal boyutta olmadığını belirtmek için kullanılır. Partikül takviyeli kompozit malzemeler tek ya da iki boyutlu makroskobik partiküllerin ya da sıfır boyutlu olarak kabul edilen mikroskobik parçacıkların matrisle meydana getirdikleri malzemeler olup ortalama gömülen partikül boyutu 1μm'den büyük ve fiber/elyaf hacim oranı %25'ten fazla kullanılmamaktadır. Saçınım ile dayanımı arttırılmış kompozit malzemelerde partiküller normalde çok daha küçük olup çapları 10-100 nm arasındadır [8, 9].

Tabakalı Kompozit Malzemeler

Tabakalı kompozitler, kullanımı en eski ve en yaygın olanıdır. Bu kompozit malzemeler pek çok mühendislik alanında kullanılmaktadır. Ana malzeme eksenleri doğrultusunda, farklı yönlerdeki tabaka ve katmanların üst üste konularak bir araya getirilmesi ile elde edilir. Nem ve ısıya dayanıklı kompozit malzemeleridir. Kullanım esnasında ortamda bulunan yabancı cisimlerce darbeye maruz kalabilir. Darbe nedeniyle hasar mekanizmaları oluşabilir. Tabakalı/Katmanlı kompozit malzemeler, benzer metalik malzemelere göre darbelere ve hasar mekanizmaların oluşumuna karşı daha dayanıklıdır. Sandviç yapıları tabakalı kompozit malzemelere örnek olarak verilebilir. Yük taşımayan, yalnızca izolasyon özelliği bulunan düşük yoğunluğa sahip bir çekirdek malzemenin üst ve alt yüzeylerine, dayanımı yüksek olan levhaların yapıştırılması ise elde edilen kompozitlerde bu malzeme grubu içerisinde bulunmaktadır[10, 11].

Tabakalı kompozit malzemeler farklı yapı ve özelliklere sahip bir den fazla malzemenin reçineler yardımıyla birleştirilip oluşturulması ile üretilmektedir. Bu tip malzemelere lamine kompozit malzemeler de denilmektedir. Farklılık olarak aranan etkenler ise birbirlerinin arasındaki mukavemeti, sertlikleri ve ısıl iletkenliği gibi çeşitliliklerdir. Bu kompozitler en az iki farklı malzeme katmanından meydana gelir. Fakat katmanlı kompozitlerde aranan en önemli özellikse mukavemet etkenidir. Bu özelliklerin en iyi düzeyde meydana getirilebilmesi minimum üç ya da daha fazla katmanın meydana getirilmesi ile mümkün olmaktadır. Bu katmanların malzemeleri hem farklı olabilir hem de aynı malzemelerden olabilir[12].

Karma (Hibrid) Kompozit Malzemeler

Aynı kompozit malzeme yapısında iki veya daha fazla takviye elemanını ihtiva eden kompozitlerdir. Bu kompozit malzemelere karma kompozit malzemeler denir. Tek bileşene sahip kompoozitlere göre daha üstün özellikler göstermektedir. Karma kompozit malzemeleri yeni tip malzemelerin geliştirilebilir oolduğu bir gruptur. En bilinen örneği karbon ve cam fiber/elyaf takviyeli polimer bazlı kompozitlerdir. Örnek olarak kevlar karma kompozit malzemedir, ancak basma dayanımı düşüktür. Grafit ise pahalı basma dayanımı daha yüksek malzeme olmasına rağmen düşük tokluğa sahiptir. Kevlar ve grafitin birbirleri ile harmanlanması malzemenin tokluğunun, dayanımının artmasına ve maliyetinin azalmasını sağlamaktadır[13].

Genel olarak karma/hibrid kompozit malzemelerde takviye elemanının seçilmesini etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Elastikiyet modülü,
- Özgül ağırlığı,
- Termal kararlılık ve genleşme katsayısı,
- Kimyasal kararlılık,
- Üretim maliyetidir[14].

Farklı tiplerdeki karma/hibrid kompozit malzemelerin gruplandırılması aşağıdaki gibi yapılabilir;

1. Matris içerisinde iki veya daha fazla katman ihtiva ederler. Her katman belli bir yöndeki takviyeleri ihtiva eder ve har bir katmanda belli bir tip fiber/elyaf kullanılır. Katmanların amaca göre istenilen bir biçimde yerleştirilir.
2. İki veya daha fazla fiber/elyaf karışımı durumunda aynı katmanda bulunur ve katmanlar, istenilen bir biçimde birleştirilerek karma/hibrid kompozitler elde edilir.
3. Reçine matrisli katmanlar ve metal matrisli katmanlar gibi gibi kompozit yapıları ihtiva eden süper karma/hibridler üretilebilir. Süper hibridlerde katmanlar bir yapışkan malzemelerle birleştirilirler[15].

Metal Matrisli Kompozit Malzemeler

Metal bazlı kompozit malzemeler genellikle ileri malzemeler olarak kabul edilir. Bunun nedeni bu tip malzemelerin yüksek dayanım-yoğunluk oranı, yüksek sertlik, korozyon direnci ve bazı özel durumlarda termal ve elektriksel özellikleri birleştirirler. Belirtilen özelliklerin bir araya gelmesi pek çok sektörde kullanımına imkân sağlamaktadır. Uçak sanayisinde de kullanımına olanak sağlamaktadır. Metal matrisli kompozit malzemeler otomotiv endüstrisinde matris malzemesi olarak magnezyum ya da alüminyum ve takviye elemanı olarak bor nitrür ve silikon karbür gibi seramik fiber/elyaflar kullanılır[16]. Kompozitlerde metal matrislerin kullanılması sonucunda elde edilen avantajlar; yüksek elastikiyet modülü, yüksek mukavemet, yüksek tokluk ve darbe dayanımı özellikleri, ısıl şoklara ya da sıcaklık değişimlerine karşı düşük duyarlılık, yüksek yüzey dayanımı, yüksek ısı ve elektrik iletkenliği ve şekillendirilebilirlik özellikleridir[17]. Metal matrisli kompozit malzemeler boroon, karbon ya da seramik fiber/elyaflar ile güçlendirilmiş alüminyum ya da metal, titanyum, magnezyum, bakır gibi metal alaşımlarını ihtiva eder. Kullanılabilen maksimum servis şartları metal matrisin ergime ve yumuşama sıcaklığıyla ilgilidir[18].

Metal malzemeler, lifler ya da taneciklerle takviye edilerek kompozit malzemeyi meydana getirebilirler. Metal matrisli kompozit malzemelerin hafif metaller ile oluşturulanı plastik bazlı malzemelere kıyasla daha dayanıklı ve daha yüksek tokluklara sahiptir. Bunun yanı sıra elastik modülleri daha yüksektir. Metal matris olarak tercih edilen kompozitlerin imalatları oldukça zor olmakla birlikte her bir elyafla yaptığı ara yüzey bağı yeterli düzeyde iyi olmamaktadır.

Metalik malzemeler saf durumda dayanımları düşük ve yumuşak malzeme çeşididir. Ancak alaşım yapma, soğuk şekillendirme ve çeşitli ısıl işlemlerle sertlik ve dayanımları arttırılabilir. Metal malzemeler yüksek darbelerde veya kuvvetlerde kırılmaz, sadece akma meydana gelerek uygulanan kuvvet bütün sisteme dağılır. Metal malzemelerin belirtilen özellikleri nedeniyle kullanım alanında güven sağlamaktadır. Ayrıca döküm yolu ile imalarının kolay bir şekilde yapılabilmesi ve plastik deformasyona uğratılarak şekillendirilebilmesi karmaşık birleştirme işlemleri için uygundur. Korozif ve ağır yapıda olması metal malzemelerin kullanım alanlarında zorluk meydana getiren özelliklerindendir[3].

Metal matrise sahip kompozit malzemeler özelliklerine ve kullanım alanlarına göre değişim gösterir. Bu durumların bazıları ise şu şekildedir;

- Bakır alaşımları, elektriksel iletkenlikleri ve korozyon dirençleri yüksektir.
- Titanyum alaşımlarının korozyon dirençleri ve ergime sıcaklıkları yüksek, yoğunlukları ise düşüktür.
- Alüminyum alaşımlarının mukavemetleri yüksek olmasına karşın yoğunlukları düşüktür.
- Magnezyum alaşımları, çok hafif olması nedeniyle kompozit malzeme imalatında kullanılmaktadır[5].

Polimer Matrisli Kompozit Malzemeler

Polimer malzemeler metal ve seramik malzemelere göre daha karmaşık yapıya sahip malzemelerdir. Kompozitlerin imalatında matris malzemesi olarak kullanılan polimer malzemeler, korozyona dirençli, uzun süreli kullanıma uygun, şekillendirilebilirliği kolay, birim başına maruz kalabildikleri kuvvet veya yükün kapasitesi yüksek, aşınma dayanımı ve darbe özellikleri iyi olan malzemelerdir. Bunun yanı sıra düşük kullanım sıcaklığına ve düşük elastikiyet modülüne sahiptir. Kullanım alanlarının geniş olmasına karşın anizotropik yapısı nedeniyle talaşlı imalat açısından sorun teşkil etmektedir. Bu durum da kullanım alanlarının kısıtlanmasına neden olmaktadır. Polimer matrisli kompozit malzemelerde kullanılan takviye elemanlarından en önemlileri, cam fiber/elyaf, aramid, karbon fiber/elyaf ve bor fiber/elyaflardır. Bu tip kompozit malzemeler ikiye ayrılır. Bunlar; termoplastik ve termoset matrisli kompozit malzemelerdir[13, 19].

Termoplastik matrisli kompozit malzemeler; yüksek sıcaklıklarda ergitilerek şekil verilir ve daha sonra malzemenin soğutulması sağlanarak katı hale getirilir. Faakt ergiyik durumda dahi viskozitesinin çok yüksek olması nedeniyle fiber/elyaf ile karıştırılması oldukça zordur. Bu durumda imalat esnasında zorlukların oluşmasına sebep olur. Viskozitesinin düşürülebilmesi için malzemenin daha yüksek sıcaklıklara çıkarılması durumundaysa polimer yapısının bozulmasına neden olur. Genellikle sünek yapıdadır ve tekrar şekil verdirilebilme özelliğine sahiptir. Termoplastik malzemeler amorf ya da yarı kristalin yapıda olabilir. İmalattaki zorluk ve maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle matris malzemesi olarak fazla tercih edilmemektedir[13, 14].

Termoset matris kompozit malzemeler; lif takviyeli kompozitin üretiminde daha fazla kullanılır ve sıvı durumda bulunurlar. Termoset malzemeler katılaştırıcı ilavesiyle önce jel haline gelir ve sonrasında katılaşır. Yüksek sıcaklıklar etkisiyle bile yumuşamazlar. Termoset malzemelerin geri dönüşümü yapılamaz. Termoset reçineler izotropik yapıdadır, kimyasal etkilerin altında çözünmez ve uzun ömre sahiptir. Otomotiv endüstrisinde yaygın kullanılan malzemelerdir. Kompozit imalatında kullanılan termoset matrisli malzemelere polyester, epoksi, vinilester ve fenolik reçine örnekleri verilebilir[20].

Genel kullanım alanlarına göre polimer matrisli kompozit malzemeler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Genel kullanım alanlarına göre polimer matrisler [21].

Termoset Polimer Matrisler
Epoksi: Havacılık ve Uzay uygulamalarında
Polyester: Otomotiv, denizcilik, elektriksel ve kimyasal uygulamalarında
Fenolik: kalıp uygulamalarında
Poliamid: Havacılık uygulamalarında
Termoplastik Polimer Matrisler
Termoplastik polyester: Süreksiz fiberlerin/elyafların enjeksiyon kalıp uygulamalarında
Poliamid: Sürekli fiberlerin/elyafların yüksek sıcaklık uygulamalarında

Seramik Matrisli Kompozit Malzemeler

Mühendislik ve endüstriyel uygulamalarında; yüksek sıcaklık direncine, dengeli yüzey alanlarına, boyutsal kararlılığa, korozyon direncine ve aşınma direncine sahip olması gereken ileri malzemelere gereksinim duyulmaktadır. Seramik malzemelerin metal ve polimer malzemelere göre yüksek sıcaklık direncine ve mekanik özelliklerine sahiptir [4, 22]. Tek parça seramikler "Si3N4, Al2O3, ZrO2, SiC" ve seramik matrisli kompozitler, gelişmiş malzemeler olarak sınıflandırılan yüksek sıcaklık seramik malzemelerine bazı örneklerdir. Monolitik seramikler, yüksek sıcaklık direnci, yüksek mukavemetli, kimyasal kararlılık, düşük yoğunluk, aşınma direnci ve korozyon direnci gibi istenilen özelliklere sahip olmasına karşın herhangi bir plastisite özelliği göstermezler. Termal ve mekanik yükleme şartları altında gevrek davranışlarını sergilerler. Bu dezavantajların üstesinden gelmek için, seramik malzemelerin tokluğunun arttırılması için fiber/elyaf ve parçacık biçiminde takviyeler kullanılır. Hasara dayanıklı, yarı sfero kırılma davranışının elde edilebilmesi ve yüksek sıcaklık şartlarında monolitik seramiklerin diğer tüm avantajlarını koruyabilmek için seramik matris kompozitleri geliştirilmiştir [4, 23].

Karbon/Karbon Kompozit Malzemeler

Karbon/karbon kompozit malzemelerde karbon matrisin içerisinde karbon fiberler/elyaflar kullanılır. Bir kompozit malzemesinin karbon matrisine sahip olması, kompozitin aşamalı olarak bozulmasına ve yüksek sıcaklıklara dayanmasına, yüksek sıcaklıklarda düşük

sürünmesine, düşük yoğunluğa, iyi çekme ve basınç dayanımlarına, yüksek yorulma direncine, yüksek termal iletkenlik ve yüksek sürtünme katsayısına sahip olmasını sağlar. Fakat, yüksek maliyet, düşük kayma mukavemeti ve yüksek sıcaklıklarda oksidasyonlara karşı hassasiyet gibi dezavantajları da bulunmaktadır[24]. Karbon-karbon kompozit malzemelerin oda sıcaklığında mekaniksel özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Karbon-Karbon kompozit malzemelerin mekaniksel özellikleri[25].

Malzeme	Elastik modülü, GPa	Gerilme kuvveti, MPa	Sıkıştırma kuvveti, MPa	Kırılma enerjisi, kJ/m2
Tek yönlü karbon-karbon kompozit	120-150	600-700	500-800	1,4-2,0
Üç yönlü karbon-karbon kompozit	40-100	200-350	150-200	5-10

Karbon-karbon kompozit malzemeleri roket motorlarında, uçak ve yüksek performansa sahip otomobillerde sıcak presleme kalıpları, sürtünme malzemeleri, türbin motorlarının elemanları gibi çeşitli parçaların imalatında kullanılır. Karbon ergime noktasına kadar, oksijensiz ortamda kuvvetini kaybetmez. Termal genleşme katsayısı çok düşük olduğundan termal şoklara karşı oldukça iyi seviyede dirençlidir. Bazı allotropik formları yüksek elektrik ve termal iletkenlik özelliği gösterir[25].

Nano Kompozit Malzemeler

Nanokompozit malzemeler, nanometre (nm) aralığında en az bir dolgu boyutu ihtiva eden yeni malzeme çeşididir. Polimer nanokompozit malzemeler, yük taşıma uygulamaları için mekanik iyileştirmeye ilave olarak fonksiyonel uygulamaları sunar. Kompozit sistemlerinde, nanokompozit malzemeler, iletken ve mekanik performansın yanında mükemmel fiziksel özellikleri de sağlar[26].

Kompozit malzemeler, matris ve takviye gibi en az iki malzemenin birleşimidir. Matris malzemesi, göreceli konumlarını koruyarak takviye malzemelerini çevreleyerek destekler. Takviyeler, belirli uygulamalara özel mekanik ya da diğer özellikleri elde edebilmek için belirli bir şekilde malzemelerin içine gömülür. Benzer bir şekilde, polimer kompozit malzemeler şu şekilde kolayca tanımlanabilir, takviye elemanı olarak kullanılan parçacıkların ya da liflerin polimer matris içerisinde dağıldığı bir malzeme sınıfıdır[27].

Mühendislik nanomalzemeleri belirli şekil, boyut ve yüzey özellikleriyle imal edilmetkedir. Boyut ve şekillerine bağlı olarak sıfır boyutlu (0-B), tek boyutlu (1-B), iki boyutlu (2-B) ve üç boyutlu (3-B) olarak sınıflandırılmaktadır.

Genelde nanomalzemelerin performansı, malzeme bileşiminden ziyade en-boy oranı, hacim oranı, büyüklük ve spesifik yüzey alanı gibi özellilerden etkilenir. Nanomalzemelerin yüksek yüzey enerjisine sahip olması, nanometrik malzemedeki problemlerin azalması ve nanometre boyutlarında malzemelerin elektronik bant yapılarının kuantum mekanik özelliklere sahip

olması onları ilgi çekici kılarak modern malzemelerin cazip bir sınıfı haline getirmek ile beraber elektriksel, optik, katalitik, manyetik, biyolojik ya da mekanik özelliklere dayalı çeşitli uygulamalarda kullanımını sağlamaktadır[28]. Volkanik kül ve orman yangınlarından arda kalan "kurumlar" doğal olarak meydana gelen nanomalzemelere örnek verilebilir [28, 29].

Nanomalzemeler istisnai özelliklere sahip olduklarından, polimerik malzemelerin özelliklerini geliştirmek için polimer malzemelerle harmanlanarak yaygın olarak kullanılır. Farklı fiziksel ya da kimyasal özelliklere sahip bileşenlerinden en az biri nanometre ölçeğinde olan ve bileşenlerinin bireysel özelliklerine göre farklılaşmış yeni özelliklere sahip, iki veya daha fazla bileşen ya da fazın kombinasyonu nanokompozit sınıfını ortaya koymaktadır. Bu malzemeler aslında ilgili nanomalzemelerin boyut etkilerine bağlı olarak mikro ölçekte gelişmiş özelliklere sahiptir[29].

KOMPOZİT MALZEMELERİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Elle Yatırma Yöntemi

Elle yatırma yöntemi, kullanılan kompozit üretim yöntemlerinin arasında en eski olanıdır. Bu işlem açık kalıpla yapılmaktadır. İlk kullanım alanı ise tekne gövdesinin üretilmesindedir. Elle yatırma yöntemi genellikle oda sıcaklığında poliester, epoksi, vinilester gibi reçineler ve karbon, cam, aramid ve kevlar gibi takviye elemanlarıyla kullanılmaktadır. Düşük üretim miktarlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Tasarımının ve kullanımı oldukça basittir. Bu yöntemin dezavantajı işlemin ve kalitesinin uygulayan kişiye göre değişim göstermesidir. Bu yöntem küvetlerde, tekne ve yatların gövdelerinde, sıvı tank sistemlerinde ve rüzgar türbin kanatları gibi alanlarda kullanılmaktadır [30].

Püskürtme Yöntemi

Püskürtme yöntemi de elle yatırma yöntemi gibi açık kalıpta yapılmaktadır. Birbirleri arasındaki fark ise reçinenin kalıba dökülerek değil de bir püskürtme makinesi yardımıyla iletilmesidir. Bu yöntemde parçalanmış takviye malzemeleri kalıbın yüzeyine sertleştirilmiş reçineyle beraber püskürtülür. Takviye elemanı ve reçinenin püskürtülme işlemi sonrasında yüzey makara yardımıyla düzeltilerek işlem tamamlanmış olur [31].

Hazır Kalıp Yöntemi

Hazır kalıplama yöntemin takviye elemanı, reçine ve katkı malzemelerini ihtiva eden bileşenlerin sıcak presleme ile ürün üretilmesi işlemidir. Karışık geometrilere sahip malzemelerin imal edilebilir. Bu yöntem ile metalik malzemeler üretilecek ürünlerin içerisinde ilave edilebilir. Ayrıca delikli yapının oluşturulabilmesinin yanı sıra atık ürün minimum düzeydedir. Bu avantajlarının yanı sıra dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar, kalıplama malzemelerinin soğuk ortam altında saklanması gerekliliğinin olması, kalıp maliyetinin yüksek olması ve büyük boyutlu parçalarının üretiminin maliyetli olmasıdır [31].

Vakum ile Kalıplama Yöntemi

Bu yöntem elle yatırma yöntemine göre daha gelişmiş bir işlem olup yüksek basıncın uygulanamadığı durumlarda kullanılmaktadır. Yöntemde vakum kullanılmasının esas amacı boşlukların giderilmesi ve kompozitin içerisindeki havanın ve fazla reçinenin giderilmesidir. Karmaşık geometriye sahip parçaların üretimi ve büyük boyuta sahip parçaların imalatı kolay

bir şekilde yapılabilmektedir [32, 33].

Reçine Transfer Kalıplama Yöntemi

Bu üretim yönteminde iki parçaya sahip kalıp kullanılmaktadır. Kalıp kompozit malzemeden yapıldığı için çelik kalıba göre daha maliyetlidir. Bu yöntem yaygın olarak malzemenin her iki yüzeyinin pürüzsüz olması istenildiğinde kullanılmaktadır. Takviye malzemesi kalıp içerisine yerleştirilerek kalıp kapatılır. Reçine basınç vasıtasıyla kalıbın içine pompalanır. Matrisin enjeksiyon işlemi ılık, soğuk veya maksimum 80 Cº'ye kadar ısıtılmış kapların içinde yapılır. Vakumun bu yöntemde kullanılmasındaki amaç reçinenin elyaf/fiber içine iyi işlemesi ve içerdeki havanın dışarı çıkarılmasıdır. Bu yöntem ile gözeneksiz ve karmaşık malzemelerin üretimi yapılabilir[34, 35].

Fiber/Elyaf Sarma Yöntemi

Fiber/Elyaf sarma yöntemi, depolama ve taşıma tankları, borular ve basınçlı kaplarda kullanılmaktadır. Bu yöntem, döner merdane üzerine monofilamentlerin ya da fitillerin sürekli takviye edilmesiyle yapılmaktadır [36].

Otoklav İşleme Yöntemi

Bu işlem sıkıştırılmış gazın kap içerisinde yer alan kompozit malzemenin içine dışardan verilmesidir. Otoklav basıncın, ısı ve emişin kontrolünün sağlandığı silindir şeklinde kaptır. Otoklav yönteminde kür şartlarının kontrol edilebilmesiyle yüksek kalitede kompozitin üretilmesi mümkündür. Vakum ile kalıplama yönteminde olduğu gibi bu yöntemde de kompozit malzeme içerisindeki hava boşluğu minimum düzeye indirilebilmekte olup fazlalık reçine temizlenebilmektedir [31].

Profil Çekme Yöntemi

Bu yöntem ile genellikle boru ve çubuk biçimindeki ürünler üretilmektedir. İstenilen şeklin verilebilmesi maksadıyla uygun kalıplardan geçirme işlemi yapılmalıdır. Kalıptan geçirilerek şekli verilen ürünlerin kalıcılığının sağlanabilmesi için fırınlama işlemine tabi tutulur. Bu yöntem yaygın olarak pencere ve kapı profillerinin imalatında kullanılmaktadır [3].

Toz Metalurjisi Yöntemi

Bu yöntemde metalik tozlar oda sıcaklığı veya yüksek sıcaklık koşullarında karıştırılarak istenilen geometrilerde bir kalıp içerisinde preslenir. Presleme sonrasında üründen istenilen özelliklerinin sağlanabilmesi maksadıyla sinterleme işlemine tabi tutulur [37].

Toz metalurjisi yöntemi ile kompozit üretiminin avantajları;

- Düşük ısıl genleşme katsayısına ve yüksek dayanıma sahip kompozitlerin üretilebilmesi,
- Hızlı katılaştırılmış alaşımların vasıtasıyla sıcaklık dayanımlarını yüksek seviyelere çıkarması,
- Yoğunluk kontrolünün sağlanabilmesi,
- Karmaşık geometriye sahip ürünlerin ve üretimi zor olan alaşım malzemelerin daha kolay üretilebilmesidir [7].

Toz metalurjisi yöntemi ile kompozit üretiminin dezavantajları;

- Matris ve takviye malzemelerinin arasında etkili bağlamanın sağlanamaması,
- Üretilen malzemelerde gözenek oluşması,
- Yöntemde kullanılan metalik tozlarının üretim zorluğu,
- Maliyetin yüksek olmasıdır [37-39].

Pregreg Kalıplama Yöntemi

Emprenye reçinenin kısmen kurutulduğu elyaf takviyeli malzemenin emdirilme işlemidir. Bu yöntem ile elle yatırma tekniği arasında elyafların emdirilme işlemi kalıplamadan önce yapılması farkı bulunmaktadır. Bu yöntem genellikle yüksek performansa sahip hava taşıtlarının karmaşık geometriye sahip parçalarının üretiminde kullanılmaktadır [33, 40].

Vakumlu Torba Kalıplama Yöntemi

Vakumlu torba kalıplama yöntemi elle yatırma yönteminin gelişmiş bir biçimidir. Büyük hacme sahip malzemeler bu yöntem ile üretilebilir. Bu işlemde ıslak sistem ve yarı mamuller kullanılmaktadır. Yarı mamul ya da ıslak sistem kalıba yerleştirildikten sonra esnek bir torba ile kaplanarak kenarları kapatılır ve vakum sistemine bağlanır. Kalıplanan parça daha sonra sertleştirilmek üzere fırın içerisine yerleştirilir. Fırının sıcaklığı ise reçine malzemesinin sertleşme sıcaklığına ayarlanarak sertleşmesi için belli bir süre beklenir. Vakum etkisiyle tabakaların üzerinde basın meydana gelir ve tabakaların arasında yer alan hava ve fazla reçine dışarı çıkarak işlem tamamlanmış olur [15].

KOMPOZİT MALZEMELERİN KULLANIM ALANLARI

Hafiflik ve mukavemet gerektiren yerlerde metalik malzemelere alternatif olarak kompozit malzemelerin üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle zaman içerisinde geliştirilen kompozit malzemeler pek çok sektörde kullanılmaktadır [41, 42]. Kompozit malzemelerin kullanım alanları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Kompozit malzemelerin kullanım yerleri [31].

Kullanım alanı	Kullanım amacı
Havacılık endüstrisi,	Planör gövdesi, helikopter parçaları, uçak modelleri, uçak gövde panelleri, yolcu koltukları vb.
Denizcilik endüstrisi,	Yelkenli gövdesi, Yelken direği, basamaklar
Sağlık,	Tekerlekli sandalye, Cihazların dış koruması
Ulaşım,	Kabin, koltuk, bagaj parçaları, gösterge panelleri vb.

Otomotiv endüstrisi,	Kaporta, dikiz aynası, gösterge panelleri, pedallar, hava giriş manifoldu vb.
Müzik aletleri,	Gitar, keman, çello
Spor araçları,	Su ve kar kayağı, bisiklet, sörf tahtası
Yapı endüstrisi,	Sokak lambaları, küvet, lavabo, kapı, balkon korkuluğu vb.
Korozyona dayanıklı ürünler	Su tankı, Çit, ilan panosu, yer altı boruları vb.

REFERANSLAR

[1] R. Şimşek, "Cam-Kevlar Elyaf/Epoksi Hibrit Kompozitlerin Darbe Davranışları Üzerine Fonksiyonellendirilmiş Nanokil İlavesinin Etkisi, Yüksek Lisans Tezi," Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.

[2] A. Demirel, "Kabon elyaf takviyeli epoksi kompozit malzemelerin karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi," Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.

[3] Y. Şahin, Kompozit malzemelere giriş. Ankara: Gazi Kitabevi, 2000.

