

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

AKILLI ULAŞIM YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

PROJE ADI : Şehir İçi Trafik Işık Ağına Optimum Kontrolü

TAKIM ADI : Raclab Intelligent Traffic Control

TAKIM ID : T3-22362-200

TAKIM SEVİYESİ: Üniversite-Mezun

DANIŞMAN ADI : Doç. Dr. Akif DURDU

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Bu çalışmada birden fazla kavşağı hedef edinen, adaptif (anlık trafik rejimine göre karar veren) kontrol sistem modüllerinin tasarlanması amaçlanmıştır. Tasarlanan modül, sahadan toplanan trafik parametrelerini (kuyruk uzunluğu, faz süreleri, döngü süreleri, toplam seyahat süresi ve gecikme süreleri) kullanarak, trafik sinyal planlaması gerçekleştirir. Bu projede trafik sinyali zamanlama problemi çok amaçlı optimizasyon problemi olarak ele alınmıştır. Bu optimizasyon problemlerinin çözümü yeni nesil (sezgisel ve istatistiksel tabanlı optimizasyon yöntemleri) optimizasyon yöntemleri ile sağlanmıştır. Sezgisel ve istatistiksel tabanlı optimizasyon yöntemlerinin kullanılması, trafik sinyal sürelerinin hesaplanması ve ağdaki veri iletimi için gereken sürenin minimize edilmesini sağlamaktadır.

Tasarlanan modüller ile elde edilen optimum çözümlerin performansı gerçek saha verileri ile karşılaştırılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan gerçek saha verileri bir akıllı ulaşım teknolojileri şirketi (Mosaş Group) [1] tarafından sağlanmaktadır. Tasarlanan gerçek zamanlı kontrol modüllerinin gerçek trafik koşullarında uygulanabilir ve düşük maliyetli olması bu projenin önemini daha da arttırmaktadır. Tasarlanan optimum kontrol yöntemlerinin kısa zaman içinde geleceğin trafik yönetim sistemleri olarak mevcut kontrol sistemlerinin yerini alması ön görülmektedir.

2. Problem/Sorun:

Bu bölümde bu çalışmanın motivasyonuna yer verilmiştir. Bu çalışmanın neden önemli olduğu, bu çalışmaya neden ihtiyaç olduğu kısaca açıklanmış ve yapılan açıklamalar bilimsel kanıtlarla desteklenmiştir.

Kentsel yol ağları için uygulanabilir bir gerçek zamanlı sinyal kontrol stratejilerinin geliştirilmesi, bilimsel ve pratik geçerliliği olan önemli bir sorundur [2]. Birçok kentsel trafik kontrol stratejisi basitleştirilmiş modellere dayanmaktadır. Ayrıca farklı trafik koşullarında (yani doymamış, doymuş ve aşırı doymuş) düşük hesaplama zamanı ile verimli bir şekilde çalışan bir kontrolör tasarlanması ise başlı başına bir sorundur.

Literatürde, trafik kontrolü alanında yapılan birçok çalışma bulunmaktadır [3]. Kentsel nüfusun hızla artması, mevcut yolların kapasitelerinin sınırlı olması ve akıllılık kavramı ile şehirlerimizin altyapısının değişmesi nedeniyle literatürdeki çözümler trafik problemi için noksan kalmıştır. Geleneksel kontrol yöntemleri (sabit zamanlı sinyal ya da izole edilmiş tek bir kavşak için adaptif sinyal kontrolü) günümüz trafik problemlerine etkin bir çözüm getirememektedir.

Trafik sinyallerinden oluşan bir ağın birden fazla optimum noktası mevcuttur. Bir çok sayıda yerel optimum noktası bulunan optimizasyon problemlerinin ya da büyük ölçekli optimizasyon problemlerinde de klasik optimizasyon algoritmalarının performansı zayıf kalmakta ve bekleneni verememektedir [4][5].

