T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Akıllı Şehirler için Adaptif Trafik Sinyalizasyon Kontrolü

TAHA ABDULWAHID MAHMOOD MAHMOOD

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Akıllı Şehirler İçin Adaptif Trafik Sinyalizasyon Kontrolü

TAHA ABDULWAHID MAHMOOD MAHMOOD

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Akif DURDU

2019, 64 Sayfa

Jüri
Dr. Öğr. Üyesi Akif DURDU
Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Murat KÖKLÜ

Bu çalışmada akıllı şehirler için, farklı trafik akış hızındaki ortalama bekleme süresini en aza indirmek amacıyla, bir sinyalize kavşağı adaptif ve gerçek zamanlı yönetmek için iki aşamalı üç modülü bulanık mantık sistemi önerilmiştir. Her modül iki giriş ve bir çıkıştan oluşmaktadır. İlk aşama iki farklı modülden oluşmaktadır, birincisi "sonraki faz seçme modülü; bu modül 30 bulanık kuraldan oluşmaktadır, yeşil faz dışındaki tüm kırmızı fazların trafik koşullarını gözlemler ve bunların arasından en acil olan kırmızı fazı seçecektir". İkincisi ise "uzatma süresi modülü; bu modül 12 bulanık kuraldan oluşmaktadır, yeşil fazın trafik koşullarını gözlemler, gözlem sonucuna göre yeşil fazın süresinin durdurması veya uzatılması gerektiğini gösterecektir". İkinci aşama ise "karar" adı verilen bir modülden oluşmaktadır; bu modül 10 bulanık kuraldan oluşmaktadır, yeşil fazın değiştirilip değiştirilmeyeceğine karar verecektir. Çalışma, görsel SUMO (Simulation of Urban Mobility) trafik simulasyon aracını kullanarak gerçekleştirilmiştir. SUMO açık kaynaklı bir yazılımdır, TraCI (Trafik Kontrol Arayüzü) modülü ile Python programlama dili kullanılarak simülasyon içerisinde tüm bileşenlere müdahale edilebilinmektedir. çalışmanın verileri, Kilis (Türkiye) şehrinde yer alan ve yoğun trafik sıkışıklığı olan gerçek kavşaklardan MOSAŞ Şirketi tarafından elde edilmiştir, veriler her 5 dakikada bir yoldan başka bir yolla kaç araç gittiğini göstermektedir. Tasarladığımız bulanık mantık ve sabit zaman yöntemlerini dört farklı kavşakta, uygulanmaktadır. Bulanık mantık denetleyici algoritma ile geleneksel sabit zamanlı denetleyici arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Bulanık mantık denetleyici, klasik mantık denetleyiciye göre her çalışma alanı için sırasıyla %76.46, %56, %50 ve %60 oranında bir iyileşme olduğu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Adaptif trafik kontrol, akıllı şehir, bulanık mantık, izole kavşak, SUMO

ABSTRACT

MS. THESIS

Adaptive Traffic Signaling Control for Smart Cities

TAHA ABDULWAHID MAHMOOD MAHMOOD

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ELECTRİCAL AND ELECTRONİC ENGINEERING

Advisor: Asst. Prof. Dr. Akif DURDU

2019, 64 Pages

Jury
Asst. Prof. Dr. Akif DURDU
Asst. Prof. Dr. Hakan TERZİOĞLU
Asst. Prof. Dr. Murat KÖKLÜ

In this study for smart cities, in order to minimize the average waiting time at different traffic flow rates,A two-stage three module fuzzy logic system has been proposed to manage adaptive and real-time in a signalized junction, each module consists of two inputs and one output, The first stage consists of two different modules, the first “the next phase selection module;this module consists of 30 fuzzy rules,observes the traffic conditions of all red phases except the green phase and selects the most urgent red phase among them ”, The second is “extension time module;this module consists of 12 fuzzy rules,observe the traffic conditions of the green phase,will show that the duration of the green phase should be stopped or extended according to the observation result ”.The second stage consists of a module called “decision;;this module consists of 10 fuzzy rules, it will decide whether to replace the green phase or not replace it, The study was carried out using the visual SUMO (Simulation of Urban Mobility) traffic simulation tool. SUMO is open source software, by using TraCI (Traffic Control Interface) module and Python programming language all components in the simulation can be intervened. Study data, Obtained by MOSAS Company from heavy traffic and congestion in the real intersection in the Kilis city (Turkey). The fuzzy logic and fixed time methods we design are implemented at four different junctions. A comparison was made between the fuzzy logic controller algorithm and the conventional fixed time controller. Fuzzy logic controller showed 76.46%, 56%, 50% and 60% improvement for each working area, respectively, compared to conventional logic controller.

Keywords: Adaptive traffic control, fuzzy logic, isolated intersection, smart city, SUMO

ÖNSÖZ

Tez çalışmamız sırasında değerli katkılarından dolayı tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Akif DURDU hocama teşekkür ederim. Bölüm içerisinde ilgi ve desteğini benden esirgemeyen Bölüm Başkanımız Prof. Dr. Cemil SUNGUR'a ve tez yazım aşamasında her daim yanımda olan ve beni destekleyen arkadaşım Muzamil Eltejani Mohammed Ali'ye ve kaynaklarından yararlandığım MOSAŞ firmasın'a teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarım esnasında manevi desteğini sürekli olarak hissettiğim aileme sevgi ve şükranlarımı sunarım.

TAHA ABDULWAHID MAHMOOD MAHMOOD
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Akıllı Şehir Kavramı 2
1.2. Akıllı Ulaşım Sistemleri 3
1.3. Trafik Sinyalizasyonu 4
1.3.1. Trafik Sinyalizasyonun Bazı Terimleri 5
1.3.2. Trafik Sinyalizasyon Yöntemleri 6
1.4. Trafik Simülasyonları 8

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **10**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **18**

3.1. Bulanık Mantık 18
3.1.1. Bulanık Mantık Kavramı 18
3.1.2. Klasik ve Bulanık Mantıkla Kontrolün Karşılaştırılması 19
3.1.3. Bulanık Mantığın Avantajları 20
3.1.4. Bulanık Mantığın Dezavantajları 20
3.1.5. Bulanık Modelleme 21
3.1.6. Bulanık Sistemler 22
3.1.7. Bulanıklaştırma 23
3.1.8. Kural İşleme Birimi 25
3.1.9. Durulaştırma 26
3.1.10. Bulanık Mantığın Uygulama Alanları 26
3.2. Simulation of Urban Mobility (SUMO) 27
3.2.1. Trafik Kontrol Arayüzü (TraCI) 28
3.2.2. NETEDIT 29

4. UYGULAMA VE SONUÇLAR **35**

4.1. Bulanık Mantık Kontrol Sistemi 35
4.2. Simulasyon Adımları 41
4.3. Çalışma Alanı 47
4.3.1. Birinci Çalışma Alanı 48
4.3.2. İkinci Çalışma Alanı 50
4.3.3. Üçüncü Çalışma Alanı 52
4.3.4. Dördüncü Çalışma Alanı 54

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 56

KAYNAKLAR 59

ÖZGEÇMİŞ 63

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SUMO	Simulation of Urban Mobility
AUS	Akıllı Ulaştırma Sistemler
YZ	Yapay Zeka
BM	Bulanık Mantık
GUI	Graphical User İnterface (Grafiksel Kullanıcı Arayüzü)
TUDM	Traffic Urgency Decision Module
ETDM	Extension Time Decision Module
MSE	Ortalama Karesel Hata
MAE	Ortalama Mutlak Hata
ANFIS	Uyarlanabilir Nöro-Bulanık Çıkarım Sistem
TraCI	Trafik Kontrol Arayüzü

1. GİRİŞ

Günümüzde araç sayısı hızla artmaktadır. Sonuç olarak, trafik sıkışıklığı sorunu büyüyor ve büyük şehirlerde bu sorun içinden çıkılmaz bir hal alarak insanların yaşam kalitesini olumsuz etkiliyor. Son yıllarda yüksek hızlı yaşam trafiği, modern kentin önemli bir parçası haline gelmiştir. Kara yolu kullanıcılarının, araçların ve yayaların sayısı arttıkça, trafik talebi ile kontrol edilen ışık döngüleri artmaktadır. Trafik sıkışıklığı, birçok olumsuzluğu beraberinde getirmekte; çevresel, sosyal, ekonomik kayıpların yanında, zaman kaybına sebep olmakta, üretimi ve yakıt kullanımını doğrudan etkileyebilmektedir. Yüksek miktarda araç kullanım oranları; yeni ulaştırma altyapısı inşa etmek için mevcut alan eksikliği ve kamu fonları ile birleştiğinde, sorunu daha da karmaşıklaştırmaya hizmet etmektedir. Bu çerçevede, yol kullanıcıları için hizmet kalitesini iyileştirmek akıllı ve ekonomik çözümler geliştirmek gerekmektedir. Bütün bu problemleri nispeten daha ucuz bir yolla azaltmak, mevcut yol ağının en iyi şekilde kullanılmasını sağlamak için trafik sinyalizasyon sistem tekniği yapılmıştır. Birçok simülasyon modeli, trafik sinyalizasyon için geliştirilmiştir, trafik durumlarını bilgisayarda uygun masrafla ve tehlike almadan simüle edilebilmektedir, bu durum da trafik sinyal teknolojisi büyümesinde bilgisayar simülasyonlarının neden seçildiğini belirlenmiştir. Trafik sinyalizasyon sistem stratejileri genel olarak üç kategoriye ayrılmaktadır: İnsanlar tarafından kontrol edilen trafik, sabit süreli trafik kontrol sistemi ve akıllı trafik kontrol sistemi. İlk başta, trafik görevlisi trafiği kontrol etmek için el hareketlerini ve bazen sözlü iletişimi kullanarak, içgüdüsü ışığında kimin gitmesi veya durması gerektiğine karar vermektedir. İkinci yol, değişken trafik talebine göre değiştirilemeyen sabit zaman kavramına dayanmaktadır; böylece zaman, trafik sayımına dayalı olarak trafik ışığının farklı fazlarında dağıtılmaktadır. Üçüncü yol, gerçek zamanlı olarak sinyalleri hesaplamak ve değiştirmek için loop dedektörleri veya kameralar gibi sensörler kullanılarak, trafik yoğunluğu, hız, akış, kuyruk uzunluğu ve araç bekleme süreleri hemen şerit üzerinde ölçülür ve ışıkları gerektiği gibi karşılık vermeleri için uyarmaktadır. Sinyalizasyon yöntemleri, hem araç ve yaya güvenliğinin sağlanması hem de kesişme noktasının kapasitesinin arttırılması için kullanılmaktadır. Bu çalışmada, trafik ışıklarını kontrol etmek için uzman

insan zekâsını taklit etme yeteneğine sahip olan bulanık mantık tabanlı teknolojiyi kullanarak, izole edilmiş kavşak için iki aşamalı bir trafik sinyal sisteminin tasarımı önerilmektedir. Bu çalışmada izole bir kavşaktaki trafik durumunu simüle etmek için SUMO programı kullanılmıştır. Ortalama bekleme süresinin hangi sistemde daha uzun sürdüğünü tespit etmek amacıyla, bulanık mantık sistemi ve sabit zamanlı denetleyici karşılaştırılmış, bulanık mantık sistemindeki bekleme süresinin sabit zamanlı sisteme göre daha az olduğu görülmüştür. SUMO programında kullanılan veriler tamamen gerçek bir sistemden alınmıştır ve çözüm önerileri gerçek sistemler için geliştirilmiştir.

1.1. Akıllı Şehir Kavramı

Mevcut araştırmalarda ve yapılan uygulamalarada, "Akıllı Şehir"in çok farklı tanımlamaları olduğu için farklı uygulamalar görülmüştür. Bununla birlikte, bu konuda standart bir tanım olmamasına rağmen, bu ifadeden şehirlerin kaynaklarını daha etkin kullanmalarını ve sakinlerine daha iyi hizmet vermelerini sağlayan bir "modernleşme" çabasını anlamamız gerekmektedir. Şüphesiz ki, kentlerin sosyal imkânları olan insanların ekonomileri için cazibe merkezidir. Bu, şehirleri insan kuvveti hareketliliği açısından kırsal alanlardan daha başarılı kılmaktadır. Olası bir durum, büyük ve küçük şehirler arasında fark edilebilmektedir. Öte yandan, büyük kentlerdeki hızlı nüfus artışı fazlasıyla sorunu da getirmektedir. Bu problemler kentlerin sosyal yaşamını ve ekonomisini olumsuz yönde etkilemekte ve aynı zamanda kent sakinlerinin yaşam kalitesini düşürmekte ve kentlerin marka ve rekabetçiliğini azaltmaktadır. Bu noktada akıllı şehirler yaklaşımı, ülkelerin ve uluslararası örgütlerin politika metinlerinde ön plana çıkmıştır, çünkü kentsel sorunlara rasyonel çözümler üretme potansiyeline sahiptir. Bu yaklaşım, kentsel altyapıların ve ağların, özellikle ulaşım ve enerjinin insan müdahalesine gerek kalmadan özyönetim mantığına dayanan ve insanların yaşam standartlarında önemli bir iyileşme hedeflenmektedir.

Akıllı şehir kavramı, ilk kez 1998 yılında kullanılmıştır ve çeşitli kavramların bir bileşeni olarak çok boyutludur. Akıllı şehir kavramının yanı sıra, dijital şehir, sanal şehir, sürdürülebilir şehir, yeşil şehir, çevre dostu şehir,

hibrid şehir, öğrenen şehir, bilgi şehri veya akıllı toplum gibi kavramlar da kullanılmaktadır.

Akıllı şehir; şehrin çevresel, sosyal ve ekonomik sorunlarını ele alan ve çok boyutlu çözümler bulmaya çalışan bir modeldir. Akıllı şehir; sürdürülebilirlik, yaşam kalitesi, kentleşme ve akıllılık olmak üzere dört ana boyuta sahiptir. Altyapı ve yönetişim, kirlilik ve atık, enerji ve iklim değişikliği, sosyal konular, ekonomi ve sağlık sürdürülebilirliğin altında yatan alt niteliklerdir. Vatandaşların duygusal ve mali refahı, yaşam kalitesinin iyileşmesini göstermektedir. Kentleşme niteliği, kırsal ortamdan kentsel çevreye dönüşümün teknolojik, ekonomik, alt yapı ve yönetim yönlerine odaklanmaktadır. Son olarak akıllılık ise, kentin ve sakinlerinin sosyal, çevresel ve ekonomik kriterlerini iyileştirme arzusu olarak tanımlanır. Akıllı şehir vizyonu, sürdürülebilir şehir vizyonuna bağlıdır. Dijital ağları, verimli ve entegre altyapısı ile akıllı şehir, çevre koruma, sosyal eşitlik ve ekonomik kalkınmanın amaçlarını uyumlu hale getirerek sürdürülebilir kalkınmanın kolaylaştırıcısı olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.2. Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS)

AUS, elektronik, kontrol, iletişim, algılama, robotik, sinyal işleme ve bilgi sistemleri gibi birçok farklı alana yayılan araştırma faaliyetlerinin sonucunda ortaya çıkan; taşımacılık sektörü, otomotiv endüstrisi ve hükümetler tarafından dünya çapında ilgi çeken bir olgudur. Akıllı ulaşım sistemleri; seyahatte geçirilen zamanın kısaltılmasını, trafik güvenliğinin ve konforunun arttırılması, mevcut yolların verimli kullanımı, enerji verimlilik sağlayarak ve çevreye verilen zararı en aza indirerek ülke ekonomisine katkıda bulunmak amacıyla geliştirilen sistemlerdir. AUS, fiyatlandırma sistemleri, akıllı duraklar, otopark sistemleri, ulaşım bilgi sistemleri, trafik sinyal kontrolü, akıllı sinyalizasyon, trafik tasarım ve akım optimizasyonu, araba kullanma güvenliği, akıllı park, yolcu bilgilendirme sistemleri gibi uygulamalarla kullanılmaktadır.

Akıllı şehir; teknoloji ürünlerini, akıllı ve koordine edilmiş yöntemlerle kullanarak, kent merkezlerini geliştirmek demektir. Örneğin akıllı trafik

sinyalizasyon sisteminde, sabit süreli bir trafik ışığından öte, gelen araba yoğunluğuna bakarak sinyalizasyon sistemini otomatik ve akıllı bir şekilde kullanarak karar veren bir sistem mevcutur. Bu sebeple Adaptif Akıllı Trafik Sinyalizasyon Kontrolü, tüm modern kentin önemli misyon projelerinden biri olarak kabul edildir. Çünkü trafikteki gecikmeyi azaltmak ve seyahat süresini iyileşmek için önemli bir tekniktir. Ayrıca bu teknik ile belirtilen hızda ilerlendiğinde, izleyen kavşaklarda aşamalı olarak durmadan geçişi sağlar.

1.3. Trafik Sinyalizasyonu

Şekil 1.1'deki trafik ışığı işareti, genel olarak kabul edilen bir sisteme göre renkli ışıklar kullanarak trafiğin akışını kontrol etmek için yol kavşaklarına veya yaya geçit noktalarına yerleştirilen bir sinyal cihazıdır. Dünyadaki birçok şehirde ışık sinyalleri vardır. Tüm ışık sinyalleri iki ana renkle aydınlatılır, kırmızı ışık "dur" demektir ve yeşil ışık ise geçişe izin vermek anlamına gelir. İlk ışık sinyali 1868 yılında Londra şehrinde kuruldu, 1913 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde üç renkli (yeşil, sarı, kırmızı) ışık icat edildi. 1922'de, sinyalin mekanik olarak çalıştığı tespit edildi ve daha sonra devletler, trafiği kontrol etmek için ışık sinyallerini yaygın olarak kurmaya başladı.

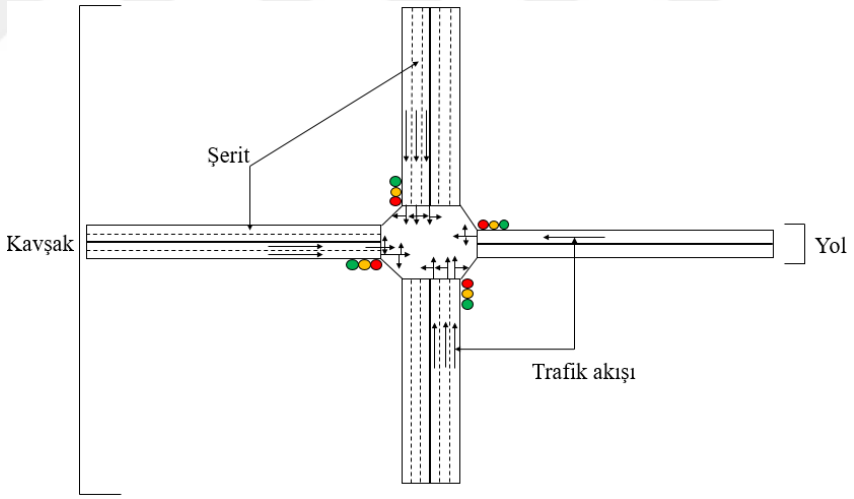


Şekil 1.1. Trafik ışık sinyalleri

1.3.1. Trafik Sinyalizasyonunun Bazı Terimleri

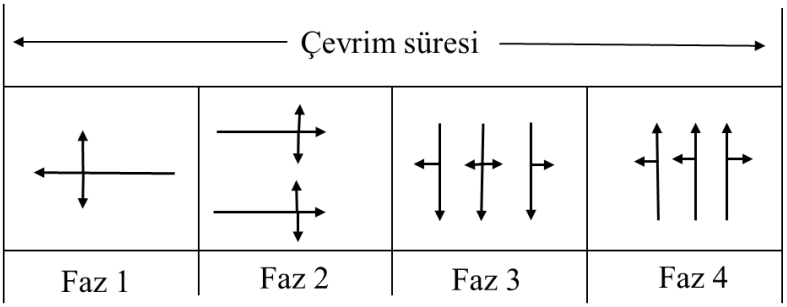
Burada trafik sinyalizasyonuna bağlı bazı temel kavramlar Şekil 1.2 ve Şekil 1.3'ten faydalanarak kısaca açıklanmaktadır. Sinyalizasyonda kullanılan en önemli kavramlar:

- Kavşak: Birkaç yoldan gelen trafik akışlarının kesişme noktasında, ayrıldığı ve birleştiği alanlardır.
- Yol: Kara yönünün genel olarak araç trafiğince kullanılan bölümdür.
- Şerit: Araçların güven içinde gidip gelmeleri için, yolun işaretlerle ayrılmış her bir bölümü.
- Trafik akışı: Taşıtların, yol üzerinde gidiş gelişleridir.
- Kırmızı süre: Bir faza kırmızı ışığın verildiği zamandır.
- Sarı süre: Sinyal fazna sarı ışık bilinen süredir.
- Yeşil süre: Faza yeşil ışık verildiği vakitir.



