

OHS ACADEMY

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AKADEMİ DERGİSİ

ADAPTİF TRAFİK YÖNETİM SİSTEMLERİ Cemal Kazım Gonca, Bahadır GÜLSÜN

Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Özet

Ulaşım, şehirlerde kullanılan fiziksel alan ile yaşayan insanları etkileyen merkezi bir faktördür. Bilgi ve haberleşme teknolojisinin son yıllardaki gelişimi, herhangi bir şehrin karşılaşılabileceği trafik sıkışıklığı, trafik kazaları ve kara ulaşımının neden olduğu çevresel etkiler gibi sorunları çözme yolunda güçlü çözümler üretilmesini sağlamıştır. Bu gelişim doğrultusunda ortaya çıkan akıllı ulaşım sistemleri kavramı, ulaşım altyapısı ile haberleşme ve bilgi sistemlerinin bütünleşmesi sonucu birbirini etkileyen faktörleri (araçlar, yollarda taşınan yükler, rotalar, yolcular vs.) kontrol ederek yol güvenliğini artırmayı ve araçların yıpranmasını, yolda geçirilen zamanı ve yakıt tüketimini azaltmayı amaçlar.

Trafik problemleri genel olarak, karayollarının kesişim alanlarını oluşturan kavşaklarda meydana gelmektedir. Kavşaklar, karayollarındaki araçların birbirleri ile kesişme olasılıklarının en fazla olduğu alanlar olduğu için, bu alanlarda söz konusu karmaşıklıkları önlemek amacı ile çeşitli trafik denetimi teknikleri uygulanmaktadır. Özellikle son yıllarda, ülkemizde ve gelişmekte olan birçok ülkede uygulanan söz konusu trafik denetimi tekniklerinden birisi ve en önemlisi de sinyalizasyon kavşak uygulamalarıdır.

Bu çalışmada, sinyalizasyon tekniklerinin uygulanış şekilleri ile bu uygulamalardan verimliliği yüksek güncel çözüm olan adaptif trafik yönetim sistemlerine dair teknikler, kullanılan yapay zeka yöntemleri ile ürün haline gelebilmesi için gereklilikler ve sisteme dair fayda analizi bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Ulaşım Sistemleri, Sinyalizasyon Teknikleri, Adaptif Trafik Yönetim Sistemleri, Optimizasyon.

ADAPTIVE TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS Cemal Kazım Gonca, Bahadır GÜLSÜN

Yıldız Teknik University, Faculty of Machinery, Department of Industrial Engineering, İstanbul, Turkey

Abstract

Transportation is a central factor that affects people living with physical space in cities. The development of information and communication technology in recent years has enabled strong solutions to solve problems such as traffic jams, traffic accidents and environmental impacts caused by any city. The concept of intelligent transportation systems that emerged in line with this development, increasing the road safety by controlling the factors affecting each other (vehicles, roads, routes, passengers, etc.) as a result of the integration of transportation infrastructure and communication and information systems; aims to reduce.

Traffic problems generally occur at the intersections that make up the intersection areas of highways. Since intersections are the areas where the vehicles on the roads are most likely to intersect with each other, various traffic control techniques are applied to prevent such complexities in these areas. Especially in recent years, it is one of the traffic control techniques in our country and in many developing countries and most importantly, signalized intersection applications.

Keywords: Intelligent Transportation Systems, Signalized Control Techniques, Adaptive Traffic Control Systems, Optimization.

1. Giriş

Ulaşım, şehirlerde kullanılan fiziksel alan ile yaşayan insanları etkileyen merkezi bir faktördür. Şehir içi ulaşımdaki değişimler ise insan hareketlerinin yapısını etkiler, çevreyi değiştirir, şehirlerin büyümesini hızlandırır.

Bilgi ve haberleşme teknolojisinin son yıllardaki gelişimi, herhangi bir şehrin karşılaşılabileceği trafik sıkışıklığı, trafik kazaları ve kara ulaşımının neden olduğu çevresel etkiler gibi sorunları çözmeye yolunda güçlü çözümler üretilmesini sağlamıştır [1].

Bu gelişim doğrultusunda ortaya çıkan akıllı ulaşım sistemleri kavramı, ulaşım altyapısı ile haberleşme ve bilgi sistemlerinin bütünleşmesi sonucu birbirini etkileyen faktörleri (araçlar, yollarda taşınan yükler, rotalar, yolcular vs.) kontrol ederek yol güvenliğini artırmayı ve araçların yıpranmasını, yolda geçirilen zamanı ve yakıt tüketimini azaltmayı amaçlar.

Bu amaçla yapılan uygulamalarda bilgi, haberleşme, algılama ve kontrol teknolojileri bir arada kullanılır. Araçlarda yolcu güvenliğini artırmak, kazaları önlemek, kaza sırasında veya sonrasında yaşanan yaralanma ve ölümleri en aza indirmek için yapılan çalışmalarda akıllı ulaşım sistemlerinin yüksek potansiyele sahip olduğu görülmüştür [2]. Şekil 1’de akıllı ulaşım sistemi altyapısı görülebilir [3].



Şekil 1 : Akıllı Ulaşım Sistemi

Trafiğin kontrol altında tutulmasına yönelik akıllı çözümler de bu amaçlara hizmet etmektedir.

Günümüzde, tipik bir kent içi ulaşımının araç-km birimiyle değerlendirildiğinde üçte ikisi, araç-saat birimiyle değerlendirildiğinde üçte ikisinden daha büyük bir oranı, ışıklı işaretler ile kontrol edilen karayolu ağlarında gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, kent içi karayolu ulaşımının performansı büyük ölçüde karayolu trafiğinin kontrolünde elde edilen başarıya, karayolu trafiğinin kontrolündeki

başarı ise, trafik ışıklarının kontrolünde sağlanacak kaliteye bağlıdır [4].

Trafik problemleri genel olarak, karayollarının kesişim alanlarını oluşturan kavşaklarda meydana gelmektedir. Şehirlerin büyümesiyle giderek artan bu problemler, maddi ve manevi kayıplara yol açmakta ve insan hayatını birçok açıdan olumsuz yönde etkilemektedir.