Günümüz sorunlarına yeteri kadar çözüm olmayan mevcut kontrol yöntemlerinin, yakın gelecekte otonom araçların da yer alacağı ulaşım problemlerine çözüm bulması beklenemez. Otonom araçların sayısının her geçen gün arttığı yeni nesil bir trafik için daha modern daha adaptif bir çözümün bulunması zorunluluktur.

3. Çözüm

Bu bölümde önerilen yöntem ve faydaları kısaca açıklanmıştır. Ayrıca önerilen stratejinin mimarisi görsel olarak verilmiş ve mimariyi oluşturan her bir katman hem görsel hemde yazılı olarak açıklanmıştır.

Bu projede tek bir kavşağı değil de kavşakların oluşturduğu trafik ağını optimize etmeyi hedefleyen, gerçek zamanlı çalışan, adaptif trafik kontrol modülleri tasarlanmıştır. Önerilen yaklaşım ile trafikteki gecikme ve bekleme süresi azaltılmakta, araçların kara yolu üzerindeki ortalama hızları artırılmaktadır. Bunun sonucunda toplam seyahat süresi azaltılmakta ve neden olduğu ekonomik kayıplar ve sosyolojik etkenler minimize edilmektedir.

Şekil 1'de (EK'te verilmiştir) gösterildiği gibi, bu çalışmada trafik ağının optimizasyonu 4 farklı katmanda gerçekleştirilir. Kontrol katmanı, kullanıcının sisteme erişebildiği katmandır. Kullanıcı bu katmanı kullanarak hem tüm sistemi izleyebilir (analiz ve raporlama işlemini gerçekleştirebilir, sahadan trafik verisi alabilir) hemde sistemi kontrol edebilir (faz ve döngü süreleri için bir limit belirleyebilir, kullanılan algoritmaları değiştirebilir).

Katman 1 (Mavi çizgi ile sınırlandırılan küme), trafik sinyal zamanlaması için en önemli yol olan ana yolun optimizasyonundan sorumludur. Kontrol katmanından gelen limit değerlerine ve sahadan toplanan trafik parametrelerine (kuyruk uzunluğu, faz süreleri, döngü süreleri, toplam seyahat süresi ve gecikme süreleri) göre gerekli optimizasyon işlemini gerçekleştirir. Optimizasyon sonunda elde edilen çözümlere göre küme de bulunan trafik sinyalleri çalıştırılır. Katman 2 (Kahve çizgi ile sınırlandırılan küme), öncelik değeri ana yoldan sonra olan yolun optimizasyonunu gerçekleştirir. Ana yol ile bağlantısı olduğu olduğu için, optimizasyon işlemi yaparken Katman 1'den gelen çözümü de dikkate almaktadır. Trafik parametreleri, kontrol katmanının belirlediği limit ve Katman 1'den gelen çözümü dikkate alarak optimizasyon işlemi gerçekleştirir. Elde edilen çözüm ile küme içinde trafik sinyalleri çalıştırılır. Katman 3, trafik ağının en uç noktasıdır ve bireysel bir kavşağı temsil eder. Anlık trafik koşulları, kontrol katmanı ve üst katmanlardan gelen çözümlere göre optimizasyon gerçekleştirilir. Elde edilen çözüm trafik ağından bağımsız izole bir kavşak çözümü olarak değerlendirilir. Çözüm uygulanmadan önce Katman 1 ve Katman 2'deki trafik akışını bozup bozmayacağı kontrol edilir ve ona göre uygulama gerçekleştirilir.

Bu çalışmada trafik ağının kontrolü optimizasyon problemleri olarak değerlendirilmiş ve çözümleri yeni nesil (sezgisel ve istatistiksel tabanlı optimizasyon yöntemleri) optimizasyon yöntemleri ile sağlanmıştır. Bu kapsamda literatürde önerilen bir çok algoritma (PSO, ABC, Fuzzy, ACO, DE, RL, QL) ve bu konuya hiç uygulanmayan bir çok algoritma (SL-PSO, AAA) ile en uygun çözüm aranmıştır. Elde edilen çözümler göstermektedir ki, önerilen yöntemler ile trafik sinyal sürelerinin hesaplaması ve ağdaki veri iletimi için gereken sürenin minimize edilmesi mümkündür.