Şekil 1.2. Kavşak, yol, şerit, trafik akışı ve trafik ışıkları

- Faz: Kavşakta bir den daha fazla akışa geçiş hakkı verilen süredir. Bir akımın ilk yeşil ışık almaya başladığı itibaren sonraki akımın yeşil sinyal almasına kadar geçen zaman fazdır.
- Çevrim süresi: Kavşaktaki her faza bir kez geçiş hakkı verildiği toplam vaktidir.



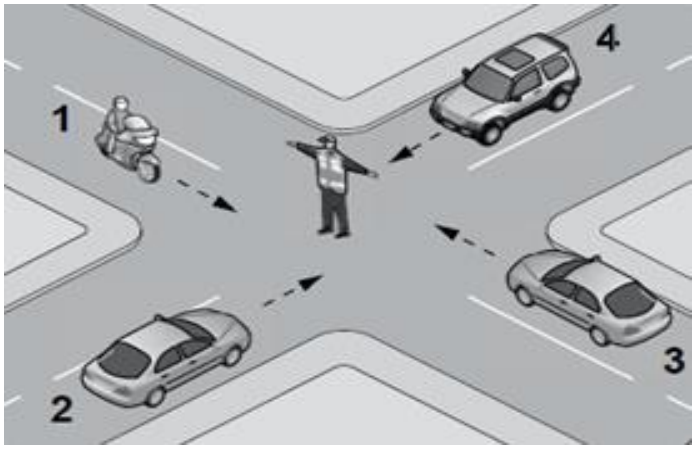
Şekil 1.3. Faz ve çevrim süresi

1.3.2. Trafik Sinyalizasyon Yöntemleri

Aşağıda trafik sinyalizasyon yöntemlerini açıklamaktadır:

a. Kişiler Tarafından Kontrol Edilen Trafik (Trafik Polisi):

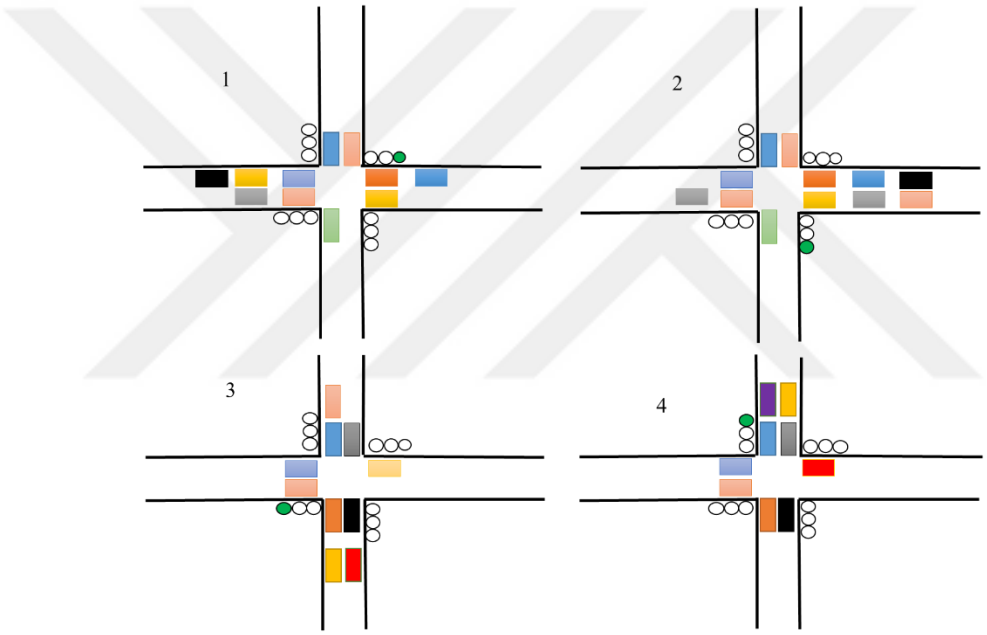
Önemli kavşaklarda trafiği kontrol eden trafik polisi Şekil 1.4'de görüldüğü gibi, trafiği yönetmek için kullanılır. Trafik memuru, yolun her bir kesişim bölümüne konur ve trafik akışını yönlendirir. Bazen trafiği kontrol etmek için sözlü iletişim kullanılır. Memur genellikle yolu görür, kendi içgüdüsü ile kimin gitmesi gerektiğine ve kimin durması gerektiğine karar verir. Bu teknik, daha az sıkışık yollar için diğer sistemler arasında en etkili olanıdır. Ancak bu teknik, yoğun trafik durumları ve saat verimliliği açısından sadece ortalama bir çözüm sunar, çünkü insanların yorgunlukları ve hatalara eğilimli oldukları bilinmektedir.



Şekil 1.4. Trafik polisi

b. Geleneksel (Sabit Zamanlı) Trafik Kontrol Sistemi

Sabit süreli sinyalizasyon sistemi Şekil 1.5'den de anlaşılacağı gibi, kavşağa farklı yollardan gelen araçlara ve yaya trafiğine daha önceden süre verilmiş, programlarına uygun olarak sıra ile yeşil ışık geçişi yapılmaktadır. Değişik yollardan kesişme noktasına yaklaşan trafiğe verilecek olan geçiş hakkı süreleri (yeşil süreler) ve bu zamanların birbirine oranı, ortalama trafik yükü değerlerine göre belirlenmektedir. Geleneksel sinyalizasyon sisteminin en büyük sorunu trafik akımlarına uymayarak kavşaklarda gereksiz bekleme sürelerine yol açmaktadır.

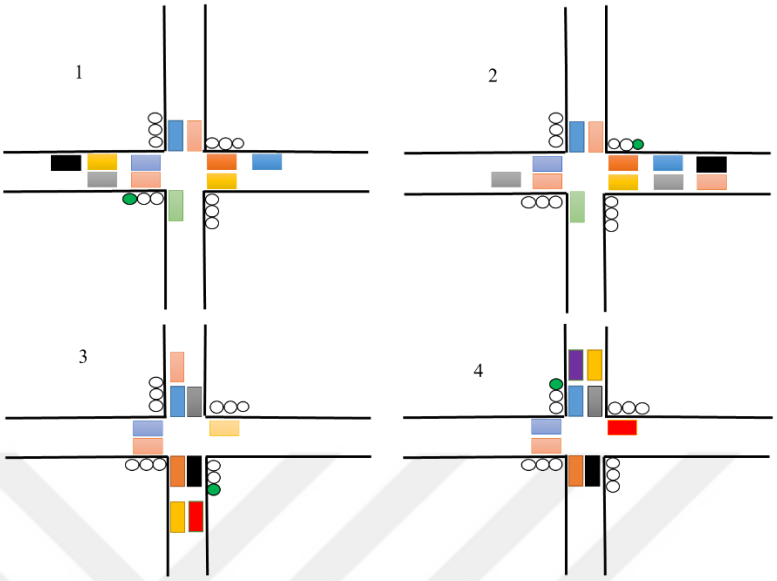


Şekil 1.5. Sabit zamanlı trafik kontrol sistem çalışması

c. Akıllı Trafik Kontrol Sistemi:

Akıllı trafik kontrol sistemleri, akıllı şehirlerin önemli bir özelliğidir. Akıllı trafik kontrol sistemleri çevrede neler olup bittiğini dikkate alır ve ışıkları gerektiği gibi tepki vermesi için tetikler. Akıllı trafik sistemindeki ilk ve en önemli amaç, gecikmeleri azaltmaktır. Bu sistemdeki ikinci amaç ise insanların trafikte daha az süre harcaması ve araçların varış noktalarına güvenli bir şekilde ulaşmalarını sağlamaktır. Örneğin dedektörler tarafından araç yoğunluğuna bakılarak trafik ışığındaki sinyalizasyon sistemi, otomatik bir şekilde

kırmızıdan yeşil sinyale değişmesine karar vermektedir. Şekil 1.6'da akıllı trafik kontrol sisteminin çalışmasını görülmektedir.



Şekil 1.6. Akıllı trafik kontrol sistem çalışması

1.4. Trafik Simülasyonları

Simülasyonların amacı gerçek hayatta karşılaştığımız doğal ya da beşeri olaylardan elde edilen modelleri kullanarak, normal hayatta karşılaşabileceğimiz diğer senaryoları üretmektir. Bu senaryo değişiklikleri rüzgar ile sürüklenen yaprakların şehirde toplanacağı alanlar üzerine olabildiği gibi nükleer enerji santrallerindeki çekirdek ısılarındaki değişikliklerin reaktöre etkileri hakkında da olabilmektedir. Trafik simülasyonları da diğer simülasyonlar gibi aynı amaca hizmet etmektedir. Trafik simülasyonları, trafik ağları ve sistemlerinin planlanması ve geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Trafik simülasyonları Makroskobic ve Mikroskobic ve alt-Mikroskobic olmak üzere temelde üç ana gruba ayrılmaktadır. Makro simülasyonlar çok büyük alanlarda, araçların her biri ile ilgilenmeden yoğunluk, emisyon gibi genel sonuçlar sunabilen türdeki simülasyonlardır. Mikro simülasyonlar ise simülasyonda bulunan her aracın bireysel davranışlarıyla tek tek ilgilenen ve sonuçlar sunabilen simülasyon tipidir. Alt-Mikroskobic simülasyonlar ise her bir aracın içerisindeki bileşenler ile ilgili veriler üretebilen simülasyon tipidir.

Bu çalışmada, akıllı trafik kontrol sistem tasarımı için kullanılan SUMO programı, her bir aracın konumu, güvenli mesafesi ve trafik ışıklarındaki reaksiyonları gibi günlük hayattaki trafikte karşılaşılan tüm durumları içeren açık kaynaklı simülasyon yazılımıdır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, trafik sinyalizasyon sistemleri ile ilgili yapılan çalışmalardan ve akıllı çözüm önerilerden bahsedilmektedir. Yapılan çalışmaların genellikle simülasyon çalışmaları olduğu ve kullanılan verilen rastgele oluşturulduğu görülmüştur. Bu sebeple yapılan tez çalışmamın önemi üzerinde durulmuştur.

Lee ve Lee-Kwang (1999), bir dizi kavşak için bulanık kontrol cihazını sunmuşlardır. Trafik sıralamasını, hem faz sıralarını hem de trafik sinyallerinin faz sürelerinin uzunluklarını değiştiren bir kontrolör geliştirilmiştir. Faz değiştirme kararı için, geliştirilen kontrolör üç modüle sahiptir: gözlem modülü, sonraki faz modülü ve karar modülü. Sonraki faz modülü, yeşil faz dışında tüm fazlar arasında acil fazı seçme rolüne sahiptir. Gözlem modülü, yeşil fazın trafik durumunu gözlemlemekten sorumludur. Karar modülü, ilk iki modülün çıkışlarına göre yeşil fazın değiştirilip değiştirilmeyeceğine karar vermektedir. Sonraki faz modülü tarafından seçilen fazın trafik durumu gözlem modülü tarafından izlenen yeşil fazdan daha acilse, karar modülü yeşil ışığı seçilen faza geçirecektir. Aksi halde yeşil faz devam etmektedir. Her modülün kendi bulanık kural tabanı vardır. Bir kavşaktaki bir aracın ortalama gecikme süresini bir performans endeksi olarak kullanmaktadır. Önerilen yöntem tüm durumlarda iyi performans göstermektedir. Sabit trafik koşullarında, araçla çalıştırılan yönteme göre %3.5'ten %8.4'e iyileştirmeler göstermiştir. Zamanla değişen koşullarda %4.3'ten %13.5'e iyileşmeler elde edilmiştir.

Askerzade ve Mahmood (2010), trafik ışıklarını kontrol etmek için bulanık mantık teknolojisini kullanmışlardır. Bulanık mantık denetleyicisi, yeşil ışık süresinin uzunluğunun trafik koşullarına göre kontrol edilmesinden sorumludur. Bulanık kontrolörler üç giriş değişkenine sahiptir: varış tarafındaki araçların sayısı, kuyruk tarafındaki araçların sayısı, sağ ve sol dönüşlü araçların sayısı. Varış tarafı için ve yeşil sinyale verilen dış zaman için bir çıktı değişkeni sahiptir. Bu sinyalizasyon sistemi üç girişin sonucuna göre uzatma süresini ayarlayıp, bu üç girişin uzatma süresine etkisini göstermektedir. Bu

sonuçları, hesaplamak için en uygun durumu temsil eden Tagaki-Sugeno yöntemi kullanılmıştır. Farklı trafik durumlarına Tagaki-Sugeno yönteminin ve sonra da sonuçlarımızı Mamdani yönteminın verdiği sonüçlar karşılaştırılmıştır. Toplam bekleme süresi ve toplam taşıma süresi açısından Tagaki-Sugeno yöntemi daha iyi sonuç sağlamaktadır. Daha az araçların bekleme süresi yakıt tüketimini azaltmakla kalmamaktadır, aynı vakite çevre kirliliğini de azaltmaktadır.

Azimi ve ark. (2010), izole bir sinyalize kavşak için yeni bir bulanık mantık denetleyicisi sunmaktadırlar. Sistem şu değişkenlerden oluşmaktadır: sinyalin durumu, trafikten çıkan araçların sayısı ve kuyruk uzunluğundaki değişim sayısı. Çıktının kesin değeri ağırlık merkezinden sapma tekniğiyle hesaplanmıştır. Bulanık kurallar (sayısı 81), MATLAB 7.4 ve bulanık mantık araç kutusu kullanılarak simülasyon gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemin sonuçları ve iyileştirme yüzdesi bize göstermiştir ki bulanık kontrolü sistemi, sabit zaman kontrolüne kıyasla herhangi bir kavşaktaki ortalama bekleme süresini azaltmaktadır.

Zaied ve Al Othman (2011), iki yönlü kesişmeleri dikkate alan ve hareket durumunun seviyesine bağlı olarak trafik sinyalinin zaman aralıklarındaki değişiklikleri ayarlayabilen bulanık mantık sistemi geliştirmişlerdir. Önerilen bulanık mantık trafik kontrol sistemini kurmak için MATLAB kullanılmıştır, sistem 78 bulanık kuraldan oluşmaktadır. Bu kuralların temel ilkeleri, döngü zamanını ayarlamak ve fazların kullanılmayan yeşil ışık zamanlarını en aza indirmektir. Önerilen bulanık mantık trafik kontrol sistemi, kullanılmayan yeşil zamanı azaltmasından dolayı, yoğun trafik hacimlerini göz önünde bulundurarak mevcut sisteme göre iyi sonuçlar vermektedir.

Salehi ve ark. (2014), trafik ışıklarını kontrol etmek için insan zekasını taklit etme yeteneğine sahip olan bulanık mantık teknolojisini kullanmışlardır. Sistem iki kavşak (J1,J2) üzerinde uygulanmaktadır. Üç farklı yönden, farklı hız oranlarıyla aynı anda gelen üç acil durum aracı; ambulans, polis ve itfaiye düşünülmüştür. Sistemde iki eylem gerçekleştirilecektir, birincisi, trafik

akışını, mümkün olan en yüksek hızda geçiş yapabilmeleri için en aza indirmektir. İkincisi, araçların çarpışmalarını önlemektir. Sistem sabit zaman kontrolöründen daha iyi performans göstermiştir. Trafiği etkili bir şekilde iyileştirmek ve yoğunluğu en aza indirmek için iyi bir yeşil zaman sağlanmıştır.

Prasetiyo ve ark. (2015), bulanık mantık kontrolü Sugeno yöntemini kullanarak adaptif bir trafik ışığı kontrolünün tasarımını sunmuşlardır. Bulanık mantık kontrolü, kavşaklarda yeşil zamanın uzunluğunu belirlemek için kullanılmıştır. Önerilen sistem, sabit zaman sistemine göre bekleme süresi açısından daha düşük bir performansa sahiptir, kuyruk sayısı ve kalkış sayısı açısından daha iyi bir performansa sahiptir.

Alam ve Pandey (2015), trafik ışıklarını kontrol etmek için bulanık mantık teknolojisini kullanarak, izole edilmiş kavşak için iki aşamalı bir trafik ışığı sisteminin tasarımı ve analizlerini tartışmışlardır. Trafik aciliyet karar modülü [Traffic Urgency Decision Module (TUDM)] ve uzatma süre karar modülü [Extension Time Decision Module (ETDM)] geleneksel trafik kontrolüyle kıyaslandığında; düşük, orta ve yüksek trafik oranındaki ortalama gecikme süresi açısından daha iyi performans sağladığını görmüşlerdir.

Dereli ve ark. (2018), yeşil ışığın süresini ayarlamak, genel gecikmeleri azaltmak ve bekleyen araç sayısını azaltmak için tek bir kavşakta bulanık mantık denetleyicisi tasarlamışlardır. Bulanık mantık sistemi, MATLAB ortamında bulanık çıkarım sistemi kullanılarak çözülmüştür. Model yapay sinir ağı ve ANFIS (Adaptive neuro-fuzzy inference system) kullanılarak değerlendirilmiştir ve ardından sonuçların tutarlılığı kontrol edilmiştir. Sonuç olarak bulanık sistemin toplam gecikmeyi süresi verimli bir şekilde azaltabileceğini ve karşılaştırılan sistemlerden daha iyi olduğunu görülmektedir.

Taha ve Ibrahim (2012), trafik verilerini işlemek için bulanık mantık denetleyicisini kullanmışlardır, bulanık mantık denetleyicisi araç verimliliğini

artırarak (geçen araçların sayısını artırmak) ve kuyruktaki bekleme süresini azaltmak amacıyla süreyi uzatmak için tanıtılmıştır.

Shahraki ve ark. (2018), bulanık mantığa dayalı trafik yönetim sistemlerini, trafik akışını test etmek ve bu akışı sürücüler için en verimli şekilde değerlendirmek için tasarlamışlardır. Çok yollu bir kavşak veya bir kavşak ağı simüle edilmiştir. Ayrıca girdi parametrelerine göre çıktı parametrelerinin gözlemlediği kavşağın ve verimliliğinin izlendiği bir sistem geliştirilmiştir.

