

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

AKILLI ULAŞIM ARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

PROJE ADI: Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Lokasyonlarının
Zaman Bazlı Fiyatlandırma ile Optimizasyonu

TAKIM ADI: OptimaPrime

TAKIM ID: T3-23388-200

TAKIM SEVİYESİ: Üniversite-Mezun

DANIŞMAN ADI: Doç. Dr. Ayşegül ALTIN KAYHAN

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Günümüzde fosil yakıt kullanan araçların çevreyi kirletmesi ve artan yakıt maliyetleri sebebiyle, elektrikli araçların geliştirilme çalışmaları hız kazanmıştır. Bu gelişmeler, elektrikli araçların trafikte sayılarının artması ve yaygınlaşmaları için uygun zemini oluşturmuştur. Fakat, bu durum elektrikli araçların şehir içi ulaşımda kullanılması ile sınırlı kalmıştır. Elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşması, şehirler arası ulaşım gibi daha uzun mesafelerde etkin şekilde kullanılabilmesi ve şarj istasyonlarında kapasite problemleri gibi olumsuzlukların önüne geçilmesi amacı ile şarj istasyonlarının yeterli sayıda ve en ideal konumlarda kurulması gerekmektedir. Bunun yanı sıra istasyonlar ile sürücüler arasında bilgi akışı da sağlanmalıdır. Proje kapsamında, şehirler arası yollarda yeterli sayıda elektrikli araç şarj istasyonlarının toplam kurulum maliyeti en küçüklenecek şekilde optimum konumlara yerleştirilmesi amacıyla matematiksel model geliştirilerek, CPLEX OPL ile çözülmüştür. Yukarıda bahsedilen bilgi akışının sağlanabilmesi için akıllı sürüş destek sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemde, sürücülerden kullanıcı arayüzü yardımı ile varış noktası ve yolculuk kriter bilgileri alınır. Araç ve istasyonların konum bilgileri Google Haritalar API ile elde edilmektedir. Şarj istasyonlarına ait veriler ise istasyon kurulum yapan firmaların internet sitesinde Python programlama dili ile yazılan bir kod sayesinde çekilmektedir. Elde edilen bu veriler, veri yönetimi kısmında saklanmaktadır. Sürücünün istediği kriterlerin sağlanabilmesi için kurulan matematiksel model, Python programlama dili ile kodlanarak optimal sonuç elde edilmektedir. Planda oluşabilecek aksaklıklara karşı program belli aralıklarla çalıştırılarak mevcut çözümde değişikliğe gidilip gidilmeyeceğine karar verilmektedir. Optimal sonuç sürücüye, kullanıcı arayüzü ile gösterilmektedir. Böylece sürücü hangi istasyonlarda durması gerektiği, her istasyondan yüzde kaç şarj seviyesi ile ayrılacağı, istasyonlara hangi saatte ulaşacağı ve her bir istasyonda harcayacağı ortalama süre konusunda bilgilendirilir. Bu çalışmada, ilk etapta şehirler arası yollarda şarj istasyonlarının toplam kurulum maliyeti en küçüklenecek şekilde optimal konumlar belirlenmektedir. Böylelikle, şehirler arası yollarda en ideal konumlara kurulacak şarj istasyonları ile elektrikli araçların trafikte sayılarının artması beklenmektedir. İkinci etapta ise geliştirilen akıllı sürüş destek sistemi ile sürücülerin uzun yollarda şarjsız kalma endişesinin azaltılması ve sürücülere belli bir hizmet kalitesi sunulması amaçlanmıştır.

2. Problem/Sorun:

Fosil yakıtların kullanımı ile ortaya çıkan zararlı gazlar hava kirliliği gibi sorunların en önemli nedenidir. Bu yakıtları kullanan araçların çevreyi kirletmesi ve artan yakıt maliyetleri sebebiyle, elektrikli araçların geliştirilme çalışmaları hız kazanmıştır. Günümüzde sürdürülebilir çevre anlayışı konusunda toplumdaki farkındalık artmış olmasına rağmen elektrikli araçların trafikteki sayılarında yeterli düzeyde artış sağlanamamıştır. Elektrikli araç kullanımının istenilen seviyede olmamasının nedeni iki başlık altında incelenmiştir.