Kavşaklar, karayollarındaki araçların birbirleri ile kesişme olasılıklarının en fazla olduğu alanlar olduğu için, bu alanlarda söz konusu karmaşıklıkları önlemek amacı ile çeşitli trafik denetimi teknikleri uygulanmaktadır. Özellikle son yıllarda, ülkemizde ve gelişmekte olan birçok ülkede uygulanan söz konusu trafik denetimi tekniklerinden birisi ve en önemlisi de sinyalizasyon kavşak uygulamalarıdır.

Bu çalışmada, Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) içerisindeki sinyalizasyon kontrol tekniklerinden verimliliği yüksek güncel çözümlerden olan Adaptif Trafik yönetim sisteminden (ATYS) bahsedilmiştir. Adaptif Trafik Yönetim Sistemlerine dair; teknikler ve ilkeler, kullanılan yapay zeka yöntemleri ile ATYS ürününün oluşturulması için gereklilikler analizi ve sistemin faydaları ele alınmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma için benzer konulardaki literatür araştırması yapılmış, güncel makale ve yazılar takip edilmiştir. Ayrıca, piyasadaki adaptif trafik kontrol sistemlerine dair ürünler incelenmiş ve uygulamalara dair çıktılar analiz edilmiştir.

3. Araştırma Bulguları ve Öneriler

3.1 Sinyalizasyon Kontrol Teknikleri

Sinyalizasyon sistemleri araç ve yaya akımlarının ışıklı uyarımlar ile uyarılması ve geçiş sıralarının düzenlenmesini sağlayan sistemlerdir. Araç ve yaya akımlarının hareketlerinin kesiştiği noktalarda sinyalizasyon sistemi tesis edilmesi hakkındaki şartlar bir mühendislik çalışması ile irdelenerek kurulum kararı alınır. Sistem tesis edilmeden önce uygulama alanının topoğrafyasına, akımların yönlerine, araç ve yaya hacimlerine uygun olarak kavşak geometrisi oluşturulur ve uygun yönetim biçimi belirlenir.

Özellikle kentsel alanlarda yer alan sinyalizasyon kavşaklar; kentlerin sürekli genişlemesi ve araç sahipliği oranının yükselmesinden ötürü sürekli artan akım değerlerine hizmet vermek durumunda kalmaktadır. Buna karşın sinyal sürelerinin güncel tutulması ise yüksek emek isteyen bir iştir.

Sinyalize kavşakların yönetim şekilleri belirlenirken; trafik akımlarının özellikleri, kavşakların geometrik yapısı, araç ve yaya hacimlerinin dönemsel, mevsimsel ve gün içerisindeki değişiklikleri dikkate alınır. Kavşakların trafik akımındaki değişkenliği etkin hizmet sunabilmesi beklendiğinden, ilgili kurumların sinyalize kavşak işletiminde verimliliği arttıracak birtakım iyileştirmeler yapması zorunlu hale gelmektedir.

Belirtilen kontroller lokal olarak bir kavşak üzerinde yapılabileceği gibi, seçilmiş alan içerisindeki tüm kavşakların koordine edilmesi ile de yapılabilir.

Sinyalize kontrol tekniklerinin ana parametreleri sinyal süreleri, faz sayılarıdır. Sinyalize kontrol tekniklerinde trafik yönetimi, genellikle iki, üç veya dört fazlı olarak gerçekleştirilmektedir. [5]

Özellikle, yakın alan kontrollü kavşaklar ağında, kesişim noktaları arasındaki koordinasyonun performans üzerinde büyük etkisi vardır. Bir trafik işaretindeki kuyruktan ayrılan araçlar, aynı yöne doğru ilerledikçe yayılan bir birlik oluşur. Sinyal kontrollü kavşakların birbirine çok yakın yerleştirilmesi durumunda, bir kavşaktan çıkarılan bir araç birliği, bir sonraki kavşağa gelmeden önce tamamen dağılmaz. Araçların bir takımının sinyalize edilmiş kesişme noktalarındaki hareketi, ilerleme olarak adlandırılır. Trafik sinyallerinin birbirleriyle düzgün bir şekilde koordine edilmesiyle araç birlikleri ilerlemeye devam edebilir. [6] Sinyal koordinasyonu, genel trafik işlemlerini arttıracaktır, algoritmayı karmaşıklatacaktır ancak sağladığı fayda göz önüne alındığında tercih sebebi olmaktadır.

Lokal veya alan bazlı, farklı faz sayılarına hitap eden sinyalize sistemlerin işletilmesinde kullanılan başlıca yöntemler şunlardır;

- Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemleri,
- Yarı trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleri,
- Tam trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleri,
- Adaptif trafik yönetim sistemleri (ATYS).

3.1.1. Sabit Zamanlı Sinyalizasyon Sistemleri

Sabit zamanlı sinyalizasyon işletim sisteminde, kavşağa değişik yönlerden yaklaşan araç ve yaya trafiğine önceden hazırlanmış zaman programlarına uygun olarak sıra ile geçiş hakkı verilmektedir. Hemen hemen her kavşaktaki trafik akımları günün değişik saatlerinde farklı özellikler göstermektedir. Sabit zamanlı bir sinyalizasyon sisteminde de bu farklı özelliklere uygun biçimde bir günün farklı saatleri ve bir yılın farklı günleri üzerindeki

istatistikler baz alınarak otomatik olarak değişen ayrı ayrı programlar uygulanır ve yerel belleğe kaydedilir bu şekilde trafik akımının en uygun şekilde düzenlenmesi amaçlanmaktadır.