Areni ve ark. (2014), uyarlanabilir bir trafik ışığının trafik sıkışıklığı sorunu için çözüm olduğunu önerdiler. Mevcut geleneksel trafik ışığı sistemine göre trafik ışığının daha iyi bir şekilde geçişini sağlamak için bulanık mantığa dayalı bir sistem sunulmuştur. Bulanık mantık tabanlı trafik ışığı, tıkanıklığın azaltılmasında önemli sayıda potansiyel göstermektedir.

Collotta ve ark. (2015), dinamik olarak izole edilmiş bir kavşak için trafik sinyal çevrimlerini ve aşamalarını yönetmede yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. Önerilen çözüm, kablosuz sensör ağını gerçek zamanlı trafiği izlemek için birden fazla bulanık mantık denetleyicisiyle birleştiren, her paralel faz için bir tane olan dinamik bir trafik kontrol sistemidir. Her kontrol cihazı bulanık motor kaydırma hareketlerini gerçekleştirir ve trafik sinyalleri için hem faz hem de yeşil zamanı dinamik olarak yönetmektedir.

Yusupbekov ve ark. (2016), yoğun trafik akışlarında bilgi bulanıklığı ve belirsizlikle başa çıkmak için uyarlanabilir bulanık mantık trafik kontrol sistemleri kurma sorununu ele almışlardır. Sistemin iki girişi vardır: birincisi kontrol bölgesine giren ve çıkan araçlar arasındaki fark; ikincisi ise araçların kuyruk uzunluklarıdır. Sistemin bir çıkışı vardır o da trafik akışıdır. MATLAB yazılım paketi üzerinde kara yolu trafiğinin uyarlanabilir bulanık kontrol sisteminin bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Simülasyon iki aşamada gerçekleştirilmiştir; ilk aşamada, gerçek hayatta kullanılan karışık çevrimli trafik ışıkları simüle edilmiştir. İkinci aşamada, adaptif bulanık sistemle kontrol edilen trafik ışıkları simüle edilmiştir. Önerilen yöntem, sabit döngülü

trafik ışıklarına kıyasla daha etkin bir şekilde kavşağın kontrol edilmesine izin verdiğini göstermiştir. Çözümün ağır yüklü kavşaklarda uygulanması, trafik ışıklarında kuyruk uzunluğunun 2.6 kata kadar azaldığını göstermiş, ayriyeten gecikme süresinin de %27'ye kadar kısalmasını sağlamıştır.

Şimdiye kadar ifade edilen araştırmalarda bulanık mantık yöntemi sadece trafiğin akışını kontrol etmek için kullanılmıştır. Bulanık mantık yöntemi tek başına kullanılarak izole kavşağı ve bir dizi kavşak için bu yöntemin önemi sunulmuştur. Aşağdaki araştırmla ise bulanık mantık yöntemi trafiğin tahmini için kullanılmıştır:

Rani ve Shaw (2018), önerilen sistem iki adımda gerçekleşmektedir: çevre koşullarının belirlenmesi ve trafik gecikmesinin tahmini. Bulanık mantık, hava durumunu ve yol durumunu kullanarak belirli bir süre için tasarlanmıştır, kara yolu bağlantısına yerleştirilen sensörler kullanılarak eşik kapasitesi ve trafik hacmi ölçülmüştür ve akıştaki trafik gecikmesinin tahmini için bir sinir ağı modeli test edilmiştir. Önerilen yöntem, Tamimi ve Zahoor yöntemiyle (2010) karşılaştırılmıştır; ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama karesel hata (MSE), gecikme kestiriminin karşılaştırma sonuçlarına göre önerilen yöntemin öngörücü doğruluğunun, farklı tedbirlerle ifade edilen Tamimi ve Zahoor'dan (2010) daha iyi olduğunu göstermektedir.

Zhang ve Ye (2008), çift döngülü bir detektör kullanarak trafik akışını tahmin etmek için bulanık mantık sistemi metodolojisini önermiştir. Tahminin sonuçları, bulanık mantık sisteminin daha doğru ve istikrarlı tahminler ürettiğini göstermektedir. Bulanık mantık yöntemi aynı zamanda farklı trafik koşullarında akışı da tahmin edebilmiştir.

Ekmekci ve Yumuşak (2008), sürüş hızını etkileyen; yol yamaçı, yol türü yolun fiziksel ve geometrik özellikleri, yoldaki trafik tıkanıklığı ve taşıt tiplerini bulanık mantık kullanılarak sürücü hız tahmin sistemi oluşturulmuştur.

Aşağdaki araştırmalarda ise bulanık mantık yöntemi farklı algoritmalar ve yöntemlerle birlikte tek bir sistem haline getirilmiş ve oluşturulan bu yöntem trafiği kontrol etmek için sunulmuştur.

Gündoğan ve ark. (2014), trafiği yönetmek için ATAK sistemini tanımlandırmışlardır. ATAK sistemi; genetik algoritma ve bulanık mantık yöntemlerine dayanarak trafik hacmi ve doluluk oranını kullanarak sinyalize bağlantıyı kontrol eden gerçek zamanlı ve uyarlamalı trafik kontrol sistemidir. ATAK'ın sonuçları çok planlı trafik kontrol sistemi ile karşılaştırılmıştır. Seyahat sürelerinde %15'lik iyileştirmeler sağlanmıştır. Çevreye salınan karbon gaz emisyonu yaklaşık %10 azaltılmıştır.

Wen ve ark. (2015), dört fazlı kavşakta gerçek zamanlı ışık kontrolü için NSGAII algoritması tarafından optimize edilen tip-2 bulanık mantık kontrolörünü önermektedirler. Tip2-NSGAII; tip1, tip2, tip2-DE ile karşılaştırıldığında ortalama toplam gecikme süresi ve kavşakların kuyruk uzunlukları açısından Tip2-NSGAII'nın daha iyi sonuca sahip olduğu görülmektedir.

Bhavsar ve ark. (2017), Weight Spreadsheet Pad teknolojisi, bulanık mantık denetleyici ve PIC denetleyicisi kullanılarak akıllı trafik yönetim sistemini önermektedirler. Sistem geleneksel trafik kontrol sistemi ile kıyaslandığında, sistemin, genel performansta yaklaşık % 26 iyileşme sağladığını göstermektedir.

Daeichian ve Haghani (2018), oyun teorisi yaklaşımı ile akıllı trafik kontrolü için Bulanık ve Q-öğrenme çok ajan tabanlı sistemi önermektedirler. Oyun teorisi, Q-öğrenme ile trafik sinyal kontrolüne dayanan ajanlar arasındaki koordinasyonu iyileştirmek için kullanılmıştır. Bulanık çıkarım sistemi, Q-öğrenme algoritması ile ilgilenir ve ajan daha az bir sürede büyük bir ödül elde etmektedir. Önerilen çözüm, sabit zamanlı kontrolü ile karşılaştırıldığında, ortalama gecikme süresinin 50 saniyeden 15 saniyeye düştüğünü göstermektedir.

Pau ve ark. (2018), yaya geçitlerinde dinamik olarak trafik sinyallerinin aşamalarını yönetebilen bulanık mantığa dayalı bir çözüm sunmaktadırlar. Önerilen yaklaşım, günün saatini ve yoldan geçmek üzere olan yaya sayısını dikkate alarak trafik fazlarını değiştirme imkanı sunmaktadır. Aslında, yaya birikiminin bertarafını daha iyi sağlamak için, statik olarak belirlenene kıyasla bulanık mantıkla yeşilin süresi uzatılmıştır. Önerilen çözüm, sinyalin fazlarını değiştirme imkanı sunar ve yayaların trafik ışığında birikmesini azaltmak için yeşil ışık süresi arttırılmıştır ve bu sistem kazaları da azaltmıştır.

Buraya kadar anlatılanlarda bulanık mantık yöntemi trafiğin yaya geçitlerini kontrolü için sunulmuştu. Aşağıdaki araştırmalarda ise trafiği kontol etmek için bulanık mantıktan farklı yöntemler sunulmuştur.

Makwana ve Patel (2015), acil durum aracının tepki süresini ve trafik sıkışıklığını azaltmak için STLO (Short Time Less Obstacles) algoritmasını kullanmışlardır. Acil durum aracı, STLO algoritmasını kullanmadan varış noktasına 25 dakikada ulaşmıştır. İyi durumunda olan STLO algoritmasını kullanan acil durum aracı varış noktasına 16-17 dakikada ulaşmıştır, kötü durumunda ise acil durum aracı varış noktasına 19-20 dakikada ulaşmıştır. Yani sistem kavşaklarda acil durum aracına öncelik vermektedir.

Gayathri ve Amudha (2016), trafik yoğunluklarını tespit etmek ve acil durum araçlarına öncelik vermek için üç ana birim kullanmışlardır. Bunlar: yoğunluk algılama sistemi, acil durum araç uyarı sistemi, güneş enerjisi kaynağı. Güneş enerjisinin kullanımı bu projeyi daha verimli hale getirmiş ve bu üç birimden oluşan sistem sayesinde acil durum araçlarının gecikmeden, zamanında varış noktasına ulaşması sağlanmıştır.

Huang ve ark. (2015), acil araç sistemini öngörecek bir model geliştirmek için Timed Petri ağlarının kullanımına odaklanmışlardır. Önerilen yaklaşımın avantajı, trafik sinyallerinin davranışları, önleyici aşamada değişime neden olan koşullar ve olaylar açısından açıkça görülmektedir. Sonuçta ortaya çıkan modeller, trafik sinyalleri alternatiflerinin fazını kontrol

eden modelin koşulları ve olayları aracılığıyla bu tür sistemlerdeki acil senaryoların tanımlanmasına izin vermekte ve bu kötü durumların engellenmesini sağlamaktadır.

Dion ve ark. (2013), gecikme süresi hesabında kullanılan değişik çözümsel modelleri INTEGRATION adlı bir yazılım ile karşılaştırmıştır. Tüm gecikme sürelerinin özellikle düşük trafik olması halinde aynı sonuçlar vermiştir, ancak trafik trafiğin yoğun durumunda farklılıkların ortaya çıktığını göstermiştir.

Bu tez çalışmasında, gerçek kavşaklardan alınan gerçek verilerin simülasyon programına aktarılması, ve bulanık mantık kontrol yöntem ile adaptif bir kavşak sinyalizasyon kontrolü yapılmiştır. İncelenen literature çalışmalarında kullanılan rastgele veriler ile performans ölçüm yapılırken bu çalışma da gerçek veriler ile değerlendırmeler yapılmış ve gerçek sistemler için kullanımının avantajları sunulmuştur

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, yapılan tez çalışmasında kullanılan yöntemler ve modellemeler hakkın da bilgiler verilmiştir.

3.1. Bulanık Mantık (BM)

Bu tez çalışmasının ana yöntemi olan Bulanık mantık aşağıda açıklanmaktadır.

3.1.1. Bulanık Mantık Kavramı

Bir önermenin doğruluğunu, bir ifadenin doğruluğunu, kati evet ve kati hayır arasındaki sınırsız sayıda gerçek değerlerini ihtiva eden bir kümedeki değerler, ya da [0,1] gerçel sayı aralığıyla ilişkilendiren bir fonksiyon olarak kabul edilmesidir. Bulanık mantık hemen hemen akıl yütütmenin mantığıdır. Dilsel olarak değişik, biçimsel dereceleri ile anlatılan (ya da dijital olarak [0,1] gerçek sayı aralığında yer alan) kesin değerlerine sahip oluşu -ki bu belirsizlik içeren doğruluk çizelgelerini de beraberinde getirir-, ve geçerliliği kesin değil, fakat yaklaşık olan çıkarım tabanlarına sahip oluşu fark edici özellikleridir.

BM'yi başka mantık sistemlerinden fark eden özelliklerden birisi, üçüncünün olma ilkesi ve aykırılık ilkesi olarak isimlendirilen ve farklı mantık sistemleri için oldukça önemli olan, bulanık mantık için geçerli olmamasıdır. Bulanık mantıkta bir ifade aynı anda hem beyaz hem siyah olamaz söylenmez. Bu hal, kesinliğin çok değerli oluşundan ve böylece, bağlayıcılarına iliştirilmiş anlamdan kaynaklanmaktadır (Altaş, 1999).

Bu girişim 1956 yılında ilk olarak ABD'de düzenlenen bir konferansta açıklanmiştır. fakat, bu konudaki ilk önemli çalışma 1965 yılında Lotfi Zadeh tarafından yayınlanan bir makalede bulanık mantık veya bulanık küme ismi adında ortaya çıkmıştır. Zadeh araştırmasında insan fikrinin büyük çoğunluğunun belirsiz olduğunu, kararlı olmadığını açıklamıştır. Bu nedenle 0 ve 1 ile beyan edilen boolean mantık bu fikrin işlemini uygun bir şekilde ifade edememektedir. İnsan mantığı, büyük, küçük; eski, yeni, 0 ve 1 gibi değişkenlerden meydana getirmek kesin ifadeleri ise, az büyük, az küçük, gibi ara değerleri de dikkate almaktadır. Bulanık mantık klasik mantığın tersine çok seviyeli dilsel işlemleri kullanmaktadır. Zadeh ayrıca, kontrol alanında

insanların mevcut makinelerden daha iyi olduklarını ve kararsız dil bilgisine dayanarak güzel kararlar alabildiklerini savunmuştur. Klasik kontrol uygulamalarında karşılaşılan zorluklar yüzünden bulanık mantık denetleyıcısı alternatif bir yöntem olarak hızlı bir şekilde gelişti ve ilerlemiş kontrol alanında yaygın uygulama alanı bulmuştur.

Zadeh'e açısından "bulanık mantık sistem" özellikleri şunlardır:

- Bulanık mantıkta kararlı düşünme yerine takriben değerlere dayanan fikir kullanmaktadır
- Bulanık mantık değerleri 0 ile 1 arasındadır.
- Bulanık mantıkta bilgi uzun, kısa, çok uzun gibi dilsel terim şeklinde olmaktadır.
- Bulanık çıkarım işlemi sözel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.
- Mantıksal sistemler bulanık gibi ifade edilebilmektedir.
- Bulanık mantık modeli, elde edilmesi zor olan sistemler için daha münasiptir (Tiryaki ve Kazan, 2007).

3.1.2. Klasik ve Bulanık Mantık Kontrolünün Karşılaştırılması

Aşağıda klasik mantık ve bulanık mantık kontrollerinin karşılaştırılması açıklanmıştır:

- Bulanık mantık denetiminde karasız ve kesin olmayan malumat kullanılabilir. Klasik mantıkta kontrol aşama değişkenlerinin ölçümleri kesin olmalıdır.
- Bulanık mantıkta matematiksel modele gerek yoktur. Klasik mantıkta denetimi böyle bir matematiksel modeline gerek vardır.
- Bulanık mantık denetimi ucuz detektör yüzünden işlem ölçümünde uysallık kazamaktadır. bundan dolayı uygulamaların çabuk olması, düşük fiyatla olması ve hafifletme sağlamatadır. Ancak klasik mantık kontrolünde,

belirsiz olan sistemlerde, kontrolcü sisteminin de tesiryle yapıyı bulanık yapacağından uygulamaya geçiş ekonomik olmayabilir (Ekren, 2009).

3.1.3. Bulanık Mantığın Avantajları

Bulanık mantığın avantajları aşağıda açıklanmıştır:

- Bulanık mantık kesin olmayan, zamanla değişen, karmaşık sistemlerin denetimine günlük hayatta kolay çözümler bulmaktadır.
- Bulanık mantık uzman insan düşüncesinin biçimindedir.
- Matematiksel bir model gerek yoktur, lineer olmayan sistemlerde iyi çalışmaktadır.

Uygulaması çok kolaydır ve uygulamaların sonuçlarana daha hızlı ulaşmaktadır (Altaş, 1999).

3.1.4. Bulanık Mantığın Dezavantajları

Bulanık mantığın dezavantajları ise şunlardır;

- Kuralların doğru bir şekilde tespiti için çok zamana ihtiyaç vardır .
- Kural ve üyelik fonksiyonunu tanımlamak basit değildir.
- Bulanık sistemin en önemli problemleri istikrarlılık, gözetlenebilirlilik, kontrol edilebilirlik ve analiz edilememesidir.
- Üyelik işlevlerinin belirlenmesinde tam sonuçlar veren bir metod ve bilgi yeteneği sahip değildir (Kaynak ve Armağan, 1992).

3.1.5. Bulanık Modelleme

En genel bulanık modelleme teknikleri şunlardır:

a. Mamdani Modeli

Mamdani metodu bulanık model, çok basit oluşturulmaktadır ve bu model insan tavırlarına çok münasiptir. Bu yüzden yaygın olarak kullanmaktadır ve diğer bulanık mantık modellerinin esasını oluşturmaktadır. Bu modelde, hem giriş hem de çıkış değişkenleri kapalı formda üyelik fonksiyonlarıyla temsil edilmektedir (Mamdani, 1976).

Mamdani metodun avantajlarını özetlemek gerekirse;

- Mamdani Modelin oluşturulması basitir.
- Diğer bulanık mantık modellemenin esasını oluşturur.
- İnsan tavrına ve fikrine uygundur.

b. Takagi-Sugeno Modeli

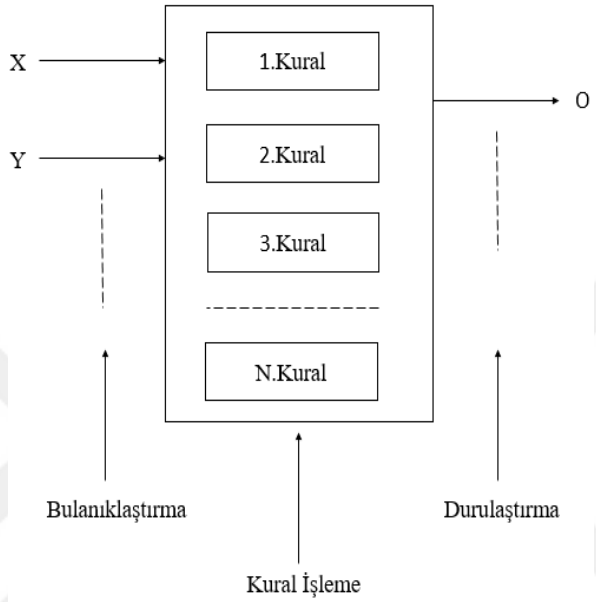
Takagi–Sugeno bulanık mantık. Girdi değişkenlerinin bulanıklaştırılması ve bulanık mantık işlemleri Mamdani bulanık modelleme ile bütünüyle farklıdır. İki Model arasında bulunan fark çıktı üyelik fonksiyonlarındadır. Sugeno Modeli, çıktı üyelik fonksiyonları lineer ya da sabittir. Bu yüzden, Sugeno Modeli, Mamdani Modelinden daha karmaşık ve gösterim açısından daha münasiptir (Takagi ve Sugeno, 1993).

Sugeno modelinin avantajları şunlardır;

- Hesaplamakta çok münasiptir.
- Doğrusal olmayan sistemlerin kontrol yapılması için Doğrusal yöntemler kullanılabilir.
- Adaptif ve optimizasyon yöntemler ile beraber iyi çalışır ve çıktı parametrelerini en iyi şekilde kullanarak sonuçları iyileştirir.
- Çıkış alanında sürekliliği sağlar.
- Matematiksel analiz için münasiptir.

3.1.6. Bulanık Sistemler

Bulanık bir işlem, genelde Şekil 3.1'da görüldüğü gibi üç farklı bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler sırası ile şunlardır: bulanıklaştırıcı bölümü, kural işleme bölümü, durulaştırıcı bölümü (Akdemir, 2001).