İlk olarak, elektrikli araç şarj istasyonlarının yeterli sayıda olmaması ve en iyi konumlarda bulunmamasıdır. Mevcut durumda elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu yapan firmalar, şarj istasyonlarını kalabalık insan gruplarının bulunduğu alışveriş merkezleri, iş yeri otoparkları gibi kar sağlayabileceği noktalara ya da benzin istasyonlarına yerleştirmeyi tercih etmektedir. Bu durumda şehir içinde elektrikli araç kullanıcıları için gerekli altyapı mevcuttur. Fakat şehirler arası yollarda, fosil yakıt kullanan araçlara göre menzilleri daha kısa olan elektrikli araçlar için yeterli sayıda şarj istasyonu bulunmamaktadır. Dolayısıyla uzun mesafelerde yolda kalma ihtimali, sürücülerin elektrikli araç kullanmayı tercih etmemesine sebep olmaktadır.

İkinci olarak, elektrikli araçlar fosil yakıt kullanan araçlara göre daha uzun süre istasyonda kalma gerekliliği olan ve farklı soket tiplerine sahip araçlardır. Bu nedenle, sürücüler şehirler arası ulaşım gibi uzun mesafelerde şarjsız bir şekilde yolda kalma tereddütü yaşamaktadır. Bu durum, yeterli sayıda ve optimum konumlandırılmış istasyon gerekliliğinin yanı sıra istasyonlar ile sürücüler arasında bir bilgi akışı ihtiyacını doğurmaktadır. Bu ihtiyacı gidermek adına elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu yapan firmalar kendi mobil uygulamalarını geliştirmiştir. Bu uygulamalar aracılığıyla, kullanıcılar şarj istasyonlarının hangi noktalarda bulunduğu ve istasyonların hangi tip soketten kaç tane içerdiği bilgilerine erişebilir. Fakat şehirler arası mesafeler için bu uygulamalar yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple uzun yolculuklarda, aracın şarjsız kalmayacağına dair bir kesinlik bulunmamaktadır.

Bu iki soruna ek olarak, elektrikli araçların yaygınlaşması konusunda bir kısır döngü mevcuttur. Elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşmaması sebebiyle şarj istasyonu kurulumu yapan firmalar yeterli miktarda istasyon kurmamaktadır. Yetersiz istasyon sayısı sebebiyle de sürücüler elektrikli araç kullanımını tercih etmemektedir. Bu döngünün kırılması için, proje kapsamında sunulacak çözümler öncül bir çalışma oluşturmaktadır.

3. Çözüm

Sürdürülebilir çevre anlayışı içerisinde geliştirilmiş olan elektrikli araçların hizmet kalitesinin geliştirilerek kullanım oranının artırılabilmesi için iki çözüm önerisi geliştirilmiştir. Birincisi, şehirler arası yollarda yeterli sayıda elektrikli araç şarj istasyonlarının toplam maliyet en küçüklenecek şekilde optimum konumlara yerleştirilmesidir. İkincisi ise sürücüler için bir akıllı sürüş destek sistemi geliştirilmesidir. Geliştirilen iki çözüm ile öncelikli hedef sürücülerin uzun mesafelerde şarjsız kalmamasını sağlayarak elektrikli araçlar için hizmet kalitesini artırmaktır. Böylelikle dolaylı olarak fosil yakıtlarla çalışan araçların kullanımını azaltarak çevre kirliliğini önlemek de hedeflenmiştir.