[4] N. Yaşar, "Lamine kompozitlerle istiflenmiş metal malzemelerin delinebilirliğinin araştırılması, Doktora Tezi," Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2017.

[5] C. Qian, "Environmental effects of some mechanical properties of fibre composites, M.Sc Thesis," University of Toronto, 2001.

[6] M. Saçak, Polimer Teknolojisi. Ankara: Gazi Kitabevi, 2005.

[7] S. Mazumdar, Composites Manufacturing: Materials, Product, and Process. USA: CRC PRESS, 2001.

[8] M. Alçı, "Katmanlı Kompozit Plakalar ile Destekklenmiş Nomex Bal Peteği Sandviç Yapıların Düşük Hızlı Darbe Davranışlarının İncelenmesi, Yüksekk Lisans Tezi," Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.

[9] W. D. Callister and D. G. Retwisch, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği. Nobel Akademik Yayıncılık, 2013.

[10] İ. Yapıcı and A. Yapıcı, "E-Camı/Epoksi Tabakalı Kompozitlerde Düşük Hızlı Darbe Davranışının Sonlu Elemanlar Yöntemiyle İncelenmesi," Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, vol. 1, no. 2, pp. 48-60, 2012.

[11] K. K. Chawla, Composite Materials, Third Edition. Switzerland: Springer, 2012.

[12] H. Y. Ersoy, Kompozit malzeme. İstanbul: Literatür Yayıncılık, 2001.

[13] A. İ. Kaya, "Kompozit malzemeler ve özellikleri," Putech & Composite Poliüretan ve Kompozit Sanayi Dergisi, pp. 38-45, 2016.

[14] A. A. Kısasöz, "Alüminyum matrisli titanyumdiborür in situ takviyeli kompozitlerin üretimi ve karakterizasyonu," Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.

[15] E. Özden, "Kompozit Yaprak Yayların Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Yorulma Analizinin Yapılması," Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.

[16] F. Cardarelli, Materials handbook. A concise desktop reference, (2. Baskı). New York: Springer, 2008.

[17] A. Er, "Kompozit Yapı Malzemelerinin Performans Özelliklerinin ve Mimarlıkta Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi," Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.

[18] E. Erbil, "Impact loading in laminated composites, Yüksek Lisans Tezi," Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.

[19] A. Takmaz, Ö. Erkan, and E. Yücel, "Cam Elyaf Takviyeli Plastik Kompozit Malzemenin Kenar Frezelenmesinde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkilerinin İstatistiksel Olarak İncelenmesi," Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, pp. 567-573, 2016.

[20] A. Subaşı, M. Zurnacı, A. Kahyaoğlu, and E. Demir, "Polyester/Grafen Kompozitlerin Mekanik ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi," El-Cezeri, vol. 4, no. 3, pp. 472-481, 2017.

[21] P. K. Mallick, Fiber-Reinforced Composites. Boca Raton: CRC Press, 2007.

[22] K. K. Chawla, Ceramic matrix composites. Cahpman&Hall, 1993.

[23] F. C. Champbell, Manufacturing technology for aerospace structural materials. Elsevier Science, 2006.

[24] E. U. Yüncüoğlu, "Farklı Oryantasyonlardaki Kompozit Malzemelerin Mekanik Özelliklerine Deniz Suyu Etkisinin İncelenmesi," Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2020.
[25] B. Beşergil, "http://bilsenbesergil.blogspot.com/," ed, 2022.
[26] M. Yurddaşkul, "Production of Carbon Based Conductive Nanocomposite Coatings and Investigation of Their Potential Applications. Yüksek Lisans Tezi," Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
[27] O. Kosalı, "Nanopartikül Takviyeli Kompozit Malzemelerin Kırılma Tokluğuna Hidrotermal Yaşlandırma İşleminin Etkisi," Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2021.
[28] J. Parameswaranpillai, N. Hameed, T. Kurian, and Y. Yu, Nanocomposite Materials: Synthesis, Properties and Applications. CRC press, 2016.
[29] H. Ulus, "Tuzlu su yaşlandırmasının Halloysit nanotüp-epoksi/bazalt fiber nanokompozitlerin mekanik ve kırılma performansına etkisi, Doktora Tezi," Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2019.
[30] R. R. P. Kuppusamy, S. Rout, and K. Kumar, "Advanced manufacturing techniques for composite structures used in aerospace industries," in Modern Manufacturing Processes: Elsevier, 2020, pp. 3-12.
[31] E. Topal, "Kompozit delikli kare levhalarda iki yönlü yükleme altında mekanik burkulmalarının incelenmesi," Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
[32] M. M. Schwartz, "Composite materials handbook," 1983.
[33] A. ER, "Kompozit yapı malzemelerinin performans özelliklerinin ve mimarlıkta kullanım olanaklarının araştırılması," DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
[34] O. Arıcasoy, "Kompozit Sektör Raporu," İstanbul Ticaret Odası, İstanbul, 2006.
[35] A. İmak, "Tabakalı Kompozit Malzemelerin Yorulma Davranışlarının Analizi " Fırat Üniversitesi Fen Bİlimleri Enstitüsü, 2015.
[36] S. V. Hoa, Principles of the manufacturing of composite materials. DEStech Publications, Inc, 2009.
[37] A. ORHAN, A. K. GÜR, and U. ÇALIGÜLÜ, "Al matrisli $ B_4C $ takviyeli kompozitlerin sıcak presleme yöntemiyle üretimi," Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi (elektronik), vol. 4, no. 4, pp. 8-13, 2007.
[38] G. Akın, "Toz metalurjisi yöntemiyle alüminyum matrisli bor karbür takviyeli kompozitlerin üretilmesi ve mekanik Özelliklerinin incelenmesi," Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
[39] H. Abdizadeh, R. Ebrahimifard, and M. A. Baghchesara, "Investigation of microstructure and mechanical properties of nano MgO reinforced Al composites manufactured by stir casting and powder metallurgy methods: A comparative study," Composites Part B: Engineering, vol. 56, pp. 217-221, 2014.
[40] E. J. Barbero, Introduction to composite materials design. CRC press, 2010.
[41] E. Kılıç, "Kompozit Malzemeden Yapılan Yaprak Yayların Analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü," Yüksek Lisans Tezi, 71s, İzmir, 2006.
[42] Ö. Esen, "Kompozit yaprak yayların sonlu elemanlar yöntemi ile yorulma analizinin yapılması," Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.

.

.

BÖLÜM 15

BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİ

Mehmet YÜCEL
Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0001-7689-6665

GİRİŞ

İçine bulunduğumuz zaman diliminde bilginin, güvenliğin, şeffaflığın ve özel hayatın değeri gün geçtikçe artmaktadır. Gelişen Blokzincir teknolojileri insanların ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik büyük ilerleme kaydetmektedir. Blokzincir, hükümetleri veya üçüncü tarfları ihtiyaç duyulmayacak şekilde aradan çıkaran güvenli bir şekilde para transferleri yapılmasını sağlayan güvenli depolama yapılmasına aracılık eden teknolojilere altyapı sağlayabilen kayıt defteri olarak kabul edilebilir. Blokzincir teknolojileri, ilgili taraflarla birlikte yürütülen ve paylaşılan bütün olayları veya işlemleri içeren, dağıtılmış merkeziyetsiz veritabanı olarak yorumlanabilir [1].

BLOKZİNCİR

Blokzincir, dijital bilgilerin kaydedilmesine ve dağıtılmasına imkan sağlar. Blokzincirleri, bu nedenle, her işlemin bir dizi blok olarak toplandığı halka açık kayıtlar gibidir. Esasen Kriptografi ve Dağıtılmış Sistemler kavramına dayanırlar. Birbirini takip eden her blok, onun hash değerini saklar [2, 3]. Para transferlerini ve veri güvenliğini sağlayan güçlü bir güvenlik ağı olan Blokzincir teknolojisi herhangi bir otoriteye ihtiyaç duymadan verileri dağıtık ağ üzerinde saklayabilen kayıt teknolojisidir. Dağıtık ağ üzerinde veriler birbirleriyle iletişim halinde olan farlı bilgisayarlar üzerinde saklanır. Böylelikle ağdaki bir bilgisayar arızalansa da verilerin bir kopyası diğer bilgisayarlarda saklandığından sistem aksamadan devam eder. Veriler taraflarca onaylanmadan değiştirilemez bu sayede sahtecilik ve verilere müdahale imkansıza yakındır. Blokzincir defteri paylaşılır ancak değiştirilemez. Kayıt defterine ulaşıldığında tüm tarafların haberi olur [4]. Blokzincir ağındaki işlemler, milyonlarca bilgisayar tarafından oluşturulan bir düğüm tarafından onaylanır. Bu da insan kaynaklı oluşabilecek hataları ortadan kaldırır. Blokzincire yeni bir düğüm eklendiğinde ağdaki bilgisayarlar Blokzincirini günceller. Hyperledger, ileri modülerlik ve çok yönlü mimarisi sayesinde Ethereum'dan daha farklı bir yapıya sahiptir. Yerleşik doğrulama sistemine sahip üçüncü nesil Blokzincir ise önceki sürümlerden olan 1.ve 2. Nesil Blokzincirinden daha verimli, daha hızlı ve daha ucuzdur. Yapay Zeka ve Blokzincir Teknolojisi birleştirilerek, dördüncü nesil olan Blokzincirin de yolunu açmıştır [5].

BLOKZİNCİR SÜRÜMLERİ

Blokzincir 1.0 (Blockzincir'in Kökeni): Blokzincir 1.0 Nakamato tarafından tasarlanan teknolojinin ilk uygulamasıdır. Dijital para biriminden, kriptografinin temellerine ideolojiler çizen Satoshi Nakamoto, 2008 yılında "Bitcoin" kullanarak blokzincirde işlemler yaparak halka açık olarak ilk Blokzincirini uygulayarak Blokzincir Teknolojisi kavramını ilgi odağı haline getirdi [6]. Bu sürüm, yapılan işlemleri ve verileri bilgisayarlarda depolamak için merkeziyetsiz bir defterin en sade halini içermektedir. Blokzincir temel olarak, şifrelenmiş verileri tutan halka açık dağıtılmış bir veritabanıdır. Defter sürekli büyümeye devam eden bir dosya anlamına gelir [7]. Bu versiyon aslında insan müdahelesine ihtiyaç duyulmadan güvenli ve otonom olarak çalışan elektronik para transfer sistemidir. Bu sistem kullanıcılara bir bankanın veya devletin herhangi bir aracının müdahelesi olmadan para alışverişi yapmasına imkan tanır. Sistem kullanıcıların cüzdanları vasıtasıyla anonim olarak şeffaf bir şekilde kripto para transferine izin verdi. Bu teknoloji aynı zamanda koin madencilerinin, bilgisayarları vasıtasıyla kriptografik işlemler gerçekleştirerek bu protokollerde gömülü olarak bulunan İş Kanıtı Mekanizmaları ile ödüller kazanılmasına izin verdi.

Blokzincir 2.0 (Akıllı Sözleşmeler): Blokzincirin bu versiyonu ile yapılan geliştirmeler Blokzincir protokollerinin altyapısını daha da geliştirdi. Ethereum protokolü üzerinde inşa edilmiş akıllı sözleşmeler vasıtasıyla, belirli koşullar yerine geldiğinde, otomatik olarak çalışan

sözleşmeler, tarafların müdahalesi olmadan şeffaf bir şekilde sözleşmenin gereklerini yerine getirir. Akıllı sözleşmeler, alıcılar ile satıcılar arasındaki anlaşmanın doğrudan dağıtılmış, merkeziyetsiz Blokzincir ağı üzerinde kod satırlarına dönüştürüldüğü ve otomatik olarak devreye giren iddialı bir sözleşmedir [8]. Akıllı sözleşmelerin çalışmasıyla birlikte merkeziyetsiz finans altyapısı (DeFi) uygulanabilir hale geldi. Yazılımcıların Blokzincir platformunda merkezi olmayan uygulamalar geliştirmesini sağladı.

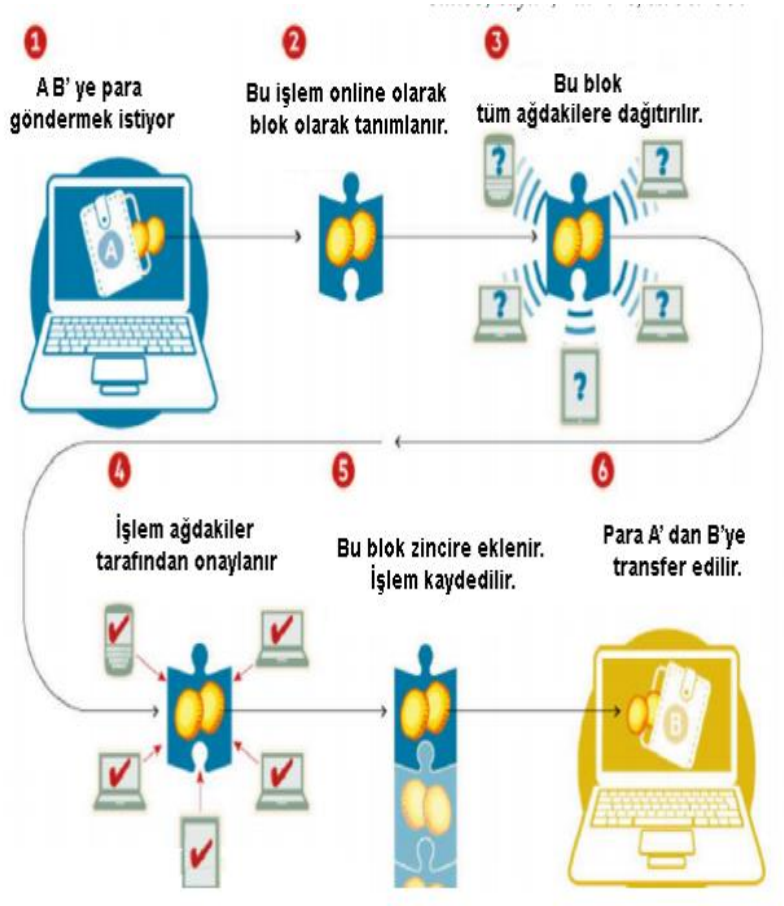
Blokzincir 3.0 (Merkezi Olmayan Uygulamalar): Blokzincir 3.0 endüstriler ve sektörler açısından daha geniş bir kapsama sahiptir. Blokzincir 3.0, işlem, işleme hızını önemli ölçüde arttıran ve blok sürelerini ortadan kaldıran DAĞ algoritmalarını kullanır. Üçüncü nesil Blokzincir, yerleşik doğrulama mekanizmasına sahiptir. Birinci ve ikinci nesil Blokzincir sürümlerinden daha verimli, hızlı ve daha ucuzdur. Blokzincir Teknolojisi ile yapay zekayı birleştirmek, dördüncü nesil Blokzincirde mümkün olmuştur [8]. Near ve Aptos gibi Blokzincir platformları saniyede binlerce işlem gerçekleştirebiliyor. Blokzincir 3.0 akıllı sözleşmelerle birlikte, Merkezi Olmayan Uygulamaları (dApps) içerir [9]. Bilgisayar yerine Blokzincir ağında çalışan dijital programlardır bu nedenle herhangi bir merkezi otoritenin kontrolünde değildir [10]. Blokzincir 3.0 aynı zamanda, farklı işlem ücretleri olmaksızın akıllı sözleşmeler için işlem gücü sağlamak amacıyla Proof of Stake uzlaşı mekanizmalarını kullanır [11].

Blokzincir 4.0: Blokzincir 4.0 ile güvenli, ölçeklenebilir, merkeziyetsizlik kavramları yerini bulmuştur. Daha önceki Blokzincirlerde aynı anda güvenlik, ölçeklenebilirlik, merkeziyetsizlik sağlanamadı. Bu zamanda halen çalışmakta olan bazı Blokzincirler bir ülke kadar enerji tüketiyorlar. Blokzincir 4.0 ile enerji tüketimi azaldı. Blokzincir 4.0, değiştirilemeyen, şeffaf bir veri tabanına ek olarak her işleme güvenlik alt yapısı sağlar. Akıllı sözleşmeler ile denetleme olmaksızın otomatik olarak sözleşme kurallarına uygun olarak gerçekleşmesini sağlar.

BLOKZİNCİR'İN ÇALIŞMA SİSTEMİ

Blokzincir temelde halka açık bir dağıtılmış veri tabanıdır. Bu defter sürekli büyüyen bir dosya anlamına gelmektedir. Blokzincir, ademi merkeziyetçi özelliği nedeniyle geleneksel bir veri tabanından temelde farklıdır. Merkezi bir sunucuda kayıtlı bir veri tabanındaki kayıtların aksine, Blokzincirdeki her katılımcı, her kaydın bir kopyasını tutar. Her blok, daha önce hiç oluşmamış veya dahil edilmiş kayıtlardan oluşan veri yapısıdır. Blokzincirin yerli bloğu, oluşum olarak adlandırılır [12]. Ardışık blokların her biri, önceki bloğun özetini içerir. Blokzincir işlem süreçleri, dijital varlıkların Blokzincir ağındaki taraflar arasında el değiştirmesini gösterir. Bu işlem bir veri bloğuna kaydedilir. Bu blok işlemde kimlerin yer aldığını, ne zaman gerçekleştiğini, varlığın ne kadarının el değiştirdiği gibi bilgileri içerir. Bu kayıt işlemini katılımcılar onaylamalıdır. Blokzincirdeki işlemler defter niteliğindeki bloklara yazılır. Bu veriler şifreleme ile korunur. Bu şifreleme sayesinde bloktaki verilerin güvenliği sağlanır. Böylelikle veriler tarafların izni olmadan değiştirilemez veya silinemez. Merkeziyetsiz bir doğrulama kaynağının olması taraflar arasında güvenli iş yürütme maliyetini azaltır. Kuruluşların Blokzincirde yer alması için izin verilir ve her işlemin kaydı tutulur. Blokzincirdeki herhangi bir bilgisayar veya cihaz, düğüm olarak adlandırılır. Blokların doğrulama işlemini yapan belirli düğümler madencilerdir [13]. Blokzincirin farklı işlemleri gerçekleştirmek için kurallara göre çalışır ve bu kurallar Konsensüs olarak bilinir [14]. Blokzincirde ki her blok, ağdaki katılımcılar tarafından görülebilir, ancak katılımcıların en az %51'i, tarafından doğrulanmadıkça, bloklar değiştirilemez veya yeni blok eklenemez. Bu, Konsensüs Kanıtı olarak isimlendirilir. Blokzincir zaman korumalı, kronometrik, zaman damgalı ve değiştirilemez bir yapıya sahiptir. Proof of Work, yeni bir düğümün katılımcı olması veya mevcut herhangi bir düğüme bir blok eklemesi veya değiştirmesi için, uygunluklarını kanıtlamak için belirli zahmetli matematiksel bulmacaların çözümünü bulmaları gerekliliğini zorunlu kılar [15]. Proof of Stake, katılan her düğümün sahip olduğu varlığı ortaya koyması

gerektiğini belirtir [16]. Örneğin, her biri kimliğini kanıtlamak ve kendilerini doğrulamak zorundadır. Bir hacker asla bu maddeleri başarılı bir şekilde geçerek Blokzincire müdahale edemez, bu da Blokzinciri güvenli ve özel hale getirir. Şekil 1'de Blokzincirin şeması görülmektedir.



Şekil 1. Blokzinciri'nin İşlem Süreçleri [17].

BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİNİN AVANTAJLARI

Merkeziyetsizlik: Kontrol ve karar yetkilerinin kişilerden bağımsız hale getirilerek dağıtılmış bir ağ 'da gerçekleştirilmesidir. Merkeziyetsiz ağlar, güven ihtiyacını azaltmak için şeffaflık ilkesinden yararlanır. Blokzincir ağları merkeziyetsiz olduğundan zincirdeki herhangi bir değişiklik, anında düğümden anlaşılır [18].

Değişmezlik: Bir işlem bloklara kaydedildikten sonra kullanıcılar tarafından tek taraflı olarak değiştirilemez. Çünkü bu süreçte matematiksel hesaplamalar gerektiren hash algoritmaları kullanılarak yeni bir işlemin kaydı bloğa aktarılır [18].

Oy birliği: İşlemler ağdaki katılımcılar onay verdikten sonra kaydedilebilir.

Dağıtılmış defter: Blokzincir ağındaki gerçekleşen işlemleri kaydetmek için kullanılan veri tabanıdır. Bu dağıtılmış defter teknolojisinde ilgili kişilerin nasıl düzenleme yapabileceği belirli kurallarla sınırlandırılmıştır.

Akıllı Sözleşmeler: Akıllı sözleşmeler, koşulları önceden belirlenen kurallar dahilinde çalışan sistem tarafından otomatik olarak yürütülen Blokzincir sisteminde saklanan programlardır. Akıllı sözleşmeler, merkezi denetime gerek olmadan bilindik sözleşmelerin yerini alabilecek

durumdadır [19]. Örneğin: kargo kişinin eline ulaştığında otomatik ödeme yapan bir akıllı sözleşme yapılabilir.

Ortak Anahtarla Şifreleme: Blokzincir ağındaki katılımcıların her birini ayrı ayrı tanımlayan anahtarlardır. Bu sistem ağdaki kullanıcılar için iki anahtar tanımlar. Bu anahtarlar özel ve genel anahtarlardır. Özel anahtar, ağdaki kullanıcının kendisine özel üretilen anahtardır. Genel anahtar, ağdaki diğer kullanıcılarla paylaşılan ortak anahtardır.

Üst Düzey Güvenlik: Günümüz teknolojilerinin ihtiyaç duyduğu üst düzey güvenlik Blokzincir teknolojileri tarafından sağlanmaktadır. Bu güvenliği kripto teknolojisi ile sağlamaktadır.

Üstün verimlilik: Üçüncü taraf kişiler veya kurumlar işlemsel süreçleri yavaşlatmaktadır. Blokzincir'in sunduğu akıllı sözleşme teknolojileri sayesinde taraflar arasındaki işlemler çok daha hızlı gerçekleşmektedir.

Hızlı Denetim: Blokzincir içindeki kayıtlar kronolojik olarak saklanır. Bu da veri denetim işlemlerinin çok hızlı yapılmasını sağlar.

VERİ TABANI İLE BLOKZİNCİR ARASINDAKİ FARKLAR

Blokzincirde bir veri tabanı özelliği taşımakla birlikte daha fazla özellikleri olan gelişmiş bir veri tabanı sistemidir. Farkları maddeler halinde aşağıda açıklandı.

-Blokzincirler mevcut verileri bozdurmadan kontrolü kullanıcılara dağıtır.

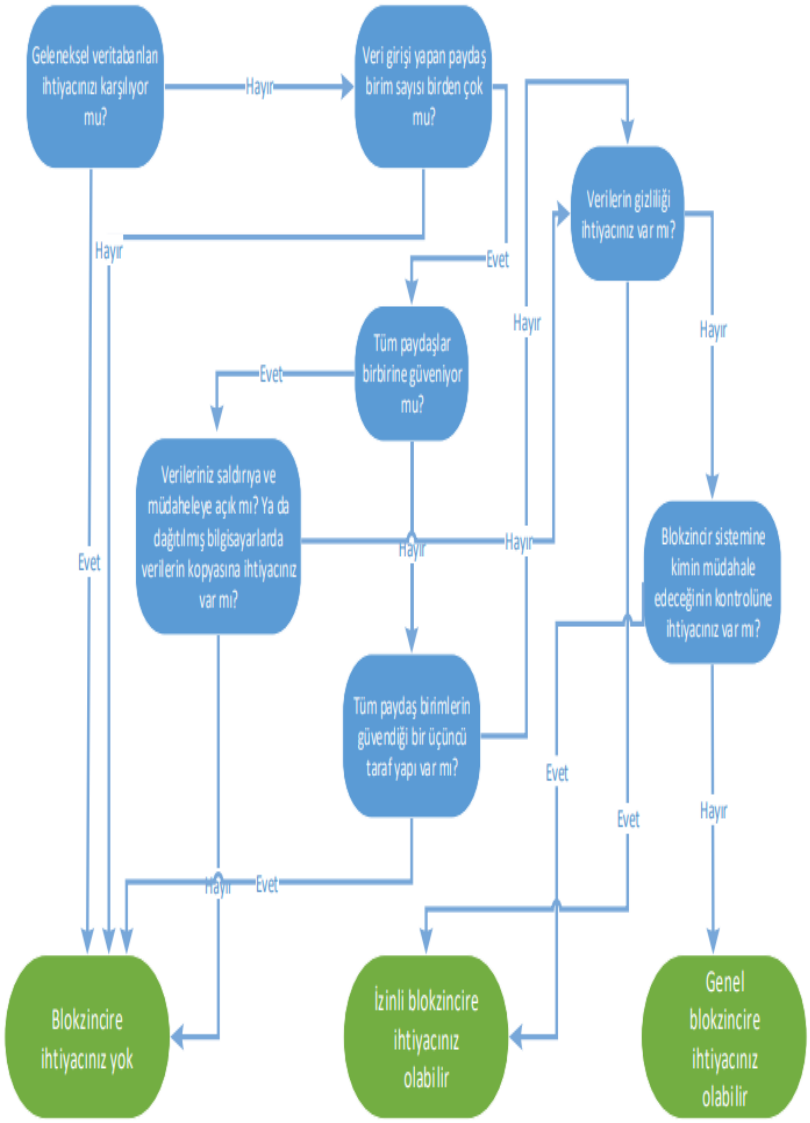
-Blokzincir ağlarındaki kullanıcılar verilerinin bir kopyasına sahiptir. Sistem ağdaki verilerin tutarlılığını kontrol eder.

-Bilindik veri tabanlarında verileri düzenleyebilirsiniz. Ancak Blokzincirde yalnızca veri ekleyebilirsiniz.

-Blokzincir teknolojisinde ki yeni kayıtlar herhangi bir aracıya gerek duymadan zincirdeki onaylayıcılar tarafından doğrulanır [20].

BLOKZİNCİR GEREKLİ Mİ ?

Blokzincir teknolojisi araştırmacılar tarafından en çok merak edilen teknoloji haline gelmiştir. Blokzincir geliştirme süreci hızla devam etmektedir. Farklı durumlar için çözümler sunmaktadır. Şekil 2'de Tanrıverdi ve arkadaşlarının makalesindeen alıntılanmış Blokzincir teknolojisinin gerekli olup olmadığı, hangi tür Blokzincire ihtiyaç duyulacağını belirlemek için modelde grafiği görülmektedir [21]. Geliştirilecek uygulamada veri tabanı ihitiyacı yoksa, gizlilik gerekli değilse, güvenlik gerekli değilse, Blokzincire ihtiyacınız yoktur.



Şekil 2. Blokzincir ihtiyaç mı? [17].

BLOKZİNCİR VE BİTCOİN TEKNOLOJİLERİNİN FARKLILIKLARI

Bitcoin ve Blokzincir terimleri bazen aynı kavramlar gibi konuşulsada esasen iki teknoloji de farklıdır. Bitcoin, Blokzincir teknolojisinin ilk örneklerinden biridir. Bitcoin, Blokzincir teknolojisinin uygulama alanlarından sadece biridir. Bitcoin merkeziyetsiz çalışan dijital bir para teknolojisidir. Dünya çapındaki Bitcoin sunucuları her bir Bitcoin işleminin kaydını tutar. Bitcoin de zincire blok eklemek için Proof of Work (PoW) olarak adlandırdığımız bir sistemle sağlanmaktadır. Madencilerin, sisteme yeni bloklar ekleyebilmeleri için güçlü sistemlere ihtiyaçları vardır. Çünkü zincire blok eklemek karmaşık şifrenin çözülmesiyle mümkün olmaktadır. Lewis Blokzincir tanımlarken geleneksel veritabanları ve Blokzincir arasındaki farkın, Blokzincirin yeni kayıt eklemek, bilgilerin doğrulanmasını sağlamak ve dağıtılmasını sağlama, benzeri işlemleri gerçekleştirmek için dağıtık ağ üzerinde mutabakat kuralları çerçevesinde çözümler sunan kodlanmış veritabanı olması gösterilmiştir [22].