Şekil 3.1. Bulanık sistem genel yapısı

Bu akım sisteminde, bulanıklaştırıcı bölüm, bulanık işlem sisteminin ilk bölümü olarak çevrime girmektedir. kararlı veya geri bilgi akışı sonuçları biçiminde bu bölümü içine giren veriler, burada bir ölçek değişikliğine geçirerek bulanıklaştıma olduğu yerde. Diğer bir tabirle; bu verilerin her birine bir üyelik kıymet belirlenip, sözel bir şekile dönüştürülerek, buradan kural işleme bölüme gönderilir. Kural işleme bölümune gelen veriler, kural işleme bölümünden yüklenmiş bir şekilde bulunan veri çelişkili (eğer ... ise, ... olsun) gibi kural işleme verileri ile birleştirilir. Şurada söz konusu mantıksal teklifler, problemin yapısına göre dijital değerlerle de kurulabilmektedir. En son aşamada; problemin yapısına münasip mantıksal kesin cümleleri kullanılarak elde edilen neticele durulaştırıcı bölümüne gönderilir. Durulaştırıcı bölümüne gelen bulanık küme ilişkilerinde, bir ölçek değişikliği gerçekleştirilerek bulanık durumundaki verilerin her biri hakiki değerlere dönüştürülür (Yen ve Langari, 1999).

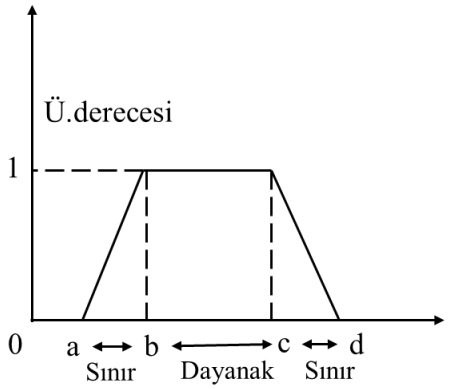
3.1.7. Bulanıklaştırma

Matematikte, aynı özellikler belirten unsurların bir arada toplamasıyla ‘küme’ ismi verilen kavram oluşturulur. Klasik biçimde olan matematik, bir konunun bir kısmının bu kümeye ait olduğu kavramı dikkate alınmaz ve kabul edilemez. Bu kısıtlama, problemlerin daima münasip bir çözüme kavuşturulabilmesine engel bir tavır etmektedir. Pratikte genel olarak, klasik küme biçiminde beliren değişiklik mesafelerinin bulanıklaştırılması, bulanık küme, mantık ve yapı çalışmaları için önemlidir. Bu nedenle, bir farklıkta mevcut öğelerin hepsinin, 1'e eşit üyelik derecesine sahip olacak yerde, 0 ile 1 arasında farklı değerlere sahip olcaktır. Bu halda, bazı maddelerin belirsizlik içerdiği kabul edilir. Bu değişikliklerin, sayısal olmayan halda kaynaklanması durumunda belirtilir (Şen, 2001).

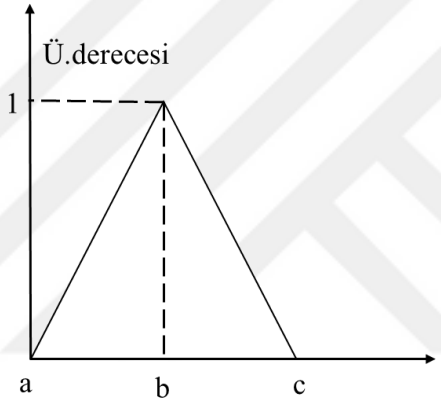
Bulanıklaştırma işleminde elde edilen üyelik işlevleri, problemin yapısına ve amacına münasip olmalıdır. Genel tanımada üyelik işlevleri geometrik, sezgisel, istatistiksel ya da matematik yaklaşımlara dayandırılabilmektedir. Bulanık kümelerin ihtiyaç olduğu üyelik derecelerinin gerekse bunların hepsinin sunmasını edebilecek üyelik işlevlerinin belirlenmesinde, ilk başlayanlar açısından bile kişisel sezgi, mantık ve deneyimlerin kullanılmasına çoğunlukla rastlanır. Uygulamada, bu yöntemler çoğu sorunun üstesinden gelmek için çoğu vakit yeterlidir. Böyle olmasa bile, ilk yaklaşım olarak bu temellere göre terbiyelilere yararlıdır. Üyelik işlevlerinin belirlenmesinde kullanılan esas sistemler;

a) Yapay sinir ağları, b) Çıkarım, c) Açılı bulanık kümeler, d) Mertebeleme, e) Çıkarımcı muhakeme, f) Genetik algoritmalar, g) Sezgi örnek yaklaşımlardır (Şenol, 2000).

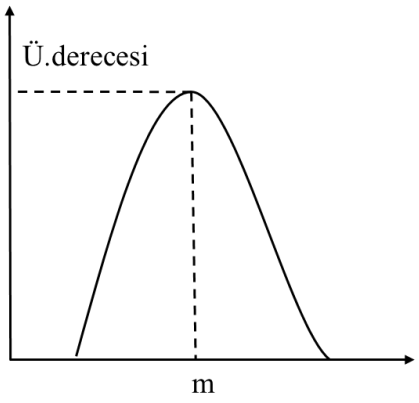
Bulanık kümelerin faydası, ayrı ayrı kavramlara uygun münasip derecesi işlevlerini oluşturabilme yeteneğine bağlıdır. En çok kullanılan fonksiyonlar kolaylık tarafından“yamuk” ve “üçgendir”. Bulanık kümesine bağlı elemanların, yamuk üyelik fonksiyonu, üçgen üyelik fonksiyonu ve çan eğrisi üyelik işlevi sırasıyla Şekil 3.2 -Şekil 3.3 ve Şekil 3.4 gösterilmektedir (Nguyen ve Walker, 1999).



Şekil 3.2. Yamuk üyelik işlevi



Şekil 3.3. Üçgen üyelik işlevi



Şekil 3.4. Çan eğrisi üyelik işlevi

Yamuk, üçgen ve çan eğrisi şeklinde çizilen işlevleri bakıldığında, bir bulanık tabirin üç özelik vermektedir. Bunları şu şekildedir:

- Bir kümede var olan unsurlardan en az birisi en büyük üyelik derecesi olan 1'e eşit olması gerekmektedir. Bu koşula bulanık kümenin normal olması söylenir.
- Üyelik derecesi 1'e sahip unsurdan sola ve sağa eşit aralıkta gidildiğinde, buradaki unsurların de üyelik derecelerinin birbirine aynı olması gereklidir. Bu haldada bulanık kümenin simetrik özelliği ismi verilmektadir.
- Üyelik derecesi 1 olan unsura yakın, soldaki ve sağdaki, öğelerin de üyelik dereceleri 1'e hemen hemen yakın olmalıdır. Bu halda bulanık kümenin özelliği olmayan anlaşılır (Şen, 2001).

3.1.8. Kural İşleme Birimi

Bulanık mantıkta kanunları, (‘eğer ..... şu ise, ... bu olsun’) biçiminde durumlarla formule edilir. Bütün girş değişkenleri, dilsel değişken kıymetlere dönüştülerek, bulanık çıkarma adımı, güncel hal için kurallara dayandırılarak uygulanır ve çıkışta dilsel değişkenlerin değerleri hesaplanır (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003).

Diğer yandan, bir bulanık kural, (‘eğer ..... şu ise, ... bu olsun’) biçiminde mesela; (A değeri D ise, B değeri C olsun) dilsel girdi ve çıktı tabirlerine sahip olması gerekır. ‘eğer ...’ birimine durum; ‘... olsun' birimine ise netice ya da karar kısmı olarak isimlendirir (Negoita ve Ralescu, 1987).

Bu halda bulanık netice çıkarma açıklamalarının, iki tamamlayıcı böyle olduğu anlaşılır:

• Kümeleme: (eğer ...bölümlüdür).

• Düzen: (... olsun bölümlüdür).

Eğer A kıymeti D ise, B kıymeti C olsun. örneğind, D ve C dilsel ifadelerdir ve bulanık kümelerde A ve B kıymetilerinin, hangi hala bağlı olduğunu gösterir. Günlük yaşamda kullanılan bir takım bulanık tabirlere

dayanan kurallar, aşağıda örnek olarak verilmiştir. ‘Eğer hava kapalıysa, yağmur yağabilir.’ ve ‘Eğer çalışırsan, başarılı olursun.

3.1.9. Durulaştırma

Gerçek uygulamalarda, bilhassa mühendislik alanında, proje ve tasarım planında boyutlandırmalar amacıyla tamamen sayısal kıymetlere lüzum duyulmuştur. Yapay zeka uygulamalarında belirsiz değişken, küme, mantık ve yöntemlerin karışık olabilecek çıkarımlarının tam sayılar durumuna dönüştürülmesi gerekmekedir. Belirsiz olan bilgilerin kesin neticeler durumuna dönüştürülmesi amacıyla yapılan işlemlerin tümüne durulaştırma işlemleri söylenir. Durulaştırmada kullanılan yöntemlerden ikisi ağırlık merkezi ve yükseklik yöntemidir (Öztürk, 2003).

3.1.10. Bulanık Mantığın Uygulama Alanları

Bulanık sistem çok alanda uygulanmaktadır:
Birinci çalışma Mamdani vasıtasıyla buhar makinesi yapılmıştır. Bulanık mantıkla yapılan sistemler aşağıda sunulmuştur;

- Mühendislik ve bilgisayar bilimleri,
- Kontrol, otomatik kontrol sistemleri,
- Uzman sistemler, bilgi sistemleri,
- Optimizasyon,
- Görüntü işleme,
- Yönetim ve karar destek sistemleri,
- Ekonomi ve finans,
- Biyoloji, Psikoloji ve tıp bilimi,
- Çevre bilimi,

Bulanık mantığın uygulama örnekleri ise;

Video kayıt cihazı: Cihazın elle tutulması dolayısıyla çekim esnasında oluşan sarsıntıları ortadan kaldırmaktadır. Fotoğraf makinesi: Ekranda birkaç

obje halinde en iyi fokusu ve aydınlatmayı belirler. Çamaşır makinesi; Çamaşırın kirliliğini, ağırlığını, kumaş cinsini sezer, ona göre yıkama programını seçmetedir. Elektrik Süpürgesi: Yerin durumuna ve kirliliğine göre motor gücünü ayarlar. Su Isıtıcısı: Kullanılan suyun miktar ve sıcaklığına göre ısıtmayı ayarlar. Çimento Sanayi: Değirmende ısı ve oksijen oranı denetimi yapılır. Televizyon: Ekran kontrastını, parlaklığını ve rengini ayarlar. Klima: Ortam koşullarını değerlendirerek en iyi çalışma durumunu algılar, odaya birisi girerse soğutmayı arttırır. ABS Fren Sistemi: Tekerleklerin kilitlenmeden frenlenmesini sağlar. Metro Sistemi: Hızlanma ve yavaşlamayı ayarlayarak rahat bir yolculuk sağlanmasının yanı sıra durma konumunu iyi ayarlar, güçten tasarruf sağlar. Trafik kavşak kontrolü: araç yönlendirme, trafik yoğunluk ve yol durum tahmin etmektedir.

3.2. Simulation of Urban Mobility (SUMO)

Sumo 2001'de Alman Uzay Ajansı (DLR) tarafından geliştirilmeye başlanmıştır. 2002 yılında yayınlanan program ile kullanıcılar trafik ağları üzerine çalışılabilecek mikroskobik tabanlı temel bir programa kavuşmuştur. Program, temel olarak 3 dosyayı kullanarak sonuçlar üretmektedir. Bunlar:

- Yol ağı,
- Araç rotaları,
- Yapılandırma.

Temel dosyalara ek olarak, otobüs durakları, yol kapatma dosyaları, trafik düzenleme dosyaları simülasyona girdi olarak verilebilmektedir.

Bunun yanında SUMO geliştiriciler tarafından daha etkin kullanılması amacıyla simülasyon programına ek olarak farklı bileşenler geliştirilmiştir. Bu bileşenler ile diğer dosya tiplerinde olan yol ağlarını simülasyon için uygun hâle getirmek, istenilen yoğunlukta araç rotası oluşturmak, simülasyon çalışırken canlı olarak değişiklik yapmak, otobüs hatları ve durakları oluşturmak gibi çeşitli işlemlerin kullanıcılar tarafından daha kolay yapılabilmesini sağlamaktadır.

Açık kaynaklı bir yazılımdır. TraCI modülü ile Python programlama dili kullanılarak simülasyon içerisinde tüm bileşenlere müdahale edilebilinmektedir. Bu sayede çeşitlendirilebilmesi diğer simülasyon programlarına göre çok daha kolaydır.

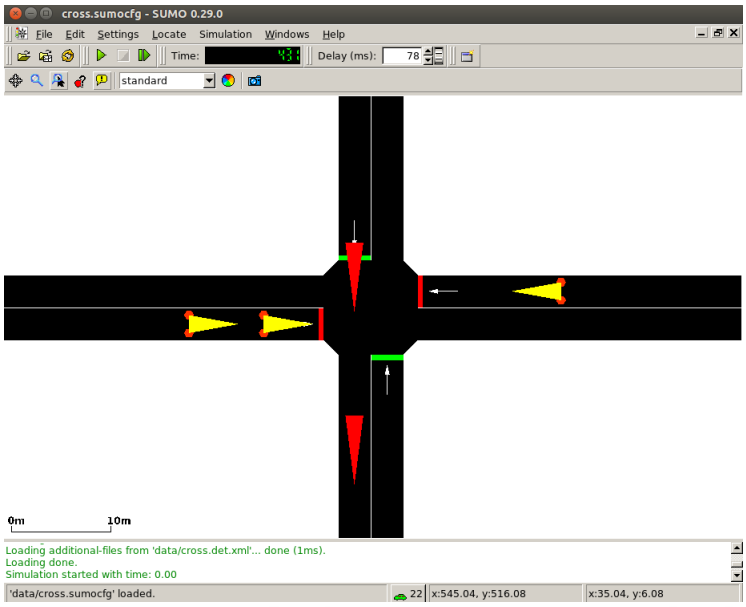
SUMO yukarıda belirtilen tüm özellikleriyle birlikte çıktı olarak istenilen saniye sıklığında araç iz verisi, noktadan geçen araç türü ve sayı verisi, araçların emisyon değerleri, şerit değiştirme bilgileri gibi çok çeşitli alanlarda kullanılabilecek çıktı verileri üretebilmektedir.

SUMO üzerinde oluşturulan çeşitli senaryolar internet aracılığıyla yayınlanmaktadır. Bunlardan en çok kullanılanları Köln, Lüksemburg ve Bologna simülasyonlarıdır. Bu şehirlerde üretilmiş araç, otobüs hatları ve ışık zamanlamaları gibi birçok farklı özellik hazır olarak sunulmakta, kullanıcılar istedikleri özelliklere müdahale ederek kendilerine özel araç iz verilerini elde edebilmektedirler.

Aşağıda SUMO programı ile ilgili olarak kullan Netedit ve TraCI hakkında bilgi verilecektir.

3.2.1. Trafik Kontrol Arayüzü (TraCI)

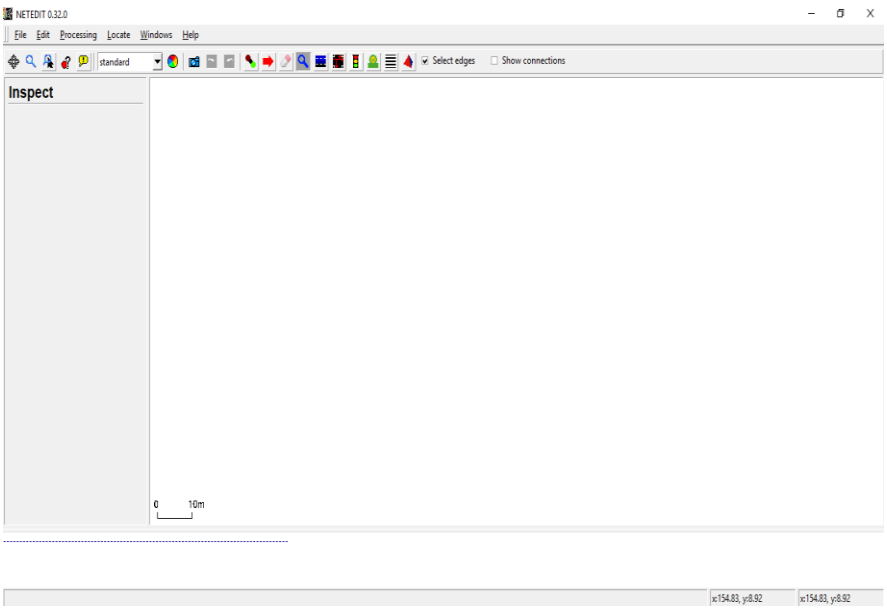
TraCI "Trafik Kontrol Arayüzü" için kısa terimdir. Çalışan bir karayolu trafik simülasyonuna erişim sağlayarak, simüle edilen nesnelerin değerlerini almaya ve davranışlarını "canlı" olarak değiştirmeye izin vermektedir. Şekil 3.5'de sumo programının sayfa görüntüsü görülmektedir (Aydın, 2018).



Şekil 3.5. Trafik kontrol arayüzü

3.2.2. Netedit

Şekil 3.6'da Netedit, görsel bir ağ editörü görülmektedir. Sıfırdan ağ oluşturmak ve mevcut ağların tüm yönlerini değiştirmek için kullanılabilir. Güçlü bir seçim ve vurgulama arayüzü ile ağ özniteliklerini hata ayıklamak için de kullanılabilir. Kullanıcı arayüzü, SUMO-GUI'nin arayüzünü yakından takip etmektedir (Bieker ve ark., 2015).