Birinci çözümde, optimal şarj istasyonu lokasyonlarının bulunabilmesi için bir matematiksel model geliştirilmiştir. Modelin oluşturulabilmesi için öncelikle parametreler belirlenerek veriler toplanmıştır. Elektrikli araçlarda üç tip soketten biri bulunur. Araçlar sahip oldukları soket tiplerine bağlı olarak farklı menzil kapasitelerine sahiptir. Her soket tipine sahip araçlar arasından, şarj oranı %80'den %20'ye düşene kadar en az yol alan araçlar belirlenerek mesafe değerleri kaydedilmiştir. Şehirler arası ana yolların uzunluklarının yanı sıra şehirler arası yollarda bulunan elektrik altyapısına sahip benzin istasyonları, dinlenme tesisleri gibi yerlerin konumları da parametre olarak belirlenmiştir. Mevcut elektrik altyapısına sahip aday konumlara şarj istasyonu eklemek ile altyapısı bulunmayan noktalara tesis kurmanın maliyeti farklıdır. Bu maliyet değerleri parametre olarak optimizasyon modeline yansıtılmıştır. Şehirler arası ana yollar, yolu kullanan araçların sayısına bağlı olarak, 0 ile 50 arasında bir puan ile ağırlıklandırılmıştır. Birim zamanda üzerinden daha fazla araç geçen yollar yüksek ağırlığa sahiptir. Burada amaç yolların istasyon talebini karşılayacak düzeyde kurulum yapılmasını sağlamaktır. Daha fazla istasyon alternatifi sürücülerin belirli istasyonlara yığılmasını engelleyecektir. Dolayısıyla istasyonda bekleme süresi de azaltılmış olacaktır. Aynı zamanda araç yoğunluğu az olan yollarda istasyonlara yığılma olması beklenmemektedir. Parametreler belirlendikten sonra modelin kısıtları oluşturulmuştur. En yüksek ağırlığa sahip yolda istasyonlar arası mesafe kısa olacağından, araçların en az %30 şarj ile en düşük ağırlığa sahip yollarda ise istasyonlar arasındaki mesafe uzun olacağından, araçların en az %70 şarj ile yola devam etmesi

kısıt olarak belirlenmiştir. Modelin amacı, belirlenen kısıtlar doğrultusunda, en az kurulum ve altyapı maliyetlerini sağlayacak yeterli sayıda istasyonu optimum konumlara yerleştirmektir.

İkinci çözümde, Akıllı Sürüş Destek Sistemi geliştirilmiştir. Böylece elektrikli araç kullanan sürücülerin, istasyonlarda az zaman harcayarak olabildiğince düşük maliyet ile yolculuklarını tamamlamaları amaçlanmıştır. Sistemde dinamik bir optimizasyon modeli çalıştırılacaktır. Bu sistemde kullanıcılar şehirler arası yollarda seyahat yapmadan önce sisteme bazı bilgiler vermelidir. Bu bilgiler hedef noktası, şarj istasyonunun yanında tercih ettiği hizmet tipleri, üyeliği olduğu şarj istasyonu firması ve yol boyunca sahip olmak istediği en az şarj seviyesidir. Sürücüden alınan bilgiler doğrultusunda Karar Destek Sistemi çalıştırılacaktır. Optimizasyon modeli sonuç olarak, sürücüye hangi istasyonlarda durması gerektiği bilgisini verecektir. Ek olarak belirtilen her istasyondan yüzde kaç şarj seviyesi ile ayrılacağı, istasyonlara hangi saatte ulaşacağı ve her bir istasyonda harcayacağı ortalama süre bilgisini verecektir.

4. Yöntem

Şehirler arası yollarda bulunan şarj istasyonu sayısının yetersiz olması ve mevcut istasyonların konumlarının analitik yöntemler kullanılarak belirlenmemiş noktalarda olması sebebiyle birinci problem ele alınmıştır. Bu aşamada, belirli parametreler ve kısıtlar doğrultusunda, şehirler arası yollarda şarj istasyonlarının toplam maliyet en küçüklenecek şekilde optimal noktalarda konumlandırılması amaçlanmıştır. Problemin çözümü için geliştirilen tam sayılı matematiksel model, CPLEX OPL kullanılarak çözülmüştür. Modelin çalıştırılması sonucunda, kurulması planlanan istasyonların lokasyonları, bu istasyonlarda bulunacak soket çeşitleri ve kurulan istasyonların maliyeti belirlenmektedir.