UZLAŞMA PROTOKOLLERİ

Blokzincirin yapısı gereğince verilerin birer kopyası ağda bulunan düğümlerde saklanır. Verilerin ağda saklanabilmesi için uzlaşma protokolleri kurallarınca doğrulayıcılar vasıtasıyla veriler zincire eklenir. Blokzincirde kullanılan bazı protokoller aşagıda anlatılmıştır.

İş İspatı (Proof of Work): Bitcoin ağında madencilik yapmak için kullanılan uzlaşma protokolüdür [23]. Yüksek enerji ve yüksek işlem gücü gerektirir. PoW protokolünde madenciler karmaşık matematiksel işlemleri çözerek zincire yeni blok eklemye hak kazanırlar. Bunun sonucunda ödülünü alır.

Değer İspatı (Proof of Stake): PoS protokolü enerji tasarrufuna odaklı bir protokoldür. Bu prokolde madenciler sahip oldukları para değerini ispalamak zorunda. Ancak bu da zengin kişilerin daha çok söz hakkına sahip olacağını göstermektedir. Bu da adil bir sistem değildir.

Temsili Hisse Kanıtı (Delegated proof of stake): DPoS protokolünde doğrulama işlemleri seçilmiş delegeler tarafından hızlıca yapılmaktadır. Bitshares uygulaması da bu protokolü kullanmaktadır [24].

Dağ protokolüdü (Directed Acyclic Graph): Her düğümde birden fazla ana kök vardır. Bu modelde aynı zamanda daha fazla işlem doğrulanabilir. Kullanıcılar yeni işlem yapmadan önce önceki işlemlerin tamamlanmasını beklemesine gerek yoktur. AZERO bu protokolle çalışmaktadır. Örneğin, Aleph Zero kavram kanıtı protokolünde, 128 düğümde test ağında 100.000 Tx/s'ye ulaşmıştır. Bu da DAG'ın gücünü göstermektedir [25].

BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİNİN KULLANILDIĞI SEKTÖRLER

Enerji Sektöründe Kullanımı: Enerji şirketleri, enerjiye ulaşımı kolaylaştırmak için Blokzincir teknolojisini kullanmaktadır. Blokzincir'in alt yapısını kullanan şirketler elektrik satışları için e-ticaret platformu oluşturmuş. Güneş paneli sistemlerine sahip konutlar güneş enerjisi sistemlerinden elde ettikleri fazla enerjiyi diğer konutlara satmak için bu platformlardan yararlanmaktadır. Bu süreç otonom gerçekleşmektedir. Bu işlemler Blokzincir teknolojisinin alt yapısı sayesinde kaydedilmekte. Tokyo Elektrik Power Company şirketi de enerji tedarikçisi anahtarlarından gelen verilerin Etheryum Blokzincir sisteminde 20 kat hızlı sonuçlandığını duyurdu [26]. Aksa elektrik ev CK Enerji, Uluslararası yenilenebilir enerji sertifikası ticaretini Blokzincir üzerinden gerçekleştirdiğini duyurdular [27].

Finans Sektöründe Kullanımı: Bankalar gibi çeşitli finans sistemleri daha verimli ve hızlı çevrim içi ödemeleri gerçekleştirmek için Blokzincir teknolojisini kullanmaktadır. Finansal hizmet sunan Singapore Exchange Limited Blokzincir teknolojisini kullanmaktadır. Bu şirket finansal işlemlerin topluca ve otomatik olarak gerçekleştiriyor.

Parekende Sektöründe Kullanımı: Blokzincir, alıcılar ile tedarikçiler arasındaki sipariş hareketlerini takip amaçlı, bazı şirketler tarafından kullanılmaktadır. Perakende şirketleride,

tedarikçiler ile alıcılar arasındaki ürün hareketlerini takip edebilmek için Blokzincir teknolojisini kullanmaktadır. Örneğin, Amazon perakende, platformda satılan bütün malların orijinal ürün olup olmadığını doğrulamak için Blokzincir teknolojisinden faydalanan bir dağıtılmış defter teknolojisini içeren sistem için patent başvurusu yapmıştr.

WEB 3.0 TEKNOLOJİSİ KARŞILAŞTIRMA

Web 3.0: Blokzincirin sağlayabileceği merkezi olmayan protokoller vasıtasıyla özerk, şeffaf ve akıllı bir internet oluşturmayı amaçlamaktadır. Web 3.0'ı desteklemek için programlanmış GRT, ROSE gibi üçüncü nesil Blokzincir Protokolleri halihazırda çalışmaktadır. Tablo1'de web1, web2, web3 teknolojilerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo1: Web1, Web2, Web3 karşılaştırma [28].

	Web 1.0	Web 2.0	Web 3.0
Etkileşim	Okuma	Okuma – Yazma	Okuma – Yazma – Sahip Olma
Araç	Statik Metin	İnteraktif İçerik	Sanal Ekonomiler
Organizasyon	Şirketler	Platformlar	Ağlar
Altyapı	Kişisel Bilgisayarlar	Bulut ve Mobil	Blokzinciri Bulutu
Kontrol	Merkeziyetsiz	Merkezi	Merkeziyetsiz

DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Blokzincir ve kripto paralar, son iki yıl içinde devletler ve finans dünyası için heycan verici konular arasında yer aldı. İnternete farklı bir bakış açısı kazandıran merkeziyetsiz ağ sistemi kavramını ortaya çıkaran Blokzincir teknolojisi gerek şeffaflık gerekse güvenlik özellikleriyle bazı mühendislik firmalarının ve danışmanlık şirketlerinin gündemi oldu. Kısa bir sürede birçok teknolojinin altyapısını oluşturan Blokzincir teknolojisi, mühendislik dünyasında önemli ilerlemelerin yaşandığı, büyük teknolojik dönüşümlerin yaşandığı bir sistem olarak gözlenmektedir. Blokzincir teknolojisindeki gelişmeler akademik araştırma ve geliştirme çalışmalarıyla desteklenmektedir. Türkiyede üniversitelerde bu alanda derslerin işlenmeye başladığını ve arge laboratuvarlarının kurulduğu gözlenmektedir. Olgunlaşma aşamasındaki bu teknolojinin devletimizcede desteklenmesi gerekmektedir. Blokzincir çalışmalarının teşvik edilerek, dünyada yaşanan teknolojik dönüşüm süreçlerinde ülkemizin de yerini alması sağlanmalıdır.

REFERANSLAR

1. Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O., Schiereck, D.: Blockchain. Bus. Inf. Syst. Eng. 59(3), 183–187 (2017)
2. Preneel, B.: Cryptographic hash functions. Eur. Trans. Telecommun. 5(4), 431–448 (1994)
3. Bakhtiari, S., Safavi-Naini, R., Pieprzyk, J.: Cryptographic hash functions: a survey, vol. 4. Technical Report 95-09, Department of Computer Science, University of Wollongong (1995)
4. İnternet: https://www.oracle.com/tr/blockchain/what-is-blockchain/, 01.11.2022.
5. Cachin, C.: Architecture of the hyperledger blockchain fabric. In: Workshop on Distributed Cryptocurrencies and Consensus Ledgers, vol. 310, no. 4 (2016)
6. Nakamoto, S.: Bitcoin: peer-to-peer electronic cash system (2008)
7. Mukherjee, P., & Pradhan, C. (2021). Blockchain 1.0 to blockchain 4.0—The evolutionary transformation of blockchain technology. In Blockchain technology: applications and challenges (pp. 29-49). Springer, Cham.
8. Mohanta, B.K., Panda, S.S., Jena, D.: An overview of smart contract and use cases in blockchain technology. In: 2018 9th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT), pp. 1–4. IEEE (2018)..
9. İnternet:https://www.investopedia.com/terms/d/decentralized-applications-dapps.asp, 01.11.2022.
10. İnternet:https://medium.com/edchain/what-is-sharding-in-blockchain-8afd9ed4cff0#, 01.11.2022.

11. De Angelis, S., Aniello, L., Baldoni, R., Lombardi, F., Margheri, A., Sassone, V.: Pbft vs proof-of-authority: applying the cap theorem to permissioned blockchain (2018)
12. İnternet: https://en.bitcoin.it/wiki/Genesis_block, 01.11.2022.
13. İnternet: https://en.bitcoin.it/wiki/Mining, 01.11.2022.
14. Mingxiao, D., Xiaofeng, M., Zhe, Z., Xiangwei,W., Qijun, C.: A review on consensus algorithm of blockchain. In 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, andCybernetics (SMC), pp. 2567–2572. IEEE (2017)
15. Lin, I.C., Liao, T.C.: A survey of blockchain security issues and challenges. IJ Netw. Secur.**19**(5), 653–659 (2017)
16. Kiayias, A., Russell, A., David, B., Oliynykov, R.: Ouroboros: A provably secure proof-of-stake blockchain protocol. In: Annual International Cryptology Conference, pp.357–388.Springer, Cham (2017)
17. Avunduk, H., & Hakan, A. Ş. A. N. (2018). Blokzincir (blockchain) teknolojisi ve işletme uygulamaları: Genel bir değerlendirme. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 33(1), 369-384.
18. Pathak, S. (2021). Blockchain-Enabled Supply Chain Management System. Blockchain for Business: How It Works and Creates Value, 179-200.
19. A. Reyna, C. Martín, J. Chen, E. Soler, M. Díaz, "On blockchain and its integration with IoT Challenges and opportunities", Future Generation Computer Sysems., 88, 173–190, 2018.
20. Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where is current research on blockchain technology?—a systematic review. PloS one, 11(10), e0163477.
21. TANRIVERDİ, M., UYSAL, M., & ÜSTÜNDAĞ, M. T. (2019). Blokzincir teknolojisi nedir? ne değildir?: alanyazın incelemesi. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 12(3), 203-217.
22. Internet: A. Lewis, So, You Want to Use a Blockchain for That ?, https://www.coindesk. com/want-use-blockchain/, 01.11.2022.
23. Internet:S.Nakamoto, Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System,http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1. 221.9986, 01.11.2022.
24. Internet: BitShares 2.0 - Industrial-grade decentralized (DPoS) eco-system on blockchain, https://bitshares.org/, 01.11.2022.
25. İnternet:https://alephzero.org/blog/dag-vs-blockchain-they-are-not-as-different-as-you-think/, 01.11.2022.
26. Tokyo Elektrik Power Company şirketi de enerji tedarikçisi anahtarlarından gelen verilerin Etheryum blok zincir sisteminde 20 kat hızlı sonuçlandığını duyurdu.
27. İnternet:https://www.aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/enerji/aksa-elektrikten-lisansli-elektrikte-ilk-blokzincir-tabanli-yesil-enerji-sertifikasi/663941, 01.11.2022.
28. ARVAS, İ. S. (2022). Gutenberg Galaksisinden Meta Evrenine: Üçüncü Kuşak İnternet, Web 3.0. AJIT-e: Bilişim Teknolojileri Online Dergisi, 13(48), 53-70.

BÖLÜM 16

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARINDA KULLANILAN AKILLI SİSTEMLER ÜZERİNE BİR LİTERATÜR TARAMASI

S. M. KILINÇARSLAN[1]
[1]Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0001-7121-4733

H. E. KOÇER[2]
[2]Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Konya/ Türkiye
ORCID: 0000-0002-0799-2140

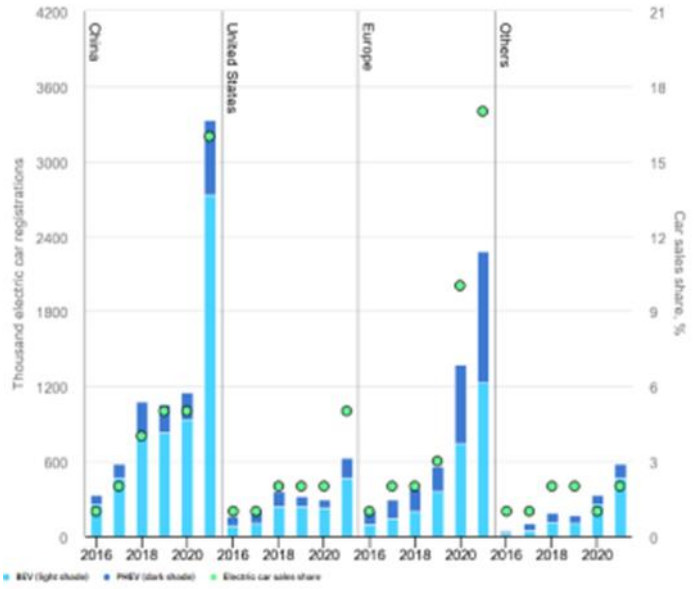
GİRİŞ

Elektrikli araç teknolojisi, fosil yakıtlar ile tahrik edilen motorlar yerine elektrikle tahrik edilen motor kullanan tüm araçlara ismini vermekle birlikte icadı tükenmekte olan fosil kaynakları kullanmaktan insanlığı kurtararak sera gazının dünya üzerindeki olumsuz etkisini azalmak amacı ile yola çıkışmış bir teknolojik devrimdir.

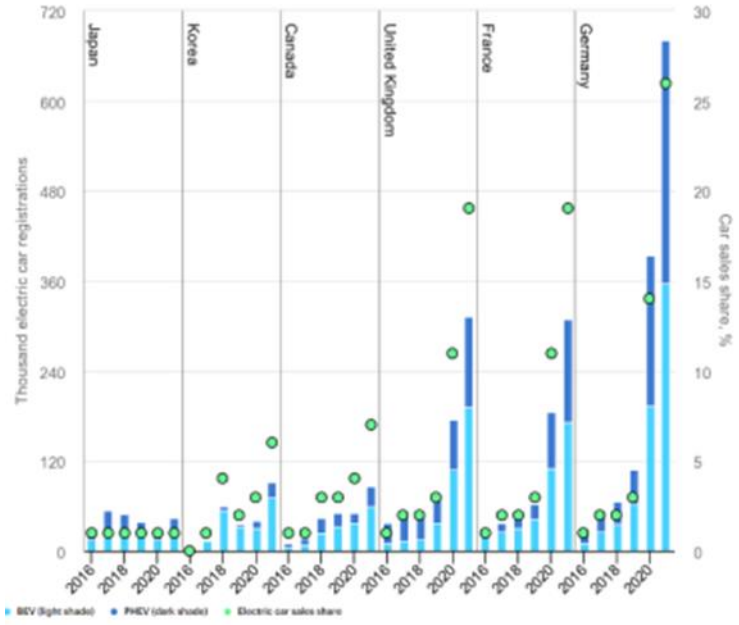
İlk elektrikli araç modeli 1835 yılında Profesör Straitingh tarafından Hollanda'da geliştirilirken, 1834-1836 yılları arasında Thomas Davenport tarafından rapor edilmiştir. 1890 yıllarında birçok şirket elektrikli araç üretmeye başlamıştır. Bu teknolojinin asıl gelişim gösterdiği yıllar ise 1900-1912 yılları arasında elektrikli motorun benzinli motor ile birlikte kullanımı sonucu ilk hibrit araçlar ile olmuştur. 1960-1976 yılları arasında ise petrol krizi ve egzoz emisyonunun olumsuz etkenlerini azaltmak amacı ile ciddi yatırımların yapılmaya başlandığı seneler olmuştur. 1990'lı yıllar elektrikli araçların batarya ömrünün ve menzilinin artması için batarya teknolojisinin ve şarj istasyonu teknolojisinin gelişimine sahne olduğu seneler olmuştur. 2000'li yılların başlangıcında ekonomik kriz sebebi ile bu sektördeki çalışmalar sekteye uğrasa da 2010-2011 seneleri elektrikli araç kullanımının yaygınlaşmaya başladığı seneler olarak kayıtlara geçmiştir[2].

Elektrikli araç kullanımının artması ile birlikte şarj istasyonlarına duyulan ihtiyaç da artmaya başlamıştır. Kablolu ve kablosuz şarj, hızlı ve yavaş şarj gibi çeşitleri olan elektrikli araç şarj istasyonlarında farklı konnektör kombinasyonları sunularak hem tamamen elektrikli araçlar için hem de dışardan şarj edilen hibrit araçlar için şarj hizmeti sunmaktadırlar. AC ve DC şarj teknolojileri kullanarak şarj sürelerinin de kontrol edilebilmesi mümkündür. Bunun yanı sıra elektrikli araç sayısında dünya genelinde 2012 yılında 100.000 sınırı, 2016 yılında 1 milyon sınır ve 2020 yılında 10 milyon sınırı aşılmıştır[3]. 2020 yılında 2019 yılına göre %41 oranın araç sayısında artış gözlemlenmiştir[4]. Bu kapsamda Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nın 2030 ve 2050 yıllarına kadar Net Sıfır Emisyon senaryoları bulunmaktadır[5].

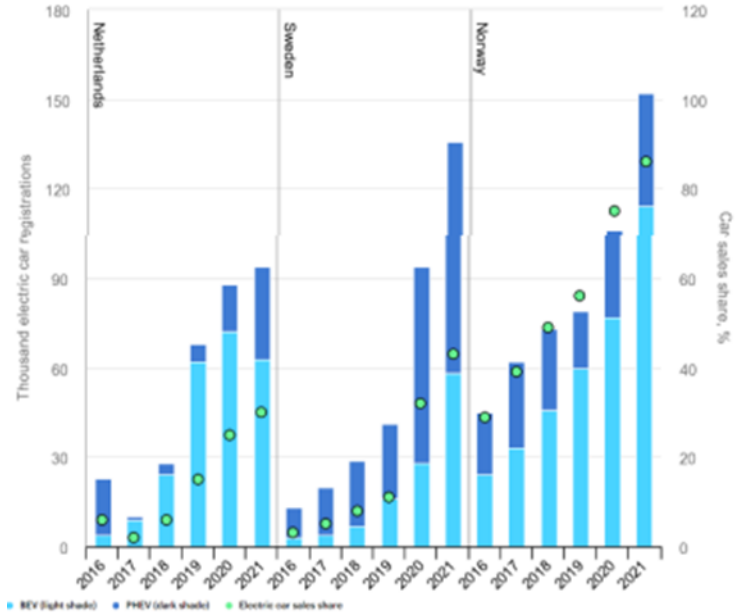
IEA'na göre dünya genelinde elektrikli araç kullanım sayısı ve şarj istasyonu sayısı verilerinden ilgili olanları alıntılanmıştır ve aşağıda anlatılmıştır. Şekil 1'de elektrikli araçların satış oranları Çin, ABD, Avrupa ve Diğerleri için gösterilmiştir. Grafiğin sağ ölçeğinde dünya geneline göre % satış verisi verilmişken sol ölçeğinde 1000 katsayısı ile elektrikli araç satış adetleri verilmiştir. Grafikteki açık renkler Tamamen Elektrikli Araçları, koyu renkler Dışardan Şarj Edilebilen Hibrit araçları ve yeşil noktalar yeni elektrikli araç satış oranını göstermektedir[6].



Şekil 1. Dünya Çapında Elektrikli Araç Satış Verileri [6]

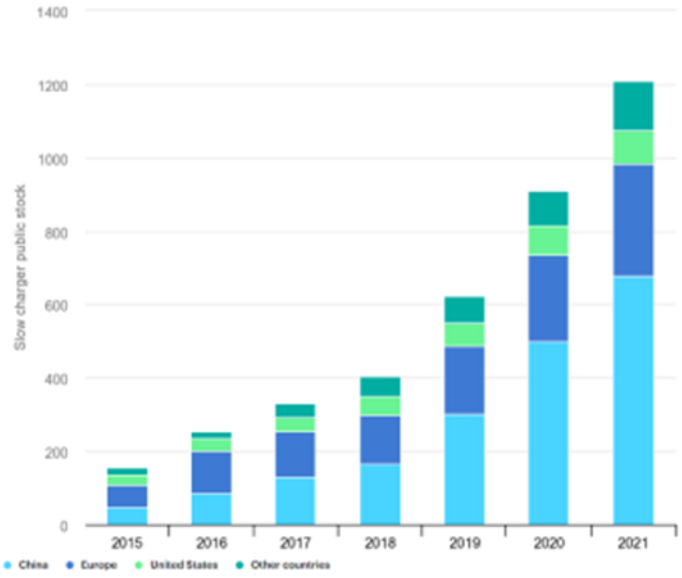


Şekil 2. Seçilen Ülkelerdeki Elektrikli Araç Satış Verileri [7]



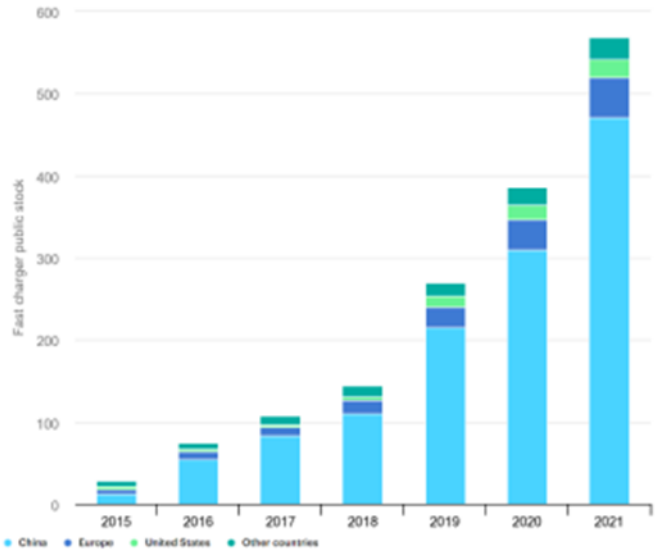
Şekil 1.3: Seçilen Ülkelerdeki Elektrikli Araç Satış Verileri [8]

Şekil 2 ve Şekil 3'de elektrikli araçların satış oranları bazı ülkeler için gösterilmiştir. Grafiğin sağ ölçeğinde dünya geneline göre % satış verisi verilmişken sol ölçeğinde 1000 katsayısı ile elektrikli araç satış sayı verisi verilmiştir[7, 8].



Şekil 4. Dünya Çapında Yavaş Şarj İstasyonu Sayısı Verileri [9]

Şekil 4'de yavaş şarj istasyonlarının sayıları Çin, Avrupa, ABD ve Diğerleri için gösterilmiştir. Grafiğin sol ölçeğinde 1000 katsayısı ile yavaş şarj istasyonları sayı verisi verilmiştir[9].

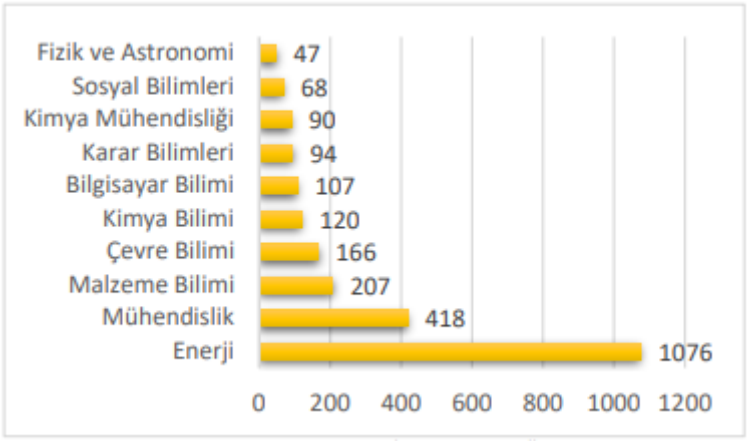


Şekil 5. Dünya Çapında Hızlı Şarj İstasyonu Sayısı Verileri [10]

Şekil 5'de hızlı şarj istasyonlarının sayıları Çin, Avrupa, ABD ve Diğerleri için gösterilmiştir. Grafiğin sol ölçeğinde 1000 katsayısı ile hızlı şarj istasyonları sayı verisi verilmiştir[10].

İNCELEMENİN ÖZGÜNLÜĞÜ

Science Direct dergisinde yaptığımız araştırmaya göre 2012- 2022 yılları arasında elektrikli arabalar teknolojisinde şarj istasyonları ile ilgili 2393 literatür taraması yayınlanmıştır. En fazla inceleme makalesi sayısı Enerji alanında 1076'dır. Bunu Mühendislik alanında 418 ve Malzeme Bilimi alanında 207 makale takip etmiştir. Bu makaleler, Çevre Bilimi, Kimya Bilimi, Bilgisayar Bilimi, Karar Bilimleri, Kimya Mühendisliği, Sosyal Bilimler, Fizik ve Astronomi alanlarına da ayrılarak ele alınmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Elektrikli Araçların Şarj İstasyonları Üzerine Literatür Taraması Verileri

Bir diğer literatür taramamız ise elektrikli araçların şarj istasyonları ve akıllı sistemler üzerinedir. 2018-2022 yılları arasında yayınlanmış makaleleri inceleyerek son yapılan çalışmalar hakkında genel bir bakış açısı sunulmuştur. Şarj istasyonlarının beslenmesi, çalışma yapısı, istasyon kullanımındaki teknolojiler gibi ana başlıklar ele alınmıştır.

Makalenin geri kalanı ise şu şekilde yapılandırılmıştır: Yapılan mühendislik çalışmaları, araştırma metodolojisi, bulgular ve sonuçlar.

YAPILAN MÜHENDİSLİK ARAŞTIRMALARI

Şarj İstasyonlarını Beslemek İçin Kullanılan Teknolojiler

Elektrikli araç kullanımının artmasıyla doğru orantılı olarak elektrik ihtiyacı da giderek artmaktadır. Sera gazı emisyonunu sıfırlamak için yürütülen çalışmalar ve bunun için geliştirilen senaryolar insanlığı yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya mecbur bırakmaktadır. Elektrikli araç şarj istasyonlarının şarj ihtiyaçlarını karşılaması konusunda ise yenilenebilir kaynakların kullanımı üzerine birçok çalışma yürütülmektedir. Bu alanda kullanılan en yaygın yenilenebilir enerji kaynakları güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisidir[11]. Boyut ve konumuna bağlı olarak bazı fotovoltaik ve rüzgâr türbin üniteleri şebekelerdeki yük talebini aşabilir. Örneğin FV üniteleri öğle saatlerinde veya RT üniteleri yüksek rüzgâr hızı olan bölgelerde işlev gösterirken şebekelerde aşırı voltaj dalgalanması olabilir[12]. Bu da elektrikli araç kullanıcılarının şarj istasyonlarına ulaşamamasına ya da istasyonlardaki uzun kuyruklara sebep olmaktadır. Bunun önüne geçebilmek için ise şarj istasyonlarının optimum konumu için birçok çalışma yapılmıştır (bkz. ii. Şarj İstasyonunun Konumlandırması İçin Çalışmalar).

i. Güneş Enerjisi Teknolojisi

Elektrikli araç şarj istasyonlarının güneş enerjisi ile beslenmesi konusunda ilk olarak güneş enerji sistemlerinin konumlandırılması üzerinde durulması gerekmektedir. Kurulacak güneş enerji sistemleri doğru bir konumlandırma çalışması yapılmaz ise mikro şebekelerde aşırı voltaj dalgalanmalarına sebebiyet verebilir[12].