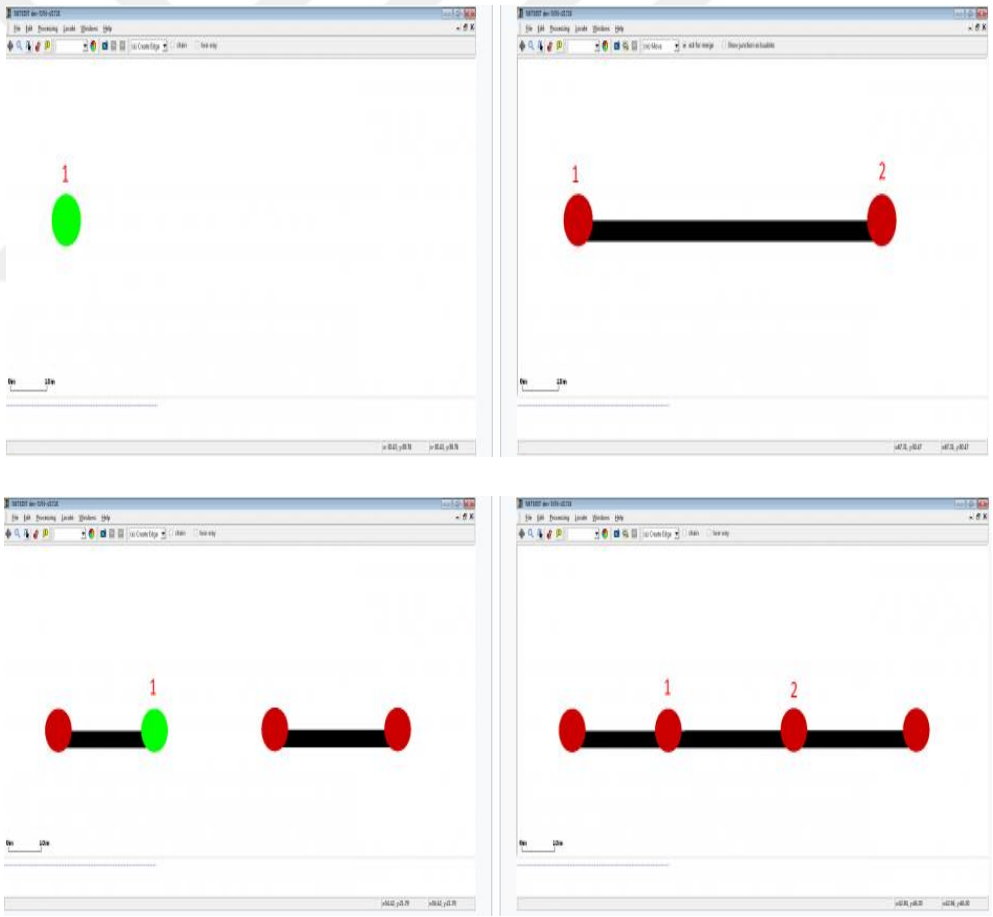


Şekil 3.6. Netedit programı arayüzü

a. Kenar Oluşturma

Bu model, kenarlar (şeritler) ve örtük olarak kavşaklar oluşmaktadır. Kenar özellikleri geçerli Edge_template'den alınacaktır. Hiçbir şablon ayarlanmadıysa, varsayılan şerit numarası gibi varsayılan seçenekler kullanılacaktır. "Kenar Oluştur" modunda, bağlantıyı oluşturmak için görünümün boş bir alanını tıklayın.

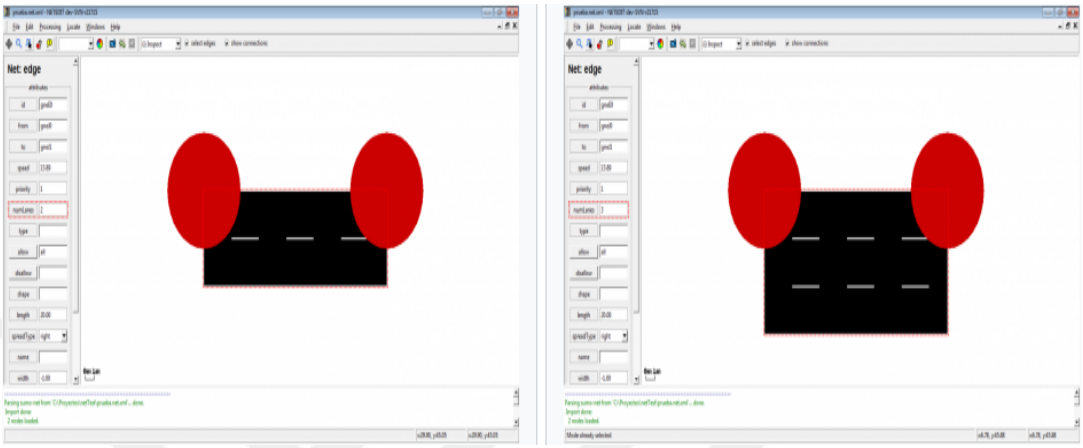
Boş bir alana tıklandığında başka bir kavşak oluşturmaktadır. Oluşturulan ilk yola tıklandığında, iki yolu birbirine bağlamaktadır. İkinci kavşağa tıklandığında, iki kavşak arasında bir kenar oluşturmaktadır. Şekil 3.7'de kenar oluşturmanın aşamaları görülmektedir.



Şekil 3.7. Kenar Oluşturma

b. Denetlemek

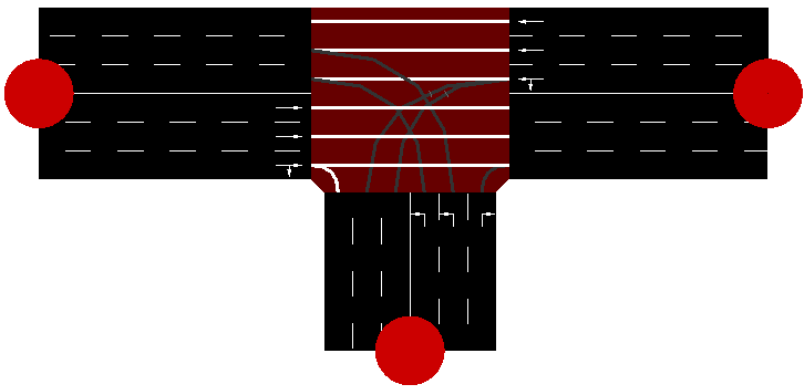
Şekil 3.8'de görüldüğü gibi bir kenardaki şerit sayısının ve yolların adlarını değiştirilmesini sağlamaktadır.



Şekil 3.8. Denetlemek

c. Bağlantıları düzenlemek

Bağlantılar, bir kavşağa vardığında bir araç tarafından alınabilecek olası yönleri belirler. Şekil 3.9'da bağlantıları düzenlemek için bir örnek görülmektedir

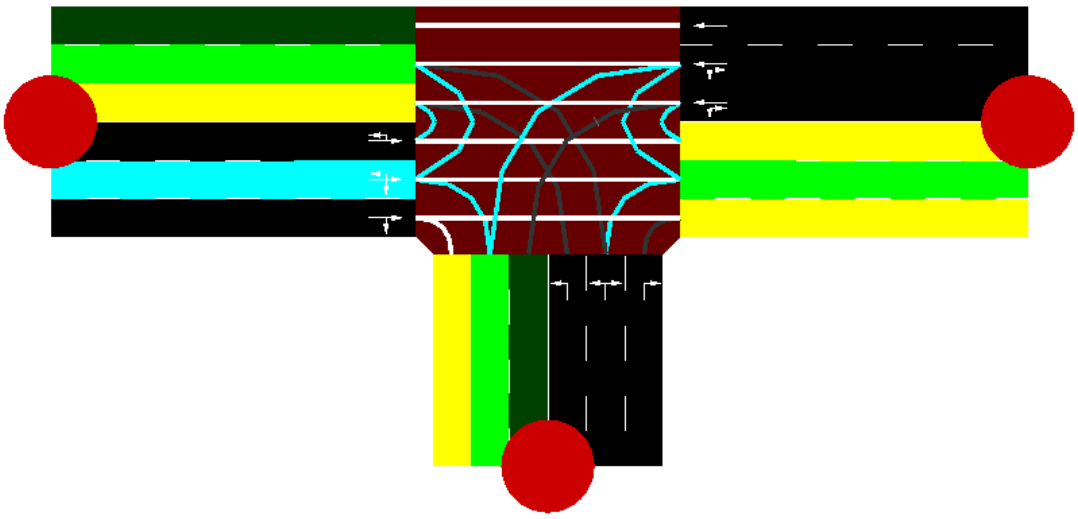


Şekil 3.9. Bağlantıları düzenlemek

d. Bağlantıları Değiştirme

Yeni bir kavşak oluşturulduğunda veya kenarları değiştirildiğinde, otomatik olarak bir dizi yeni bağlantı oluşturulur. Ancak Netedit, bağlantı modunu kullanarak bir şeridin bağlantılarını özelleştirmeyi de sağlamaktadır Şekil 3.10'da görüldüğü gibi. Bağlantı modunda bir kaynak şeridi seçildiğinde, kavşaktaki tüm giden şeritler aşağıdaki kategorilere göre renklendirilmetedir:

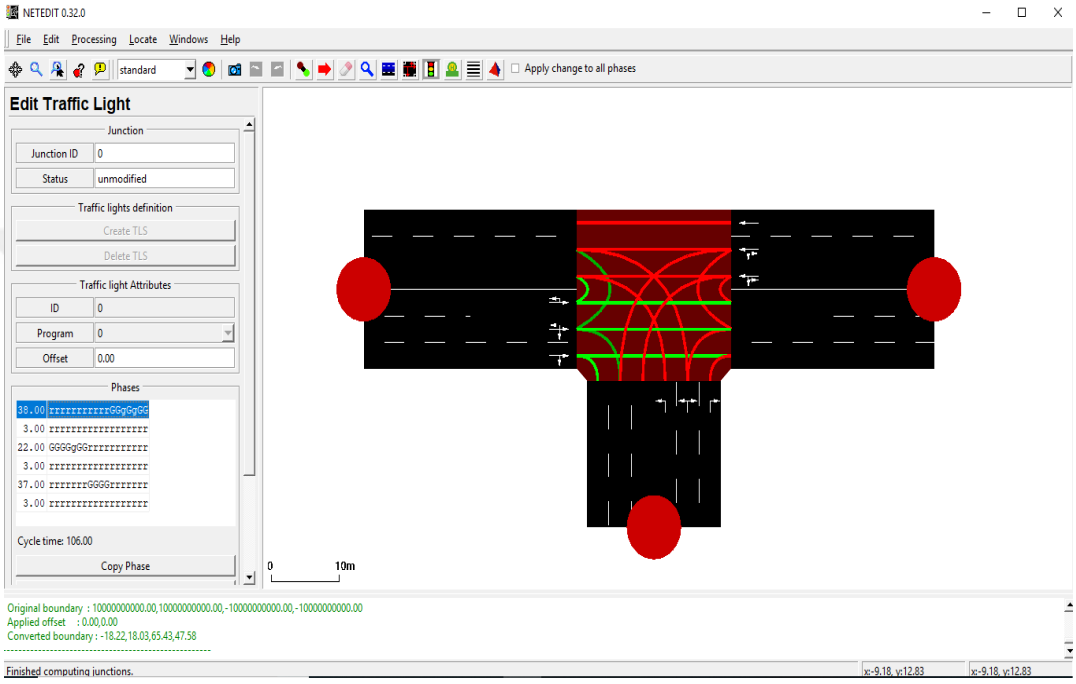
Açıklayıcı başlık	Anlam
Kaynak	Bağlantıları düzenlemek için kaynak şerit.
Hedef	Şerit zaten kaynak şeridinden bağlı.
Muhtemel Hedef	Şerit henüz bağlı değil.
Çatışma	Şerite bağlantı eklenmez



Şekil 3.10. Kaynak şerit ve hedef şerit arasındaki bağlantı örneği

e. Trafik Işıkları

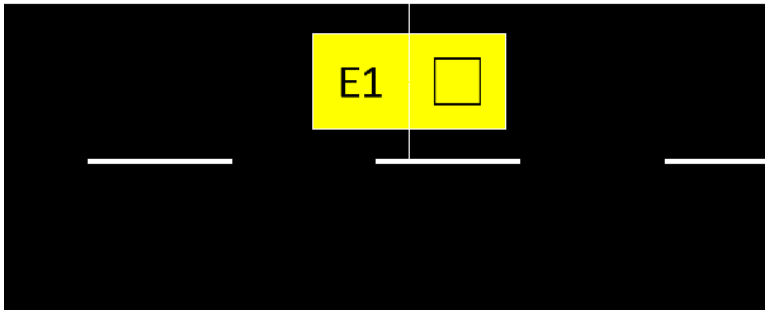
Trafik ışığı tarafından kontrol edilecek yolu trafiğe açan ve kontrol edilemeyen bağlantıları trafiğe kapatan ayarları yapan unsurdur. Faz tablosunu doğrudan düzenleyerek durum ve zaman aşamasını Şekil 3.11'deki gibi değiştirebilmektedir.



Şekil 3.11. Faz tablosunu doğrudan düzenlemek

f. Dedektörler

Detektörler, Şekil 3.12'de görüldüğü gibi şerit üzerinde belirli bir pozisyondan geçen araçlar hakkında bilgi kaydeden eklerdir. Detektörü Netedit tarafından oluşturulan bir ID parametresine, belirli bir şeritte bir pozisyona, toplanan değerlerin toplanacağı süreyi tanımlayan bir freq niteliğine, algılanacak VTypes listesine ve simülasyonu belirten bir dosya niteliğine sahip detektör sonuçlarını herhangi bir dosyaya yazacaktır.



Şekil 3.12. Detektör

Bu bölümde yapılan tez çalışmasında kullanılan yöntemler ve programlar anlatılmıştır. Bir sonraki bölümde elde edilen sonuçlar ve uygulamalar hakkında bilgiler verilmiştir

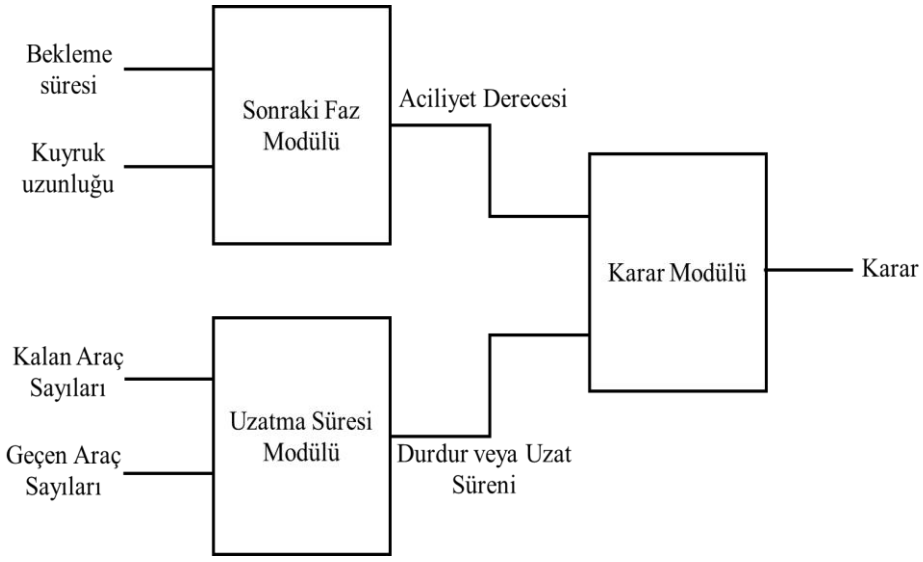
4. UYGULAMA VE SONUÇLAR

Bu bölüm de bulanık mantık kontrollü adaptif trafik sinyalizasyon ait uygulamalar ve sonuçlar sunulmuştur. Öncelikle bulanık mantık sistem nasıl modellendiği gösterilmiştir. Daha sonra gerçek sistemlerden alınan verilerin simülasyona aktarılacak ve bulanık mantık ile klasik mantık uygulama sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

4.1. Bulanık Mantık Kontrol Sistemi

Bulanık mantık trafik sinyal kontrolü, bir kavşaktaki daha geniş trafik düzeni dizisi için kullanılabilecek mevcut geleneksel trafik ışıkları yöntemine bir alternatiftir. Bulanık mantıkla trafik ışık kontrolü, sadece araçların varlığını gösteren ve aynı zamanda araçların sayan detektörler kullanmaktadır. Bu sistem, şeritlerde trafik yoğunluğunu kontrol etmektedir ve değişen trafik düzenlerinin daha iyi değerlendirilmesini sağlamaktadır.

Bulanık mantık denetleyicisi, yeşil ışık süresinin uzunluğunu ve fazların sıralamasını trafik koşullarına göre kontrol edilmesinden sorumludur. Bu yazıda, bulanık mantık kullanan iki aşamalı trafik ışığı sistemi sadece mevcut bir yeşil fazın uzatılıp uzatılmayacağına karar vermekle kalmayacaktır, aynı zamanda hangi kırmızı fazın yeşil faz olarak ayarlanacağına karar verecek ve ardından yeşil fazın uzatma süresini belirleyecektir. Bu nedenle, bu trafik ışığı sisteminde faz sırası belirsizdir. Bulanık mantık kullanılarak iki aşamalı trafik ışığı sisteminin performansını değerlendirmek için ortalama araç bekleme süresi kullanılacaktır. Şekil 4.1'da kontrol cihazının şematik diyagramını göstermektedir.

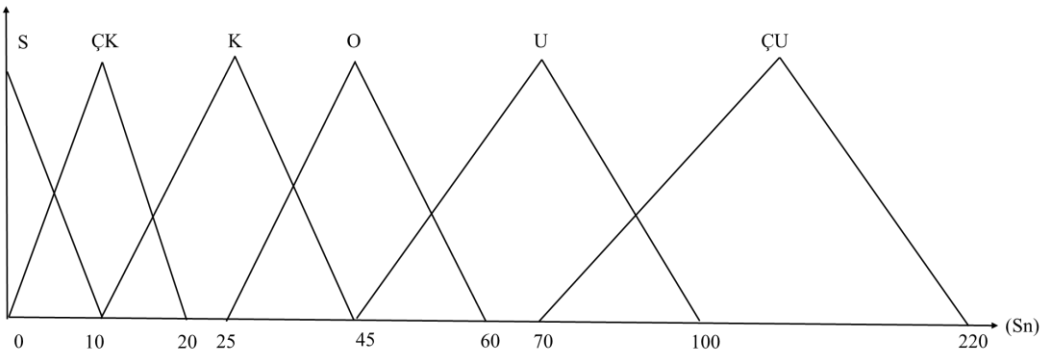


Şekil 4.1. Kontrol cihazının şematik diyagramı

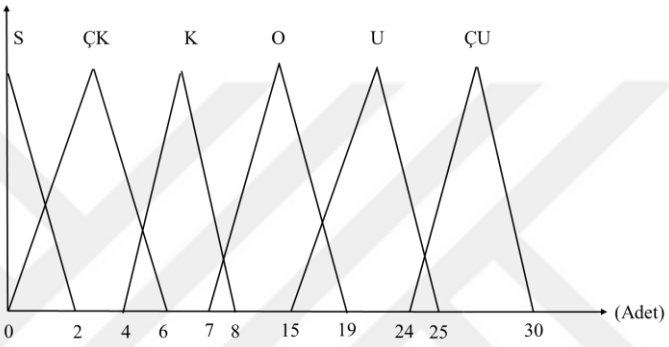
İlk aşama iki modülden oluşmaktadır:

1- Sonraki Faz Modülü

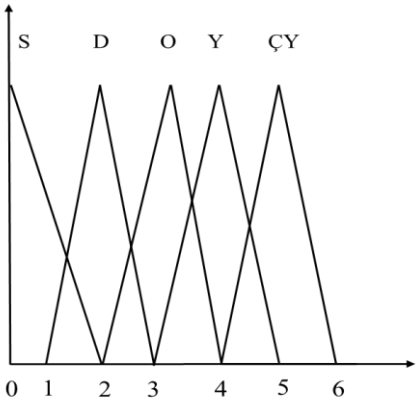
Bu modül bir sonraki yeşil aşama için bir aday seçmektedir. Bu modül, yeşil faz dışındaki tüm kırmızı fazların trafik koşullarını gözlemler ve bunların arasından en acil olan kırmızı fazı seçecektir. Bu modülün girişleri, mevcut yeşil faz hariç tüm fazların bekleme süreleri ve kuyruk uzunlukları, çıkış olarak da seçilen fazdır ve aciliyet derecesidir. Modül, tüm giriş fazlarının aciliyet derecelerini karşılaştırır ve en acil olanı seçmektedir. Her giriş ve çıkışın kendi üyelik fonksiyonları vardır. Girişlerin, bekleme süresi ve kuyruk uzunluğunun altı üyelik fonksiyonları vardır. Bu üyelik fonksiyonları şunlardır: sıfır, çok kısa, kısa, orta, uzun, çok uzun. Çıkışın (Aciliyet Derecesi) beş üyelik fonksiyonu vardır. Çıkışın üyelik fonksiyonları ise Şekil 4.2'deki gibi: sıfır, düşük, orta, yüksek, çok yüksek olacak şekilde ayarlanmıştır.