4. Yöntem

Bu bölümde trafik sinyali optimizasyonuna kısaca değinilmiş, proje kapsamında kullanılan yöntemlerden biri detaylıca açıklanmıştır. Ayrıca önerilen modelin sonucu, gerçek trafik verileri ile karşılaştırılmış ve bu karşılaştırma tablo olarak verilmiştir.

Bu bölümde trafik sinyal kontrol probleminin sürüye dayalı sezgisel optimizasyon algoritmalarıyla optimize edilmesi önerilmektedir. Önerilen yöntemler, Türkiye'de Kilis şehrinden elde edilen gerçek trafik verileri ile test edilmiştir. Performans, SUMO trafik simülatörü aracılığıyla gerçek zamanlı olarak değerlendirilir. Elde edilen sonuçlar gerçek trafik ölçüm verileri ile karşılaştırılır ve önerilen yöntemin başarısı sayısal olarak ifade edilir.

Bu çalışmada, trafik ışıklarının programlanması SUMO tarafından desteklenen bir çözüm vektörü ile temsil edilmektedir. Çözümleri vektörünün her elemanı, bir kavşaktaki trafik ışıklarının bir faz süresini temsil eder. Tek bir trafik sinyali yerine birbirine bağlı ve

etkileşimli trafik sinyallerini optimize etme işlemi, ayrılmaz optimizasyon problemleri olarak tanımlanır. Bu çalışmada PSO'nun optimizasyon algoritması olarak seçilmesinin nedenlerinden biri de budur; PSO'nun hızlı yakınsama gerektiren problemlerde başarılı sonuçlar verdiği iyi bilinen bir gerçektir [6, 7].

Bu çalışmada, sürü algoritmalarının her bir parçacığı bir çözüm vektörünü temsil etmektedir. Çözüm vektörünün her elemanı, bir kavşaktaki trafik ışıklarının bir faz süresini temsil etmektedir. Optimal döngü değerlerini içeren her çözüm vektörü uygunluk fonksiyonu ile değerlendirilir.

$$TTT = \sum_{(i,j)} TTT_{ij} = \sum_{(i,j) \in A} q_{ij} \cdot d_{ij} \quad (1)$$

Bu çalışmada uygunluk fonksiyonu olarak Denklem 1 kullanılmıştır (Bu konuda daha ayrıntılı bilgi için lütfen [8] bakınız). Denklem 1, kara yolundaki toplam seyahat süresini ifade eder. Bu çalışma ile toplam seyahat süresinin azaltılması amaçlanmıştır;

Bu çalışmada trafik ışıklarının optimizasyonu iki ana bölümden oluşmaktadır:

optimizasyon ve simülasyon süreci. Optimizasyon sürecinde, trafik ışıkları için en uygun döngü programlarını bulmak için parçacık sürü optimizasyonu algoritmasını çalıştırır. Algoritmanın çalışması aşağıdaki adım adım açıklanmaktadır;

Adım 1 - Başlangıç durumunda faz sürelerini temsil eden çözümler, faz süreleri ile rasgele seçilen parçacıklardan oluşur. Min ve maks değerleri, kullanıcının başlangıçta ayarlaması gereken sınır değerlerdir.

Adım 2- Parçacıkların hız güncellemesi.

Adım 3- Konum güncellemesi.

Adım 4- Amaç fonksiyonunu çalıştırın.

Adım 5- En iyi elde edilen değerler simülasyon sürecine gönderilir. 2. adıma gidin.

Önerilen yöntemi özetlemek için PSO ile yeni bir çözüm üretilir ve döngü programı bu çözüm kümesiyle güncellenir. Trafik ağı senaryosu daha sonra SUMO ile simüle edilir. Optimizasyon işlevi, simülasyon sonucunda elde edilen trafik parametrelerine göre tekrar yürütülür. Bu işlem, kullanıcı tarafından belirlenen durdurma kriterine ulaşılan kadar devam eder.