Güneş enerji sistemleri ile çalışan elektrikli araç şarj istasyonlarını şebekeye bağlı olan ve olmayan olarak ikiye ayırabiliriz (Şekil 3.1). Şebekeye bağlı olmayan şarj istasyonlarında güneş panelleri genellikle istasyonun çatısına kurulmaktadır. Kendi kendine yetebilen bu sistemlerin dezavantajlarından birisi üretilen elektriğin talep edilen elektriği karşılamamasıdır. Bu durumunda önüne geçmek için ise kurulan panellerden elde edilecek elektrik ortalama olarak hesaplandıktan sonra bu istasyonda aynı anda şarj edilebilecek araç sayısının belirlenmesi fikri uygulanmaktadır.

Şebekeye bağlı olan şarj istasyonlarında ise istasyonun elektrik beslemesi herhangi bir yere kurulan güneş enerji sisteminden yapılabilir. Bunun için ise en çok güneş ışığına maruz kalan bölgelerin tespitinin yapılması ve bu bölgede üretilebilmesi mümkün elektriğin ne kadar olduğunun hesaplamaları yapılmaktadır[13-17]. İstasyonun şebekeye bağlı olması ile birlikte talep edilen elektriğin karşılanamaması durumu söz konusu değildir. Böyle bir durumda ise daha fazla aracın aynı anda şarj edilebildiği istasyonlar kurmak mümkün hale gelmektedir.

Şarj istasyonları için güneş enerji sistemlerinde birçok akıllı sistemde kullanılmaktadır[18]. Bu akıllı sistemlerin başında tabi ki akıllı şehircilik gelmektedir. Akıllı şehir projeleri ile ilk olarak evlerin akıllı hale getirilmesi üzerine çalışılmaktadır. Bu sayede istasyona gerek duymadan direkt evlerimizde şarj teknolojisi bulunabilecektir. Akıllı ev sistemleri üzerine yapılan bir çalışmada çok sayıda binayı birbirleri ile entegre edilerek birincil ve ikincil şekilde sınıflandırılıp depolama için sadece birincil binaların, ikincil binaların ise daha çok enerji üretiminde kullanılması için bir ağ oluşturma üzerinde durmuştur[19]. Aynı zamanda bu sayede ekonomik olarak da bir düzenleme yapılmaktadır. Akıllı şehircilik projelerinde 1076 418 207 166 120 107 94 90 68 47 0 200 400 600 800 1000 1200 Enerji Mühendislik Malzeme Bilimi Çevre Bilimi Kimya Bilimi Bilgisayar Bilimi Karar Bilimleri Kimya Mühendisliği Sosyal Bilimleri Fizik ve Astronomi akıllı evlerin yanı sıra endüstri alanlarının da akıllandırılması

önem arz etmektedir. Yine akıllı şehircilik alanında yapılan bir çalışmada belirli bir bölgedeki elektrikli araçlar için duyulan elektrik ihtiyacına göre akıllı iş yerlerinin oluşturulması ve kurulacak fotovoltaik panellerin optimum boyutlandırması üzerinde durulmuştur[20]. Üretilen elektriğin dağıtımı ve kullanımı ile ilgili de akıllı şebeke çalışmaları yapılmaktadır. Üretilen elektriğin ana şebeke yolu ile istasyonlara aktarılması alanında güç kaybı, voltaj sapması ve voltaj dengesizliği faktörlerinin optimum duruma getirilmesi[21] gibi çalışmalar yürütülürken araçların şarj/deşarj durumlarının optimizasyonu ile yük dengelenmesi[22] gibi konular ile akıllı şebeke çalışmaları da mevcuttur. Üretilen elektriği mikro şebekeler yolu ile elektrikli araçlara aktaran sistemler ise şu gibi çalışmalar ile gelişmeye devam etmektedir; akıllı evler için sunulan enerji yönetim sistemleri çalışmaları[23] veya iyileştirilmiş voltaj profili, minimum güç kaybı ve maliyet gibi faktörler göz önünde bulundurularak bu akıllı evlerin konumlarının belirlenmesi[24]. Bu çalışmaların yanı sıra akıllı şarj istasyonu kullanan elektrikli araçların pillerinin korunması[25] veya akü değişikliği için pil değişim istasyonları gibi konular üzerine de çalışmalar mevcuttur[26].

ii. Rüzgâr Enerjisi Teknolojisi

Elektrikli araçların şarj istasyonunun beslenmesi için güneş enerjisi teknolojisinden sonra en çok kullanılan yenilenebilir teknoloji rüzgâr enerjisi teknolojisidir[11]. Bu alanda yapılan çalışmalarda yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi elde etmek amacı ile güneş enerji teknolojisiyle birlikte gelişmeye devam etmektedir.

Rüzgâr enerjisi ile beslenen şarj istasyonları da yine şebekeye bağlı ve şebekeye bağlı olmayan olarak ikiye ayrılabilir. Şebekeye bağlı olan sistemlerde yapılan çalışmalardan birinde şebekedeki voltaj bozulmalarının düzenlenmesi için birleşik güç kalite düzeltici süper iletken manyetik enerji depolama (UPQC-SMES) yöntemine dayalı bir öneri sunulmuştur[27]. Bu çalışmaya benzer olarak şebekedeki dalgalanmalara önlem almak ve korumak için yapılan farklı çalışmalarda mevcuttur. Buna örnek verilebilecek çalışmalar şunlardır: giza piramitleri inşaatı ve geri çağırma-gelişmiş tekrarlayan sinir ağı (GPCRERNN) yöntemi benimsenmiş bir enerji yönetim ve dağıtım sistemi önerisi[28], genel cebirsel modelleme sistemi (GAMS) yöntemi ile hızlı şarj istasyonlarındaki enerji depolama sisteminin rüzgar gücü dalgalanması sorununa yönelik bir çözüm önerisi[29], mikro şebekeler için güç akış yöntemi önerisi[30], mikro şebekelerde ihtiyaç olan elektriğin karşılanamaması durumundan ötürü doğan şebeke istikrasızlığı ve düzenleme sorunları için araçtan araca şarj gerçekleştirerek şebeke yükünün azaltılması için yapılan bir çözüm önerisi[31]. Bunların yanı sıra elektrik şebekesine hat takviyesi ile bağlantı yapılan rüzgar enerjisinin kullanıldığı; hızlı, orta ve düşük hızlı şarj hizmetleri sunan şarj istasyonları üzerine yapılan çalışmalarda mevcuttur[32].

Enerji yönetimi veya voltaj dalgalanmaları ile ilgili olan çalışmalar şebekeye bağlı olmayan ve rüzgâr enerjisi ile çalışan şarj istasyonları içinde geçerlidir. Şebekeye bağlı olmadan çalışan bu istasyonlar kendi kendilerine yetebilen ve daha çok mikro şebeke kullanımı için önerilen bir modeldir. Bu şarj istasyonları için yapılan çalışmalara ek olarak şunlar örnek gösterilebilir: ekosojen değişkenlerle otoregresif bütünleşik hareketli ortalama (ARIMAX) modeli kullanılarak saatlik rüzgar enerjisi çıktılarını tahmin edip karşılanabilecek elektrik ihtiyacı ile ilgili öngörüye sahip olmak için bir öneri çalışması[33], rüzgarın az olmasından ötürü az enerji üretildiği durumlarda devreye sokulması için düşük güç uygulanarak daha uzun şarj etme süresi ile enerji yönetimi sistemi ve kural tabanlı bir algoritma sistemi ile optimum ücretlendirme politikası sunan bir öneri çalışması[34], aşırı aralıklı olasılık yoğunluğu yöntemine (IEPD) dayalı bir rüzgar türbini güç eğrisi (WTPC) hesaplaması ile rüzgar türbinlerinin kurulacağı yerde üreteceği elektriği hesaplamak için bir öneri çalışması[35].

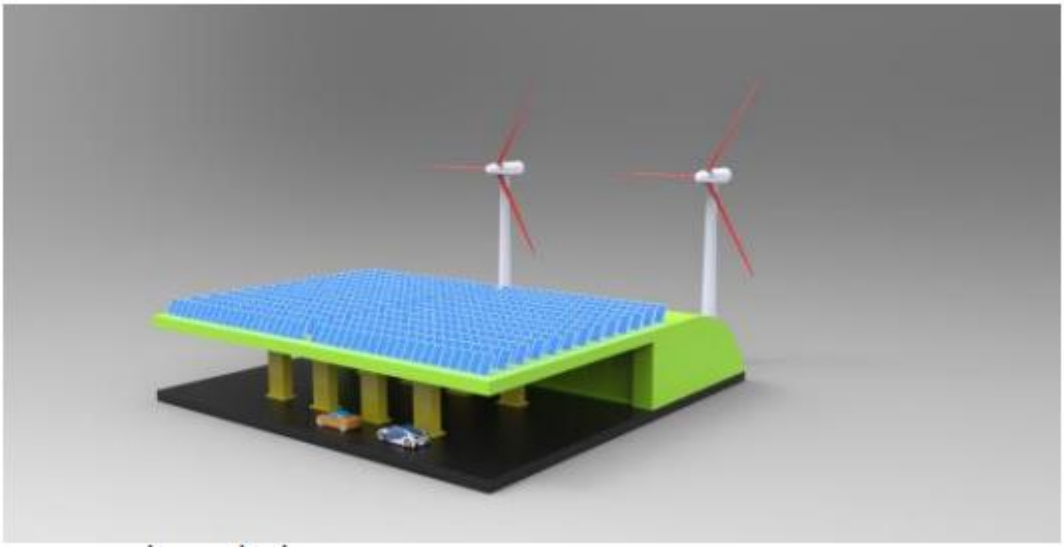
Bu alandaki akıllı sistemler ise hem şarj istasyonları bünyesinde hem de elektrikli araçlar bünyesinde geliştirilebilir. Elektrikli araçlar bünyesinde geliştirilen akıllı sistemler kullanıcının da içinde bulunduğu sistemlerdir. Bu sistemler özelinde yapılan bir çalışmada rüzgâr türbinlerinden üretilen elektriğinde dengesiz olmasından ötürü üretim entegrasyonunu üst seviyeye çıkarma ve elektrikli araçların şarjı için koordineli bir zamanlama algoritması sunulmaktadır[36]. Bu çalışma ile birlikte rüzgâr tahmini sayesinde doğru zamanlama ile elektrikli araçların istasyona gelmesi ve dalgalanmadan etkilenmemesi sağlanmaktadır. Bu da şarj maliyetlerini azaltıp rüzgâr entegrasyonunu arttırırken kullanıcı için daha sağlıklı bir deneyim sunmaktadır. Bu alanda yapılan bir diğer çalışmada ise önerilen metodoloji ile rüzgâr üreticisi ve dağıtım sistemi yöneticilerinin faydalarına yönelik bir formülasyon sunulmuştur. Aynı zamanda monte carlo simülasyon yöntemi kullanılarak şarj istasyonundaki elektrik fiyatı, yük artışı ve elektrikli araçların bulunma yüzdeleri dikkate alınarak optimal şarj planlaması önerisi sunulmuştur[37]. İstasyon özelinde yapılan çalışmalardan birinde ise yol uzunluğu, araç hızı ve bekleme süresi gibi bilgiler ile akıllı ulaşım sistemlerine, yük sapması ve düğüm voltajı gibi bilgiler ile akıllı şebeke sistemlerine dayalı olarak yeni bir optimal şarj planlama stratejisi sunmaktadır[38]. Bir başka istasyon bünyesinde yapılan akıllı çalışmada ise yenilenebilir enerji kaynaklarının ve şarj istasyonlarının aynı anda yer ve kapasite tahsisi yapılması için bir yöntem sunulmuştur. Güç kayıplarını, voltaj dalgalanmalarını, şarj maliyetlerini ve pil maliyetlerini azaltmakta kullanmak için nesnel değişkenler elde etmeye yarayan bir optimizasyon problemi formüle edilmiştir ve bu problem çözmek için genetik algoritma-parçacık sürü optimizasyonu kullanılmıştır[39]. Tüm bu çalışma alanlarını dışında uçtan uca şeffaflık ve yüksek güvenlik için aynı zamanda bakım, kalibrasyon ve denetim de kullanılması için yeni nesil blockchain çalışmaları da mevcuttur[40, 41].

iii. Güneş-Rüzgâr Enerjisi ile Hibrit Teknolojisi

Elektrikli araç şarj istasyonlarında kullanılmak için farklı yenilenebilir enerji kaynaklarının olduğu gibi hibrit yöntemlerde mevcuttur. Bu yöntemlerin daha verimli sonuçlar verdiği çalışmalar sonucunda gözlemlenmiştir. Özellikle yapılan çalışmalardan sonra gündüz kuşağında güneş enerjisi daha fazla üretilebildiği için ve gece kuşağında rüzgâr enerjisi daha fazla üretilebildiği için hibrit sistemlerin diğer sistemlere göre verimliliğinin önemli ölçüde fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Hibrit şarj istasyonları için yapılan çalışmalardan birisinde HOMER yazılımı kullanılarak hibrit şarj istasyonu boyutlandırması çalışması yapılmıştır. Şarj istasyonunda hangi yenilenebilir kaynaktan ne oranda elektrik üretilecek olması hibrit şarj istasyonu teknolojisinde dikkat edilmesi gereken ana kriterdir. Bu çalışmada yenilenebilir kaynak olarak güneş ve rüzgâr enerjileri ele alınmış ve dünyanın her yerinde uygulanabileceği önerilmiştir. Araştırmada, elektrik üretiminde optimum oranın güneş enerjisi tarafından %55,6 ve rüzgâr enerjisi tarafında ise %44,4 oranında olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır[42]. Boyutlandırma konusunda yapılan çalışmalardan bir diğerinde ise İzmir şehri için bir hibrit şarj istasyonu tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımda hem üretilecek elektrik açısından boyutlandırma hem de Şekil 7'de görüldüğü üzere fiziksel boyutlandırma da yapılmıştır. Araştırma sonucunda oluşturulan hibrit şarj istasyonu enerji üretimini %60 güneş enerjisinden, %40 rüzgar enerjisinden karşılamaktadır[43]. Yapılan bir başka çalışmada ise HOMER Pro 3.14 yazılımı kullanılarak kurulacak olan hibrit şarj istasyonunun tekno-ekonomik değerlendirmesinin yapılabileceği önerilmiş ve Çin'de beş farklı yerde test edilmiştir[44]. Dikkat edilmesi gereken konulardan bir diğeri ise bu şarj istasyonlarında elde edilen elektriğin şebekedeki yük dalgalanması durumudur. Bu konuda yapılan bir çalışmada sadece hibrit şarj istasyonu kurulumu ile kalmayıp aynı zamanda fotovoltaik panellerin ve rüzgâr türbinlerinin maksimum güç noktalarını aynı anda izleyen bir MPPT tekniği de sunulmuştur. Bu sayede güneş ve rüzgâr enerjisi maksimum

düzeyde elektrik enerjisine dönüştürülmüş olmaktadır. Aynı zamanda şarj istasyonu kendisine bağlı olan şebekedeki yük talebini de karşılayabilmektedir[45]. Yine HOMER yazılımı kullanılan başka bir çalışmada ise Danimarka'da belirlenmiş dört bölgede şarj istasyonu tasarımı ve istasyonun performans analizi yapılmıştır[46]. Bu teknolojiler kullanılırken elbette güvenilirliği de dikkat edilmesi gereken önemli kriterlerdendir. Bu konuda yapılan bir çalışmada ise dağıtım sisteminin güvenilirliğini değerlendirmek için bir metot, çeşitli yöntemler ile elektrik çeken bir simülasyon modeli ve işletme stratejilerini güvenlik, ekonomik gibi değerlendirmelere dahil etmek için bir simülasyon önerilmiştir[47].



Şekil 7. İzmir İli İçin Tasarlanan Yenilenebilir Hibrit Enerjili Şarj İstasyonu [43]

Şarj İstasyonu Özellikleri

Elektrikli araç kullanımının artması için şarj istasyonlarının artması önemli rol oynamaktadır. Ancak şarj istasyonları ciddi yatırımlar gerektirebilir. Şarj istasyonlarının elektrikli araçlar kadar hızlı yayılamamasının sebeplerinden birisi ekonomik sorunlardır. Şarj istasyonlarının tekniği ile ilgili birçok çalışma olduğu gibi ekonomik sorunlarını ele alanda birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan birinde ekonomik sorunları planlama faktörleri, dış çevresel faktörler, teknik faktörler ve yönetim faktörleri olarak dörde ayrılıp incelenmiştir. Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı-Yorumsal Yapısal Modelleme (DEMATEL-ISM) teknolojisin benimsendiği bu çalışma dört faktörün hiyerarşik yapısının elde etmeyi amaçlayarak sorunları formülize etmeyi sağlamaktadır[48]. Yapılan bir başka çalışmada fotovoltaik paneller ile desteklenen bir şarj istasyonunun ekonomik ve çevresel faktörleri göz önüne alınarak bir analiz gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda enerji depolama maliyetleri kriteri ön planda tutularak fotovoltaik panellerin şarj istasyonuna optimum ekonomik fayda sağlayacak şekilde nasıl entegre edilebileceği sunulmuştur[49]. Bu çalışmalarının elbette uygulanabilirliği de önemlidir. Yapılan bir başka çalışmada HOMER yazılımı kullanılarak Katar'ın dört şehrinde bağımsız bir yenilenebilir enerji temelli şarj istasyonunun tekno-ekonomik değerlendirmeleri sunulmuştur. Sonuçlarda ise rüzgar türbini teknolojisinin en optimumum çözüm olduğu gözlemlenmiştir[50]. Teknik alanda olduğu gibi sosyal alanda da ekonomik çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan birisinde elektrikli araçların benimsenmesi konusunda ele alınan kriterlerden birisi de sosyo-ekonomik kriterdir. Fransa da yapılan çalışmada bu kriter incelendiğinde yaş, cinsiyet, eğitim düzeyi, nüfus yoğunluğu ve çevrecilik

gibi başlıkların önemli rol oynadığı gözlemlendiği gibi aynı zamanda da elektrikli araç alıcılılarının iki araca sahip olma eğilimde olduğu da gözlemlenmiştir[51].

i. Şarj İstasyonu İçin Altyapı Çalışmaları

Elektrikli araç kullanımının artması için şarj istasyonlarının sayısının da artması gerektiğini birçok çalışmada görmekteyiz ve henüz elektrikli araç satın almamış insanların tereddütlerinden en büyüğünün şarj istasyonu sayısının az olmasıdır. Bu şarj istasyonlarının sayısını arttırırken elbette hangi bölgede hangi çeşit şarj istasyonunun kurulması daha kullanıcı dostu olur bunu gözeterek strateji belirlenmesi gerekmektedir. Yaptığımız araştırmalar sonucunda bazı çalışmaların üç seviyeli şarj istasyonu sistemi sunduklarını bazı çalışmaların ise dört seviyeli şarj istasyonu sistemi sunduklarını gözlemledim. Bu çalışmada ise Tablo 1'de genel özellikleri gösterilmiş dört modlu[52] şarj istasyonu sistemi esas alınarak inceleme yapılacaktır.

Tablo 1: Elektrikli Araçların Seviyelerine Göre Özellikleri [52, 53]

SEVİYE 1 Konut Şarjı	**SEVİYE 2** Özel Şarj Tesis Yeri Şarjı	**SEVİYE 3** İş ve Kamu Yeri Şarjı	**SEVİYE 4** DC Hızlı Şarj
Elektrikli araç, normal veya yarı hızlı şarj hızında bir AC güç kaynağı aracılığıyla şarj edilir	Elektrikli araç, normal veya yarı hızlı şarj hızında bir AC güç kaynağı aracılığıyla şarj edilir	Elektrikli araç, hızlı şarj hızında bir AC güç kaynağı aracılığıyla şarj edilir	Elektrikli araç, hızlı şarj hızında bir DC güç kaynağı ile şarj edilir
Voltaj: 1)120V/15A tek faz AC 2)120V/20A tek faz AC	Voltaj: 1)240V/40A tek faz AC 2)400V/80A üç faz AC	Voltaj: 1)208V/80,200A üç faz AC 2)600V/80,200A üç faz AC	Voltaj: 1)400-800V DC
Güç: 1) 1,4 kW 2) 1,9 kW	Güç: 1) 4 kW 2) 8 kW 3) 19,2 kW	Güç: 1) 38,4 kW 2) 130 kW	Güç: 1) 50-500 kW
Batarya.: 1) 5-15 kWh 2) 16-50 kWh	Batarya.: 1) 5-15 kWh 2) 16-30 kWh 3) 3-50 kWh	Batarya.: 1) 20-50 kWh 2) 20-50 kWh	Batarya.: 1) 50 kWh ve üzeri
Şarj Süresi: 1) 4-11 saat 2) 11-36 saat	Şarj Süresi: 1) 1-4 saat 2) 2-6 saat 3) 2-3 saat	Şarj Süresi: 1) 0,4-0,1 saat 2) 0,2-0,5 saat	Şarj Süresi: 1) 0,1-0,2 saat

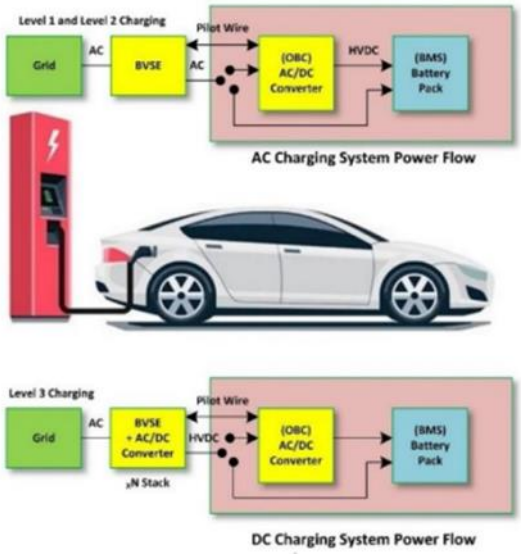
Seviye 1 şarj istasyonu bu teknolojide en kolay ulaşılabilirliğe sahip olan şarj istasyonudur. Elektrikli araçlar, seviye 1 şarj istasyonuna bağlanmak için standart bir ev prizine ihtiyaç duyar[54]. Yüksek kapasiteli elektrikli araç bataryalarını düşünecek olursak standart bir ev prizinden çekilecek elektrik, elektrikli aracı oldukça yavaş şarj etmektedir. 120V/15A tek fazlı AC kaynak kullanan bu şarj istasyonu seviyesinde elektrikli araçlar yaklaşık olarak 8-12 saat aralığında şarj olmaktadırlar. 1. seviye bir şarj istasyonu kurulumu için altyapı maliyeti ise ortalama olarak 400-900 USD olarak bildirilmiştir[52].

Seviye 2 şarj istasyonu ise seviye 1 şarj istasyonundan daha hızlı şarj kapasitesi sunmaktadır. Seviye 2 şarj istasyonları özel ve kamu tesisleri, halka açık ve yerleşim yeri için

geliştirilmiştir[55]. 400V/80A üç fazlı AC kaynak kullanan bu şarj istasyonunun bir konut altyapısına kurulumu için 2.150- 2.300 USD aralığında olduğu bildirilmiştir. Ticari ve halka açık alanlarda ise istasyon maliyetleri 15.000 USD'den fazla olduğu bildirilmiştir[52]. Bu sonuç ise konut altyapı kurulumu için maliyetin daha ucuz olduğunu göstermektedir. Seviye 2 şarj istasyonunun şarj sürelerine bakacak ortalama 4-8 saat aralığında şarj süresi sunması ile seviye 1 şarj istasyonuna göre oldukça hızlıdır. Ancak hala kullanıcıların tercih etmek isteyeceği bir yöntem değildir.

Seviye 3 şarj istasyonları ise AC kaynak kullanan ve hızlı şarj kapasitesi sunması ile ön plandadır. 600V/200A değerlerine ulaşılan bu seviyede şarj süreleri de önemli ölçüde azalmaktadır. Ancak her seviye 3 şarj istasyonu altyapı sebebi ile bu değerlere ulaşamamaktadır. Ayrıca seviye 3 şarj istasyonda kullanılan güçlü elektronikler için özel bir soğutma sistemi de gerekmektedir. Bu şarj istasyonunun kurulum maliyeti ise 30.000 ila 160.000 USD aralığındadır. Maliyeti sebebi ile yöneticiler tarafından çok fazla tercih edilmeyen bir yöntemdir[52].