Bekleme süresi
(a)



Kuyruk uzunluğu
(b)



Aciliyet derecesi
(c)

Şekil 4.2. Bulanık bekleme süresi, kuyruk uzunluğu ve aciliyet derecesi, kümeleri.

Çizelge 4.1'de bu modülün 30 bulanık kuralı gösterilmektedir. Örneğin, eğer bekleme süresi (Orta) ise ve kuyruk uzunluğu (Uzun) ise fazın Aciliyeti (Yüksek) olduğu anlamına gelmektedir.

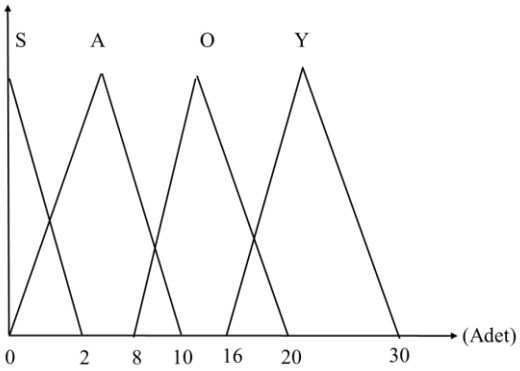
Çizelge 4.1. Sonraki faz modülü kuralları

Kural	Bekleme süresi	Kuyruk uzunluğu	Aciliyet derecesi
K1	S	ÇK	S
K2	ÇK	ÇK	D
K3	K	ÇK	O
K4	O	ÇK	O
K5	U	ÇK	O
K6	ÇU	ÇK	O
K7	S	K	S
K8	ÇK	K	O
K9	K	K	O
K10	O	K	Y
K11	U	K	Y
K12	ÇU	K	Y
K13	S	O	D
K14	ÇK	O	D
K15	K	O	O
K16	O	O	O
K17	U	O	Y
K18	ÇU	O	ÇY
K19	S	U	O
K20	ÇK	U	O
K21	K	U	Y
K22	O	U	Y
K23	U	U	ÇY
K24	ÇU	U	ÇY
K25	S	ÇU	O
K26	ÇK	ÇU	Y
K27	K	ÇU	Y
K28	O	ÇU	ÇY
K29	U	ÇU	ÇY
K30	ÇU	ÇU	ÇY

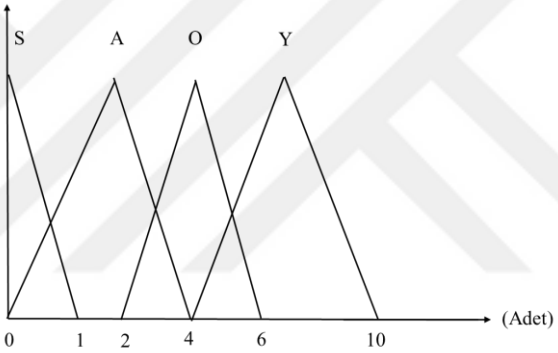
2- Uzatma süresi modülü

Uzatma süresi modülü yeşil fazın trafik koşullarını gözlemler. Gözlem sonucuna göre durma derecesini üretir. Durma derecesi, kontrol cihazının yeşil fazın süresinin durdurması veya uzatılması gerektiğini göstermektedir. Bu modülün girişleri, mevcut yeşil fazın; kalan araç sayıları ve gecen araç sayılarıdır. Çıkış olarak da geçerli yeşil ışık fazının süresinin durdurulması veya uzatılması zamanıdır. Mevcut yeşil fazın; kalan araç ve geçen araç sayılarının dört üyelik fonksiyonu vardır. Kalan araç sayılarının üyelik fonksiyonu şunlar: sıfır, az, orta, yüksek; geçen araç sayılarının üyelik fonksiyonu ise şunlardır: sıfır, az, orta, yüksek. Modülün çıkışı (Durdur) üç

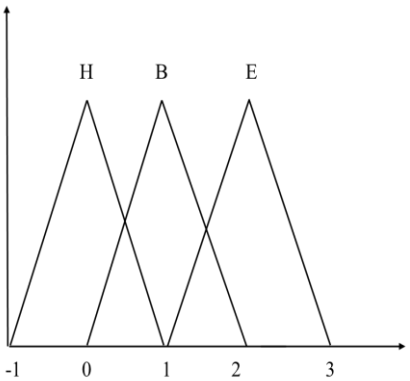
üyelik fonksiyona sahiptir, bu fonksiyonlar Şekil 3.4'deki gibi: hayır, belki, evet olarak tanımlanmıştır.



Kalan arac sayıları
(a)



Geçen arac sayıları
(b)



Durdur veya uzat
(c)

Şekil 4.3. Bulanık Kalan araç sayıları, Gecen araç sayıları, Durdur veya Uzat, kümeleri

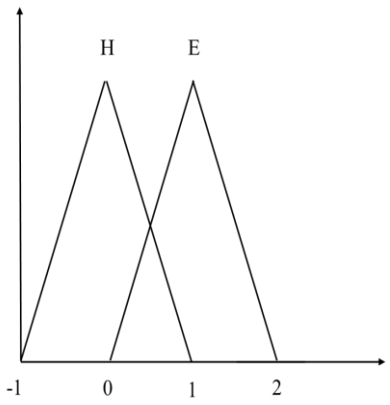
Çizelge 4.2'de bu modülün 12 bulanık kuralının bir kısmı gösterilmektedir. Örneğin, eğer kalan araç sayıları (A) ise ve geçen araç sayıları (Yüksek) ise Durdur veya Uzat'ın (Hayır) olduğu anlamına gelmektedir.

Çizelge 4.2. Uzatma süresi modülünün kuralları

Kural	Kalan arac sayıları	Geçen arac sayıları	Durdur veya Uzat
K1	S	A	E
K2	S	O	B
K3	S	Y	B
K4	A	A	B
K5	A	O	B
K6	A	Y	H
K7	O	A	H
K8	O	O	H
K9	O	Y	H
K10	Y	A	H
K11	Y	O	H
K12	Y	Y	H

İkinci Aşama Karar Modülü

Karar modülü, yeşil fazın değiştirilip değiştirilmeyeceğine karar vermektedir. Modülün girdileri birinci aşamanın çıkışlarıdır (Aciliyet Derecesi ve Durdur veya Uzat). Çıkış olarak da karardır ve iki üyelik fonksiyonu vardır, bunlar Şekil 4.4'den de anlayacağı gibi “Hayır” ve “Evet ” fonksiyonlarıdır.



Şekil 4.4. Bulanık karar kümeleri

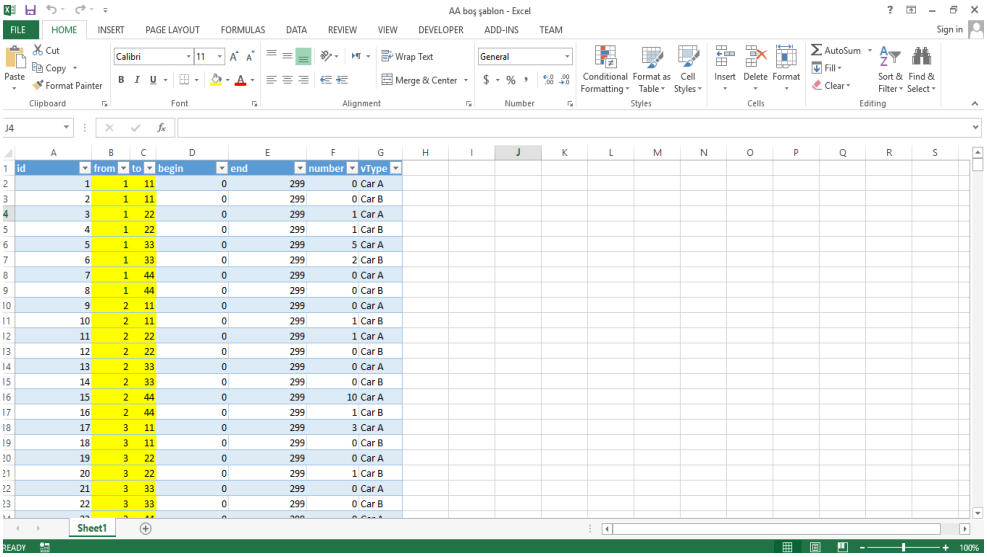
Çizelge 4.3'de bu modülün 10 bulanık kuralının bir kısmı gösterilmektedir. Örneğin, eğer aciliyet derecesi (Çok Yüksek) ise ve Durdur veya Uzat (Evet) ise Karar'ın (Evet) olduğu anlamına gelmektedir.

Çizelge 4.3. Karar modülünün kuralları

Kural	Aciliyet derecesi	Durdur veya Uzat	Karar
K1	S	B	H
K2	D	B	E
K3	O	B	E
K4	Y	B	E
K5	ÇY	B	E
K6	S	E	H
K7	D	E	E
K8	O	E	E
K9	Y	E	E
K10	ÇY	E	E

4.2. Simulasyon Adımları

Deneyler, yürütülmek üzere en yaygın olarak kullanılan açık kaynaklı Kentsel Hareketlilik Simülasyonun (SUMO) versiyon 0.32.0 kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmanın verileri, Kilis (Türkiye) şehrinde yer alan ve yoğun trafik sıkışıklığı olan gerçek kavşaklardan, bu şehirde ve belirtilen kavşaklarda veri alımı sağlayan Mosaş Şirketi'nden XLSX uzantılı dosya şeklinde Şekil 4.5'deki veriler elde edilmiştir.



id	from	to	begin	end	number	vType
1	1	11	0	299	0	Car A
2	1	11	0	299	0	Car B
3	1	22	0	299	1	Car A
4	1	22	0	299	1	Car B
5	1	33	0	299	5	Car A
6	1	33	0	299	2	Car B
7	1	44	0	299	0	Car A
8	1	44	0	299	0	Car B
9	2	11	0	299	0	Car A
10	2	11	0	299	1	Car B
11	2	22	0	299	1	Car A
12	2	22	0	299	0	Car B
13	2	33	0	299	0	Car A
14	2	33	0	299	0	Car B
15	2	44	0	299	10	Car A
16	2	44	0	299	1	Car B
17	3	11	0	299	3	Car A
18	3	11	0	299	0	Car B
19	3	22	0	299	0	Car A
20	3	22	0	299	1	Car B
21	3	33	0	299	0	Car A
22	3	33	0	299	0	Car B

Şekil 4.5. Mosaş Şirketi'nden XLSX uzantılı dosya

Veriler her 5 dakikada bir yoldan başka bir yolla kaç araç gittiğini göstermektedir. Veriler, export yaparak trip uzantılı dosyaya Şekil 4.6'da görüldüğü gibi dönüştürülümüştür.

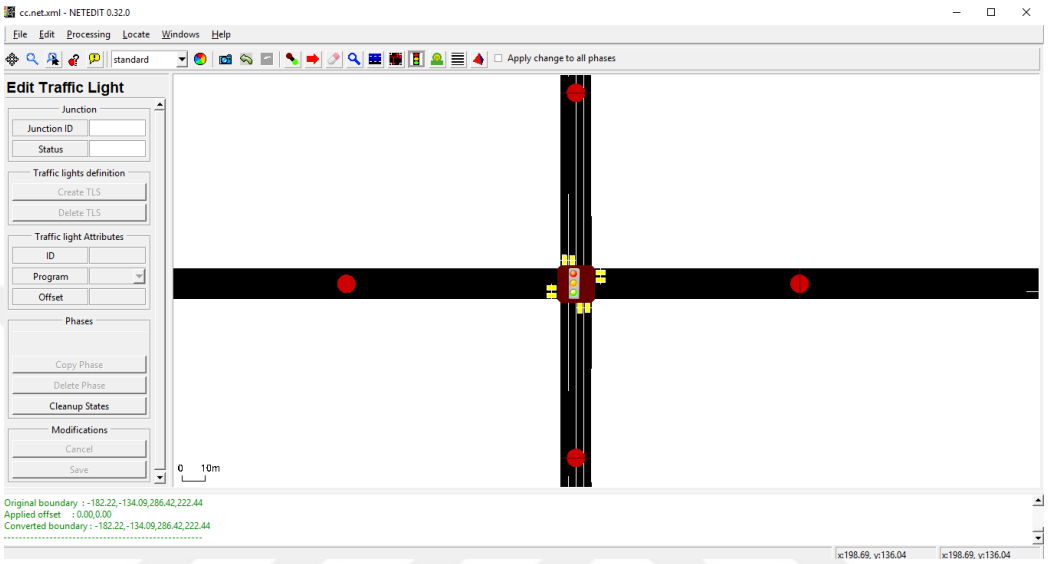
```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<flows>
    <vType accel="3.0" decel="6.0" id="carA" length="5.0" minGap="2.5" maxSpeed="50.0" sigma="0.5" /> <!--car -->
    <vType accel="2.0" decel="6.0" id="carB" length="10.0" minGap="2.5" maxSpeed="30.0" sigma="0.5" /> <!--truck-->

    <flow id="1" from="1" to="11" begin="0" end="299" number="0" type="carA"/>
    <flow id="2" from="1" to="11" begin="0" end="299" number="0" type="carB"/>
    <flow id="3" from="1" to="22" begin="0" end="299" number="1" type="carA"/>
    <flow id="4" from="1" to="22" begin="0" end="299" number="1" type="carB"/>
    <flow id="5" from="1" to="33" begin="0" end="299" number="5" type="carA"/>
    <flow id="6" from="1" to="33" begin="0" end="299" number="2" type="carB"/>
    <flow id="7" from="1" to="44" begin="0" end="299" number="0" type="carA"/>
    <flow id="8" from="1" to="44" begin="0" end="299" number="0" type="carB"/>
    <flow id="9" from="2" to="11" begin="0" end="299" number="0" type="carA"/>
    <flow id="10" from="2" to="11" begin="0" end="299" number="1" type="carB"/>
    <flow id="11" from="2" to="22" begin="0" end="299" number="1" type="carA"/>
    <flow id="12" from="2" to="22" begin="0" end="299" number="0" type="carB"/>
    <flow id="13" from="2" to="33" begin="0" end="299" number="0" type="carA"/>
    <flow id="14" from="2" to="33" begin="0" end="299" number="0" type="carB"/>
    <flow id="15" from="2" to="44" begin="0" end="299" number="10" type="carA"/>
    <flow id="16" from="2" to="44" begin="0" end="299" number="1" type="carB"/>
    <flow id="17" from="3" to="11" begin="0" end="299" number="3" type="carA"/>
    <flow id="18" from="3" to="11" begin="0" end="299" number="0" type="carB"/>
    <flow id="19" from="3" to="22" begin="0" end="299" number="0" type="carA"/>
    <flow id="20" from="3" to="22" begin="0" end="299" number="1" type="carB"/>
    <flow id="21" from="3" to="33" begin="0" end="299" number="0" type="carA"/>
    <flow id="22" from="3" to="33" begin="0" end="299" number="0" type="carB"/>
    <flow id="23" from="3" to="44" begin="0" end="299" number="0" type="carA"/>
    <flow id="24" from="3" to="44" begin="0" end="299" number="0" type="carB"/>
    <flow id="25" from="4" to="11" begin="0" end="299" number="0" type="carA"/>
    <flow id="26" from="4" to="11" begin="0" end="299" number="0" type="carB"/>
    <flow id="27" from="4" to="22" begin="0" end="299" number="8" type="carA"/>
    <flow id="28" from="4" to="22" begin="0" end="299" number="0" type="carB"/>
    <flow id="29" from="4" to="33" begin="0" end="299" number="7" type="carA"/>
```

Şekil 4.6 Veriler trip uzantılı dosya

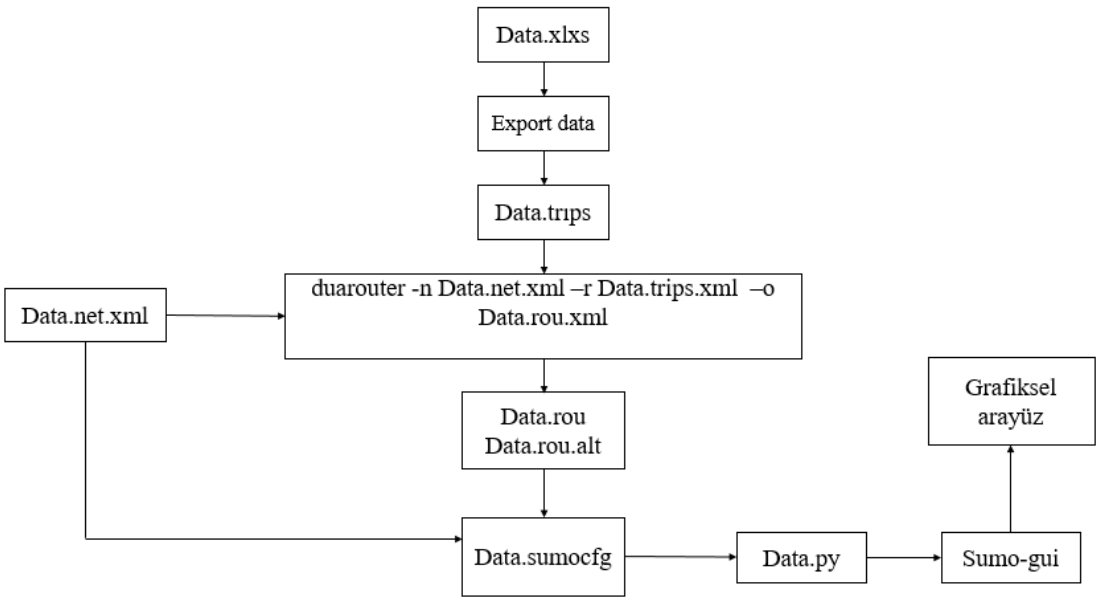
SUMO'da gerçek durumu andıran geometri ve sokak topolojisine dayanan simülasyonu yapmak için istenilen kesişme noktasını çizerek neteditten bir çizim elde edilebilir. Yol ağının yapısal bağlantısına ek olarak, her yol segmenti; şerit sayısı, geometrik şekiller, sokak isimleri, dedektörler,

sokak tipi, yolun uzunluğu, dönüş şeritleri ve her şeridin hız sınırı gibi özellikleri de içerir. Seçtiğimiz kavşak için net.xml ve det.xml (dedektörler) uzantılı dosya elde ettikten sonra bu dosya SUMO'da çalıştırılmak üzere python programlaması kullanılarak ağ dosyasına ve poligona dönüştürülmüştür.