Ancak bu yöntem, bir kavşağın trafik yükünü kontrol etmek için en basit yöntemdir. Bu sistem diğer sistemlere kıyasla, trafik yükü varyasyonlarına uygun bir cevap verme yeteneğinden yoksundur. Özellikle trafik yükü belirli bir düzeni takip etmediğinde, kesişme noktalarında uygun zamanlamayı hesaplayamaz ve uygulayamaz [6]. Düzen bozukluklarına, çevresel etkenler sonucu ortaya çıkmış yeni optimize edilmiş sinyal ayarlarındaki geçiş veya olaylar, kazalar ve diğer problemler sonucu trafik koşulları öngörülemez bir şekilde bozulabilir. [7]

3.1.2. Yarı Trafik Uyarmalı Sinyalizasyon Sistemleri

Bu sinyalizasyon işletim sisteminde mevcut geometrik yapıya göre en az bir noktanın talebe bağlı olarak çalıştırılmasıdır. Kavşak katılım kollarında konumlandırılan araç algılayıcı sensör veya yaya butonundan gelen talep doğrultusunda sinyalizasyon sistemi işletilir. Genellikle anayol niteliğinde olan yol üzerindeki akım yönlerine sürekli olarak yeşil ışıklı sinyal verilir ve tali yol veya yaya fazının herhangi birinden geçiş talebi almadıkça cephe gruplarının ışıklı sinyallerinde bir değişiklik olmaz.

3.1.3. Tam Trafik Uyarmalı Sinyalizasyon Sistemleri

Bu sinyalizasyon işletim sisteminde mevcut geometrik yapıya göre bütün yönlerin talebe bağlı olarak çalıştırılmasıdır. Kavşak yaklaşım kolları ve anayollarda araç algılayıcı sensör veya yaya butonundan gelen talepler doğrultusunda sinyalizasyon sisteminin minimum periyotta çalıştırılması sağlanır.

Buna ek olarak, kesişme noktalarında zamanlamayı iyileştirmenin bir sonraki adımı, kavşaklar ve trafik kontrol merkezi arasında iletişim kurmaktır. Bu durumda, tüm sistemler tek bir kontrol merkezi ile iletişim kurabildiği için, zamanlamayı değiştirmek ve tek bir kaynaktan (trafik kontrol merkezi) düzeltmek mümkündür. Bu nedenle, kesişimlerin zamanlamasını değiştirebilir ve sistemde takılı sensörler, trafik kameraları veya denetçilerin raporları gibi çevresel ekipmanlarını kullanarak verimlilik artırılabilir [8].

Bu sistem kontrolü, iki veya daha fazla işlemler için etkilidir ve isteğe bağlı sayıda fazları barındırabilir. [9]

3.1.4. Adaptif Trafik Yönetim Sistemleri

Adaptif Sinyal Yönetim Sistemleri, gerçek zamanlı trafik kondisyonu, talep ve sistem kapasitesine göre sinyal zamanlarını ayarlayan sistemdir. Her kavşak kolunun giriş ve çıkışlarında belirli bir mesafede konumlandırılan sensörlerin üzerindeki araç sayısı ve işgalie verilerine göre sinyal süreleri üreten sistemdir. Adaptif sistemler, trafik yoğunlukların anlık değerlerine göre geçiş hakları sağladıklarından, toplam gecikmeleri minimuma indiren en ideal sistemlerdir.

Tam trafik uyarlamalı ve adaptif trafik yönetim sistemleri arasındaki fark şu örnekle açıklanabilir; Trafik hacmi normalden büyük olduğunda, dedektör bu bilgiyi kaydeder ve kontrol ünitesine gönderir. Kontrolör, sırayla kırmızı ışığı yeşil renge çevirir ve trafik hacmini dengede tutmak için toplam faz uzunluğunu değiştirir. Bu, gerçek zamana bağlı bir "Adaptif Trafik Yönetim Sistemi" dir. "Tam Trafik

3.2. Adaptif Trafik Yönetim Sistemi (ATYS)

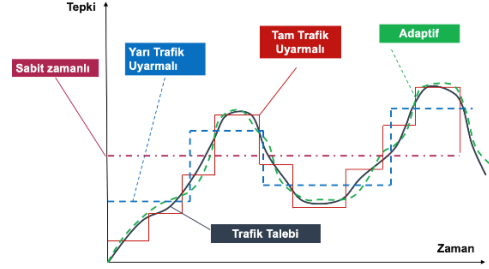
Bilgi işlem ve haberleşme teknolojilerindeki gelişmelerin paralelinde, klasik sinyalizasyon işletim yöntemlerine (örn. sabit zamanlı, trafik uyarlamalı vd.) güncel bir alternatif olan ATYS sistemleri geliştirilmiştir.

ATYS; genel olarak klasik sistemlerden daha fazla saha verisini girdi almakta, geliştirilen bir algoritmaya bu verileri işlemekte ve algoritmanın işletilmesinden doğan çıktıları da kavşakta uygulamaktadır. Bir ATYS'de birden fazla kavşak birbirleriyle bağlantılı halde işletebileceği gibi, bağımsız tek bir kavşak için de işletme yapabilmektedir.

Bu, gerçek zamanlı trafik koşullarına uyum sağlamak için zamanlama ve faz parametrelerinin sürekli olarak ayarlandığı en yeni sinyalize kesişim kontrol yöntemidir. Sistem, kavşaklara monte edilen

Uyarlamalı Sinyalizasyon Sistemi" nde ise kontrolör, geçmiş bilgilere bağlı olarak trafik uzunluklarını tasarlar. Dedektörler, çevrim uzunluğunun tasarımını geliştirmek için akışı kaydeder.

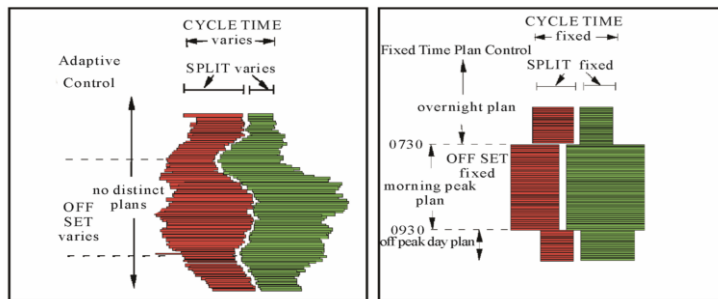
Bu 4 sistem karşılaştırıldığında, sinyalize kontrol teknikleri trafik talebi doğrultusunda aşağıdaki grafikte yer alan Şekil 2'deki haliyle tepki verdiği kabul edilebilir.