Seviye 4 şarj istasyonu olarak adı geçen bu şarj istasyonları DC kaynak kullanarak şarj hizmeti sunmaktadır. Aynı zamanda literatürde hızlı şarj olarak da adlandırılan bu şarj istasyonları 15-22 dakikalık bir şarj süresi ile %0'dan %80'e şarj kapasitesi oranı sunmaktadır[56]. Bu şarj istasyonu 800V değerlerine kadar şarj imkânı sunabilmektedir. Bu sayede elektrikli araçların şarj süreleri 0,1 ila 0,2 saatlere kadar düşürülebilmektedir. Bu değerler geleneksel olan araçlardaki akaryakıt ve gaz yakıtlarının doldurulmasında harcanan süreye en yakın sürelerdir. Bu şarj süresi sayesinde bu istasyonun gündelik olarak daha işlevsel olan bölgelerde bulunduğu görülmektedir. Örneğin; alışveriş merkezleri, hükümet binaları, sinema salonları, havaalanları[53]. Bu alanda yapılan çalışma konularına arıza giderme yöntemleri[57] veya hızlı şarj istasyonlarının kurulumundaki zorluklar[58] üzerine yapılan çalışmalar örnek verilebileceği gibi AC kaynak kullanan şarj istasyonlarına göre DC kaynak kullanımının faydalarının[3] incelendiği çalışmalarda mevcuttur



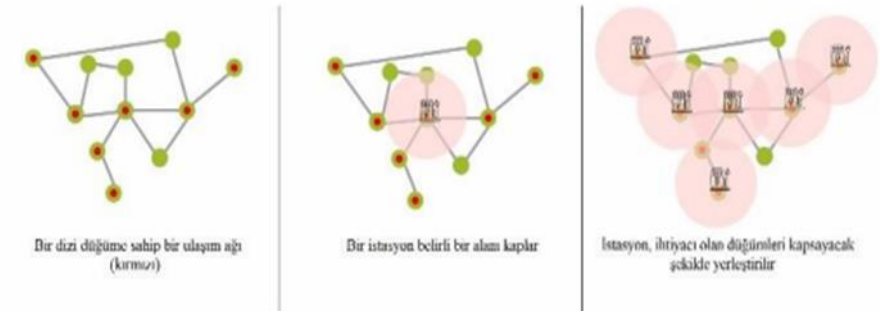
Şekil 8. Seviyelerine Göre Şarj İstasyonlarının Bağlantı Şeması[53]

Altyapı çalışmalarına akıllı sistemlerin entegre edilmesi de birçok konuda önemli rol oynamaktadır. Kullanılabilir esneklik ve e-mobilite dikkate alınarak bir iş modeli önerilmiştir. Bu çalışmada şarj boşta kalma süresi (elektrikli aracın şarj istasyonuna bağlı olduğu süre eksi gerçek şarj süresi) hesaplanarak bu süreyi olabildiğince yüksek tutmaya çalışıp mevcut esneklik

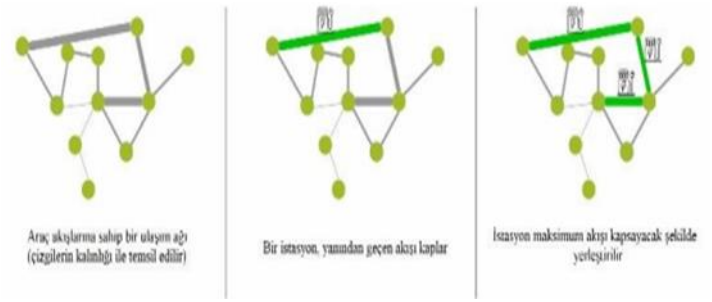
ve şarj programını kontrollü bir şekilde değiştirme fırsatını arttırmayı amaçlamaktadır. Aynı zamanda elektrikli araç kullanıcılarının akıllı sistemleri kullanma istekliliği de e-mobilite entegresi ile desteklenmesi amaçlanmaktadır[59]. Bir başka yapılan çalışma da yatırım maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenerek yatırımcıya yönelik bir öneri sunulmuştur. Bu çalışmada şarj talebini karşılama süresine göre bir hizmet kalitesi modellenerek yatırım maliyetlerini en aza indirme hedefi formülize edilmiştir[60]. Yapılan bir diğer çalışmada iki adet akıllı şarj senaryosu sunularak normal olan bir şarj senaryosu ile karşılaştırıp üç şarj senaryosunun incelemesi yapılmıştır. Kar maksimizasyonu senaryosunda elektrikli araçların şarj zamanlaması olarak elektrik fiyatları düşük olduğunda şarj etmeleri ve elektrik fiyatları yüksek olduğunda şebekeye deşarj etmeleri talimatı verilmektedir. Güç faktörü kontrol senaryosunda ise talep düğümünde bir voltaj ihlali olması durumunda şarjın güç faktörü düşürülerek reaktif gücün şebekeye geri verilmesi önerisi sunulmuştur[61]. Bu iki akıllı şarj senaryosu tamamen kullanıcıya yönelik önerilerdir. Elektrikli kamyon şarjı ile ilgili yapılan bir çalışmada ise araçların her gün başladığı ve bittiği yerdeki şarj istasyonlarındaki talep ücretinin ve elektrik ihtiyacının artması sorunlarına bir akıllı çözüm sunmuştur. Akıllı şarj sistemi, elektrikli kamyonların bilgilerini (gerekli enerji, kalkış ve varış saati) ve tesis bilgilerini (temel yük profili, talep yanıt gereksinimleri, şebekeden araca gereklilikler) tesisin veri tabanında toplar ve sürekli güncel tutar[62]. Bu alanda sadece teknik konular değil sosyal konularda da çalışmalar mevcuttur. Yapılan bir sosyal çalışmada Avrupa ülkelerinde akıllı şarjın faydaları incelenmiştir. RAMP-mobilite adı erilen bu model 28 Avrupa ülkesinde uygulanmış ve elektrikli araçların kontrolsüz bir şekilde kullanılmasının güç sistemi talebinde %35 ila %51 oranlarında artış gösterirken akıllı sistemlerin kullanılması bu oranı %30 ila %41 oranlarında sınırlayabildiği gözlemlenmiştir[63].

ii. Şarj İstasyonunun Konumlandırması İçin Çalışmalar

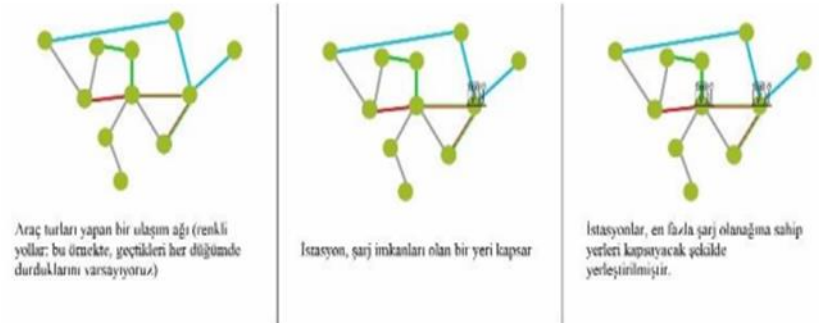
Şarj istasyonlarının konumu elektrikli araçların yaygınlaşması için en önemli rolü oynamaktadır. Şarj istasyonlarının hala birçok ülkede çok yaygın olmaması aslında hedeflenen elektrikli araç sayısına ulaşılamamasını açıklamaktadır. Şarj istasyonunun optimal konumlandırılması ile ilgili de literatürde birçok araştırma mevcuttur. Bu araştırmalar konum yöntemleri başlığı altında sınıflandırılması gerekirse düğüm, yol ve tur tabanlı yaklaşımlar olarak sınıflandırılabilir. Şekil 9, 10 ve 11'de sırası ile düğüm, yol ve tur tabanlı yaklaşımların temsili görselleri görülmektedir[64].



Şekil 9. Düğüm Tabanlı Yaklaşım İlkesi [64]



Şekil 10. Yol Tabanlı Yaklaşım İlkesi [64]



Şekil 11. Tur Tabanlı Yaklaşım İlkesi [64]

Düğüm tabanlı yaklaşımdaki ana fikir aday konum olarak verilen düğümlerdeki talebi karşılamak için şarj istasyonlarının yerleştirilmesidir. Yol tabanlı yaklaşımdaki amaç mümkün olduğunca çok sayıdaki araca hizmet etmek için araçların kalkış ve varış noktaları analiz edilerek yollardaki araçların en yoğun olduğu yerlere şarj istasyonlarının yerleştirilmesidir. Son olarak tur tabanlı yaklaşım ise yol tabanlı yaklaşıma çok benzemektedir. Yine kalkış ve varış noktalarının analizini içeren bu yaklaşımda ekstra olarak kat edilen mesafe, araç yolları ve bekleme süreleri gibi bilgileri de analiz ederek bir sonuca varılmaktadır.

Yapılan bir çalışmada Malezya'da güneş enerjisi ile desteklenen şarj istasyonlarının optimum konumu için akaryakıt istasyonlarının çatılarına konuşlandırma üzerine bir inceleme gerçekleştirilmiştir[65]. Bu istasyonların teknoekonomik fizibilitesi için HOMER yazılımı kullanılmıştır. Hindistan ülkesi için yapılan bir başka çalışmada dört şehir örnek alınıp yapılan analizler sonucunda hangi şehrin güneş enerjisi ile desteklenen şarj istasyonları yatırımı için daha uygun olduğunu belirlemeye çalışmıştır[66]. Analiz kriterleri elektrikli araç trafiği, kaynak kullanımı, tekno-ekonomik değerlendirme, mikro şebeke için konfigürasyon ve çevresel değerlendirmelerdir. Shillong, Bengalore, Jaipur ve Keşmir şehirlerinin örnek alındığı bu araştırmanın sonucunda Keşmir şehrinin diğer şehirlere göre daha uygun olduğu sunulmuştur.

Konumlandırma çalışmalarında uygulanan akıllı sistemlerde şarj istasyonlarının artış göstermesi için kullanılan yöntemlerdendir. Genetik algoritmaya dayalı yapılan bir çalışmada İrlanda bölgesini 350x200 km genişliğinde bir alana indirgeyip küçük karelere bölen ve korelasyon katsayılarını karşılamaya yönelik amaç güderek şarj istasyonu konumu optimizasyon modeli kurmuştur[67]. Bunun yanı sıra sürdürülebilir konumun temel göstergesi ölçeğini benimseyen ve Monte Carlo Simülasyonunu kullanan bir sürdürülebilir şarj istasyonu konumlandırması çalışması da mevcuttur[68]. Ancak bu alanda yapılan akıllı çalışmaların çoğunun yöneldiği konu çeşitli kriterlere dayanarak akıllı bir rota çizilmesi sonucu şarj istasyonları konumunun belirlenmesi olmuştur[4, 69, 70].

iii. Elektrikli Araçların Şarj İstasyonu Bağlantıları

Dünya üzerinde her ülkede farklı şarj konnektörleri kullanılmaktadır. Bunun sebebi her ülkenin altyapısının değişkenlik göstermesidir. Bu konnektörler Uluslararası Standart Organizasyonu (ISO) ve Uluslararası Elektro-Teknik Komisyonu (IEC) olmak üzere iki standarda oturtulmasına rağmen farklı uluslararası standartlarda mevcuttur[11]. Aynı zamanda güvenlik, kurulum ve bağlantı modu özelliklerine göre akıllı şebeke standartları şu şekilde ayrılabilir: IEEE1547, UL1741, UL2231, UL2594, SAEJ1772, NFPA70 ve NEC Madde 6252.

Şekil 12. Elektrikli Araç Şarj Portları [11]

J-Plug olan SAEJ1772 yuvası, ABD ve Japonya'da seviye 1 ve seviye 2 şarj istasyonları için kullanılmaktadır. DC kaynak olarak ise Japonya ve Çin'de sırası ile CHAdeMO ve GB/T portları kullanılır. Avrupa ve Amerika'da kullanılan CCS portu ve Japonya'da kullanılan CHAdeMO portu yavaş şarj istasyonları için geçerlidir. Portlar Şekil 13'de gösterilmiştir.

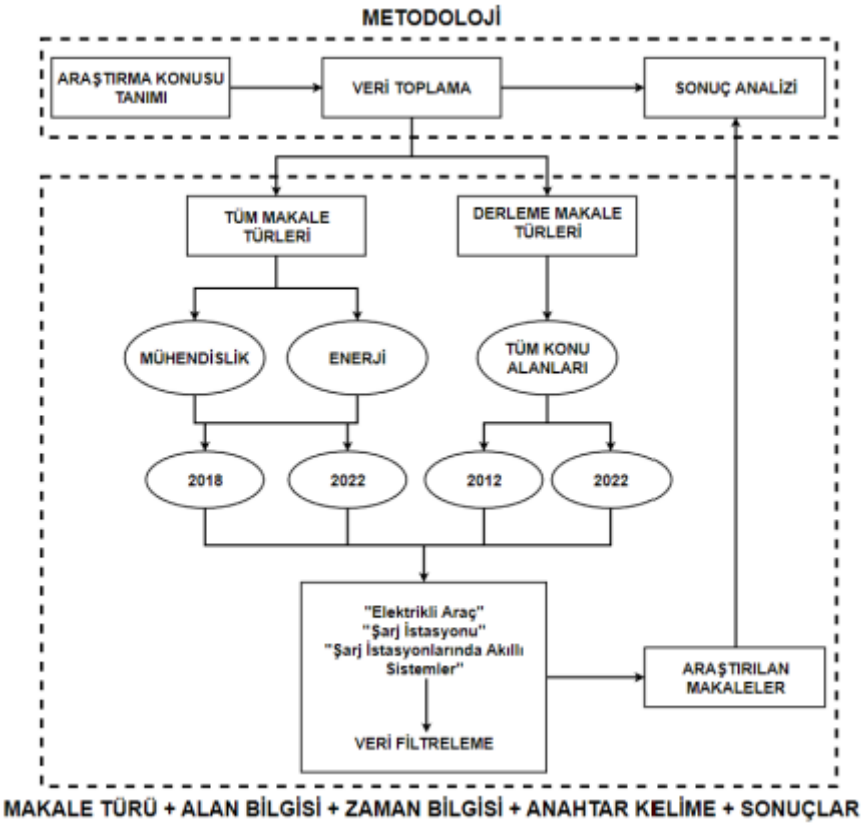
Şekil 13. Elektrikli Araç Şarj Konnektörleri [11]

Elektrikli araçlar için şarj istasyonlarında kullanılan şarj konnektörleri ise Şekil 14'de gösterilmiştir. AC şarj için Avrupa ve Çin'de IEC62196 konnektörleri seviye 1 ve seviye 2 şarj teknolojisinde tek ve üç fazlı olarak kullanılmaktadır. Japonya ve ABD'de ise SAEJ1772 konnektörleri seviye 1 ve 2 için kullanılmaktadır. DC hızlı şarj için ise Çin'de GB/T portu kullanılırken Avrupa'da IEC62196 kullanılmaktadır. Japonya'da CHAdeMO ve ABD'de ise SAEJ1772 kullanılır.

Bu alanda yapılan en yenilikçi ve akıllı çözümler ise kablosuz şarj sistemleridir. Kablolar, mekanik konnektörler ve ilgili alt yapıyı gerektirmediği için çevre ve kullanıcı dostu olan

kablosuz şarj teknolojisi kapasitif ve endüktif güç aktarımı olarak iki farklı başlık üzerinden geliştirilmektedir[71]. Kompanzasyon topolojileri, bobin tasarımı ve iletişim gibi kablosuz şarjın temel teknik bileşenleri de bu teknolojinin gelişmesinde önemlidir[72]. Mevcut kablosuz güç aktarımı sistemlerinde statik ve dinamik şarj sistemleri[73], farklı şarj altyapıları için geliştirilen batarya yönetim sistemleri[74], FEM simülasyonları ile güç kaybı analizi ve termal değerlendirmesi[75], manyetik rezonans yolu ile kablosuz şarj[76] gibi çeşitli teknik konularda çalışmalar mevcuttur. Bu teknik konuların dışında kablosuz şarj teknolojisindeki çalışmaların çoğu akıllı yol[77-82] konusu üzerinedir.

METODOLOJİ



Şekil 14. Metodolojinin Şematik Gösterimi

Bu derleme makalesinde kullanılan araştırma metodolojisi (Şekil 14) aşağıdaki adımlara ayrılmıştır:

a) Literatür taraması için derleme makale türü seçimi ve çalışma alanı seçimi

b) Derleme makale türü için zaman dilimi seçimi

c) Şarj istasyonu teknolojisi araştırması için çalışma alanı seçimi

d) Teknik araştırmada zaman dilimi seçimi

e) Science Direct veri tabanında anahtar kelime araması

f) Araştırılan makaleleri kategorize etme

Metodolojinin ilk adımında derleme makale türü ve şarj istasyonu araştırması için Science Direct veri tabanında kullanılan anahtar kelimeler şunlardır: (a) “Şarj İstasyonu”, (b) “Elektrikli Araç”, (c) “Şarj İstasyonlarında Akıllı Sistemler”. Metodolojinin devamında ise literatür taraması yapılırken derleme

makale türü seçimi sonrasında 2012-2022 zaman dilimi seçimi ve şarj istasyonu teknolojisi araştırması yapılırken Enerji ve Mühendislik alanlarındaki makaleler ayırt edildikten sonra 2018-2022 zaman dilimini seçilmiştir. Araştırılan makaleler kategorize edilerek makale içerisinde referans verilmiştir.

BULGULAR

Tablo 2: Elektrikli Araçlar ile İlgili Küresel Çaptaki Veriler

Numara	Referans	Yıl	Veri Bilgisi
1	[6]	2022	Dünya Çapında Elektrikli Araç Satış Verileri
2	[7]	2022	Seçilen Ülkelerdeki Elektrikli Araç Satış Verileri
3	[8]	2022	Seçilen Ülkelerdeki Elektrikli Araç Satış Verileri
4	[9]	2022	Dünya Çapında Yavaş Şarj İstasyonu Sayısı Verileri
5	[10]	2022	Dünya Çapında Hızlı Şarj İstasyonu Sayısı Verileri

Tablo 3: Güneş Enerjisi Teknolojisi ile İlgili Paylaşılan Referanslar

Numara	Referans	Yıl	İncelemedeki Konusu	Yöntem	Özet
1	[12]	2022	Güneş Enerji Teknolojisi	Gorilla Troop Optimizer Algoritması (GTO)	Şarj istasyonlarına bağlı dağıtım sistemlerinin fotovoltaik paneller ve rüzgâr türbinleri ile optimizasyonu
2	[13]	2022	Güneş Enerji Teknolojisi	Çok Kriterli Jeo-Uzamsal Optimizasyon	Afrika'da fotovoltaik panel ve rüzgâr türbini kurulumu için konum optimizasyonu
3	[14]	2019	Güneş Enerji Teknolojisi	Çok Kriterli Karar Verme (MCDM) tekniği ile Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Analizi	Mauritius adasında stratejik plan ve teşvikler sunmak amacıyla güneş enerjisini verimli kullanmak için konum analizi
4	[15]	2020	Güneş Enerji Teknolojisi	Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemi (CBS)	Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Maksimum Fotovoltaik Panel Kapsama Problemi kullanılarak çatılara panel kurulumu
5	[16]	2021	Güneş Enerji Teknolojisinde Akıllı Sistem	Organik bir Rankine sistemi ve bir absorpsiyonlu soğutma sistemi	Akıllı şehir uygulamaları için kaynak, sistem, hizmet konseptini kullanarak güneş enerjisine dayalı entegre bir enerji sistemi geliştirme
6	[17]	2022	Güneş Enerji Teknolojisinde Akıllı Sistem	ILOG optimizasyon stüdyosunda CPLEX çözücü	Birbirine bağlı birden fazla binanın kar maksimizasyonu ve şarj istasyonu programlanması için optimizasyon
7	[18]	2022	Güneş Enerji Teknolojisinde Akıllı Sistem	Kendi kendine tüketim-yeterlilik dengesi (SCSB) puanı	İş yeri alanlarında güneş enerjisi ile çalışan şarj istasyonları için en uygun fotovoltaik-elektrikli araç boyutlandırma tasarımı
8	[19]	2022	Güneş Enerji Teknolojisinde Akıllı Sistem	Diferansiyel evrim algoritması ile bulanık Pareto baskınlığının hibritlenmesi	Akıllı fotovoltaik invertörleri kullanarak voltaj dengesizliği kompanzasyonu
9	[20]	2022	Güneş Enerji Teknolojisinde Akıllı Sistem	Deterministik doğrusal olmayan programlama (NLP)	Şarj istasyonları ağı aracılığı ile akıllı şebekeye elektrikli araçların entegrasyonu için optimal bir algoritma önerisi
10	[21]	2022	Güneş Enerji Teknolojisinde Akıllı Sistem	Parçacık sürü optimizasyonu (PSO)	Akıllı ev güç profilini düzeltmek, elektrik faturasını azaltmak ve hibrit elektrikli araçların ücretsiz şarjını sağlamak için yeni bir yönetim sistemi önerisi
11	[22]	2021	Güneş Enerji Teknolojisinde Akıllı Sistem	Jaya algoritması ve TLBO ile gösterilmiş bir CSO yöntemi	İyileştirilmiş voltaj profili, minimum güç kaybı ve düşük maliyetli bir dağıtım şebekesinde güneş enerjili şarj istasyonlarını optimum şekilde yerleştirme önerisi
12	[23]	2022	Güneş Enerji Teknolojisinde Akıllı Sistem	Yağmur akışı sayma algoritması (RCA)	Elektrikli araçların bina topluluklarında en yüksek güç talebini düşürülmesi için optimizasyon ve elektrikli araç pillerinin bozulması üzerindeki etkileri inceleme
13	[24]	2021	Güneş Enerji Teknolojisinde Akıllı Sistem	Karma tam sayılı programlama (MIP)	Elektrikli araç pil değişim istasyonlarında müşteri gereksinimlerinin, işletme maliyetlerinin, pillerin durumunun, şebeke gücü sınırlamalarının incelenmesi

Tablo 4: Rüzgâr Enerjisi Teknolojisi ile İlgili Paylaşılan Referanslar

Numara	Referans	Yıl	İncelemedeki Konusu	Yöntem	Özet
1	[25]	2022	Rüzgâr Enerji Teknolojisi	Birleşik Güç Kalite Düzeltici Süper İletken Manyetik Enerji Depolama	Şebekeye bağlı olan sistemlerde şebekedeki voltaj bozulmalarının düzenlenmesi için bir öneri
2	[26]	2022	Rüzgâr Enerji Teknolojisi	Giza Piramitleri İnşaatı ve Geri Çağırma-Gelişmiş Tekrarlayan Sinir Ağı	Şebekedeki dalgalanmalara önlem almak ve korumak için bir enerji yönetim ve dağıtım sistemi önerisi
3	[27]	2021	Rüzgâr Enerji Teknolojisi	Genel Cebirsel Modelleme Sistemi (GAMS)	Hızlı şarj istasyonlarındaki enerji depolama sisteminin rüzgâr gücü dalgalanması sorununa yönelik bir çözüm önerisi
4	[28]	2020	Rüzgâr Enerji Teknolojisi	Asenkron Q-Öğrenme	Mikro şebekedeki dalgalanmalara önlem almak ve korumak için güç akış yöntemi önerisi
5	[29]	2021	Rüzgâr Enerji Teknolojisi	Akıllı Enerji Yönetim Sistemi (IEMS)	Şebeke istikrasızlığı ve düzenleme sorunları için araçtan araca şarj ile şebeke yükünün azaltılması için yapılan bir çözüm önerisi
6	[30]	2020	Rüzgâr Enerji Teknolojisi	Genel Cebirsel Modelleme Sistemi (GAMS)	Rüzgâr enerjisinin kullanıldığı hızlı, orta ve düşük hızlı şarj hizmetleri sunan şarj istasyonları üzerine yapılan çalışmalarda mevcuttur
7	[31]	2019	Rüzgâr Enerji Teknolojisi	Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (ARIMAX)	Saatlik rüzgâr enerjisi çıktılarını tahmin edip karşılanabilecek elektrik ihtiyacı ile ilgili öngörüye sahip olmak için bir öneri
8	[32]	2022	Rüzgâr Enerji Teknolojisi	Kural Tabanlı Bir Algoritma Sistemi	Düşük güç uygulanarak daha uzun şarj etme süresi ile optimum ücretlendirme politikası sunan bir öneri çalışması
9	[33]	2020	Rüzgâr Enerji Teknolojisi	Aşırı Aralıklı Olasılık Yoğunluğu Yöntemine (IEPD)	Rüzgâr türbinlerinin kurulacağı yerde üreteceği elektriği hesaplamak için bir öneri
10	[34]	2020	Rüzgâr Enerji Teknolojisinde Akıllı Sistem	Statik ve Dinamik Zamanlanma Optimizasyonu	Rüzgâr enerjisi üretim entegrasyonunu üst seviyeye çıkarma ve elektrikli araçların şarjı için koordineli bir zamanlama algoritması önerisi
11	[35]	2016	Rüzgâr Enerji Teknolojisinde Akıllı Sistem	Monte Carlo Simülasyon Yöntemi	Rüzgâr üreticisi ve dağıtım sistemi yöneticilerinin faydalarına yönelik bir formülasyon önerisi
12	[36]	2016	Rüzgâr Enerji Teknolojisinde Akıllı Sistem	Optimal Zamanlama Stratejisi	Akıllı ulaşım sistemlerine ve akıllı şebeke sistemlerine dayalı olarak yeni bir optimal şarj planlama stratejisi sunumu
13	[37]	2017	Rüzgâr Enerji Teknolojisinde Akıllı Sistem	Genetik Algoritma-Parçacık Sürü Optimizasyonu (GA-PSO)	Yenilenebilir enerji kaynaklarının ve şarj istasyonlarının aynı anda yer ve kapasite tahsisi yapılması için bir yöntem sunumu
14	[38]	2022	Rüzgâr Enerji Teknolojisinde Akıllı Sistem	Blockchain Teknolojisi	Uçtan uca şeffaflık ve yüksek güvenlik, bakım, kalibrasyon ve denetim de kullanılması için yeni nesil blockchain çalışmaları önerisi
15	[39]	2022	Rüzgâr Enerji Teknolojisinde Akıllı Sistem	Blockchain Teknolojisi	Çok seviyeli elektrikli araç şarj istasyonu, kripto para madenciliği çiftliği ve esnek yüklerle entegre yenilenebilir çok taşıyıcılı bir sistemin sunumu

Tablo 5: Hibrit Enerji Teknolojisi ile İlgili Paylaşılan Referanslar

Numara	Referans	Yıl	İncelemedeki Konusu	Yöntem	Özet
1	[40]	2021	Hibrit Enerji Teknolojisi	HOMER Yazılımı	Hibrit şarj istasyonu boyutlandırması çalışması
2	[41]	2017	Hibrit Enerji Teknolojisi	Optimum Elektrik Üretimi Hesaplaması	İzmir şehri için bir hibrit şarj istasyonun boyutlandırma tasarımı
3	[42]	2022	Hibrit Enerji Teknolojisi	HOMER Pro 3.14 Yazılımı	Hibrit şarj istasyonunun tekno-ekonomik değerlendirmesi
4	[43]	2017	Hibrit Enerji Teknolojisi	Maksimum Güç Noktası İzleme Yontemi (MPPT)	Fotovoltaik panellerin ve rüzgâr türbinlerinin maksimum güç noktalarını aynı anda izleyen bir sistem önerisi
5	[44]	2022	Hibrit Enerji Teknolojisi	HOMER Yazılımı	Danimarka'da dört bölgede şarj istasyonu tasarımı ve istasyonun performans analizi

Tablo 6: Altyapı Çalışmaları ile İlgili Paylaşılan Referanslar

Numara	Referans	Yıl	İncelemedeki Konusu	Yöntem	Özet
1	[50]	2022	Altyapı Çalışmaları	Literatür Taraması	Güncel elektrikli araç şarj altyapısı, teknolojisi ve şarj istasyonu tanımlamasıyla ilgili sorunları kapsamlı bir şekilde incelemesi
2	[51]	2022	Altyapı Çalışmaları	Literatür Taraması	Şarj istasyonu altyapısı, zorlukları ve gelecekteki araştırma çalışmalarını geliştirmek için altyapıyı standartlaştırma çabaları ile ilgili araştırma ve gelişmeleri analiz
3	[52]	2022	Altyapı Çalışmaları	Bulanık Mantık Kontrolü ve Kayan Mod Kontrolü	Hızlı şarj istasyonlarının elektrik şebekesi üzerindeki etkilerini ve araçtan şebekeye teknolojisinin sisteme etkilerini değerlendirmek için kontrol sistemi önerisi
4	[53]	2021	Altyapı Çalışmaları	Literatür Taraması	Geliştirme teşvikleri, güç dönüştürücüleri, standartlar, endüstriyel uygulamalar ve trendler dahil olmak üzere elektrikli araç şarj sistemlerinin bir sunumu
5	[54]	2021	Altyapı Çalışmaları	Literatür Taraması	Şarj istasyonunun tasarım yönleri hakkında elektrikli araçların ve çeşitli konfigürasyonların genel bir incelemesi
6	[55]	2022	Altyapı Çalışmaları	Karma Tamsayılı bir Programlama Modeli	Elektrikli araç şarj istasyonu ile AC/DC hibrit dağıtım ağının arızalarının giderilmesi için bir model sunumu
7	[56]	2022	Altyapı Çalışmaları	Literatür Taraması	Elektrikli araçlar için hızlı şarj istasyonu tasarımı ve akıllı şehirler için gelecek trendleri incelemesi
8	[3]	2022	Altyapı Çalışmaları	Karşılaştırmalı İnceleme ve Maliyet Modeli	DC şarja geçişin faydalarını incelemek için DC hızlı şarj istasyonlarındaki tipik müşteri kullanım modellerini AC şarj istasyonlarıyla karşılaştırma
9	[57]	2022	Altyapı Çalışmalarında Akıllı Sistem	İş Modeli Çerçevesi	Akıllı şarj sürecini en iyi şekilde yöneterek akıllı şarjın esneklik potansiyelinden yararlanabilmek için uygulanabilir bir iş modeli tasarımı
10	[58]	2021	Altyapı Çalışmalarında Akıllı Sistem	Monte Carlo Simülasyonu	Şarj istasyonu boyutlandırma problemini, şarj istasyonu operatörlerinin yatırım maliyetlerini en aza indiren bir optimizasyon çerçevesi aracılığıyla, müşteriler için belirli bir Hizmet Kalitesi elde etmeye bağlı olan çözüm önerisi
11	[59]	2020	Altyapı Çalışmalarında Akıllı Sistem	Senaryo Tabanlı Bir Yöntem	Elektrikli araçların şarj edilebileceği üç temel altyapının kapsamlı bir şekilde incelenmesi
12	[60]	2022	Altyapı Çalışmalarında Akıllı Sistem	Akıllı Şarj Sistemi	Tesisteki toplam yük profilinin en yüksek talebini en aza indirmek amacıyla, ticari tesislerinde elektrikli kamyon şarj sürecini yöneten bir akıllı şarj sistemi önerisi
13	[61]	2022	Altyapı Çalışmalarında Akıllı Sistem	RAMP Mobilitesi Modeli	Elektrikli araç mobilitesini ve şarj zaman serilerini yüksek zamansal çözünürlükte simüle eden, toplanması kolay, açık erişilebilir verilere odaklı açık kaynaklı model önerisi