Projenin kullanıcı dostu bir arayüz geliştirilen ikinci etabında kullanılan yöntemin şeması Şekil.1'de gösterilmiştir. Öncelikle optimizasyonun yapılabilmesi için gerekli veriler toplanarak veri yönetimi kısmında saklanır. Sürücüden, kullanıcı arayüzü yardımı ile varış noktası ve yolculuk kriter bilgileri alınır. Aynı zamanda, Google Haritalar API ile Python programlama dilinin Scrapy kütüphanesi kullanılarak aracın konumunun istasyonlara olan uzaklıkları anlık olarak elde edilir. Elektrikli araç şarj istasyonu kurulumu yapan firmaların internet sitelerinden, Python programlama dilinin BeautifulSoup kütüphanesi kullanılarak şarj istasyonlarının anlık durumları ile ilgili veriler ayrıştırılır ve veri yönetimine aktarılır. Elde edilen bu veriler matematiksel modelin parametrelerini oluşturmaktadır. Matematiksel model oluşturulurken doğrusal programlama yöntemi kullanılmaktadır. Çözüm kısmında açıklanan matematiksel model, Python programlama dilinin Numpy ve Scipy kütüphaneleri kullanılarak optimal sonuç elde edilmektedir. Sürücüye, optimal sonucun kullanıcı arayüzü ile dönüt verilmesi sağlanır. Arayüz, Visual Studio ve C# programlama dili ile kullanıcı dostu olacak şekilde geliştirilir.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönu

Elektrikli araçlar ile ilgili tespit edilen sorunlar hakkında çalışmalar hızlanmıştır. Yapılan çalışmalara, şarj istasyonu kurulumu yapan firmalar ve girişimciler katkıda bulunmaktadır. Bu firmalardan biri olan Zorlu Enerji Grubu, sürücülere şarj istasyonlarının konumlarını bildirmek için kendi ZES adlı uygulamasını geliştirmiştir. Fakat bu sistemde, sürücü yakın çevresindeki sadece o firmaya ait olan şarj istasyonlarının konumlarını ve özelliklerini görebilmektedir. Girişimciler, firmalara ait olan bu uygulamaları tek bir uygulama altında birleştirmişlerdir. Geliştirilen bu uygulamalardan biri de BlueDot uygulamasıdır. BlueDot uygulaması, sürücünün

istediği kriterler doğrultusunda filtreleme yaparak yakın çevresindeki bütün istasyonları kullanıcıya sunmaktadır. Proje kapsamında ise sürücünün hedef noktasına dijital bir yolculuk ile ulaşması sağlanmıştır. Sürücüye yakın çevresindeki şarj istasyonlarını sunmak yerine, sürücünün istediği kriterler doğrultusunda hedef noktasına ulaşmaya kadar kullanacağı istasyonları, istasyonlarda geçireceği zamanı ve yolculuk maliyetini göstermektedir. Sürücünün yolculuğa başlamadan önce yolculuk çizelgesi hazırlanmaktadır. Bu özelliklerin yanı sıra akıllı sürüş desteği, elektrikli araçlara entegre edilerek sürücüye mobil bir uygulamadan daha güvenli bir sistem sunulmaktadır. Geliştirilen bu sistemde, dinamik olarak çözülen bir optimizasyon modelinin bulunması sürücü için herhangi bir koşulda olası çözümler içerisinde en iyi olanı gösterecektir. Özet olarak proje kapsamındaki inovatif yönler; mobil bir uygulamadan ziyade elektrikli araca entegre olan akıllı sürüş sisteminin geliştirilmesi ve bu sistemin içerisinde dinamik olarak bir optimizasyon modelinin çalışmasıdır.