Şekil 2. Sinyalize Kontrol Tekniklerinin Karşılaştırması

araç detektörleri aracılığıyla gerçek trafik koşullarının farkında olabilir. İndüksiyon varyasyonları, kurulu cihazlar tarafından tespit edilir ve bir kavşağın tüm kollarının trafik indekslerini belirlemek için kullanılır. Bu şekilde, verilen bir kavşağın anlık bilgilerine dayanarak, her bir kolun zamanlaması, merkezi yazılım tarafından hesaplanır ve sistemin verimliliğini arttırmak için sisteme gerçek zamanlı uygulanır. Şekil 3'de, sabit zaman ve adaptif trafik kontrol sistemlerinde bir günün farklı saatlerinde karşılaşılan yeşil-kırmızı fazların davranışındaki farklılıkları göstermektedir [8].

Sistem farklı trafik bilgilerini merkezi yazılıma gönderir. Aynı zamanda trafik arterlerini en iyi şekilde kontrol edebilmek ve bir sonraki kesintisiz kavşakları koordine edebilmektedir. Bu yolla, rotadaki araçların gecikme ve durma sürelerinin azaltılması yoluyla belirli bir rotadaki kesişme noktalarındaki yeşil dalga konseptinden de yararlanılabilmektedir [10].



Şekil 3: Sabit Zamanlı ve Adaptif Trafik Kontrol Karşılaştırması

3.2.1. ATYS Teknikleri ve İlkeleri

ATYS için farklı dönemlerde geliştirilmiş ve kabul görmüş teknikler bulunmaktadır. İlk nesil sistemler olan MOVA, CRONOS ve SPPORT sadece lokal sistemlere odaklanmaktadır. İkinci nesil SCATS, SCOOT, MOTION ve daha genç, üçüncü nesil OPAC, PROLYN, RHODES, UTOPIA / SPOT, TUC sistemleri ise lokal sistemlere ek olarak alan bazlı sistemler sunar. [9] ATYS’de kullanılan en popüler sistemler ise SCATS ve SCOOT’tur.

Bu tekniklerin her biri özeldir ve benzersizdir. Bu nedenle, her bir tekniğin belirli özelliklerinin karşılaştırması neredeyse imkansızdır. Bunun yerine, temel olarak ATYS mantığını tanımlayan birkaç ilke tanımlayıp karşılaştırılabilir. Göz önüne alınması gereken potansiyel ilkeler arasında aşağıdakilerin bu çalışmanın kapsamı için özellikle ilgi çekici olduğu bulunmuştur:

- Algılama,
- Eylem türü,
- Ayarlama metodu,
- Hiyerarşik seviyeler,
- Trafik modellemesi tahmini,
- Ayarlanmış sinyal zamanlamaları,
- Bölgeler için esneklik,
- Operasyon yönetimi,
- Öncelik yönetimi [12].

Algılama

ATYS, trafiğin durumunu tahmin etmek için farklı algılama düzenekleri kullanır. Bu düzenekler daha sonra bir ağdaki trafik kontrolünü ayarlamak üzere stratejiler geliştirmek için kullanılır.

Eylem Türü

Bazı teknikler, araçlar gelmeden önce her kesişimde tahmini trafik talebini karşılamak için trafik kontrolünü proaktif olarak ayarlar. Diğer teknikler, önceki aralıkta ölçülen trafiğe geri bildirim sağlayarak tepki verir.

Ayarlama Metodu

Çoğu tekniğin sinyal zamanlamalarını optimize ettiği yaygın kabul gören bir kavram vardır. Bu optimizasyonların bir kısmı buluşsal teknikleri kullanır, diğerleri ise çözüm bulmak için kapsamlı arama tekniklerini kullanır.

Hiyerarşik Seviyeler

Teknikler; iki veya daha fazla hiyerarşik seviyede çalışabilmektedir. Bazı sistemler, diğerlerinden daha hiyerarşik olarak görülse de, aslında tüm tekniklerde, yerel kontrolörlerin operasyonlarını kullanan bir bileşeni ve trafik kontrolünün daha yüksek seviyede olmasını sağlayan bazı taktiksel bileşenleri vardır.

Trafik Modellemesi Tahmini

Burada “modelleme” kelimesi, sinyal zamanlamasının ayarlanması için bir girdi olarak kullanılan mevcut trafik durumunu tahmin etmek için makroskobik, mezoskobik veya mikroskobik modellerin (Sistemler tarafından) kullanımını ifade eder.

Ayarlanmış Sinyal Zamanlamaları

Çoğu strateji üç ana tip sinyal zamanlamasını ayarlar: yeşil bölünmeler, çevrim uzunlukları ve ofsetler.

Bölgeler için Esneklik

Bazı teknikler (ör. SCATS, SCOOT) için kapsanan tüm alanın, genellikle koordine edilmesi gereken kesişme noktalarına veya alt bölümlerine bölmek gerekir.

Operasyon Yönetimi

Yerel kontrolörler tarafından yürütülen, yeşil fazlar için alt ve üst sınırların belirlenmesidir. Belirlenen sınırdan daha düşük bir sonuç çıktığında, o faz için minimum yeşil kontrolörlerin belirlediği süredir.

Öncelik Yönetimi

Sunulan tekniklerin birçoğunun transit araçlar için bir çeşit öncelik sunduğu görülmektedir [12].

3.2.2. ATYS’de Kullanılan Yapay Zeka Yöntemleri

Bilgisayar teknolojisi ve yapay zeka tekniklerinin gelişimine paralel olarak, çizelgeleme, akış kontrol, yönlendirme gibi gerçek hayat problemlerinin çözümüne yönelik uygulamalar ve akademik çalışmaların son yıllarda giderek yaygınlaştığı gözlenmektedir. Bu çerçevede, trafik kontrol probleminin çözümüne yönelik yapay zeka tekniklerinin kullanımı da yaygınlaşmaktadır. [9]. Bu kapsamdaki başlıca konu başlıkları uzman sistem (expert system, ES) veya bulanık mantık (fuzzy logic, FL) yöntemleri ile transit ve şehir içi yollardaki trafik akımlarının kontrolü, yapay sinir ağları (artificial neural networks, ANN) ile trafik akışı tahmini, genetik algoritmalarla (genetic algorithms, GA) trafik optimizasyonu olarak sayılabilir. [13].