Tablo 7: Konumlandırma Teknolojisi ile İlgili Paylaşılan Referanslar

Numara	Referans	Yıl	İncelemedeki Konusu	Yöntem	Özet
1	[62]	2022	Konumlandırma Teknolojisi	Düğüm, Yol ve Tur Tabanlı Yaklaşımlar	Literatürdeki altyapı yerleşim hedeflerinin incelenmesi ve bu hedeflere ulaşmak için düğüm, yol, tur tabanlı yaklaşım önerisi
2	[63]	2018	Konumlandırma Teknolojisi	HOMER	Güneş enerjisi ile desteklenen şarj istasyonlarının optimum konumu için akaryakıt istasyonlarının çatı kullanımı önerisi
3	[64]	2021	Konumlandırma Teknolojisi	Teorik Talep ve Stokastik Model	Elektrikli araç trafiği, kaynak kullanımı, tekno-ekonomik değerlendirme, mikro şebeke için konfigürasyon ve çevresel değerlendirme kriterleriyle optimum konumlandırma önerisi
4	[65]	2022	Konumlandırma Teknolojisinde Akıllı Sistem	Genetik Algoritma	İrlanda bölgesini 350x200 km genişliğinde bir alana indirgeyip küçük karelere bölen ve korelasyon katsayılarını karşılama amacıyla şarj istasyonu konumu optimizasyon modeli önerisi
5	[66]	2022	Konumlandırma Teknolojisinde Akıllı Sistem	Monte Carlo Simülasyonu	Sürdürülebilir şarj istasyonu konumlandırması çalışması
6	[4]	2022	Konumlandırma Teknolojisinde Akıllı Sistem	İki Katmanlı Genetik Algoritma ve Benzetilmiş Tavlama	İki seviyeli bir programa dayalı olarak lojistik şirketleri için bir kamu şarj altyapısı yerelleştirme ve rota planlama stratejisi önerisi
7	[67]	2022	Konumlandırma Teknolojisinde Akıllı Sistem	Akıllı Rota Yöntemi	Elektrikli araçları şarj etmede en yüksek kullanıcı rahatlığını sunan bir şarj istasyonu bulma zorluğunu benimseyen bir çözüm önerisi
8	[68]	2022	Konumlandırma Teknolojisinde Akıllı Sistem	Karma Tam Sayılı Doğrusal Programlama (MILP)	İstasyon durumlarına, sistem topolojisine ve istasyonların siber saldırı tehdit seviyelerine göre en iyi planları tespit eden elektrikli araç güzergâh planlaması

Tablo 8: Şarj İstasyonu Bağlantıları ile İlgili Paylaşılan Referanslar

Numara	Referans	Yıl	İncelemedeki Konusu	Yöntem	Özet
1	[69]	2022	Şarj İstasyonu Bağlantılarında Akıllı Sistem	Endüktif Güç Aktarımı Tabanlı Tasarım	Sabit ve dinamik kablosuz şarj sistemleri incelenmiştir.
2	[70]	2019	Şarj İstasyonu Bağlantılarında Akıllı Sistem	Kompanzasyon Topolojileri ve Bobin Tasarımı	Elektrikli araçlar için kablosuz şarj teknolojisi hakkında zamanında kapsamlı bir inceleme ve şarj teknolojisinin sağlık ve güvenlik yönünün ele alınması.
3	[71]	2018	Şarj İstasyonu Bağlantılarında Akıllı Sistem	Statik ve Dinamik Ana Uygulamaları ile Kablosuz Güç Aktarımı	Mevcut kablosuz güç aktarımını statik ve dinamik ana başlıkları ile inceler. Mevcut diğer teknolojiler ile niteliksel karşılaştırma yapılmıştır.
4	[72]	2022	Şarj İstasyonu Bağlantılarında Akıllı Sistem	Batarya Yönetim Sistemi (BMS)	Statik ve dinamik kablosuz şarjın batarya yönetim sistemi uygulaması üzerindeki etkisi incelenmiştir.
5	[73]	2020	Şarj İstasyonu Bağlantılarında Akıllı Sistem	Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM)	Kablosuz elektrikli araç şarj teknolojisinde güç kaybı analizi yapılmıştır. Zemin montajının aşırı sıcaklık riski durumu için termal değerlendirme yapılmıştır.
6	[74]	2019	Şarj İstasyonu Bağlantılarında Akıllı Sistem	Manyetik Rezonans Yöntemi	Manyetik rezonans yoluyla kablosuz elektrikli araç şarjına kapsamlı bir genel bakış sunmaktır.
7	[75]	2021	Şarj İstasyonu Bağlantılarında Akıllı Sistem	Piezoelektrik Enerji Toplayıcı Tasarımı	Elektrikli araç için potansiyel olarak bir güç kaynağı oluşturma amacı doğrultusunda deformasyon yönlendirme mekanizması ile kaldıraç tipi bir piezoelektrik enerji toplayıcı önerilmiştir.
8	[76]	2018	Şarj İstasyonu Bağlantılarında Akıllı Sistem	Endüktif Güç Aktarımı Yöntemi (IPT)	Kendi kendini iyileştiren otoyollara endüktif güç aktarımı sisteminin ve endüktif şarjlı güneş yollarının entegrasyonu.
9	[77]	2022	Şarj İstasyonu Bağlantılarında Akıllı Sistem	Endüktif Bağlantılı Güç Transferi (ICPT)	Elektrikli yollarda elektrikli araç şarjı için teknoloji geliştirmeyi eleştirel bir şekilde gözden geçirmek ve kablosuz güç aktarımı için elektrikli karayolu altyapısına yenilenmiş bakış açıları sunmak
10	[78]	2021	Şarj İstasyonu Bağlantılarında Akıllı Sistem	Sinyalize Bir Kavşakta Araç Hareketlerine Dayalı Bir Sistem	Araçları şarj etmek için trafik ışıklarında araçların yavaş hareketinden yararlanarak kavşaklara kısmi kablosuz şarj şeridi yerleştirme önerisi.
11	[79]	2021	Şarj İstasyonu Bağlantılarında Akıllı Sistem	Kombinatoryal-Klasik Bender Ayrıştırma Yaklaşımı	Elektrikli aracın benimsenmesini kolaylaştıran uygun maliyetli bir kablosuz şarj istasyonu dağıtım ağı tasarımı
12	[80]	2022	Şarj İstasyonu Bağlantılarında Akıllı Sistem	AIMSUN API ile Trafik Simülasyon Modeli	Dinamik kablosuz şarj tabanlı bir elektrikli yol sisteminin elektrikli araç akışı ve enerji tüketimi üzerindeki etkisini incelenmiştir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada elektrik araç şarj istasyonlarında kullanılan klasik ve akıllı teknolojilere ilişkin araştırma makaleleri 2018- 2022 yılları aralığı temel alınarak incelenmiştir. İncelemede şarj istasyonlarının beslemesi, çalışma yapısı ve kullanılan teknolojiler ele alınmıştır.

Elektrikli araç şarj istasyonlarının şarj ihtiyaçlarını karşılaması konusunda şehir şebekesinin yanı sıra yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının oldukça yaygın olduğu görülmüştür. Özellikle güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve bunların hibrit kullanımlarını görmekteyiz.

Şarj istasyonlarının kurulumuna ilişkin çalışmalarda kurulacak yerin önemli bir husus olduğu görülmektedir. Konut, işyeri, sanayi tesisleri gibi farklı alanlar için farklı özellikleri barındıran şarj istasyonlarının Yavaş/Hızlı şarj, AC/DC kaynaklı şarj gibi özellikler ile kurulması gerektiği gözlenmiştir. Bu kısımda kurulacak yerin enerji dağıtım noktalarına olan konumu, güneş ve rüzgâr potansiyelleri gibi özellikler önem arz etmektedir.

İlk yapılan şarj istasyonları standart özelliklere sahip olsa da beraberinde getirdiği avantajlardan dolayı son yıllarda akıllı şarj istasyonlarının sayısının hızla arttığını görmekteyiz. Esneklik, hizmet kalitesi ve e-mobilite açısından tercih edilen akıllı sistemler enerji kaynağı kullanımını optimum seviyede tutmaktadır.

Şarj istasyonlarının bağlantılarına yönelik küresel standartlar takip edilmesinin yanında ülkelerin altyapılarına göre değişiklik bağlantılar kullanılabilmektedir.

Şarj istasyonları ve kullanılan teknolojilere yönelik yaptığımız bu araştırmada; Güneş Enerjisi Teknolojileri, Rüzgâr Enerjisi Teknolojileri, Hibrit yapılar, Altyapı çalışmaları, Konumlandırma Teknolojileri, Şarj Bağlantı Teknolojileri olmak üzere 6 farklı başlık altında inceleme yapılmıştır. Bu başlıklar çerçevesinde 2018-2022 yıllarında hem standart hem de akıllı teknolojileri barındıran çalışmalar irdelenmiş ve tablolar halinde sunulmuştur.

Güneş enerjisi içeren şarj istasyonlarına yönelik araştırmalara baktığımızda fotovoltaik panellerin en verimli şekilde kullanmak için konum analizleri ve panel kapsama hesapları yapıldığını görüyoruz. Bu alanda akıllı teknolojiler içeren çalışmalar ise dağıtım şebekesi yerleştirme tasarımı, akıllı şehir uygulamalarına entegrasyon, voltaj dengesizliği kompanzasyonu, akıllı ev güç profilini düzeltmek ve elektrikli araç pil değişim istasyonlarında optimizasyon üzerinedir.

Rüzgâr enerjisi içeren şarj istasyonlarına yönelik araştırmalara baktığımızda şebekedeki voltaj bozulması düzenlemeleri, enerji yönetim ve dağıtım sistemi, rüzgâr gücü dalgalanması sorununa yönelik çözüm, şebeke yükünün azaltılması, saatlik rüzgâr enerjisi çıktılarını tahmini, ücretlendirme politikası ve optimum elektrik üretimi için kurulacağı yer üzerine çalışmalar yapıldığını görüyoruz. Bu alanda akıllı teknolojiler içeren çalışmalar ise koordineli bir zamanlama algoritması, rüzgâr üreticisi ve dağıtım sistemi yöneticilerinin faydalarına yönelik çalışma, optimal şarj planlama stratejisi, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve şarj istasyonlarının yer ve kapasite tahsisi, yeni nesil blockchain çalışmaları ve yenilenebilir çok taşıyıcılı bir sistem üzerinedir.

Hibrit enerji içeren şarj istasyonlarına yönelik araştırmalara baktığımızda boyutlandırma çalışması, tekno-ekonomik değerlendirmesi, maksimum güç noktası izleyici bir sistem ve şarj istasyonu tasarımı ile birlikte istasyonun performans analizi çalışmaları yapıldığını görüyoruz.

Altyapı çalışmalarına yönelik araştırmalara baktığımızda güncel elektrikli araç şarj altyapısı, tasarımı ve zorlukları üzerine literatür taraması, kontrol sistemi, arıza giderme ve AC/DC şarj istasyonu karşılaştırması yapıldığını görüyoruz. Bu alanda akıllı teknolojiler içeren çalışmalar ise akıllı şarj modeli, şarj istasyonu boyutlandırma problemi, üç temel altyapının incelenmesi ve elektrikli araç mobilitesinin ve şarj zaman serilerinin açık kaynaklı modellenmesi üzerinedir.

Konumlandırma Teknolojilerine yönelik araştırmalara baktığımızda üç farklı tabanda yaklaşım önerisi, akaryakıt istasyonlarının çatı kullanımı ve farklı kriterlere dayalı optimum konumlandırma yapıldığını görüyoruz. Bu alanda akıllı teknolojiler içeren çalışmalar ise korelasyon katsayısı karşılama amacıyla şarj istasyonu konum optimizasyonu, sürdürülebilir şarj istasyonu konumlandırması ve akıllı rota hesaplaması üzerinedir.

Şarj Bağlantı Teknolojilerinde akıllı sistem içeren araştırmalar ise sabit ve dinamik kablosuz şarj, sağlık ve güvenlik yönünün incelenmesi, statik ve dinamik kablosuz şarjın diğer teknolojiler ile niteliksel karşılaştırması, güç kaybı analizi ve termal değerlendirme, manyetik rezonans ile kablosuz şarj ve akıllı otoyol üzerinedir.

YAZAR KATKILARI

S. M. KILINÇARSLAN[1]: Metodoloji belirleme, literatür araştırması ve incelemesi, makale yazımı. H. E. KOÇER[2]: Metodoloji belirleme, makale düzenlemesi.

REFERANSLAR

1. Kocabey, S., ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLERİN DÜNÜ, BUGÜNÜ VE GELECEĞİ. 2017.

2. Şenlik, İ., UYUYAN DEVRİM: ELEKTRİKLİ ARAÇLAR. 2015. 455: p. 64-67.

3. Lim, K.L., S. Speidel, and T. Bräunl, A comparative study of AC and DC public electric vehicle charging station usage in Western Australia. Renewable and Sustainable Energy Transition, 2022. 2.

4. Li, J., Z. Liu, and X. Wang, Public charging station localization and route planning of electric vehicles considering the operational strategy: A bi-level optimizing approach. Sustainable Cities and Society, 2022. 87.

5. By 2030 EVs represent more than 60% of vehicles sold globally, and require an adequate surge in chargers installed in buildings. 2022.

6. Electric car registrations and sales share in China, United States, Europe and other regions, 2016-2021. 2022.

7. Electric car registrations and sales share in selected countries, 2016-2021. 2022.

8. Electric car registrations and sales share in North-Western European regions, 2016-2021. 2022.

9. Slow publicly available chargers, 2015-2021. 2022.

10. Fast publicly available chargers, 2015-2021. 2022.

11. Alsharif, A., et al., A comprehensive review of energy management strategy in Vehicle-to-Grid technology integrated with renewable energy sources. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 2021. 47.

12. Eid, A., O. Mohammed, and H. El-Kishky, Efficient operation of battery energy storage systems, electric-vehicle charging stations and renewable energy sources linked to distribution systems. Journal of Energy Storage, 2022. 55.

13. Doorga, J.R.S., J.W. Hall, and N. Eyre, Geospatial multi-criteria analysis for identifying optimum wind and solar sites in Africa: Towards effective power sector decarbonization. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2022. 158.

14. Doorga, J.R.S., S.D.D.V. Rughooputh, and R. Boojhawon, Multicriteria GIS-based modelling technique for identifying potential solar farm sites: A case study in Mauritius. Renewable Energy, 2019. 133: p. 1201-1219.

15. Zhong, Q. and D. Tong, Spatial layout optimization for solar photovoltaic (PV) panel installation. Renewable Energy, 2020. 150: p. 1-11.

16. Ağaçayak, A.C., Yalçın G., Neşeli, S., (2019). "Güneş Enerjisi Ile Elektrik Üretimi," Mühendislik Alanında Araştırma Makaleleri, Gece Akademi, pp. 121- 130.

17. Ağaçayak, A.C., Terzioğlu, H., Neşeli, S., Yalçın G., (2018). "Small Power Wind Turbine Design," Acad. Studies in Eng., Gece Publishing, pp. 121- 130.

16. Abu-Rayash, A. and I. Dincer, Development and analysis of an integrated solar energy system for smart cities. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 2021. 46.

17. Ahsan, S.M., H.A. Khan, and a. Naveed-ul-Hassan, Optimized power dispatch for smart building(s) and electric vehicles with V2X operation. Energy Reports, 2022. 8: p. 10849-10867.

18. Fachrizal, R., et al., Optimal PV-EV sizing at solar powered workplace charging stations with smart charging schemes considering self-consumption and self-sufficiency balance. Applied Energy, 2022. 307.

19. Gholami, K., S. Karimi, and A. Anvari-Moghaddam, Multiobjective Stochastic Planning of Electric Vehicle Charging Stations in Unbalanced Distribution Networks Supported by Smart Photovoltaic Inverters. Sustainable Cities and Society, 2022. 84.

20. ur Rehman, U., A robust vehicle to grid aggregation framework for electric vehicles charging cost minimization and for smart grid regulation. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2022. 140.

21. Ben Arab, M., M. Rekik, and L. Krichen, Suitable various-goal energy management system for smart home based on photovoltaic generator and electric vehicles. Journal of Building Engineering, 2022. 52.

22. Ahmad, F., M. Khalid, and B.K. Panigrahi, An enhanced approach to optimally place the solar powered electric vehicle charging station in distribution network. Journal of Energy Storage, 2021. 42.

23. Huang, P., et al., Investigation of electric vehicle smart charging characteristics on the power regulation performance in solar powered building communities and battery degradation in Sweden. Journal of Energy Storage, 2022. 56.

24. Zaher, G.K., et al., Optimal operation of battery exchange stations for electric vehicles. Electric Power Systems Research, 2021. 192.

25. Jin, J., et al., An improved compensation method for voltage sags and swells of the electric vehicles charging station based on a UPQC-SMES system. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2022. 143.

26. Rajani, B. and B.N. Kommula, An optimal energy management among the electric vehicle charging stations and electricity distribution system using GPC-RERNN approach. Energy, 2022. 245.

27. Liu, X. and T. Feng, Energy-storage configuration for EV fast charging stations considering characteristics of charging load and wind-power fluctuation. Global Energy Interconnection, 2021. 4(1): p. 48-57.

28. Erick, A.F., Komla, Power Flow Management in Multi Source Electric Vehicle Charging Station. 2020.

29. Chacko, P.J. and M. Sachidanandam, An optimized energy management system for vehicle to vehicle power transfer using micro grid charging station integrated Gridable Electric Vehicles. Sustainable Energy, Grids and Networks, 2021. 26.

30. Mehrjerdi, H. and R. Hemmati, Stochastic model for electric vehicle charging station integrated with wind energy. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 2020. 37.

31. Lee, Y. and J. Hur, A simultaneous approach implementing windpowered electric vehicle charging stations for charging demand dispersion. Renewable Energy, 2019. 144: p. 172-179.

32. Wu, J. and Q.-S. Jia, On optimal charging scheduling for electric vehicles with wind power generation. Fundamental Research, 2022.

33. Han, S., et al., Wind turbine power curve modeling based on interval extreme probability density for the integration of renewable energies and electric vehicles. Renewable Energy, 2020. 157: p. 190-203.

34. Sharifi, P., A. Banerjee, and M.J. Feizollahi, Leveraging owners' flexibility in smart charge/discharge scheduling of electric vehicles to support renewable energy integration. Computers & Industrial Engineering, 2020. 149.

35. Shojaabadi, S., et al., Simultaneous planning of plug-in hybrid electric vehicle charging stations and wind power generation in distribution networks considering uncertainties. Renewable Energy, 2016. 99: p. 237-252.

36. Luo, Y., et al., Optimal charging scheduling for large-scale EV (electric vehicle) deployment based on the interaction of the smartgrid and intelligent-transport systems. Energy, 2016. 97: p. 359- 368.

37. Mozafar, M.R., M.H. Moradi, and M.H. Amini, A simultaneous approach for optimal allocation of renewable energy sources and electric vehicle charging stations in smart grids based on improved GA-PSO algorithm. Sustainable Cities and Society, 2017. 32: p. 627-637.

38. Sohrabi Tabar, V., S. Ghassemzadeh, and S. Tohidi, Risk-based day-ahead planning of a renewable multi-carrier system integrated with multi-level electric vehicle charging station, cryptocurrency mining farm and flexible loads. Journal of Cleaner Production, 2022.

39. Wang, J., A novel electric vehicle charging chain design based on blockchain technology. Energy Reports, 2022. 8: p. 785-793.

40. Ekren, O., C. Hakan Canbaz, and Ç.B. Güvel, Sizing of a solarwind hybrid electric vehicle charging station by using HOMER software. Journal of Cleaner Production, 2021. 279.

41. Güvel, Ç.B.E., Orhan, İZMİR İLİ İÇİN YENİLENEBİLİR HİBRİT ENERJİLİ ŞARJ. 2017.

42. Li, C., et al., Techno-economic evaluation of electric vehicle charging stations based on hybrid renewable energy in China. Energy Strategy Reviews, 2022. 41.

43. Fathabadi, H., Novel grid-connected solar/wind powered electric vehicle charging station with vehicle-to-grid technology. Energy, 2017. 132: p. 1-11.

44. Boddapati, V., et al., Design and prospective assessment of a hybrid energy-based electric vehicle charging station. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 2022. 53.

45. Anand, M.P., B. Bagen, and A. Rajapakse, Reliability oriented distribution system analysis considering electric vehicles and hybrid energy resources. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2022. 137.

46. Liang, Y., H. Wang, and X. Zhao, Analysis of factors affecting economic operation of electric vehicle charging station based on DEMATEL-ISM. Computers & Industrial Engineering, 2022. 163.

47. Sun, C., et al., Economic and environmental analysis of coupled PV-energy storage-charging station considering location and scale. Applied Energy, 2022. 328.

48. Al Wahedi, A. and Y. Bicer, Techno-economic optimization of novel stand-alone renewables-based electric vehicle charging stations in Qatar. Energy, 2022. 243.

49. Haidar, B. and M.T. Aguilar Rojas, The relationship between public charging infrastructure deployment and other socioeconomic factors and electric vehicle adoption in France. Research in Transportation Economics, 2022. 95.

50. Savari, G.F., et al., Assessment of charging technologies, infrastructure and charging station recommendation schemes of electric vehicles: A review. Ain Shams Engineering Journal, 2022.

51. Mastoi, M.S., et al., An in-depth analysis of electric vehicle charging station infrastructure, policy implications, and future trends. Energy Reports, 2022. 8: p. 11504-11529.

52. Mohammed, A.M., et al., Sliding mode-based control of an electric vehicle fast charging station in a DC microgrid. Sustainable Energy, Grids and Networks, 2022. 32.

53. Rajendran, G., et al., A comprehensive review on system architecture and international standards for electric vehicle charging stations. Journal of Energy Storage, 2021. 42.

54. Narasipuram, R.P. and S. Mopidevi, A technological overview & design considerations for developing electric vehicle charging stations. Journal of Energy Storage, 2021. 43.

55. Huang, M., et al., Research on fault recovery method of AC/DC hybrid distribution network with electric vehicle charging station. Energy Reports, 2022. 8: p. 273-279.

56. shafiei, M. and A. Ghasemi-Marzbali, Fast-charging station for electric vehicles, challenges and issues: A comprehensive review. Journal of Energy Storage, 2022. 49.

57. Afentoulis, K.D., et al., Smart charging business model framework for electric vehicle aggregators. Applied Energy, 2022. 328.

58. Khaksari, A., et al., Sizing of electric vehicle charging stations with smart charging capabilities and quality of service requirements. Sustainable Cities and Society, 2021. 70.

59. Sachan, S., S. Deb, and S.N. Singh, Different charging infrastructures along with smart charging strategies for electric vehicles. Sustainable Cities and Society, 2020. 60.

60. Al-Hanahi, B., et al., Smart charging strategies for heavy electric vehicles. eTransportation, 2022. 13.

61. Mangipinto, A., et al., Impact of mass-scale deployment of electric vehicles and benefits of smart charging across all European countries. Applied Energy, 2022. 312.

62. Metais, M.O., et al., Too much or not enough? Planning electric vehicle charging infrastructure: A review of modeling options. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2022. 153.

63. Alghoul, M.A., et al., The role of existing infrastructure of fuel stations in deploying solar charging systems, electric vehicles and solar energy: A preliminary analysis. Technological Forecasting and Social Change, 2018. 137: p. 317-326.

64. N, H., et al., Analysis of microgrid integrated Photovoltaic (PV) Powered Electric Vehicle Charging Stations (EVCS) under different solar irradiation conditions in India: A way towards sustainable development and growth. Energy Reports, 2021. 7: p. 8534-8547.

65. Zhou, G., Z. Zhu, and S. Luo, Location optimization of electric vehicle charging stations: Based on cost model and genetic algorithm. Energy, 2022. 247.

66. Carra, M., G. Maternini, and B. Barabino, On sustainable positioning of electric vehicle charging stations in cities: An integrated approach for the selection of indicators. Sustainable Cities and Society, 2022. 85.

67. Kumar, A., R. Kumar, and A. Aggarwal, S2RC: A multi-objective route planning and charging slot reservation approach for electric vehicles considering state of traffic and charging station. Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences, 2022. 34(5): p. 2192-2206.

68. Mohammadi, M. and J.B. Mohasefi, Availability-based and riskless optimization model for electric vehicles optimal itinerary planning in smart grid. Sustainable Energy, Grids and Networks, 2022. 30.

69. Amjad, M., et al., Wireless charging systems for electric vehicles. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2022. 167.

70. Machura, P. and Q. Li, A critical review on wireless charging for electric vehicles. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2019. 104: p. 209-234.

71. Panchal, C., S. Stegen, and J. Lu, Review of static and dynamic wireless electric vehicle charging system. Engineering Science and Technology, an International Journal, 2018. 21(5): p. 922-937.

72. Aganti, M., et al., Investigation of battery management system for electric vehicles wireless power charger. Materials Today: Proceedings, 2022.

73. Niu, S., et al., Power loss analysis and thermal assessment on wireless electric vehicle charging technology: The overtemperature risk of ground assembly needs attention. Applied Energy, 2020. 275.

74. Niu, S., et al., The state-of-the-arts of wireless electric vehicle charging via magnetic resonance: principles, standards and core technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2019. 114.

75. Jeon, D.H., et al., A lever-type piezoelectric energy harvester with deformation-guiding mechanism for electric vehicle charging station on smart road. Energy, 2021. 218.

76. Majhi, R.C., P. Ranjitkar, and M. Sheng, Assessment of dynamic wireless charging based electric road system: A case study of Auckland motorway. Sustainable Cities and Society, 2022. 84.

77. Mubarak, M., et al., Strategic network design and analysis for inmotion wireless charging of electric vehicles. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2021. 145.

78. Soares, L. and H. Wang, A study on renewed perspectives of electrified road for wireless power transfer of electric vehicles. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2022. 158.

79. Ataner E., Terzioğlu H., Yalçın G., (2020). Elektrikli Araçlarda Batarya Yönetim Sistemi. Elektrikli Araçlara Genel Bir Bakış-2, iksad Publishing House, Basım sayısı:1, 31-52.ISBN: 978-625-7687-48-5, pp. 31- 52.

80. Venugopal, P., et al., Roadway to self-healing highways with integrated wireless electric vehicle charging and sustainable energy harvesting technologies. Applied Energy, 2018. 212: p. 1226-1239.

81. Zhang, J., et al., Eco-driving control for connected and automated electric vehicles at signalized intersections with wireless charging. Applied Energy, 2021. 282

82. Özdeş B., Terzioğlu H., Ağaçayak A.C., (2020). Elektrikli Araçlarda Telemetri. Elektrikli Araçlara Genel Bir Bakış-2, iksad Publishing House, Basım sayısı:1, 53-72.ISBN: 978-625-7687-48-5, pp. 53- 72.