Önerilen yöntemin değerlendirilmesi için kullanılan veriler gerçek trafik verileridir. Bu trafik verileri, Türkiye'nin kenti Kilis'teki bir kavşaktan alınmıştır. Senaryo gerçek trafik verileri kullanılarak oluşturulmuş ve simülasyon gerçekleştirilmiştir. Şekil 2'de (EK'te verilmiştir), uygulama yapılan kavşak yapısına yer verilmiştir. Şekil 3 (EK'te verilmiştir), incelenmekte olan kavşağın oluşturulmuş simülasyon modelini göstermektedir.

Tablo 1, PSO ve varyant yaklaşımlarının sonuçlarını göstermektedir. Bu çalışma bir günlük(24 saatlik) gerçek trafik verileri ile test edilmiştir. Sahadan alınan trafik verilerine göre, araç başına ortalama seyahat süresi 59 saniyedir. Çalıştırılan algoritmaların sonucuna bakıldığında ise, araç başına ortalama seyahat süresi 59 sn'den 46 sn'ye düşmektedir.

Tablo 1. Çalışma Sonuçları

	PSO N=10	SL-PSO N=10	Real Data
TTS [s]	46	46	59
Duration [min]	239	212	

Ayrıca önerilen yöntemlerin bir günü simule etme süresi de Tablo 1’de verilmiştir. Simülasyon sürelerine bakıldığında 1 tam gün (24 saat*60dak=1440 dak), 239 dakika ve 212 dakika da simule edilmiştir. Bu Simülasyon süreleri, önerilen stratejilerin gerçek hayatta uygulanabilir olacağının sayısal kanıtı olarak değerlendirilebilir.

5. Yenilikçi(İnovatif) Yönü

Önerilen projede, klasik trafik kontrol yöntemlerinden farklı olarak yenilikçi kontrol algoritmaları kullanılmaktadır. Yenilikçi kontrol algoritmaları sayesinde daha kısa sürede daha verimli çözüm elde edilmektedir. Ayrıca klasik kontrol yöntemleri (Maxwell, Scatt v.b.) genel olarak tek bir kavşağı hedeflemekte ve değişen trafik koşullarına kayıtsız kalmaktadır. Birden fazla kavşağı hedefleyen klasik yöntemler ise (Greenband) düşük yoğunluklu trafik rejimlerinde verimli çalışmakta ve artan trafik yoğunluğuna çözüm olamamaktadır.

Piyasada bulunan tüm yöntemler geleneksel kontrol yöntemlerini kullanmaktadır. Yukarıda da bahsedildiği üzere mevcut yöntemler, trafik probleminin geneline değil sadece belirli trafik koşullarına çözüm olmaktadır. Önerilen stratejiler adaptif ve gerçek zamanlı olduğu için, trafik yoğunluğu sürekli dikkate alınmakta ve olası değişkenliğe uygun anlık çözümler elde edilmektedir.

Önerilen yaklaşım donanım ve yazılım olmak üzere iki kısımdan oluşur. Donanım kısmını, yüksek hesaplama ve veri iletim kapasitesine sahip bir mikroişlemci oluşturmaktadır. Yazılım kısmını ise optimizasyon algoritması oluşturur. Kullanılan optimizasyon algoritmasının yeniliği ve çeşitliliği bu projenin özgünlüğünü ve yenilikçiliğini arttırmaktadır. Bölüm 4’te bahsedilen uygulama da literatürde trafik problemine uygulananmamış SL-PSO algoritması kullanılmıştır. Elde edilen sonuç (TTT’de %16’lık iyileştirme), önerilen yenilikçi ve özgün yöntemin sayısal kanıtıdır.

6. Uygulanabilirlik

Bu çalışmada trafik sinyal planlaması optimizasyonu için yeni nesil optimizasyon yöntemleri kullanan modüller önerilmiştir. Önerilen modüller, yüksek hesaplama kapasitesine sahip mikroişlemcilerden oluşmaktadır. Tasarlanan modülün esnek ve kolay uygulanabilir olmasına özen gösterilmiştir. Tasarlanan modülün trafik sinyal kontrol ünitesine entegre edilmesi ile önerilen yöntemin adaptif olarak çalışması sağlanabilir.