Amerika başta olmak üzere pek çok ülkede Akıllı Ulaşım Sistemleri ve yapay zeka teknikleri trafiğin kontrolünde önemli bir yere sahiptir. Trafiğin kontrolü, trafik akımlarının kontrolü olarak düşünülürse, kapasite kullanımının en iyi duruma getirilmesi, şehir içi yollarda ana arterler ve arterlerdeki kavşakların bölgesel kontrolü ile kent içi yolları otoyollara birleştiren katılım ve ayrılım noktalarındaki denetim ile sağlanır. Bu bağlamda

kuyruklanmayı en aza indirmek, trafik sıkışıklığına engel olmak, ulaşım hızını arttırmak vb. kriterler lineer olmayan yapıdaki karmaşık optimizasyon problemlerinin çözülmesini gerektirir. Bilinen mevcut optimizasyon teknikleri ile çözülemeyen bu tip problemler için yapay zeka teknikleri (yapay sinir ağları, genetik algoritmalar, bulanık mantık, uzman sistemler v.b.) problemin tipine göre kullanılmaktadır. [14].

Bu tekniklerden bulanık mantık belirsizliklerin modellenmesi tabanlı çalışmakta, yapay sinir ağları ise problem çözümünde biyolojik nöron modeli esas alınarak oluşturulan yapay nöron modeli üzerine geliştirilen algoritmaları kullanmaktadır. Genetik algoritma, stokastik bir tarama algoritmasıdır. Uzman sistemler ise bilgi ve tecrübeleri model alan bir yöntem olarak bilinmektedir. Bir uzman sistemin performansı, bilgi tabanının etkililiği ile doğru orantılıdır. Yapay zeka tekniklerinin uygulama alanlarından biride çözümü çoğu zaman lineer olmayan trafik akımlarının kontrolüdür. Bu teknikler özellikle trafik uyarımlı kontrolün gerçekleştirilmesi için yapısı itibari ile son derece uygundur. [4].

3.2.3. ATYS Ürünü için Gereklilikler Analizi

ATYS; fiber optik, DSL veya 3G/EDGE/GPRS haberleşme alt yapıları üzerinden çalıştırılabilir. ATYS bulunan bir kavşağın geometrik bilgileri ve kontrol parametreleri gibi bilgilerin girileceği bir tasarım arayüzü bulunmalıdır. ATYS'e bağlı tüm kavşakların konfigürasyon parametreleri, (güncel ve arşiv) sayım, hız ve işgalie verileri ve plan süreleri ilişkisel bir veri tabanında tutulmalıdır. Fiber optik veya DSL haberleşme alt yapısı kullanıldığında merkez ile bağlantısı kopuk olan kavşağın sensör verileri yakın kavşaklar tarafından merkeze aktarılabilir. Ayrıca network kontrolünde bulunan bir kavşağın merkez ile bağlantısının kesilmesi durumunda geri kalan kavşaklar adaptif network kontrolü içerisinde çalışmaya devam edebilir.

Sensör arızası, gerçek zamanlı sinyalizasyon uygulama zorluklarının başında gelmektedir. ATYS, sensörlerde oluşabilecek arıza durumlarında kullanıcının isteğine göre farklı tepkiler verebilir. Sistem eksik verileri geçmiş verilerden yararlanarak tamamlayabildiği gibi istenirse ilgili faz önceden belirlenen plan sürelerine göre de çalıştırılabilir.

Veri Yönetimi

ATYS'de, indüktif döngüler ve kamera veya görüntüleme tabanlı sensörlerden gelen sinyal grup çıkışlarının durumlarını dikkate alarak sensör

verileri değerlendirilir. Böylece sensörlerden gelen sayımların hangi yönden gelen akıma ait olduğu anlaşılır. Ayrıca bu sistemlerde bluetooth sensörleri, araç tanıma ve özel kısa menzilli haberleşme gibi teknolojilerde kullanılmaktadır. Bu sensörler, araçla yapılan yolculuk sürelerinin hesaplanmasına katkı sağlar. Sensörlerin kavşak çıkışlarında olması, kuyruklanmaların algılanması ve kavşak performansının ölçülebilmesine imkan vermektedir. Akış şu şekildedir;

1. Elde etme: Çok kaynaklı veriyi (AWAM, RFID, trafik sensörü verileri, kontrolör durumu verileri vb.) elde etmek, çeşitli veri kaynaklarına erişmeyi ve verileri uygun protokolleri kullanarak almayı içerir.
2. Entegre ve organize etme: Veri formatlarında heterojenlik, farklı veri aktarım protokolleri ve yeni veri türleri gözetilmelidir.
3. Analiz ve eylem: Tarihsel ve gerçek zamanlı zaman serileri analizi ve düşük gecikme eylemi göz önüne alınmalıdır [15].

Algoritma

Algoritma, sinyalin her bir yönü için tüm yeşil zamanları elde ederek başlar. Bunlar trafiğin talepleridir. Bu talebi etkin bir şekilde karşılamak için bir algoritmaya ihtiyaç vardır. Her yön yeşil bir zaman ile ilişkilidir. Giriş, yeşil zamanların bir dizisidir. Algoritma bu diziyi azalan sırada sıralar. Üç dizi korunur. Bekleyen dizi, çalışan dizi ve tamamlanmış dizi. Bekleyen dizi, şu anda kırmızı olan, azalan düzende sıralanan yönlerden oluşur. Çalışan dizi şu anda yeşil olan yönlerden oluşur. Tamamlanan dizi, sıralarını tamamlayan yönlerden oluşur. Zamanlama ekranı tamamlanan dizide olanlar için kapalıdır. [16]