6. Uygulanabilirlik

Proje kapsamındaki birinci çözüm yöntemi şarj istasyonu kurulumu yapan firmaları, ikinci çözüm yöntemi ise elektrikli araç üreticilerini ilgilendirmektedir. Birinci çözümde, elde edilen optimal şarj noktalarının öncelikle büyük şehirler arasındaki anayollara kurularak başlangıç yapılabilir. Maliyet kolaylığı ve istasyon ağının genişletilmesi açısından belirlenen çözümün, belirlenen pilot bölgelerde uygulanması önerilmektedir. İkinci çözüm yönteminde, hazırlanan akıllı sürüş destek sisteminin elektrikli araçlara entegre edilmesi beklenmektedir. Mevcut şarj istasyonları ve elektrikli araçların yazılım alt yapıları ile uygulanabilir bir sistemdir. Uygulanabilirlik konusundaki mevcut risklerden bir tanesi her istasyonun internet ağına bağlı olmamasıdır. Bu durum ağa bağlı olmayan istasyonlar ile akıllı araçlar arasındaki dinamik haberleşmenin sağlanamamasına yol açacaktır. İkinci risk ise akıllı olmayan elektrikli araçlara akıllı sürüş desteğinin uygulanamamasıdır.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Proje kapsamında, ilgilenilen soruna yönelik yazılımsal bir çözüm yöntemi kullanılması sebebiyle malzeme listesi bulunmamaktadır. Fakat Google Haritalar'dan API yardımı ile elde edilen uzaklık matrisi verisinde her 1000 veri ögesi için 5 dolar maliyet bulunmaktadır. Bu maliyet göz önünde bulundurulduğunda, akıllı sürüş destek sisteminin her kullanımı için yaklaşık olarak 1 dolar maliyet oluşacaktır. Proje takvimi, geliştirilen her iki çözüm yöntemi için Şekil 2. ve Şekil 3.'te gösterilmiştir. Gantt şeması yöntemi kullanılarak iş paketleri öncüllendirilerek gösterilmiştir.

8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar):

Projemizde hedeflediğimiz kitle günümüzde sayısı hızla artan mevcut elektrikli araç sahipleri ve elektrikli araç şarj istasyonlarındaki kullanıcı dostu gelişmeler sayesinde de oluşabilecek yeni elektrikli araç sahipleridir. Projenin şehirler arası yollarda uygulanması sebebi ile öncelikli hedef kitle şehirli arası yolculuklarda şarjsız kalarak yolda kalma tereddütü yaşayan kullanıcılardır. Bunun yanı sıra, belirlenecek noktalarda kurulacak şarj istasyonlarının kurucu şirketleri ve akıllı sürüş sistemini araca entegre edecek elektrikli araç üreten şirketlerdir.

9. Riskler

Proje kapsamında olası riskler ve bu risklerin etki oranları Şekil 4.'teki olasılık ve etki matrisinde gösterilmiştir. Proje hayata geçirilirken en yüksek etkiye sahip problemlerden biri akıllı sürüş destek sisteminin araca entegre edilememesidir. Bu problemin oluşması durumunda, akıllı sürüş destek sistemi mobil uygulama olarak uygulanabilir.