Bu çalışmada kullanılan kontrol yöntemlerinin hepsinin performansı gerçek saha verileri karşılaştırılarak ile sağlanır. Önerilen bu yaklaşımlar, gerçek saha verileri ile simule edildikten sonra gerçek sahada test edilmektedir. Gerçek trafik verileri ve sahada deneme için MOSAŞ GROUP ile anlaşılmıştır. Proje ekibimizde MOSAŞ GROUP bünyesinde hizmet eden mühendis mevcuttur.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Proje bütçesi ve proje takvimi Tablo 2’de ve Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 2. Proje Bütçesi

Malzeme Adı	Fiyat (Dolar)	Fiyat (TL) (KDV Dahil)	Gereçesi	Tedarik Kaynağı
NVIDIA Jetson Nano Developer Kit	112 USD +KDV	1.085,36 ₺	Yüksek hesaplama kapasitesi, Hızlı veri iletimi,	https://embedded.openzeka.com/urun/nvidia-jetson-nano-developer-kit/

Tablo 3. Proje Takvimi

İş Paketi Adı	1.Ay	2.Ay	3.Ay	4.Ay	5.Ay	6.Ay	İş Paketi Tanımlama
Literatür Taraması	x	x	x	x	x	x	Proje için gerekli teorik bilginin toplanmasını ifade etmektedir.
Trafik Modelleme	x	x	x	x			Uygulama yapılan kavşak/ların Simülasyon programında oluşturulması ve trafik parametrelerinin elde edilmesi için gerekli fonksiyonların yazılmasını ifade etmektedir.
Optimizasyon Kodu Oluşturma	x	x	x	x	x		Literatürden alınan teorik bilginin pratiğe dönüştürüldüğü iş paketidir. Optimizasyon kodlarının derleyicide oluşturulmasını ifade eder.
Malzeme Tedariği				x	x	x	İhtiyaç duyulan mikroişlemcinin tedarikliğini ifade eder.
Simülasyon	x	x	x	x	x		Projenin SUMO trafik simulatöründe gerçek trafik verileriyle gerçek zamanlı gerçekleştirilmesini ifade eder.
Saha Testleri				x	x	x	Projenin gerçek trafikte gerçek zamanlı gerçekleştirilmesini ifade eder.

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Trafik rejiminin gün içinde değişkenlik gösterdiği noktalarda klasik kontrol sistemlerinin yetersiz kaldığından yukarıda bahsedilmiştir. Önerilen kontrol sisteminin odak noktası şehir merkezleri, hedef kitle ise şehir merkezlerinde yaşayan yaya ve sürücülerdir.

9. Riskler

Önerilen kontrol stratejilerinin performansı gerçek trafik verileri ile karşılaştırılarak ölçülmektedir. Bununla birlikte sahadan toplanan verinin eksikliği veya yanlışlığı projenin değerlendirilmesini tamamen etkilemektedir. Bu kapsamda önerilen kontrol metotları, sadece bir nokta değil birden fazla noktadan alınan trafik değerleri ile test edilecektir. Ayrıca Simülasyon sonuçlarına göre başarılı olan kontrol yöntemleri sahada test edilecektir.

10. Proje Ekibi

Takım Lideri : Seyit Alperen ÇELTEK

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okul	Projeyle veya problemle ilgili tecrübesi
Seyit Alperen ÇELTEK	Optimizasyon, Malzeme Tedariği, Simülasyon	Konya Teknik Üniversitesi	3 Yıl
Muzamil Eltejani Mohammed ALİ	Trafik Modelleme, Simülasyon, Saha Testi	Selçuk Üniversitesi	5 Yıl