Başlangıçta bekleme dizisi dolu ve diğer iki diziler boş. Dizinin en büyük (yani, ilk) ögesi, yeşil yapılan adaydır ve zamanlayıcı sayısı, tahmini değere ayarlanır. Bu girdi bekleme dizisinden kaldırılır ve çalışan diziyeye girilir. Bekleyen dizideki sonraki yön alınır. Bu, çalışan dizideki girişlerle uyumluluk için karşılaştırılır; Eğer uyumlu değilse, seçilen aday için kırmızı zaman, çelişen girişin yeşil zamanına eşit hale getirilir. Uyumluluk sorunu yoksa, seçilen aday bekleme dizisinden kaldırılır ve çalışan diziyeye eklenir. Çalışan dizideki girişler, yeşil zamanları sıfıra ulaştığında kaldırılır. Sinyal değerleri kırmızı ve zamanlayıcı kapalıdır. Bekleyen dizinin adayı olmayana kadar tekrarlanır. Bu, açlığın olmadığını garanti eder. Yayalar da bu algoritmada bir yön olarak düşünülür. [17] Bu algoritma diğer kısıtlarla beraber, bölüm 3.2. de anlatılan yapay zeka yöntemlerinde kullanılır.

Web Arayüzü

ATYS'e bağlı kavşaklar, web-tabanlı arayüze bağlanılarak harita üzerinden canlı olarak izlenebilmelidir. Aynı zamanda listelenen kavşaklar için anlık izleme aktif/pasif yapılabilmelidir. Web üzerinden hem ATYS'nin ürettiği faz süreleri, işgaliye, akım/hacim verileri gibi trafik kontrol parametrelerinin hem de sensör arızaları, kavşağın merkezle olan bağlantı durumu gibi kritik bilgilerin takibi yapılabilmelidir. Arama alanı ile ATYS'e bağlı kayıtlı sistem numaraları kullanılarak herhangi bir kavşağa odaklanma imkanı da sunulmalıdır.

Trafik Simülasyonu

ATYS, ilgili operatörlere adaptif sistemin ofis ortamında test edilebilmesi için simülasyon uygulaması sunmalı veya farklı simülasyon uygulamalarıyla çalışabilmelidir. Trafik simülasyon modelleri iki çeşittir. Bunlar; Makroskopik trafik akım simülasyonu ve Mikroskopik trafik akım simülasyonu dur.

Makroskopik trafik akım simülasyonu: Araç hareketini yönetmek için akım-yoğunluk ilişkisi kullanılır. Modelde tek araç kullanılmaz.

Mikroskopik trafik akım simülasyonu: Başlıca simülasyon programları: Integration, Vissim, Mitsim, Watsim, Paramics, Transims , Corsim, Fresim, Alinea, Metacor, Hutsim v.b. [14]

Bu simülasyon uygulamaları, yerel sürücü davranışlarına göre kalibre edilebilme özelliğine sahip olmalıdır. Sanal ortamda farklı trafik ağlarının oluşturulabilmesi, trafik ağlarına seçilen trafik hacimlerinin yüklenmesi, farklı optimizasyon arayüzleri ile entegrasyon, farklı performans parametrelerine göre araç başına gecikme, ortalama durma sayıları, ortalama seyahat süresi ve ağıdaki aktif araç sayısı gibi çıktılar üretmesi, trafik kontrol stratejileri geliştirme, uygulama ve sonuçlarını izleme, seçilen aracın sistemde davranışının izlenmesi gibi özellikleri ile hem adaptif sistemin bir parçası olarak hem de ofis ortamında yapılacak trafik analizleri için trafik operatörlerin hizmetine sunulmalıdır.

3.2.4. ATYS Performans Kriterleri

Sinyalize kontrol tekniklerinin performansını ölçmek için birçok girişimde bulunulmuştur. Çalışmaların bazıları, performans üzerindeki etkilerin sahaya özgü konulara ve seçilen performans ölçütlerine göre farklı olabileceğini göstermiştir. Bu çalışmalar, seyahat süresi, ara sokak gecikmeleri ve gözlem araçlarından toplanan verilere dayanarak sistem genelinde performans

dahil olmak üzere adaptif sinyal kontrolünün arterler üzerindeki genel etkilerine erişmek için prosedürler geliştirmiştir. Diğer çalışmalar, ara sokaklardaki gecikmeler gibi ara sokakların performansını açıklamaktadır. Performansın en tipik ölçümleri aşağıdaki şekilde listelenmiştir.

- Güzergâh Seyahat Süresi
- Seyahat Süresi Güvenilirliği
- Gecikme
- Trafik yoğunluğu [18]

4. Araştırma Bulguları

ATYS'nin faydasını analiz etmenin en iyi yolu, diğer sinyalizasyon kontrol sistemleriyle aynı kavşaklar üzerinde kıyas yapılmasıdır. Bu kavşaklar içerisinde seçim esası olarak aynı arter üzerinde ve benzer geometrilere ve eşit kola sahip kavşaklar üzerinde analiz çalışmaları yapılmalıdır. Bu yöntemle belirlenen bir kavşak üzerinde, haftanın aynı gün ve aynı saatlerinde ATYS ve diğer sistem sırayla aktif edilerek en iyi sonuç için kıyaslama yapılır. Hafta seçimleri yapılırken özel günler ve tatiller içermeyen haftalar seçilmelidir. Sensörlerden alınan sayım verileri ve gözlemler sonucu verimli sonuca ulaşmak adına sabah ve akşam zirve saat aralıkları dikkate alınır.

Bu çalışmada sabit zamanlı sinyalizasyon sistemine karşı kullanılan ATYS şu şekildedir*;
Sinyal grup çıkışlarının durumları dikkate alınarak, sensör verileri değerlendirilmektedir. Sensörlerden her faz özelinde alınan sayım ve işgaliye verileri ATYS'nin temel parametrelerini oluşturmuştur. Sensörlerden gelen sayımların hangi yönden gelen akıma ait olduğu anlaşılmaktadır. Sensör yerleşiminde iki farklı yer seçimi yapılmıştır.

Giriş Detektörü: Kavşaklara geliş yönünde durma çizgisinden itibaren 50m - 60m uzaklıkta konumlandırılmıştır. Bu mesafe arterin akış hızına ve gün içindeki en büyük kurulanma değerine göre belirlenmiştir.