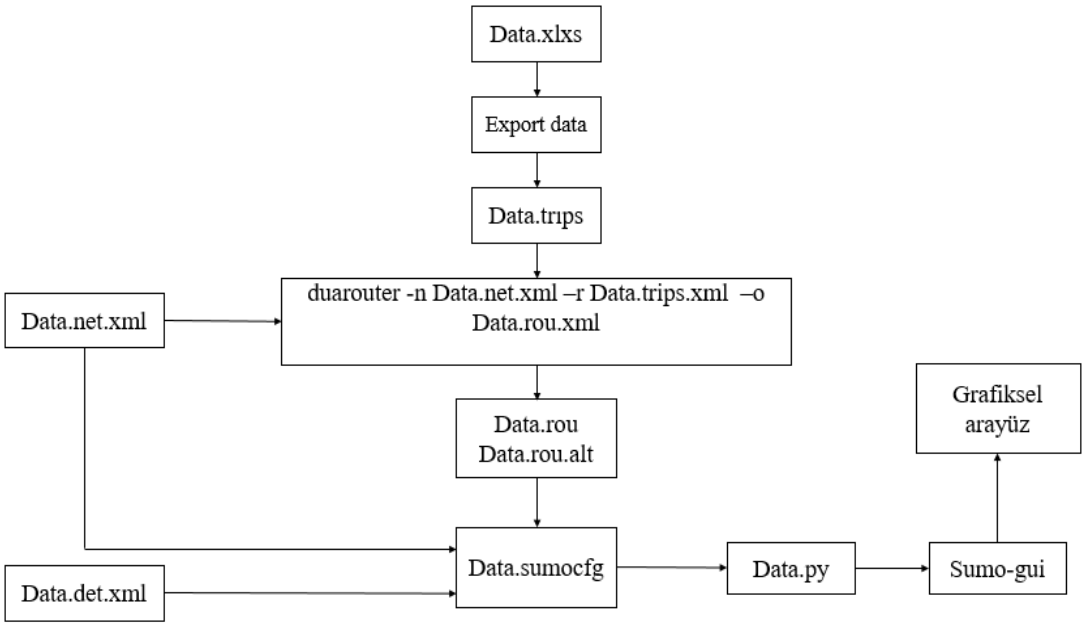


Şekil 4.7 İstenilen kesişme noktasını netedit üzerinde

Şekil 4.7'de gösterilen haritayı Neteditte modelledikten sonra Şekil 4.8'de sabit zaman sistemi ve Şekil 7.9'de bulanık mantık sistem için adımlar gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Verilerden sabit zaman sistem için SUMO ağ dosyası oluşturma adımları



Şekil 4.9. Verilerden bulanık mantık sistem için SUMO ağ dosyası oluşturma adımları

Data.net.xml Şekil 4.10'daki ve rou.xml Şekil 4.11'de dosyalarını sabit zaman sistem için Şekil 4.12'deki ve bulanık mantık sistemi için değer iki dosyanın yanına det.xml Şekil 4.13'deki dosyasını ekliyerek, Data.sumo.cfg konfigürasyon dosyası üzerinde simülasyonun başlangıç ve bitiş zamanını saniye biriminde vererek Şekil 4.14'deki gibi çalıştırılır.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<configuration xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://sumo.dlr.de/xsd/netconvertConfigura

    <input>
        <sumo-net-file value="C:\Users\TAHA\Desktop\program8\BB.net.xml"/>
    </input>

    <output>
        <output-file value="C:\Users\TAHA\Desktop\program8%2017s%20dustu\BB.net.xml"/>
    </output>

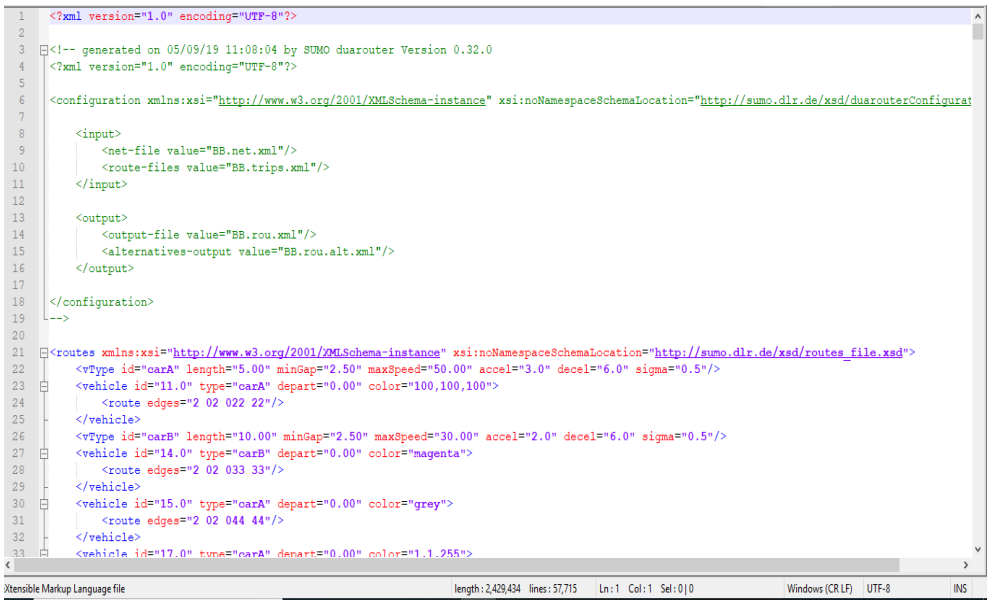
    <processing>
        <no-turnarounds value="true"/>
        <offset.disable-normalization value="true"/>
        <lefthand value="false"/>
        <junctions.corner-detail value="0"/>
        <rectangular-lane-cut value="false"/>
        <walkingareas value="false"/>
    </processing>

</configuration>
-->
<net version="0.27" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://sumo.dlr.de/xsd/net_file.xsd">

    <location netOffset="0.00,0.00" convBoundary="-182.68,-164.61,322.95,272.54" origBoundary="-10000000000.00,-10000000000.00,10000000000.00,

    <edge id=":0_0" function="internal">
        <lane id=":0_0_0" index="0" speed="13.89" length="5.00" shape="62.85,61.68 62.65,60.32 62.07,59.35 61.10,58.77 59.74,58.58"/>
    </edge>
    <edge id=":0_1" function="internal">
        <lane id=":0_1_0" index="0" speed="13.89" length="16.10" shape="62.85,61.68 62.84,45.58"/>
```

Şekil 4.10. Data.net.xml uzantılı dosyasının içindekileri



```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<!-- generated on 05/09/19 11:08:04 by SUMO duarouter Version 0.32.0
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<configuration xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://sumo.dlr.de/xsd/duarouterConfigurat

    <input>
        <net-file value="BB.net.xml"/>
        <route-files value="BB.trips.xml"/>
    </input>

    <output>
        <output-file value="BB.rou.xml"/>
        <alternatives-output value="BB.rou.alt.xml"/>
    </output>

</configuration>
-->

<routes xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://sumo.dlr.de/xsd/routes_file.xsd">
    <vType id="carA" length="5.00" minGap="2.50" maxSpeed="50.00" accel="3.0" decel="6.0" sigma="0.5"/>
    <vehicle id="11.0" type="carA" depart="0.00" color="100,100,100">
        <route edges="2 02 022 22"/>
    </vehicle>
    <vType id="carB" length="10.00" minGap="2.50" maxSpeed="30.00" accel="2.0" decel="6.0" sigma="0.5"/>
    <vehicle id="14.0" type="carB" depart="0.00" color="magenta">
        <route edges="2 02 033 33"/>
    </vehicle>
    <vehicle id="15.0" type="carA" depart="0.00" color="grey">
        <route edges="2 02 044 44"/>
    </vehicle>
    <vehicle id="17.0" type="carA" depart="0.00" color="1,1,255">
```

Xtensible Markup Language file | length : 2,429,434 lines : 57,715 | Ln : 1 Col : 1 Sel : 0 | 0 | Windows (CR LF) | UTF-8 | INS

Şekil 4.11. Data. rou.xml dosyasının içindekileri

```
<configuration>
<input>
<net-file value="Data.net.xml"/>
<route-files value="Data.rou.xml"/>
</input>
<time>
<begin value="0"/>
<end value="86000"/>
</time>
</configuration>
```

Şekil 4.12. Sabit zaman sistemi için Sumo.cfg dosyasının içindekileri

```
<additionals>
    <e1Detector id="f01_0" lane="01_0" pos="72.26" freq="100.00" file="e1Detector_01_0_1.txt" friendlyPos="0"/>
    <e1Detector id="f01_1" lane="01_1" pos="72.29" freq="100.00" file="e1Detector_01_1_2.txt" friendlyPos="0"/>
    <e1Detector id="f01_2" lane="01_2" pos="72.23" freq="100.00" file="e1Detector_01_2_3.txt" friendlyPos="0"/>
    <e1Detector id="f02_0" lane="02_0" pos="79.59" freq="100.00" file="e1Detector_02_0_6.txt" friendlyPos="0"/>
    <e1Detector id="f02_1" lane="02_1" pos="79.50" freq="100.00" file="e1Detector_02_1_7.txt" friendlyPos="0"/>
    <e1Detector id="f02_2" lane="02_2" pos="79.53" freq="100.00" file="e1Detector_02_2_8.txt" friendlyPos="0"/>
    <e1Detector id="f03_0" lane="03_0" pos="96.43" freq="100.00" file="e1Detector_03_0_4.txt" friendlyPos="0"/>
    <e1Detector id="f03_1" lane="03_1" pos="96.38" freq="100.00" file="e1Detector_03_1_5.txt" friendlyPos="0"/>
    <e1Detector id="f04_0" lane="04_0" pos="86.50" freq="100.00" file="e1Detector_04_0_0.txt" friendlyPos="0"/>
</additionals>
```

Şekil 4.13. Data.det.xml uzantılı dosyasının içindekileri

```
<configuration>
<input>
<net-file value="Data.net.xml"/>
<route-files value="Data.rou.xml"/>
<additional-files value="Data.det.xml"/>
</input>
<time>
<begin value="0"/>
<end value="86000"/>
</time>
</configuration>
```

Şekil 4.14. Bulanık mantık sistem için Sumo.cfg dosyasının içindekileri

Daha sonra uygulanacak her bir trafik senaryosuna göre (Geneleksel trafik kontrol sistem veya Bulanık mantık kontrol sistem) Trips.py kodu üzerinde değişiklik yapılarak araçların hareket bilgilerini içeren Şekil 4.15'deki "trips.xml" dosyaları oluşturulmuştur.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<!-- generated on 5/9/2019 9:55:08 PM by SUMO gui Version 0.32.0
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<configuration xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://sumo.dlr.de/xsd/sumoConfiguration.x

    <input>
        <net-file value="BB.net.xml"/>
        <route-files value="BB.rou.xml"/>
        <additional-files value="BB.det.xml"/>
    </input>

    <output>
        <tripinfo-output value="my_intersection.trips.xml"/>
    </output>

    <time>
        <begin value="0"/>
        <end value="86399"/>
    </time>

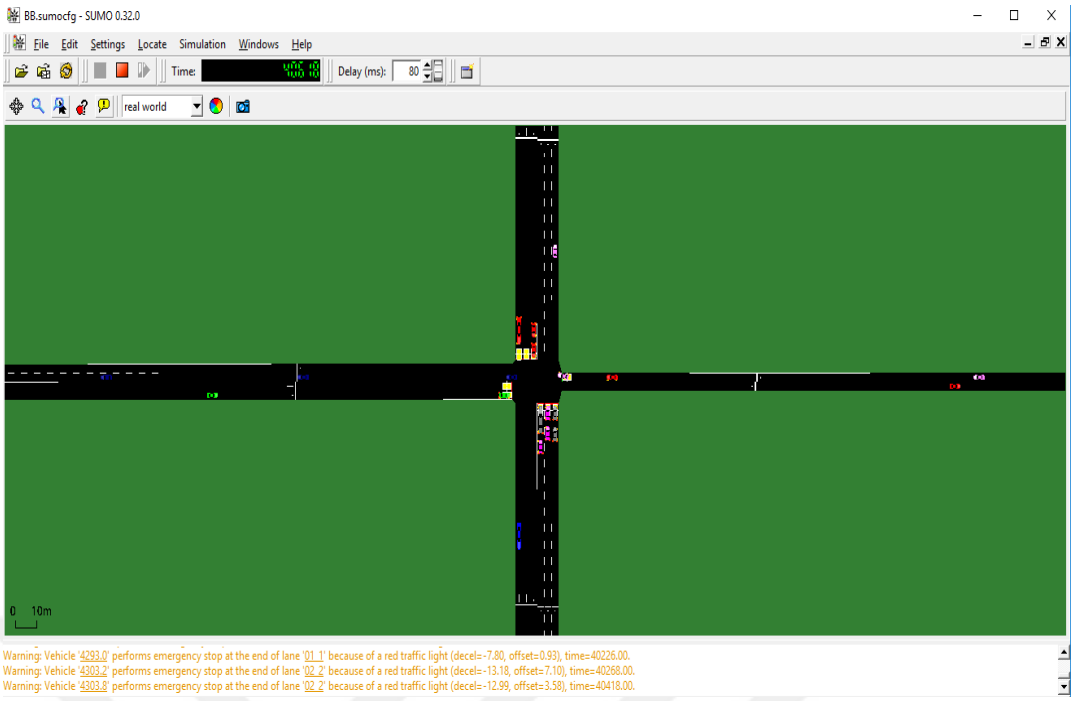
    <traci_server>
        <remote-port value="50718"/>
    </traci_server>

</configuration>
-->

<tripinfos xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://sumo.dlr.de/xsd/tripinfo_file.xsd">
    <tripinfo id="27.0" depart="0.00" departLane="4_0" departPos="5.10" departSpeed="0.00" departDelay="0.00" arrival="37.00" arrivalLane="22
    <tripinfo id="28.0" depart="3.00" departLane="4_0" departPos="10.10" departSpeed="0.00" departDelay="3.00" arrival="41.00" arrivalLane="2
    <tripinfo id="29.0" depart="6.00" departLane="4_0" departPos="5.10" departSpeed="0.00" departDelay="6.00" arrival="48.00" arrivalLane="33
```

Şekil 4.15. Trips.py kodu

Son olarak, Şekil 4.16'da grafiksel arayüzün ekranı araçların cadde üzerinde hangi yoldan hangi yola gittiğini göstermiştir gösterilmiştir.



Şekil 4.16. SUMO grafiksel arayüzün

4.3. Çalışma Alanı

Tasarladığımız bulanık mantık ve sabit zaman yöntemlerini Kilis şehrinde trafik yoğunluğu yaşanan dört farklı kavşakta, simülasyon üzerinde uyguladık. Ayrıyeten faz değişikliklerinde herhangi bir kazaya sebebiyet vermemek amacıyla faz geçiş süresi her çalışma alanı için 3 saniye verilmiştir. Bulanık mantık trafik kontrol sisteminde en düşük ortalama bekleme süresine ulaşmak için iki aşamalı üç modülü bir trafik ışık kontrol sistemi kullanılmıştır. Yaptığımız simülasyon çalışmları şu şekildedir:

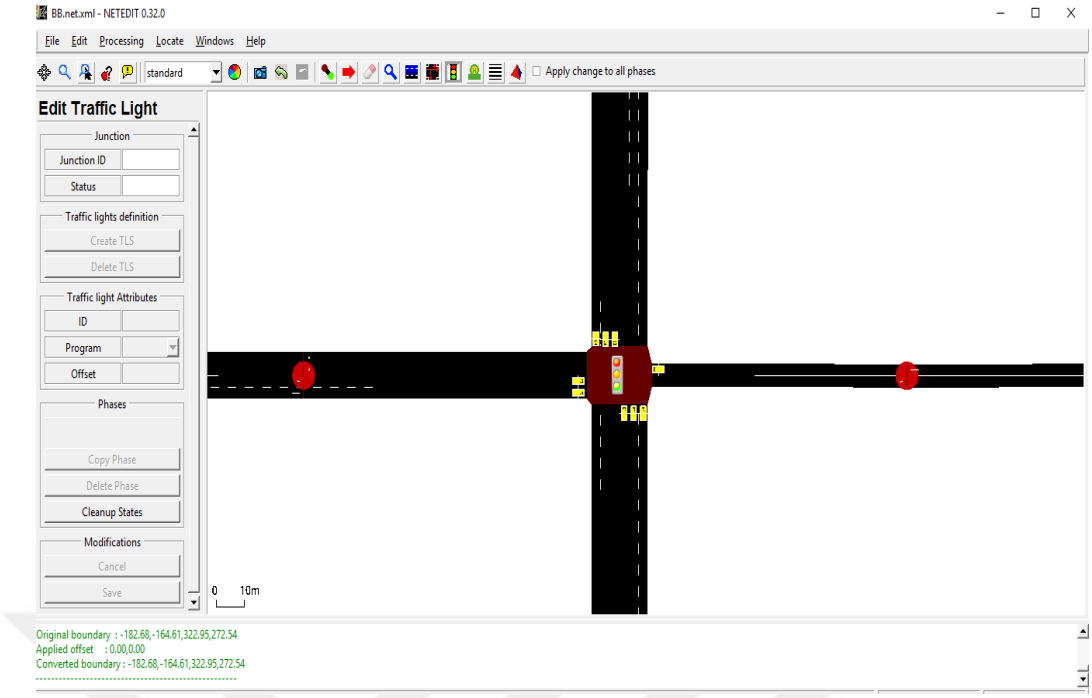
4.3.1. Birinci Çalışma Alanı

Birinci çalışma alanımız olarak Şekil 4.17'de Kilis ili Ekrem Çetin Mahallesi, Ali Metin Dirimtekin Caddesi kavşağı seçilerek 24 saatlik verilerinin üzerinde çalışılmıştır.



Şekil 4.17. Birinci çalışma alanı

Dokuz şeritli, dört fazlı olarak düzenlenen kavşakta, birinci ve ikinci fazın üç, üçüncü fazın iki ve dördüncü fazın bir şeridi vardır. Her şerit için yola Şekil 4.18'de görüldüğü gibi bir dedektör yerleştirilmiştir. SUMO programı kullanılarak, sabit zamanlı trafik kontrol sisteminde en düşük ortalama bekleme süresine ulaşmak için çevrim süresi 102 saniye yapılmaktadır. Yani faz1, faz2, faz3, faz4'e sırasıyla 15, 15, 14, 40 saniye süreler verilmektedir.