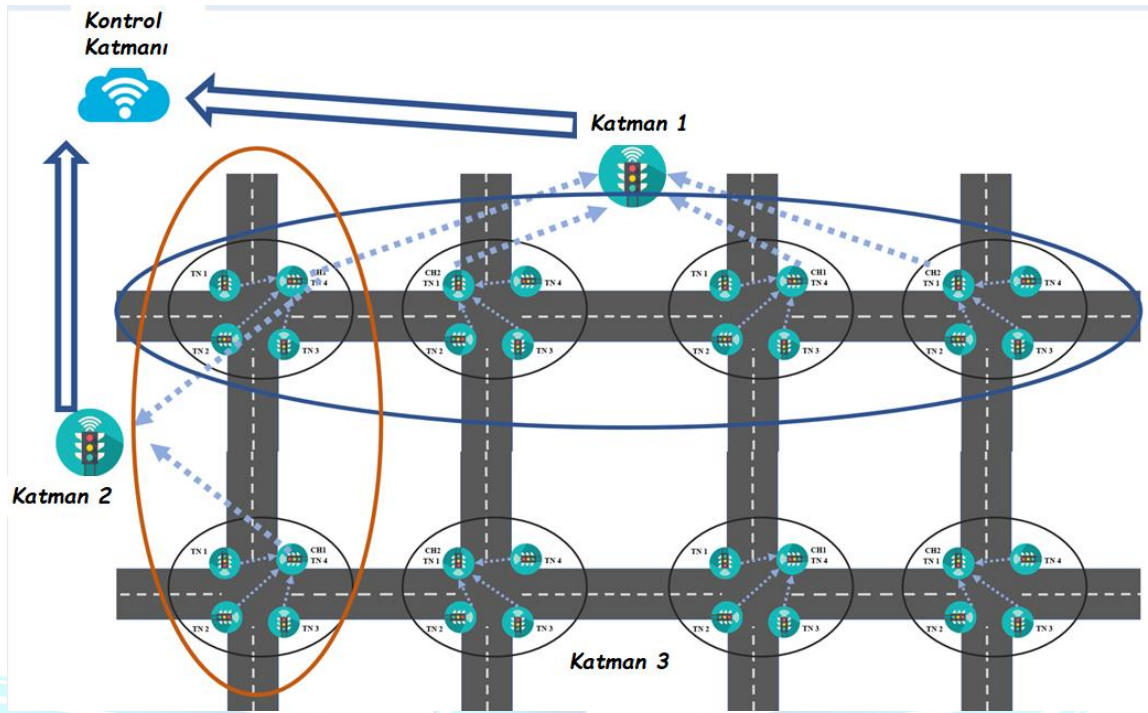
11. Kaynaklar

- [1] <https://www.mosas.com.tr/>
[2] J. McCrean and S. Moutari, "A hybrid macroscopic-based model for traffic flow in road networks," *European Journal of Operational Research*, vol. 207, no. 2, pp. 676-684, 2010.
[3] B.-L. Ye, W. Wu, H. Gao, Y. Lu, Q. Cao, and L. Zhu, "Stochastic model predictive control for urban traffic networks," *Applied*

- Sciences*, vol. 7, no. 6, p. 588, 2017.
- [4] Wang, H., Sun, H., Li, C., Rahnamayan, S. ve Pan, J.-S., 2013, Diversity enhanced particle swarm optimization with neighborhood search, *Information Sciences*, 223, 119-135
- [5] J. Garcia-Nieto, A. C. Olivera, and E. Alba, "Optimal cycle program of traffic lights with particle swarm optimization," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 17, no. 6, pp. 823-839, 2013.
- [6] N. Hansen, R. Ros, N. Mauny, M. Schoenauer, and A. Auger, "PSO facing non-separable and ill-conditioned problems," 2008.
- [7] R. Cheng and Y. J. I. S. Jin, "A social learning particle swarm optimization algorithm for scalable optimization," vol. 291, pp. 43-60, 2015.
- [8] N. H. Gartner, F. J. Pooran, and C. M. Andrews, "Optimized policies for adaptive control strategy in real-time traffic adaptive control systems: Implementation and field testing," *Transportation Research Record*, vol. 1811, no. 1, pp. 148-156, 2002.



EK



Şekil 1. Trafik Ağı Optimizasyon Katmanı



Şekil 2. Uygulama yapılan izole kavşak.



Şekil 3. Simülasyon modeli.