Çıkış Detektörü: Kavşakların çıkışından itibaren 12m - 15m uzaklığa konumlandırılmıştır. Bu sensörler vasıtasıyla kavşakların çıkışlarındaki kuyruklanmalar algılanır ve kavşağın performansı ölçülür.

Kavşaklarda kullanılacak sensör sayısı kavşağın üstyapısına göre değişmekle birlikte bu kavşaklar için 12-14 sensör kullanılmıştır.

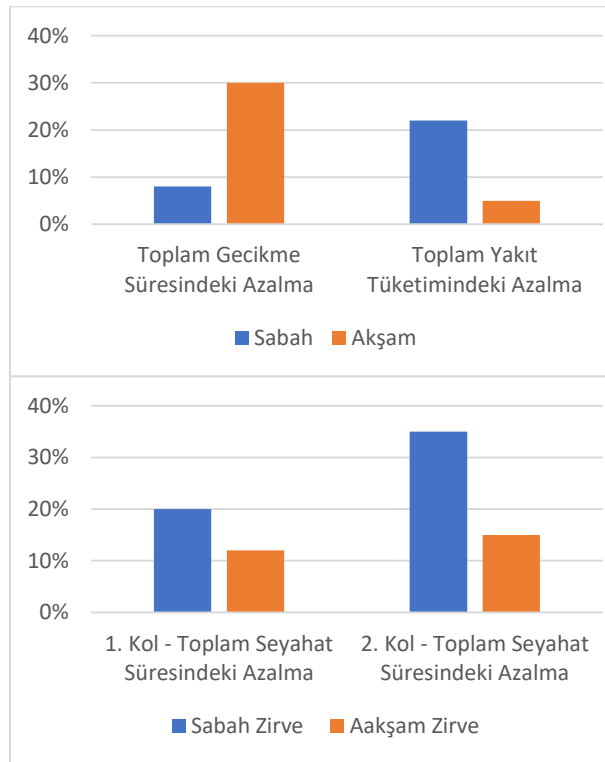
Kavşakların giriş ve çıkışlarında konumlandırılan bu kablosuz sensörlerden alınan sayım ve işgaliye verileri merkeze gönderilmiştir ve bir filtrelemeden geçirilerek gerçek dışı veriler elenmiş ve hacim işgaliye değerleri elde edilmiştir.

Merkeze gelen bu değerler, ATYS yazılımından işlenir ve bu yazılım optimizasyon yöntemlerini kullanarak dinamik olarak kavşaktaki trafik ışıkları için en uygun sinyal süresini oluşturulmuştur.

* Gizlilik koşulları sebebiyle, ham veriler ve araştırma noktası bilgisi paylaşılamamaktadır.

Bu çalışma için elde edilen veriler; aynı arter üzerinde birbirini takip eden haftaların çarşamba günü 2 farklı sistemin aktif edilmesiyle sağlanmıştır. Sensörlerden sağlanan araç geçiş sayım verileri ve sensör üzerinde bekleme süresi verileri dikkate alınarak toplam gecikme süresi, buna bağlı ortalama yakıt tüketimi ile beklenen seyahat süresindeki azalma elde edilir. Ayrıca sensörlerden sağlanan sayım verileri ve gözlemler sonucu sabah ve akşam zirve saat aralıkları belirlenir.

Bu kriterler göz önüne alınarak sonuç doğruluğu arttırılmış olan bir uygulama ile klasik bir sistem için değerler Excel üzerinde incelenmiş ve aşağıdaki kıyas sonuçlarına ulaşılmıştır.



Şekil 4. ATYS'nin sabit zamanlı sinyalizasyon kontrol sistemleriyle aynı kavşaklar üzerinde kıyaslanması

Analizleri yapılırken ATYS baz alınarak kıyaslamalar buna göre yapılmıştır. Grafikteki değerler analiz yapılan arter üzerinde zirve saatler arasında geçen toplam araç sayısının seyahat sürelerindeki kazanım – kayıplarını taşıt dakika cinsinden dikkate alarak yüzdeler hesaplanmıştır.

Tablo 1. Kontrol sistemleriyle aynı kavşaklar üzerinde kıyaslanması

1.Kolda Kavşağı Terk Eden Araç Sayısı	2.Kolda Kavşağı Terk Eden Araç Sayısı
---------------------------------------	---------------------------------------

Uygulama Saatleri	ATYS	Sabit Zamanlı	ATYS	Sabit Zamanlı
Sabah	2442	2275	3004	3213
Akşam	3274	4120	2693	3779

Tablo 1 verilerine göre, ATYS çalışır durumda iken mevzu bahis kavşağı terk eden araç sayısındaki ortalama artışın %15 olduğu tespit edilmiştir.

5. Tartışma

ATYS'lerin diğer sinyalizasyon sistemlerine göre çeşitli avantajları olduğu bilinmektedir. İdeal olarak ATYS'ler, yüksek oranda güvenli olmayan tıkanıklık ve dalgalanan trafik talebi olan bölgelerde en iyi şekilde çalışırlar. Ancak her zaman ATYS mutlak verimli değildir. ATYS uygulamasının tüm trafik sıkışıklığı sorunlarını çözebileceği beklenmemelidir. Bunun yerine, ATYS'ler, ulaşım ağının operasyonel kontrolünü ve yönetimini teşvik ederek trafik sıkışıklığını azaltmaya yardımcı olabilecek araçlar olarak düşünülebilir. Bir ATCS dağıtımı ile elde edilebilecek temel fayda alanları; gecikme, durma ve diğer olumsuz ticari performans ölçütlerinin azaltılması yoluyla ölçülen operasyonel verimliliklerdir.