İki farklı çözüm yöntemi için farklı iş paketleri geliştirilmiştir. İlk etapta altı iş paketi oluşturulmuştur ve Şekil 2.'de Gantt şemasında belirtilmiştir. Literatür araştırması kapsamında konu ile ilgili makaleler taranmıştır. İncelenen makaleler doğrultusunda, modelin kurulabilmesi için gerekli parametreler, kısıtlar ve amaç fonksiyonu model tasarımı aşamasında belirlenmiştir. Belirlenen parametrelerin sayısal nicelikleri veri toplama kısmında elde edilmiştir. Model geliştirme kapsamında, toplanan verilerin analiz edilmesiyle farklı gereksinimler tespit edilmektedir. Modelin çözdürülmesi kapsamında, CPLEX OPL'e ait kodlamalar ve parametre düzenlemeleri yapılmaktadır. Sonuç yorumlanması kısmında, çıkan sonuçların gerçek hayata entegrasyonu tartışılmaktadır. İkinci etapta ise sekiz iş paketi bulunmaktadır ve Şekil 3.'de Gantt şemasında belirtilmiştir. İlk etapta farklı iş paketleri gereksinim analizi, yazılım tespiti, ağ altyapısı analizi, veri girişinin yapılması ve sistem doğrulama. Gereksinim analizi kapsamında, geliştirilen akıllı sürüş destek sisteminin sürücülerin hangi ihtiyaçlarını karşılaması gerektiği belirlenmiştir. Yazılım tespiti kısmında, proje amacına uygun olarak hangi yazılım dil ve araçlarının uygulanması gerektiğine karar verilmektedir. Ağ altyapısı analizinde, sistemdeki dinamik haberleşmeyi sağlayabilmek adına mevcut ağ altyapısının ile proje uygulanabilirliği incelenmektedir. Veri girişi aşamasında, toplanan veriler düzenlenerek tasarlanan modele entegre edilmiştir. Sistem doğrulama kapsamında, çeşitli veri girişleri yapılarak sistemin doğru çalışıp çalışmadığı analiz edilmektedir. Proje kapsamında, ilgilenilen soruna yönelik yazılımsal bir çözüm yöntemi kullanılması sebebiyle malzeme listesi bulunmamaktadır.

10. Proje Ekibi

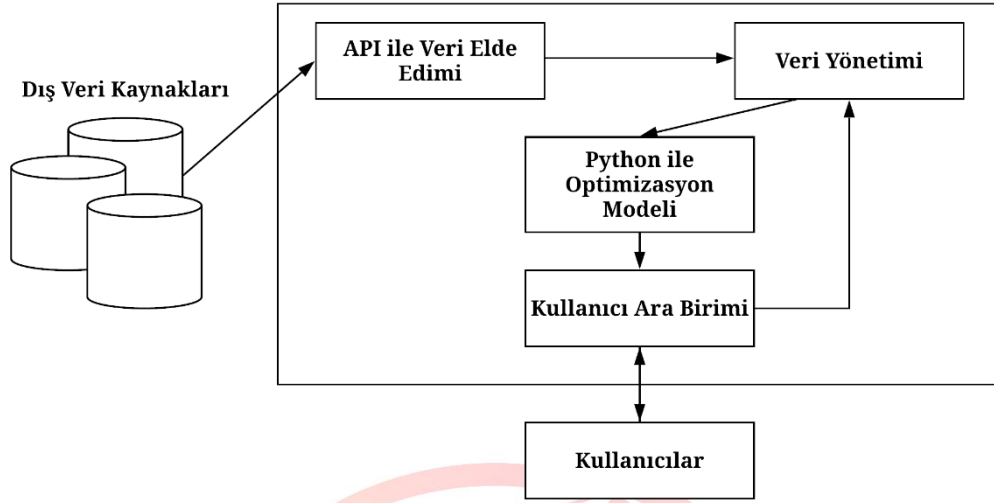
Takım Lideri: Elif Demirkaya

Ad Soyad	Okul	Bölüm/Sınıf	Projedeki İş Tamamı
Elif Demirkaya	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	Endüstri Müh./4.Sınıf	Modelleme ve Yazılım Geliştirme
Yiğit Anış	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	Endüstri Müh./4.Sınıf	Model Tasarımı ve Geliştirme
Ozan Altınbaşak	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	Endüstri Müh./4.Sınıf	Literatür ve Gereksinim Analizleri
Afra Edikli	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	Endüstri Müh./4.Sınıf	Veri Toplama ve Sistem Doğrulama