BÖLÜM 17

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA ARAÇ KONTROL SİSTEMİ(AKS)GELİŞTİRİLMESİ

Murat CENGİL[1]
[1] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0003-1679-3255

Halide Gülhüda AYYILDIZ[2]
[2] Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0003-0304-5610

GİRİŞ

Araç kontrol sistemi (AKS), araç üzerinde bulunan çeşitli sistemlerin birbiri ile ilişkilendirilerek gerekli haberleşme protokolünün seçilmesi ile sistemler üzerinde bulunan sensörlerden merkez diye tabir ettiğimiz AKS 'ye, AKS 'den ise sistemler üzerinde bulunan sensörlere çift yönlü veri iletişimini sağlayan bu verileri kaydeden, öncelik sırasına göre düzenleyen, kontrol edebilen ve yönetebilen sisteme denmektedir. Araç üzerinde bulunan Motor Sürücü, Batarya Yönetim Sistemi, Enerji Yönetim Sistemi gibi birimlerden verileri haberleşme protokolü ile çekerek aynı birimlerin kontrolünü sağlamakta ve sürücüye iletmekte, bir sorun tespit ettiğinde derhal müdahale ederek sürücü ve çevredekileri bilgilendirmektedir [3].

ARAÇ KONTROL SİSTEMİ FONKSİYONLARI

Tasarlanan AKS en az 4 (üç) ana fonksiyonu yerine getirebilmektedir [1]. Bunlar:

- Araç durumunun izlenmesi ve kullanıcıya iletilmesi;
- Arıza teşhisi;
- Araç içi haberleşme sistemi;
- Araç verilerinin izleme merkezine aktarılması.

Araç için tasarlanan araç kontrol sistemi bu fonksiyonları bir kart üzerinde toplayarak bu isterileri yerine getirecektir. Aşağıda Şekil 2.1'de bu fonksiyonlar verilmiştir.

Tasarlanan sistem sayesinde araç kontrol sistemi, sisteme hâkim olup sistem için olumsuz durumlar yaşanacağı zaman (Arıza) bu durumları kullanıcıya iletip olumsuz duruma müdahalede bulunabilecek, araç içerisindeki veriler RF modülü sayesinde belirli bir mesafede bulunan izleme merkezine aktarılacaktır. AKS üzerinde log kaydı tutabilmek amacı ile SD kart modülü kullanılacaktır.

ARAÇ İÇİ CAN-BUS HABERLEŞMESİ

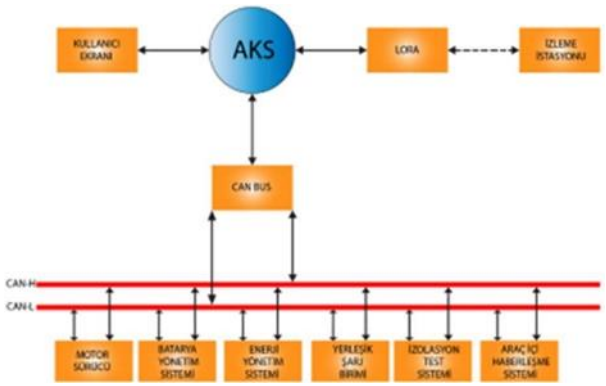
Sistemin tüm bunları yapabilmesi için uygun bir haberleşme

Şekil 1. Araç kontrol sistemi fonksiyonları

protokolü gerekmektedir. Yapılan literatür araştırmaları doğrultusunda sistem için en uygun protokolün Can-Bus olduğuna karar verilmiştir. Bu protokolün özelikleri genel olarak:

- Mesajların ID'lendirildiği adres temelli değil mesaj temelli bir sistemdir.
- Her cihaz master olarak işlev görür.
- Aynı veri birden fazla ünite tarafından alınabilmektedir.
- Tüm üniteler aynı anda veri göndermeye çalışırsa çatışmalar yaşanacaktır. Bu nedenle tüm üniteler iletim hattını dinler ve hattın boş olduğu an verisini gönderir.
- Gönderilen veriler üniteler tarafından alınır ve her ünite CAN-BUS filtreleri yardımı ile kendisiyle ilgili olan mesajları almaktadır.
- Hata ve mesajlar öncelik seviyelerine göre iletilir.

CAN-BUS sisteminde veriler paketler biçiminde iletilmektedir. Birincisi Can 2.0A (Standart Can), bir diğeri ise Can 2.0B(Extended Can) olarak adlandırılmaktadır. Bu kart ile sistemdeki düğümler tek tek denenip AKS üzerinde bulunan işlemci ile haberleşme çalışmaları yapılacak ve yapılan denemeler sonucunda nihai AKS kartı ortaya çıkacaktır. Şu ana kadar anlatılan Araç Kontrol Sistemi içerikleri aşağıda Şekil 2 'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Araç kontrol sistemi blok şeması

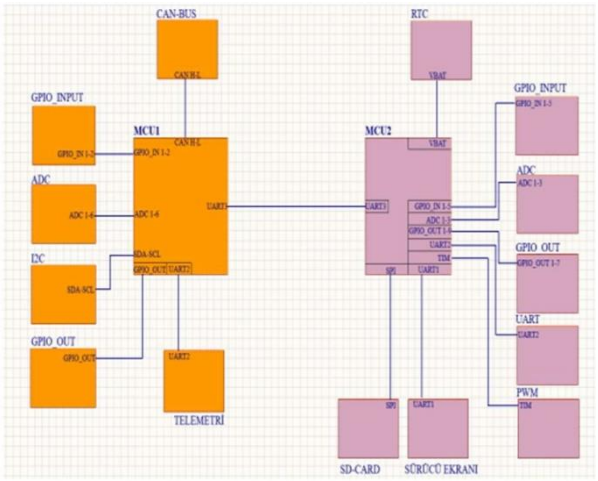
Araç Kontrol Sistemi sayesinde sürücü araç içinde bulunan alt bileşenler hakkında bilgi sahibi olacak ve sürüş esnasında herhangi bir hata durumunda müdahale edebilecektir.

Tasarlanan sistem:

- Motordan, motor sıcaklık verisi ve motor akım verisini CAN-BUS haberleşme protokolü ile okunacaktır.
- Batarya yönetim sisteminden gelen bataryaların sıcaklık, voltaj ve akım bilgileri CAN-BUS haberleşme protokolü ile okunacaktır.
- Araç içerisinde bulunan; korna, silecekler ve sinyal lambaları Araç Kontrol Sistemi kartına bağlanarak kullanıcı ekranı üzerinden aç-kapat yapılabilecek, bu sayede konsol üzerindeki görüntü kirliliği engellenmiş olacaktır. Ek olarak kullanıcı açıp kapattığı her sistem için kullanıcı ekranı üzerinden görsel geri bildirim alabilecek ve arıza durumları da bu ekrandan görülebilecektir.
- Eğer araç içerisinde bulunan üniteler dolayısı ile istenmeyen bir durum oluşursa

sürücü acil stop butonuile sistemden gücü kesebilecektir.

- Sürücünün hayatını tehlikeye atacak herhangi bir olay anında problem çıkan birimin enerjisi veya kaynağı AKS kartı ile ya da bağlı bulunan karta CAN-BUS haberleşmesi ile "arıza flag = 1" gönderilerek tehlike en az düzeye indirilmeye çalışılacaktır.

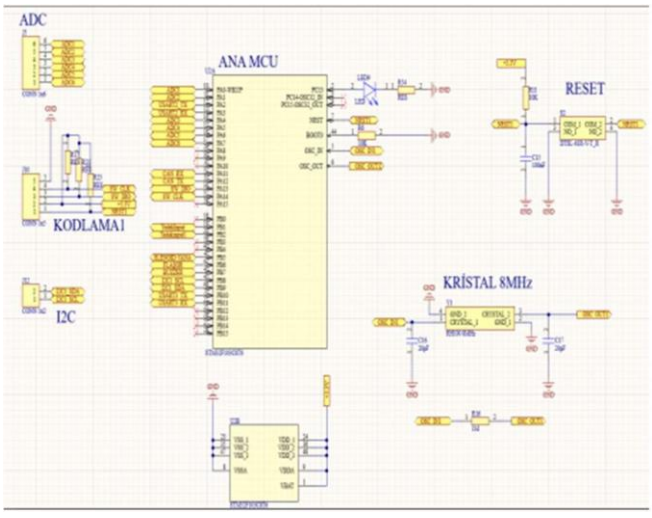


Şekil 3. Araç kontrol sistemi blok diyagram

Araç Kontrol Sistemi isterilerini gerçekleştirmek amacıylaçizilen blok diyagram Şekil 3 'de verilmiştir. Tasarlanan kart Altium Designer ortamında çift katlı olarak tasarlanmıştır. Bu kart AKS isterilerinin temellerini ve daha fazlasını gerçekleştirebilmektedir.

AKS BİRİMLERİ

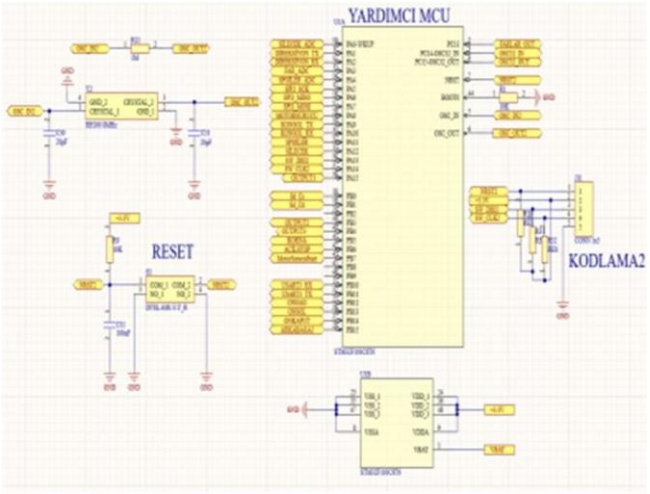
İşlemciler



Şekil 4. Araç kontrol sistemi ana işlemci

Şekil 4 'de şematiği verilen ana işlemcinin görevi AKS üzerinde toplanan bütün verileri

almak, sürücüye iletmek, diğer birimlerin kontrolü ve arıza durumlarının yönetimi gibi önemli işlevleri yerine getirmektir. I2C haberleşme protokolü bağlanabilecek herhangi bir sensör olma ihtimaline karşı ana işlemci üzerine konumlandırılmıştır. Ana işlemciye gelen CAN-BUS verileri eğer çok önem arz etmiyor ise uart ile yardımcı işlemciye gönderilmekte ve bu kontrolleri yardımcı işlemci yönetmektedir.



Şekil 5. Araç kontrol sistemi yardımcı işlemci

Şekil 5'de görülen yardımcı işlemci genel çıkışlar, arıza kartı ve genel girişleri yönetmektedir. Ana işlemci ile gelen veriler uart ile aynı kart üzerinde bulunan yardımcı işlemciye gelir ve burada yardımcı işlemci karar mekanizması devreyi girerek sensörlerin ve diğer elemanların kontrolünü sağlar. Arıza durumlarında veya sürücünün hayati tehlikesi bulunan durumlarda ana işlemci ile iki taraflı sürekli haberleşerek gerekli komutları çalıştırması sağlanır.

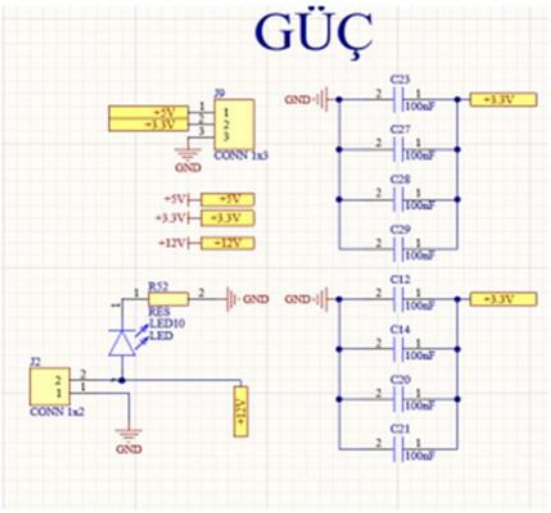
AKS (Araç Kontrol Sistemi)'de iki işlemci kullanılmasının sebepleri:

1. Giriş,çıkış sayısı tasarladığımız AKS sisteminde tekişlemci için yeterli olmaması.
2. Tek işlemci üzerine düşen yoğunluğu azaltmak.
3. Kullanılacak haberleşme protokollerinin yetersizliği.

Kullanılacak işlemci için MCU seçiminde piyasada bulunurluk, maliyet hesapları ve tasarlanan sistem için yeterliliği göz önünde bulundurularak STM32F103C8T6 modeli tercih edilmiştir. Bu işlemci 72MHz maksimum saat hızına ulaşabilmektedir.

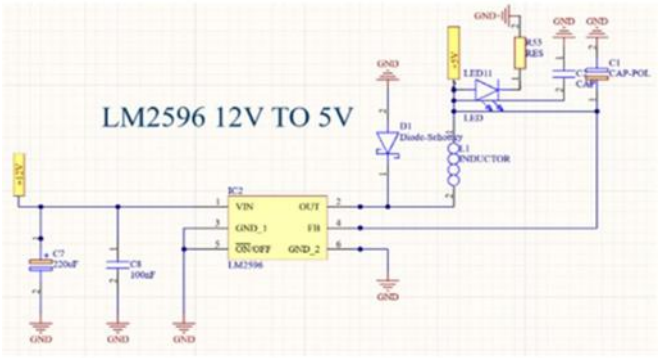
Güç

Şekil 4.3 'te görülen kapasitörler, her iki işlemcide de bulunan4'er adet güç bağlantısı için filtreleme görevi görmektedir. Kart üzerine konumlandırılan 3'lü soket ile ek 3.3V, 5V ve GND ihtiyaç durumlarında kullanılması için bırakılmıştır. Kart 12V ile beslenmekte ve kendi içinde gerektiği yerlerde bu gerilimi düşürerek kullanmaktadır.



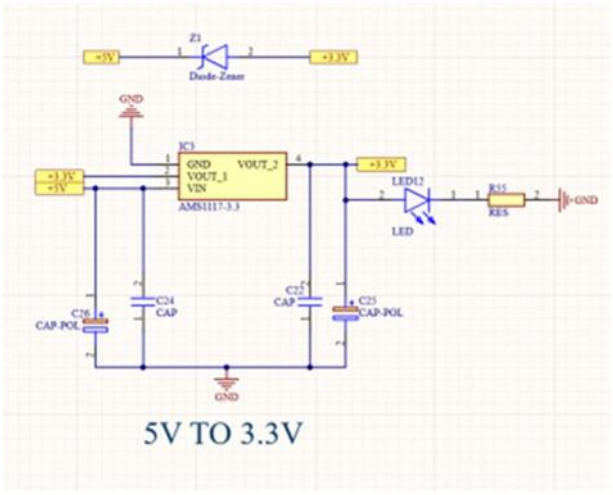
Şekil 6. Araç kontrol sistemi güç filtreleme

AKS kartına giren 12V, LM2596 entegresi ile Şekil 6'da görülen şematik çizilerek 5V 3A' e düşürülmüştür. Kartın 12Vile beslenmesinin nedeni farlar, silecek, slenoid vana gibi araç içi elektronik birimlerin 12V ile çalışmasıdır. Kartı tasarlarken amaçlanan araç içindeki bütün kontrolleri direkt kart üzerinden mosfetler, optokuplorler ile kontrol etmek ve haberleşmektir.



Şekil 7. Araç kontrol sistemi LM2596 entegresi

LM2596 ile dönüştürülen 5V, kartta gerekli yerleribeslemekte fakat işlemcilerimiz ve 3.3V ile beslenen bölümlere fazla gelmektedir. Bu sebeple Şekil 4.5 'te görülen AMS1117 entegresi kullanılarak gelen 5V gerilim, 3.3V 3A' e dönüştürülmüştür.



Şekil 8. Araç kontrol sistemi AMS1117 entegresi

Can Hattı

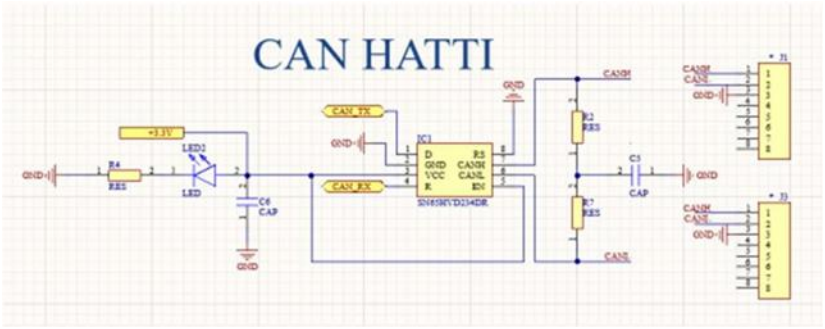
CAN haberleşme protokolü, veri yolu kullanarak bir mikrodenetleyici ağ yapısının kurulması ve kurulan ağ yapısı üzerinden bulunan denetim sistemlerinin bir ana bilgisayar tarafından kontrol edilmesini hedeflemiştir [2].

Araç üzerinde birimler arası haberleşmede sadece CAN-BUS haberleşme protokolü kullanılmıştır. Bu haberleşme sistemi için SN65HVD264 entegresi uygun görülmüş ve kullanılmıştır. Bu sistemin yazılımının gerçekleştirilebilmesi için hem C programlama bilgisine hem de CAN Bus bilgisine ihtiyaç vardır[4].

CAN-BUS haberleşmesinin kullanılma sebepleri arasında:

1. Onlarca kablolama yerine sadece 2 kablo kullanmaktadır.
2. Veri iletim hızı diğer haberleşme protokollerinden çok dahahızlıdır.
3. Hata oranı diğer haberleşme protokollerine göre çok dahaazdır.
4. Kullanımı diğer haberleşme protokollerine göre çok dahakolaydır.
5. Diğer haberleşme protokollerinden farklı olarak adres temellideğil mesaj temelli çalışabilmekte ve her mesaja özgü bir ID numarası vardır.

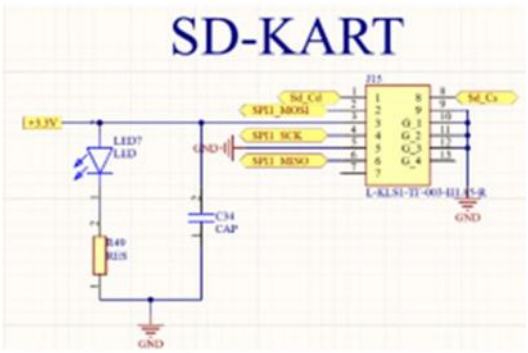
Şekil 9'da görüldüğü üzere CANH-CANL arasında sonlandırma dirençleri kullanılmıştır. Araç içerisinde kablo düzeni ve dağıtımı rahat olabilmesi için RJ45 soketler kullanılmıştır. Diğer birimler ile haberleşirken görüntü kirliliği olmaması amacıyla CAN dağıtım kartı basılacak ve bütün birimlerden gelecek olan CAT6 (CANH-CANL veri kabloları) bu karta bağlanacaktır. Bu kart üzerinde sadece RJ45 soketleri bulunacaktır ve her biri birbirine paralel yollar ile bağlanacaktır. CAN dağıtım kartı ile AKS kartı ise aynı şekilde RJ45 soketleri ile birbirine bağlanabilecek ve bu şekilde AKS kartı bütün birimler arası CAN-BUS ile veri alışverişi yapabilecektir.



Şekil 9. Araç kontrol sistemi SN65HVD234 entegresi

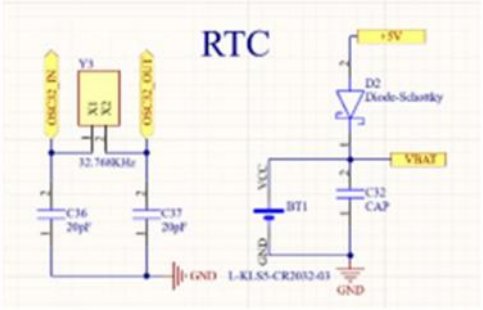
SD-Kart ve RTC

AKS kartına gelecek ve gidecek olan bütün verilerin log kaydının tutulacağı şematik Şekil 10'de gösterilmiştir. SD kart işlemciler ile aynı kart üzerinde bulunmakta ve SPI ile haberleşmektedir. Bu sisteme ek olarak yer istasyonunda Telemetri ile AKS 'den gelecek verilerin de log kaydı tutulacaktır.



Şekil 10. Araç kontrol sistemi SD Kart

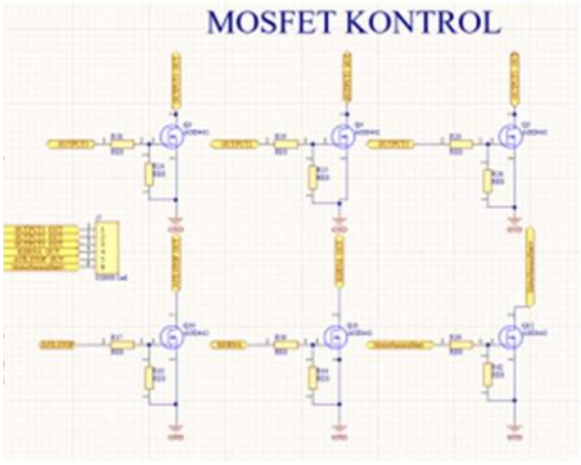
AKS kartı üzerinde bulunan, Şekil 11'de görülen SD_Kart vasıtasıyla tutulacak log kaydında, tarih ve zaman etiketleri için işlemcinin VBAT pini aktif edildi. Bu sayede araç üzerinde olası bir arıza durumu, ani batarya düşmeleri gibi etkenleri tarih-saat bilgileri, verilerin başında olacak şekilde log kaydını tutacaktır. Sistem üzerinde bulunan 3V'luk bir pil yardımı ile kart üzerinde gerilim olmasa dahi saat ve tarih bilgisi ilerlemeye devam edecektir. Bahsedilen pil yalnızca işlemci üzerinde gerçek zamanı sayarken kullanılmakta olup kart üzerinde başka birimlere güç sağmamaktadır.



Şekil 11. Araç kontrol sistemi RTC

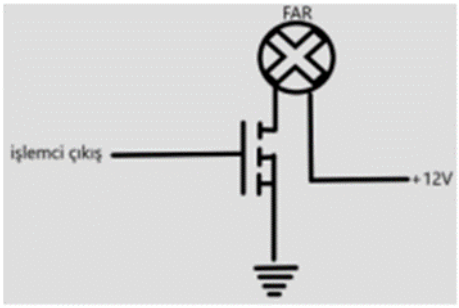
Mosfet Kontrol

Tasarlanan AKS kartı sadece haberleşme ile ilgilenmemekte, aynı zamanda kontrol görevlerini de başarıyla yerine getirebilmektedir. Bunun için Şekil 12‘de görülen mosfetler AKS kartı üzerine entegre edilmiştir.



Şekil 12. Araç Kontrol Sistemi Mosfet Kontrol

Bu mosfetler işlemci çıkışları ile tetiklenebilmekte ve 50V 40A civarında güç geçişini sağlayabilmektedir. Gelen 12V ilk olarak çalışacak birime gitmekte ve birimden gelen GND hattı mosfetler üzerinden işlemci ile tetiklenerek tamamlanmaktadır. Bu durum Şekil 13’daki örnek şema iledaha iyi açıklanmaktadır.

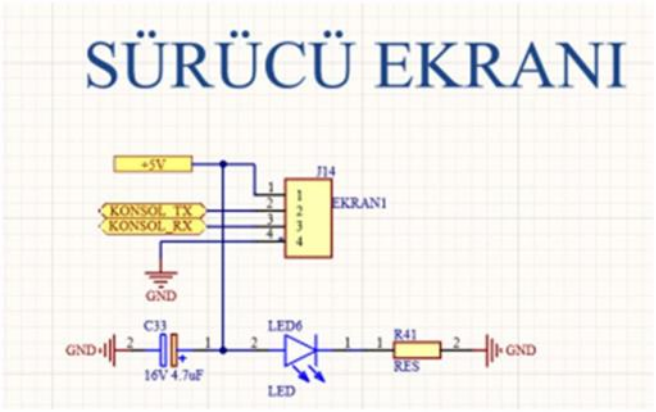


Şekil 13. Mosfet örnek

Sürücü Ekranı

Tasarlanan Araç Kontrol Sistemi sürücünün rahatlığını vekullanım kolaylığını düşünerek hazırlanmış bir karttır.

Sürücünün yarışırken tuş aramasına gerek kalmadan direkt Nextion ekran üzerinden buton kontrolü sağlaması amaçlanmaktadır. Şekil 14’de verilen şematikte görüldüğüüzere Nextion ekran UART üzerinden haberleşmektedir.

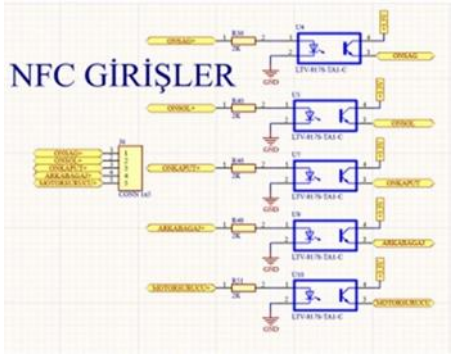


Şekil 14 Araç Kontrol Sistemi Sürücü Ekranı

Ekran üzerinden far, silecek, korna gibi konsolda göz kirliliğiyapan butonların kontrolü sağlanacaktır. Gerek 12V gerekse fazla amper çektiği için bu sistemlerin kontrolü mosfetler aracılığı ile yapılacaktır.

NFC Girişler

Araç Kontrol Sistemi dışarıdan gelen girişlerde voltaj dengesizlikleri ya da fazla gerilim gelmesi durumları için optokuplor kullanmıştır. Optokuplor devre şemaları Şekil 15'de gösterilmektedir. Gelen gerilim ile fiziksel teması engelleyerek karta gelebilecek hasarlardan korunmuştur.



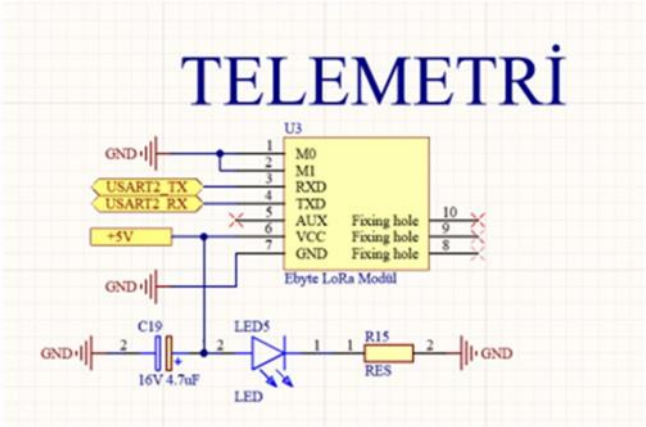
Şekil 15. Araç Kontrol Sistemi Dijital Girişler

Araç kapıları oluşturulan NFC kartlarla açılması planlanmaktadır. Bunlar için ise ayrıyeten girişler belirlenmiştir. SN65HVD234 Entegresi piyasada bulunabilirse NFC kartları AKS kartı ile CAN-BUS üzerinden haberleşecektir. Aksi halde NFC kartları AKS kartına 1-0 göndererek kapı kilit mekanizmalarının açılmasını ve kapanmasını sağlayacaktır.