ATYS'lerin çoğu durumda fayda sağladıkları gösterilmiş olsa da, her bir teknoloji farklı şekilde çalıştığı için, sistemlerin faydaları hakkında ayrıntılı bir genel bakış sağlamak zordur ve her bir uygulama bu özel dağıtım alanına özgü ve kişiye özeldir. Bu alanda görevli kişilere yapılan bir ankette, ATYS kullanıcılarının çoğu (değerlendirme çalışmalarına dayanarak) kendi ATYS'lerinin önceki geleneksel sinyalizasyon sistemlerinden çok daha iyi performans gösterdiklerini rapor etmiştir [örneğin, sabit zaman veya harekete geçirilmiş (alan bazlı veya izole) trafik kontrolü yoluyla yürütülen planlar]. Katılımcıların %33'ü ATYS'lerin daha iyi olduğunu, %14'ünün ATYS'nin faydalarının olmadığını bildirmiştir. Son olarak, ATYS'lerin sadece %5'i daha önceki trafik kontrol sistemi tipinden daha kötü performans gösterirken, katılımcıların %11'i herhangi bir bulgu bildirmemiştir. [12]

Bu genelleştirilmiş bulgular çeşitli performans ölçümlerine ayrıldığında, ATYS kullanıcılarının %60'ının böyle bir sistemin devreye girmesi durumunda seyahat süreleri / gecikmelerde bir azalma gözlemlendiği görülmüştür. Benzer şekilde, ATYS dağıtımları, sırasıyla, vakaların %37, %37 ve %23'ünde durak sayısı, kesişim gecikmeleri ve kuyruk uzunluklarını azaltır. Ortalama hızlarda artışlar ATYS kullanıcılarının %35'i tarafından gözlenmiştir. [12]

6. Sonuç

Bu sistemler sayesinde, yakıt tüketimi azaltılarak ülke ekonomisine katkı sağlanır. Şehirdeki zehirli gaz salınımı ve gürültü kirliliği azaltılarak çevre kirliliğinin önlenmesine katkı sağlanır. Araçların kavşaklarda bekleme süreleri (var olan sistemler incelendiğinde, araç başına bekleme süresinde %20 ile %30 arasında iyileşme sağlandığı gözlenmiştir.), dolayısıyla trafikte geçirdikleri vakit en aza indirilir. Sahadaki mühendis ihtiyacında azalma sağlar. Sistemin ürettiği güvenli süreler ile kırmızı ışık ihlallerinde ve trafik kazalarında azalma sağlanır. Toplu taşıma önceliği ve acil durum araçlarına öncelik tanıma imkânı sunar. Daha düşük süreli çevrimlerle, yaya yönetimi daha etkili olur. Yol çalışması ve diğer ihtiyaçların yönetiminde yardımcı olur. Araç sayımı yapılabilir. Gerekli donanımların kapsamının doğru oluşturulması durumunda; Duran araç, ters yönde giden araç, kırmızı ışık ihlali yapan araç gibi durumları tespit edilebilir, Araçlar için ortalama hız tespiti yapılabilir ve yayaları izler. Araç sınıflandırması yapılır. Farklı trafik sayım sistemleri, sinyallerin optimize edilmesi tekniklerinde kullanılan insan gücü maliyetinden tasarruf edilir. Buna karşın yazılım ve donanım bakım ve lisans maliyeti oldukça yüksektir. İletişim ve eğitim maliyetleri bulunur. Daha çok fayda sağlamak için kapsamlı deneyim gerektirir. İleriki çalışmalarda bu konular üzerine yoğunlaşılabilir.

Kaynaklar

- [1] **Adler J.L., Blue V.J.**, 1998. Toward the Design of Intelligent Traveler Information Systems. Transportation Research
- [2] **Regan M.A., Oxley J.A., Godley S.T. and Tingvall C.**, 2001. Intelligent Transport Systems: Safety and Human Factors Issues
- [3] **Turan Murat Can**, 2011. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Araçsal Ağların Kullanıldığı Adaptif Seyir Kontrol Sistemi Benzetimi
- [4] **Akdoğan Erhan**, 2002. Kavşak Trafikinin Kontrolü için bir Sinyal Zamanlama Algoritması ve Uzman Sistem Yaklaşımında Kullanılması
- [5] **Çakıcı Ziya, Murat Yeşit Şazi**, 2016. Sinyalize Dönel Kavşaklar için Hesap Yöntemi Önerisi ve Performans Analizi
- [6] **Katwijk R.T.**, 2008. Multi-Agent Look-Ahead Traffic-Adaptive Control
- [7] **Webster F.V.**, 1958. Traffic signal setting. Road Research, 39
- [8] **Saeed Samadi, Ali Pajoumand Rad, Farhad Mohammad Kazemi, Hamed Jafarian**, 2012. Performance Evaluation of Intelligent Adaptive Traffic Control Systems: A Case Study
- [9] **Aavani P. , Mithun K Sawant, Sneha Sawant, Rohit S Deshmukh**, 2017. A Review on Adaptive Traffic Controls Systems
- [10] **Lowrie P. R.**, 1990 . SCATS, Sydney Co-Ordinated Adaptive Traffic System: A Traffic Responsive Method of Controlling Urban Traffic
- [11] **Bell M.C., Bretherton R. D.**, 1986. Ageing of fixed-time traffic signal plans. In Proc. IEE 2nd International Conference on Road Traffic Control
- [12] **STEVANOVIC Aleksandar**, 2010. Adaptive Traffic Control Systems: Domestic and Foreign State of Practice
- [13] **Teodorvic D., Vukadinovic,K.**, 1998. Traffic Control and Transport Planning A Fuzzy Setes and Neural Networks Approach
- [14] **TEKTAŞ Mehmet, AKBAŞ Ahmet, TOPUZ Vedat**, 2006. Yapay Zeka Tekniklerinin Trafik Kontrolünde Kullanılması Üzerine Bir İnceleme
- [15] **WIN Wuping, PRASSAS Elena**, 2005. Real-time Big-Data Management Architecture for Adaptive Traffic Signal Control
- [16] **SOUNDRARAJAN Srivathsan, ATHMARAMAN Naren**, 2005. Adaptive Predictive Traffic Timer Control Algorithm
- [17] **Lowrie P.R.**, 1982. SCATS principles, methodologies, algorithm. IEE Conf On Road Traffic Signal
- [18] **Xuegang (Jeff) Ban, Jeffrey Wojotowicz, Wan Li**, 2016. Decision-Making Tool for Applying Adaptive Traffic Control Systems