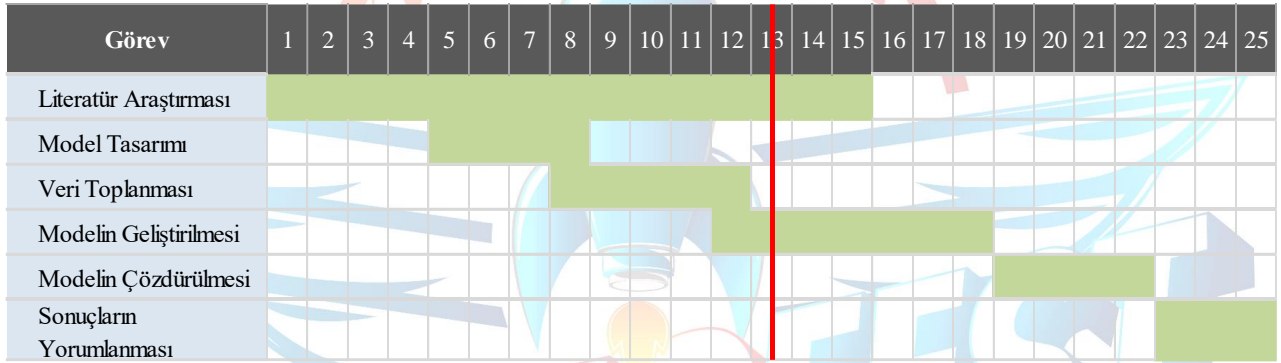
11. Kaynaklar

- <https://thebluedot.co/#top>
- https://www.journalagent.com/pajes/pdfs/PAJES_25_9_1056_1061.pdf
- https://www.michigan.gov/documents/energy/EV-Charger-Placement-Opt-PhaseI-Final-Report-021319_646220_7.pdf

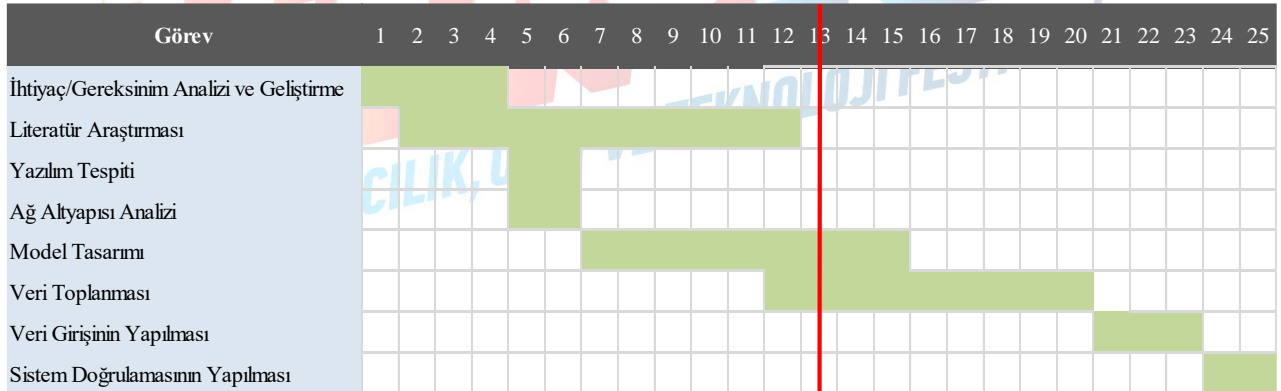
EKLER



Şekil 1. Akıllı Sürüş Destek Sistemi Tasarımı Yöntem Şeması



Şekil 2. Birinci Çözüm Yöntemine Ait Gantt Şeması



Şekil 3. İkinci Çözüm Yöntemine Ait Gantt Şeması

Yüksek Etki/Düşük Olasılık Akıllı Sürüş Destek Sistemi'nin araca entegre edilememesi	Yüksek Etki/Yüksek Olasılık İstasyonların ağ altyapısında bulunmaması
Düşük Etki/Düşük Olasılık Model sonucunda karar verilen optimal konuma istasyon kurulmaması	Düşük Etki/Yüksek Olasılık Sistemin kullanımı sırasında olası kısa zamanlı internet sorunları

Şekil 4. Olasılık ve Etki Matrisi