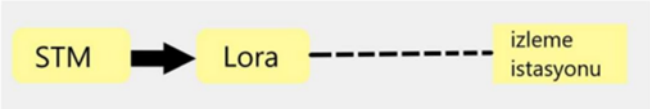
TELEMETRİ

Telemetri bir sistem ya da tesisin, uzaktan kablo veya kablosuz olarak izlenmesi ve/veya kontrol edilmesidir [5]. AKS (Araç Kontrol Sistemi) kartı üzerinde telemetri sisteminde kullanılacak "LORA" modülü için RX-TX çıkışları UART2 üzerinden yardımcı MCU üzerine konumlandırılmıştır. Model olarak Lora E32-868T20D modeliseçilmiştir. Bu model 3 km menzil ve 868 Mhz frekansa sahiptir. Bu özellikleri ile yarışma için bizlere gerekli olan

özellikleri karşılamaktadır. Piyasada kolay bulunabilmesi ve ucuz maliyeti seçilme nedenleri arasındadır. Şematik görüntüsü Şekil 5.1 ‘de, blok diyagramı Şekil 16’da verilmiştir.



Şekil 5.1. Telemetri Sistemi Şematiği



Şekil 16. Telemetri Sistemi Blok Diyagramı

REFERANSLAR

[1] Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, YunusEmre DURGUN, Elektromobil Araç Kontrol Sistemi Tasarımı ve Entegrasyonu, 2019

[2] Mirjafarli S., Terzioğlu H., Ağaçayak A.C., Hub Motor Tasarımına Genel Bakış, İksad Yayın, Mühendislik Alanında Akademik Çalışmalar-2, ISBN:978-625-8423-15-0, Türkçe(Bilimsel Kitap), (Yayın No: 7384726), 2021.

[3] Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İsmail KARA, CAN Haberleşme Protokolünün İncelenmesi ve Bir Sıcaklık Kontrol Sistemine Uygulanması, 2009

[4] İstanbul Üniversitesi, Verimlilik Yarışları İçin Bir Elektrikli Otomobilin Gerçeklenmesi

[5] Konya Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Murat TOPUZ, Hibrit Araçlar İçin Haberleşme Birimi İle Araç Kontrol Sistemi ve Linux Tabanlı GUI Tasarımı, 2021

[6] Ağaçayak A.C.,Terzioğlu H.,Özdeş B., Elektrikli Araçlarda Telemetri İksad Yayın, Elektrikli Araçlara Genel Bakış 2, ISBN:978-625-7687-48-5, Türkçe(Bilimsel Kitap), (Yayın No: 6758764), 2020.

[7] Neşeli S.,Yalçın G.,Terzioğlu H.,Ağaçayak A.C. (2019). Android Kontrollü Hovercraft Tasarımı. V Scıence Technology and Innovatıon Congress, 381-390. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5601133)

[8]Düzce Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Dergisi, Kısa Mesafe RF Algılayıcı İle Telemetri Uygulaması

BÖLÜM 18

VERİ BİLİMİ ÖĞRETİMİ İÇİN GRAFİKSEL PROGRAMLAMA ORTAMI

G. İYİDİLER[1]
[1]Selcuk University, Konya/Türkiye
ORCID: 0000-0003-4889-6742

Fatih AKKUŞ[2]
[2]Selcuk University, Konya/ Türkiye
ORCID: 0000-0002-4673-8647

Sema SERVİ[3]
3Selcuk University, Konya/ Türkiye
ORCID: 0000-0003-2069-9085

GİRİŞ

Yapay zeka(YZ) arayışı çok eskilere dayanmaktadır; tıpkı tüm arayışlar gibi. İnsanın yeteneklerini barındıran makineler çok uzun süredir hayal edilegelmiştir; zaman içerisindeyse veri bilimi, istatistiksel öğrenme, makine öğrenmesi, derin öğrenme gibi birçok alan ortaya çıkmıştır. Bu alanlar sayesinde yaşam kalitemiz pek çok sektörde olumlu yönde etkilenmiştir [1].

Birçok birey YZ nin oluşturduğu trendi takip etmeye ve alan hakkında bir şeyler öğrenmeye başlamıştır. İnternette bulunan kurslar sayesinde Bilgisayar Mühendisliği okumaya gerek kalmadan YZ öğrenebilmek elbette mümkündür. Lakin bir lise öğrencisini veya yeni başlamış bir bireyi ele alırsak; yüksek olasılıkla herhangi bir YZ kitabını kavramada güçlük çekecektir. Özellikle YZ'nin bir alt dalı olan Makine Öğrenmesi'nin (MÖ) sahip olduğu karmaşık algoritmalar buz dağının görünen yüzüdür; görünmeyen yüzeyde sağlam bir matematik ve istatistik temeli bulunmaktadır.

Bu durum, bireyin hevesinin kırılmasına sebep olabilir. Üzücü bir şekilde, literatürde YZ/MÖ ile ilgili hangi konunun öğretilmesi ve nasıl öğretilmesi gerektiğine dair bir eksiklik bulunmaktadır [2]. Artificial Intelligence for K-12'ye (AI4K12) göre YZ eğitiminde K-12 düzeyindeki öğrencilere; Makine Öğrenmesinin, öğrenme algoritmaları ve temel sinir ağları gibi kavramların öğretilmesi gerektiğini söylemektedir [3]. Ek olarak hangi konuların öğretilmesi kadar öğretirken hangi teknolojilerden yaralanılıcağını da bilmek önemlidir[4]. Yapay Zeka eğitiminde hangi teknolojinin kullanılması gerektiğine dair yapılan araştırmalar görsel programlama ortamlarının yazı tabanlı programlama dillerine göre daha faydalı olduğunu ortaya koymaktadır. Görsel programlama ortamlarının, bireyleri makine öğrenmesiyle ilgili sistemler geliştirmeye teşvik ettiğini göstermektedir [4]. Orange ve DeepScratch makine öğrenmesi sistemlerinin geliştirilmesi için kullanılan görsel programlama ortamlarındandır. Orange veri madenciliği ve görselleştirme için geliştirilmiş; basit makine öğrenmesi algoritmalarını eğitebileceğimiz bir programdır [5]. Orange da veri görselleştirme yeterince iyi olsa da makine öğrenmesi kısmında eksiklikler bulunmaktadır. DeepScratch, MIT'in geliştirdiği Scratch görsel programlama ortamı üzerine geliştirilmiş bir eklentidir. Hazır veri setleri üzerine bir model eğitmenizi veya hazır modelleri kullanmanızı sağlayan blok tabanlı bir programlama dilidir [6]. Bu çalışmada model çeşitliliği az olmakla birlikte veri madenciliği, veri görselleştirme gibi konularda eksikliği vardır. Weka, makine öğrenimi amacıyla Waikato Üniversitesinde geliştirilmiş ve "Waikato Environment for Knowledge Analysis" kelimelerinin baş harflerinden oluşmuş yazılımın ismidir. Günümüzde yaygın kullanımı olan çoğu makine öğrenimi algoritmalarını ve metotlarını içermektedir. Weka, tamamen modüler bir tasarıma sahip olup, içerdiği özelliklerle veri kümeleri üzerinde görselleştirme, veri analizi, iş zekası uygulamaları, veri madenciliği gibi işlemler yapabilmektedir. Lakin Weka kullanıcı dostu bir arayüze sahip değildir. Tablo 1.1 literatürde bulunan diğer çalışmaları göstermektedir.

Tablo 1: Literatürde Yapay Zeka eğitimi için kullanılan diğer uygulamalar.

Uygulama Adı	Kısa Özeti	Yayın Platformu
eCraft2learn	Snap! Görsel programlama ortamı üzerine geliştirilmiş kullanımı kolay ve yapay zeka bulut servislerini kullanabilmemizi sağlar.	Snap!
Milo	Web tabanlı veri bilimi eğitimi için geliştirilmiş görsel programlama ortamı.	-
SnAIp	Yapılandırıcı öğrenme algoritmaları Snap! Üzeinden geliştirilmesini saplayan bir yazılım iskeletedir.	Snap!
Scratch-NodesML	Çocukların kendilerine özel el hareketlerini tanıyan model geliştirmelerini ve başkalarıyla bunu paylaşabilmelerini sağlar.	Scratch

Biz de bu eksikliklerden yola çıkarak MLcoach geliştirdik. MLcoach yapay zeka odaklı geliştirdiğimiz blok tabanlı görsel programlama ortamıdır. Bu ortamda kullanıcılar; verilerini istedikleri ön işlemden geçirerek çeşitli formatlar haline getirebilir, verilerini görselleştirebilir, verileriyle farklı çeşitlerde makine öğrenmesi algoritmalarını kullanabilmektedirler. Uygulamamız web tabanlı olup kullanıcılar yaptıkları modelleri başkalarıyla paylaşabilmektedirler. Ek olarak, web sitesi içerisinde belirli aralıklarla düzenlenen yarışmalarda farklı seviyelerde sorular sorularak kullanıcılara çözdükleri sorulara göre puan verilmekte ve böylece uygulama kullanıcılar için keyifli ve gelişmeye açık bir kullanım da sunmaktadır. İnanıyoruz ki MLcoach, bu sistemle gerçek hayat problemlerine odaklı çözümler üretmeyi öğreten; kullanıcılarını yapay zeka konusunda eğiten ve onları bu alanda çalışmaya teşvik eden bir sistem olacaktır.

Bu çalışmada yapılan katkılar şunlardır:

- Veri bilimi ve Yapay Zeka için algoritmaca zengin web tabanlı görsel programlama ortamı geliştirildi.
- Atölye sistemini geliştirerek kullanıcıların yaptıkları işleri bir başkalarıyla paylaşmaları ve yapılan sistemleri inceleyebilmeleri sağlandı.
- Kullancıları teşvik etmek maksadıyla yarışma ve puanlama sistemi geliştirildi.

YÖNTEM

MLCoach gelişmiş bir arayüze sahip web uygulamasıdır. Uygulamanın önyüz tarafı Nextjs kullanılarak geliştirilmiştir. Nextjs, çok az konfigürasyon gereksinimi ile static, serverside uygulamalar geliştirmenizi sağlayan bir javascript framework dür. Blok tabanlı görsel programlama editörünü geliştirirken statik veya kompleks düğümler geliştirmemiz için fonksiyonlar sunan ve bunları özelleştirmemizi sağlayan React Flow kütüphanesi kullanılmıştır, Figür 4 uygulamamız için geliştirdiğimiz düğümlerden birisidir. Önyüz geliştirilirken hazır ve hatasız komponentler kullanmak adına zamandan tasarruf etmek için Material UI kütüphanesi kullanılmıştır. Karmaşık bir uygulama geliştiriyorsanız durum yönetimi kullanmak kaçınılmaz olmaktadır. Uygulamamızda durum yönetimini sağlamak adına zustand kütüphanesini ve React ın sunduğu durum yönetim araçları kullanılmıştır. Uygulamayı geliştirirken karşılaştığımız birkaç sorun sebebiyle kullanıcının yüklediği

dosyaları lokal hafızada saklayarak kullandık. Figür 3 de görülen grafik panelinde Google Charts kullanılmıştır.

Uygulamanın arka uç tarafında FastAPI kullanılarak bir api kurulmuştur. Python üzerinde yazılan api, websocket isteklerine yanıt vermektedir. Bir model ile istek atıldığında, geriye model içerisinde belirtilen yönteme göre Scikitlearn, Numpy ve PyTorch kütüphaneleri kullanılarak oluşturulan sınıftan bir sonuç üretilmektedir. Kullanıcının web sitesi üzerinden yaptığı istek api ye ulaşır, gelen istek yanıtlanırken geçen süre boyunca websocket ile işlemin o an kaçıncı adımda olduğu bilgisi geri dönülür ve ekranda kullanıcı bilgilendirilir.

Şekil 2: Eksik verileri istenilen sabit değer ile doldurur.

Şekil 3: Grafik paneli

UYGULAMA ARAYÜZÜ

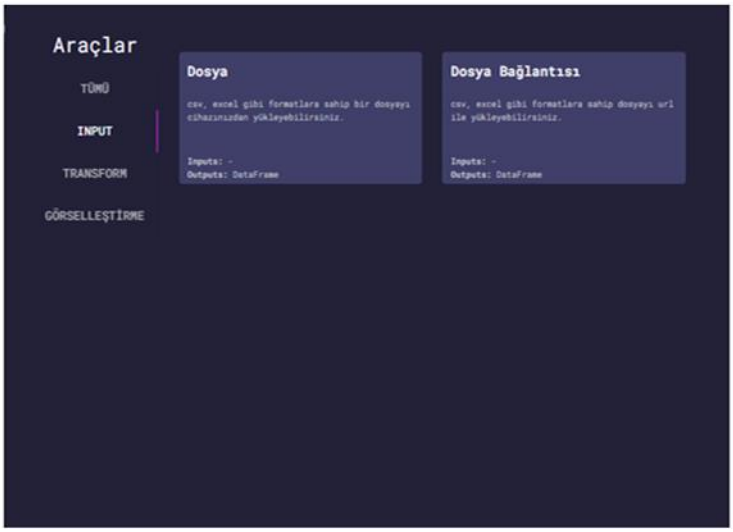
MLCoach, yapay zeka öğrenmeye yeni adım atmış bir bireye baştan sona ihtiyacı olacak birçok araç sunmaktadır. Kullanıcılar, blok tabanlı editör arayüzü aracılığıyla Lego oyuncaklarını birleştirircesine kolay bir şekilde yapay zeka, makine öğrenmesi gibi teknolojileri öğrenebilmekte ve kullanabilmektedir. Kullanıcı bir makine öğrenmesi uygulaması oluşturmak istediğinde gereken tüm adımlar (veri önişleme, veri temizleme, katmanlar, fonksiyonlar) için bir blok tasarlanmıştır, kolayca araçlar arayüzünden bu bloklara ulaşıp editör üzerinde kullanabilmektedir.

Arayüz Önizleme

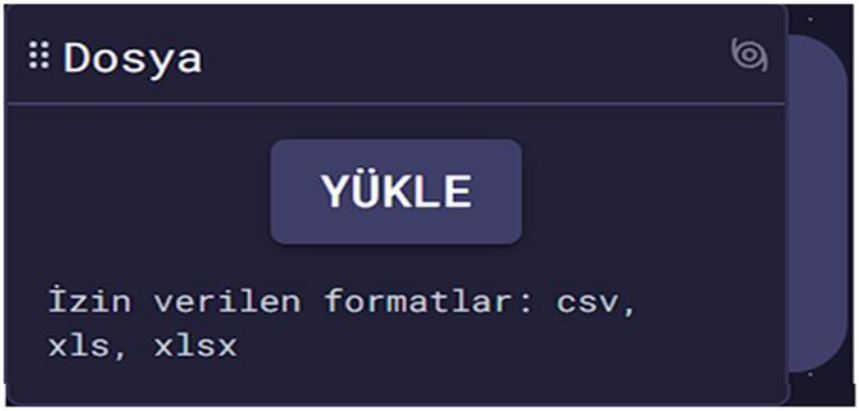
Figür 1 de görüldüğü üzere uygulama arayüzü kullanıcı dostu ve kolay bir kullanıma sahiptir. Araç kutusundan seçilen dosya yükleme düğümüyle tabu veri uygulamaya eklenebilmektedir. Yüklenen dosya, ikinci adım da de veri bölme düğümü ile belirtilen değerlerce bölünmektedir. Üçüncü adımda düğümde kolon düşürme aracı ile belirtilen kolonlar düşürülmektedir. Son adım da veri içerisinde doldurulmamış değerler istatistiksel olarak doldurulmakta ve elimizde kalan veriyle lineer regresyon uygulanmaktadır.

Araçları Tanıma

a. Giriş Araçları



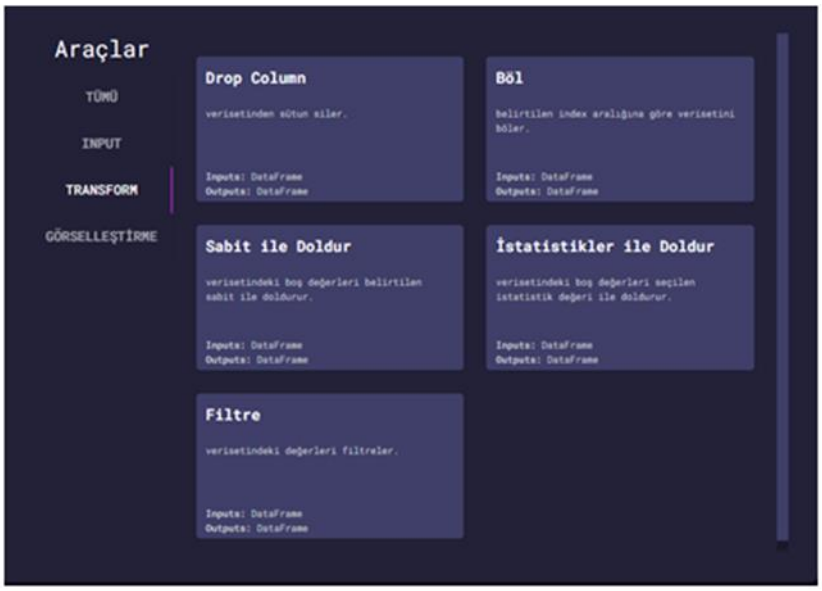
Şekil 3. Araç kutusu giriş araçları



Şekil 4: Tabular verilerin yüklenebildiği blok

Uygulama arayüzünden kolayca erişilebilen araçlar kutusu, içerisinde editör üzerinde kullanılacak tüm komponentleri barındırmaktadır. Giriş araçları (Fig 4.) veri işlemede kullanılmak üzere olan dosyanın belirtilmesi için kullanılmaktadır, url üzerinden ya da doğrudan bilgisayardan (Fig. 5) olmak üzere iki yöntemle dosya yüklenebilmektedir.

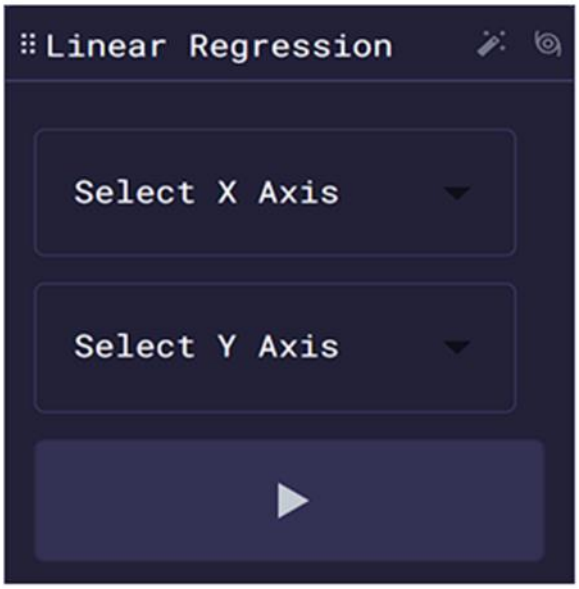
b. Dönüştürme Araçları



Şekil 5: Araç kutusu dönüştürme araçları

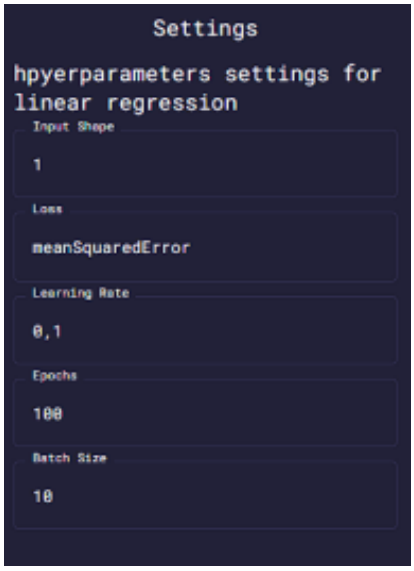
Dönüştürme düğümleri (Fig 5.), veriyi manipüle edebilecek metotlara sahip olan bloklardır. Yapay zeka alanında kaliteli bir çalışma yapabilmek için kullanılacak olan verilerin kararlı ve doğru olması gerekir. Yeni başlayan bireylerin en çok takıldığı hatta bir noktada bu işten vazgeçmesine neden olan veri ön işlemesi [13], MLCoach içerisinde tasarladığımız dönüştürme düğümleriyle birlikte daha kolay ve anlaşılabilir olacaktır.

c. Makine Öğrenmesi Araçları



Şekil 6: Lineer regresyon bloğu

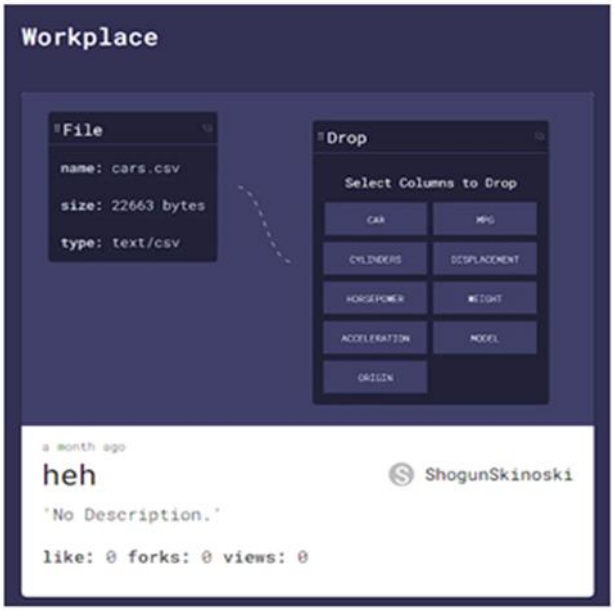
Kullanıcı, daha önceden oluşturduğu veriyi kullanarak makine öğrenmesi araçlarından (Lineer Regresyon, Destek Vektör Makinesi, K-En Yakın Komşu Algoritması, Karar Ağaçları, Naive Bayes vb) birini seçerek istedikleri algoritmayı eğitebilmektedirler. Örnek olarak lineer regresyon, veriyi baz alarak ortaya bağımlı ve bağımsız değişkene bağlı bir fonksiyon çıkartan etkili bir matematiksel modeldir. Lineer regresyon algoritması uygularken hesaplamaya dahil olan hiper parametreler bilgisi Figür 7 de gösterilen ekran ile seçilmektedir. Parametre bilgileri girilerek sunucuda algoritma eğitilmekte ve kullanıcıya sonucu geri dönmektedir.



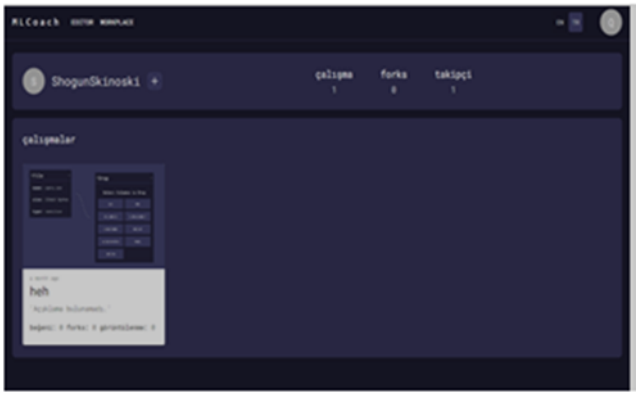
Şekil 7: Lineer regresyon için hiper parametre ayarlarının yapıldığı bölüm.

d. Atölye ve Kullanıcı Profil Arayüzü

Kullanıcılar, geliştirdikleri algoritmaları atölye panelinde diğer kullanıcılarla paylaşabilmektedirler. Paylaşılan sistemler, diğer kullanıcılar tarafından kopyalanabilmekte ve kendi verileriyle çalıştırılabilmektedirler. Ek olarak Atölye kısmında belirli aralıklarla düzenlenen yarışmalar, kullanıcılara çözdükleri sorulara göre puanlar kazandırmaktadır. Puan sistemiyle kullanıcıları yapay zeka sistemleri geliştirmelerini teşvik etmeye çalışılmıştır.



Şekil 8: Kullanıcı tarafından paylaşılmış, dosya içerisinden sütunları silen basit bir model.



Şekil 9: Kullanıcı profili

SONUÇ

Yapay zeka günlük hayatımızda giderek daha fazla kullanılmaya başlanırken, bu sektöre ilk kez adım atacak bireylerin umut verici ama karmaşık alanda ki kavramları anlamalarına yardımcı olmak önemlidir. Çalışmamızda eğitim konusuna katkı sağlamak amacıyla MLcoach'u geliştirdik. MLcoach blok tabanlı editör arayüzü aracılığıyla kullanıcıların rahatlıkla yapay zeka sistemleri geliştirebilmelerine olanak sağlamaktadır. Kullanıcılar geliştirdikleri sistemleri başkalarıyla paylaşabilmekte ve belirli aralıklarla düzenlenen yarışmalara katılıp verilen görevleri yerine getirerek puan kazanmaktadırlar. İnanıyoruz ki uygulamamız, bu alanda gelişmek isteyen bireylerin daha emin adımlarla ilerlemelerini, temel konseptleri daha rahat kavrayabilmelerini ve keyifle çalışabilmelerini sağlayacaktır.

REFERANSLAR

[1] E. Brynjolfsson, A. McAffee. The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. WW Norton & Company, 2014.

[2] A. J. Ko. We need to learn how to teach machine learning. Medium, 2017.

[3] Touretzky, D. S. et al. (2019a). K-12 Guidelines for Artifcial Intelligence: What Students Should Know. In Proc. of the ISTE Conference, Philadelphia, PA, USA.

[4] Martins, R. M., & Gresse Von Wangenheim, C. (2022). Findings on Teaching Machine Learning in High School: A Ten-Year Systematic Literature Review. Informatics in Education.

[5] Demšar, J., et al. (2013). Orange: data mining toolbox in Python. Journal of Machine Learning Research, 14, 2349-2353.

[6] Alturayeif, N., Alturaief, N., Alhathloul, Z. (2020). DeepScratch: Scratch Programming Language Exten sion for Deep Learning Education. International Journal of Advanced Computer Science and Appli cations, 11(7), 642–650. https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.011077

[7] Kahn, K. M., Winters, N. (2017). Child-Friendly Programming Interfaces to AI Cloud Services. In: Lavoué É. et al. (eds) Data Driven Approaches in Digital Education. Lecture Notes in Computer Science, vol 10474. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66610-5_64

[8] Rao, A., Bihani, A., Nair, M. (2018). Milo: A visual programming environment for Data Science Educa tion Proceedings of the Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing, Lisbon, Portugal 211–215 https://doi.org/10.1109/VLHCC.2018.8506504

[9] Agassi, A., Erel, H., Wald, I. Y., & Zuckerman, O. (2019). Scratch Nodes ML: A Playful System for Chil dren to Create Gesture Recognition Classifers Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM 1–6 https://doi.org/10.1145/3290607.3312894

[10] Next.js, "Next.js:Docs" Erişim: 10 Eylül 2022. https://nextjs.org/docs/getting-started

[11] React Flow, "ReactFlow:Documentation" Erişim 16 Eylül 2022. https://reactflow.dev/docs/introduction/

[12]] Zustand, Erişim 19 Eylül 2022. https://docs.pmnd.rs/zustand/getting-started/introduction

[13] Yanir Seroussi, The hardest parts of data science, Erişim 7 Ekim 2022. https://www.kdnuggets.com/2015/11/hardest-parts-data-science.html#:~:text=The%20hardest%20part%20of%20data,reasonable%20ways%20of%20measuring%20solutions.

SELÇUK UNIVERSITY INTERNATIONAL

TECHNOLOGY AND INNOVATION

STUDENT SYMPOSIUM

24-27 NOVEMBER 2022 KONYA

Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Kampüs - KONYA
Selçuk Üniversitesi Müze Binası Kampüs - KONYA
Selçuk Üniversitesi Akşehir Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi - Akşehir/KONYA

sutis.selcuk.edu.tr