Şekil 4.18. Birinci çalışma alanı netedit üzerinde modellenmesi

Simülasyondan elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4'de görüldüğü gibi, bulanık mantık sistemi sabit zamanlı sisteme kıyasla, toplam bekleme süresi 996204 saniyeden 234751 saniyeye düşürmektedir, toplam seyahat süresi 1775617 saniyeden 1037921 saniyeye düşürmektedir, ortalama araç seyahat süresi 92 saniyeden 53 saniyeye düşürmektedir ve ortalama araç bekleme süresi 51 saniyeden 12 saniyeye düşürmektedir. Bulanık mantık sistem daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.4. Sonuçların karşılaştırılması

Kontrol Yöntemleri	Sabit Zaman Yöntemi	Bulanık Mantık Yöntemi
Toplam Araç sayısı (Adet)	19230	19230
Toplam Bekleme Süresi (Sn)	996204	234751
Toplam Seyahat Süresi (Sn)	1775617	1037921
Ortalama Araç Seyahat Süresi (Sn)	92	53
Ortalama Araç Bekleme Süresi (Sn)	51	12

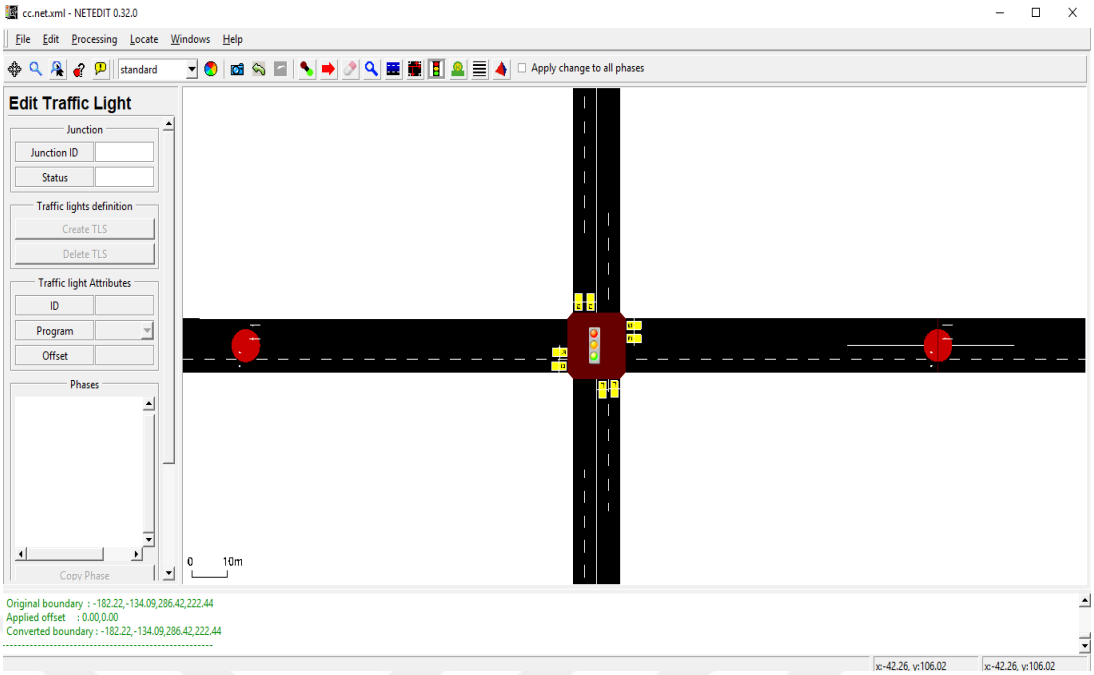
4.3.2. İkinci Çalışma Alanı

İkinci çalışma alanımız olarak Şekil 4.19'da görülen Kilis ili Yaşar Aktürk Mahallesi, Vatan Caddesi kavşağı seçilerek 24 saatlik verilerinin üzerinde çalışılmıştır.



Şekil 4.19. İkinci çalışma alanı

Şekil 4.20'de gösterildiği gibi sekiz şeritli dört fazlı olarak düzenlenen kavşakta, her fazın iki şeridi vardır. Her şerit için yola bir dedektör yerleştirilmiştir. SUMO programı kullanılarak, sabit zaman trafik kontrol sisteminde en düşük ortalama bekleme süresine ulaşmak için çevrim süresi 56 saniye yapılmaktadır. Yani, faz1, faz2, faz3 ve faz4'e sırasıyla 11, 11, 11, 11 saniye vermekteyiz.



Şekil 4.20. İkinci çalışma alanı netedit üzerinde modellenmesi

Çizelge 4.5'de simülasyondan elde edilen sonuçlar, bulanık mantık sistemi sabit zamanlı sisteme kıyasla, toplam bekleme süresi 421547 saniyeden 185397 saniyeye düşürmektedir, toplam seyahat süresi 1052305 saniyeden 790478 saniyeye düşürmektedir, ortalama araç seyahat süresi 63 saniyeden 47 saniyeye düşürmektedir ve ortalama araç bekleme süresi 25 saniyeden 11 saniyeye düşürmektedir. Bulanık mantık sistem daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.5. Sonuçların karşılaştırılması

Kontrol Yöntemleri	Sabit Zaman Yöntemi	Bulanık Mantık Yöntemi
Toplam Araç sayısı (Adet)	16597	16597
Toplam Bekleme Süresi (Sn)	421547	185397
Toplam Seyahat Süresi (Sn)	1052305	790478
Ortalama Araç Seyahat Süresi (Sn)	63	47
Ortalama Araç Bekleme Süresi (Sn)	25	11

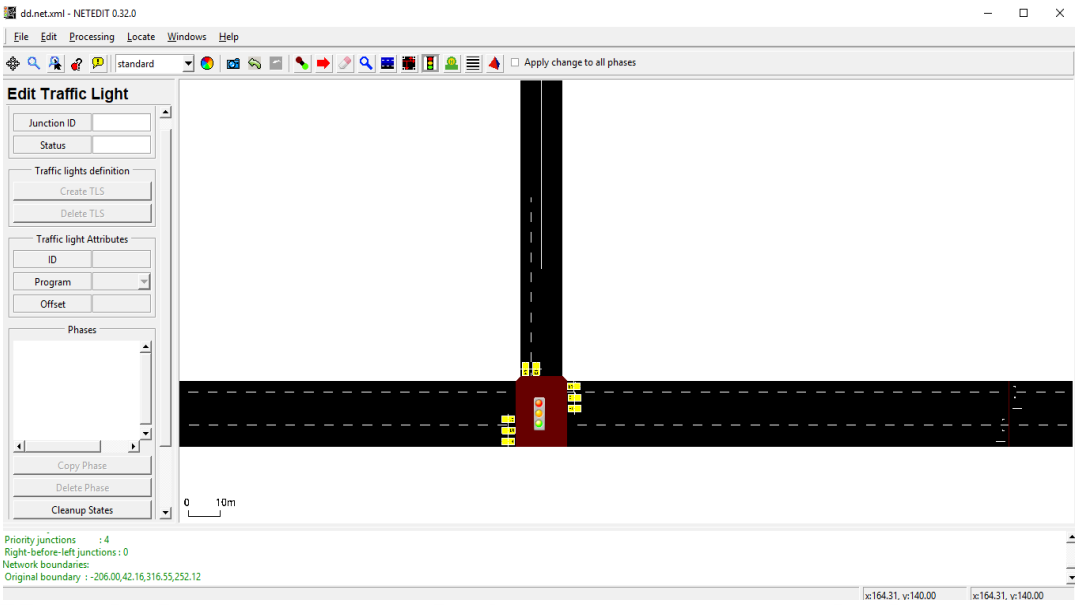
4.3.3. Üçüncü Çalışma Alanı

Üçüncü çalışma alanı olarak Şekil 4.21'de Kilis ili Mehmet Rıfat Kazancıoğlu Mahallesi, Orgeneral Safter Necioğlu Bulvarı seçilerek 18:30 saatlik verilerinin üzerinde çalışılmıştır.



Şekil 4.21. Üçüncü çalışma alanı

Şekil 4.22'de gösterildiği gibi sekiz şeritli üç faz ile birlikte düzenlenen bir kavşakta; bir, üçüncü fazın üç şerit ve ikinci fazın iki şeridi vardır. Her şerit için yola bir dedektör yerleştirilmiştir. SUMO programı kullanılarak, sabit zamanlı trafik kontrol sisteminde en düşük ortalama bekleme süresine ulaşmak için çevrim süresi 65 saniye yapılmaktadır. Yani, faz1, faz2 ve faz3'e sırasıyla 20, 20, 16, saniye vermekteyiz.



Şekil 4.22. Üçüncü çalışma alanı netedit üzerinde modellenmesi

Çizelge 4.6'da simülasyondan elde edilen sonuçlar, bulanık mantık sistemi sabit zamanlı sisteme kıyasla, toplam bekleme süresi 269940 saniyeden 131490 saniyeye düşürmektedir, toplam seyahat süresi 977125 saniyeden 826411 saniyeye düşürmektedir, ortalama araç seyahat süresi 61 saniyeden 51 saniyeye düşürmektedir ve ortalama araç bekleme süresi 16 saniyeden 8 saniyeye düşürmektedir. Bulanık mantık sistem daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.6. Sonuçların karşılaştırılması

Kontrol Yöntemleri	Sabit Zaman Yöntemi	Bulanık Mantık Yöntemi
Toplam Araç sayısı (Adet)	15977	15977
Toplam Bekleme Süresi (Sn)	269940	131490
Toplam Seyahat Süresi (Sn)	977125	826411
Ortalama Araç Seyahat Süresi (Sn)	61	51
Ortalama Araç Bekleme Süresi (Sn)	16	8

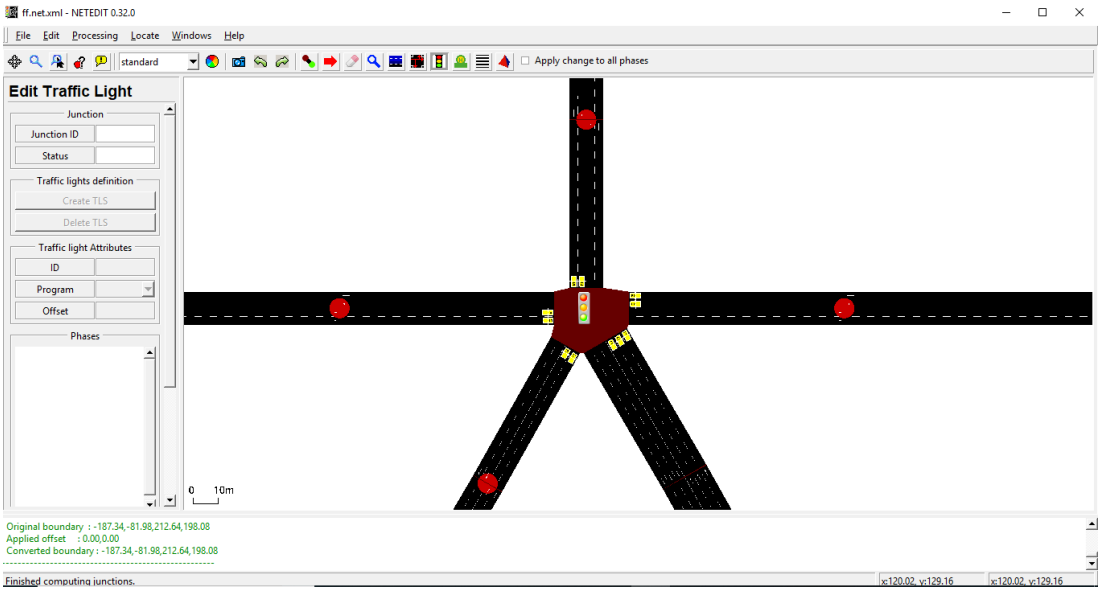
4.3.4. Dördüncü Çalışma Alanı

Dördüncü çalışma alanı olarak Şekil 4.23'de Kilis ili Ekrem Çetin Mahallesi, Doğan Güreş Paşa Bulvarıdır seçilerek 24 saatlik verilerinin üzerinde çalışılmıştır.



Şekil 4.23. Dördüncü Çalışma Alanı

Onbir şeritli, beş fazlı olarak düzenlenen bir kavşakta, birinci fazın üç; iki, üç, dört ve beşinci fazın iki şeridi vardır. Her şerit için yola Şekil 4.24'de görüldüğü gibi bir dedektör yerleştirilmiştir. SUMO programı kullanılarak, sabit zamanlı trafik kontrol sisteminde en düşük ortalama bekleme süresine ulaşmak için çevrim süresi 85 saniye olarak ayarlanmıştır. Yani faz1, faz2, faz3, faz4 ve faz5'e sırasıyla 16, 11, 16, 16, 11, saniye vermekteyiz.



Şekil 4.24. Dördüncü çalışma alanı netedit üzerinde modellenmesi

Çizelge 4.7'de simülasyondan elde edilen sonuçlar, bulanık mantık sistemi sabit zamanlı sisteme kıyasla, toplam bekleme süresi 413544 saniyeden 165492 saniyeye düşürmektedir, toplam seyahat süresi 824562 saniyeden 559979 saniyeye düşürmektedir, ortalama araç seyahat süresi 61 saniyeden 41 saniyeye düşürmektedir ve ortalama araç bekleme süresi 30 saniyeden 12 saniyeye düşürmektedir. Bulanık mantık sistem daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.7. Sonuçların karşılaştırılması

Kontrol Yöntemleri	Sabit Zaman Yöntemi	Bulanık Mantık Yöntemi
Toplam Araç sayısı (Adet)	13500	13500
Toplam Bekleme Süresi (Sn)	413544	165492
Toplam Seyahat Süresi (Sn)	824562	559979
Ortalama Araç Seyahat Süresi (Sn)	61	41
Ortalama Araç Bekleme Süresi (Sn)	30	12

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında, modern kentin trafik yoğunluğunu azaltmak maksadı ile, akıllı adaptif trafik sinyalizasyon kontrol sistem modeli tasarımı hedeflenmiştir. Özellikle büyük kentlerde akıllı trafik kontrol sistemleri az olarak kullanılmaktadır ve akıllı trafik kontrol sistemlerinin önemi yavaş yavaş anlaşılarak, bu sistemlerin sayıları bilhassa trafik yoğunluğu olan şehirlerde yaşayan insanlar tarafından arttırılmak istenmektedir. Bu bağlamda, araç kullanıcıları için hizmet kalitesini iyileştirmek, akıllı ve ekonomik çözümler geliştirmek gerekmektedir. Bu problemleri ucuz bir yolla çözmek ve yol ağının en iyi şekilde kullanılmasını sağlamak için bulanık mantık sistem gibi yöntemler uygulanmaktadır.

Önerilen model; araçların kuyruk uzunluklarını, bekleme sürelerini, çevrim süresini, fazların aciliyet derecesini, kalan ve geçen araç sayılarını kullanarak her bir fazın yeşil ışık süresini adaptif olarak ayarlamaktır. Modelin performansını ölçmek için araçların ortalama bekleme süresi dikkate alınmıştır. Ortalama araç bekleme süresi iyileşme yüzdesi aşağıdaki Denklem 5.1 kullanarak hesaplanmıştır:

$$\frac{\text{Geleneksel model} - \text{Önerilen model}}{\text{Geleneksel model}} \times 100 \qquad (5.1)$$

Bulanık mantık trafik sinyal kontrol cihazının performansı geleneksel trafik kontrolörünün performansı ile karşılaştırıldığında Çizelge 5.1'de görüldüğü gibi ortalama araç bekleme süresi; birici çalışma alanı için 51 saniyeden 12 saniyeye düşmektedir, ikinci çalışma alanı için 25 saniyeden 11 saniyeye düşürmektedir, üçüncü çalışma alanı için 16 saniyeden 8 saniyeye düşürmektedir, dördüncü çalışma alanı için ise 30 saniyeden 12 saniyeye düşürmektedir trafik yoğunluğunda her çalışma alanı için sırasıyla %76.46, %56, %50, %60 oranında bir iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.1. Ortalama Araç Bekleme Süresi İyileşme yüzdesi

Değişken	Çalışma Alanı	Sabit Zaman Yöntemi	Bulanık Mantık Yöntemi	İyileşme Yüzdesi
Ortalama Araç Bekleme Süresi	Birinci	51	12	%76.46
	İkinci	25	11	%56
	Üçüncü	16	8	%50
	Dördüncü	30	12	%60

Kullanılan akıllı adaptif trafik sinyalizasyon kontrol sistem modelinin trafiğe etkileri şu şekilde sonuçlandırılabilir:

- Trafikte bekleme süreleri; insanların sinirlerini ve streslerini arttıran bir etkendir. Bulanık mantık, trafik ışıklarındaki süreleri ayarlamakta iyi bir performans göstermiştir. Bu uygulamada, gelen kavşakta algılanan araç sayısına bağlı olarak yeşil zamanın uzatılması yoluyla bekleme süreleri azaltılmıştır.
- Bulanık mantık trafik kontrol sistemi başarıyla çalışmıştır; bulanık mantık sistemi, yoğun trafik akışlarının bilgi bulanıklığına sebebiyet verdiği durumlarda trafik ışıklarındaki kuyrukların uzunluğunu azaltmış ve zaman kaybını en aza indirmiştir.
- Bulanık trafik kontrolörü, kendi dedektörlerinden topladıkları trafik bilgilerine göre trafik sinyallerini yönetmiştir, bilgileri kullanarak bulanık kural temel sistemi kavşaktaki sinyalin optimal fazını ve sırasını vermiştir.

Trafik sinyalizasyonunun akıllı yöntemlerle kontrol edilmesi, hem gürültü hem yakıt sarfiyatını azaltmış hem de insanların trafikte daha kısa süre kalmalarını sağlamıştır. Bu faydaları göz önünde bulundurularak bulanık kontrol trafik sinyalizasyon yöntemi geliştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında farklı yöntemlerin gerçek zamanlı sistemlerde etkileri ve performansları araştırılmıştır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, farklı senaryolar ile girdi değişkenlerinin elde edilmesi sonucu oluşturulan bulanık mantık modeli ile geleceğe yönelik çevredeki diğer kavşakların etkisi de çalışmaya katılabilir. Bu çalışma alanında bulunan minibüs duraklarında duraklama yapan araçların yoğunluğu ve zamanları simülasyona dahil edilerek simülasyonun trafik akışının sıkışık olduğu kesişimlerde ve yollarda trafik akışının kesintisiz sürmesine yardımcı olacağı tarafımızdan öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

Akdemir, M. (2001). Indirect Adaptive Fuzzy Control For A Tank Using Gradient And RLS Methods. OGÜ Lisans Tezi.

Al M., "Determination Of Fuzzy Sets By Using Genetic Algorithms", OGÜ Lisans Tezi, Eskişehir, 1998.

Alam, J., & Pandey, M. K. (2015). Design and analysis of a two stage traffic light system using fuzzy logic. J Inform Tech Softw Eng, 5(162), 2.

Askerzade, I. N., & Mahmood, M. (2010). Control the extension time of traffic light in single junction by using fuzzy logic. International Journal of Electrical & Computer Sciences IJECS–IJENS, 10(2), 48-55.

Altaş, İ. H. (1999). Bulanık Mantık: Bulanıklılık Kavramı. Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, 62, 80-85.

Azimirad, E., Pariz, N., & Sistani, M. B. N. (2010). A novel fuzzy model and control of single intersection at urban traffic network. IEEE Systems Journal, 4(1), 107-111.

Aydın, F. (2018). Araçsal Tasarsız Ağlar İçin İstatistiksel Tabanlı Bir Saldırı Tespit Yöntemi (Master's Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Bayramoğlu, T., Pabuçcu, H., & Boz, F. Ç. (2017). Türkiye İçin Anfıs Modeli İle Birincil Enerji Talep Tahmini. Ege Akademik Bakış Dergisi, 17(3), 431-446.

Bhavsar, S., Sharma, V., & Student, B. E. (2017). Intelligent Traffic Controller using Fuzzy Logic. International Journal of Engineering Science, 14961.

Bieker, L., Krajzewicz, D., Morra, A., Michelacci, C., & Cartolano, F. (2015). Traffic simulation for all: a real world traffic scenario from the city of Bologna. In Modeling Mobility with Open Data (pp. 47-60). Springer, Cham.

Collotta M, Bello LL, Pau G (2015) A novel approach for dynamic traffic lights management based on Wireless Sensor Networks and multiple fuzzy logic controllers. Elsevier: Expert Systems with Applications, pp.5403- 5415.

Dion, F., Rakha, H. and Kang, Y. S., Comparison of Delay Estimates at UnderSaturated and Over-Saturated Pre-Timed Signalized Intersections, Transportation Research Part B, 37, pp 1-24, 2003.

Dereli, T., Cetinkaya, C., & Celik, N. (2018). Desıgnıng a Fuzzy Logıc Controller for a Single Intersectıon: a Case Study ın Gazıantep. Sigma: Journal of Engineering & Natural sciences/mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 36(3).

Ekmekci, D. Bulanık mantıklı sürücü modeli ile hız tahmini ve en kısa yol belirleme. Diss. Yüksek Lisans Tezi, Bilgisayar ve Bilişim Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2008.

Ekren, O. (2009). Bir soğutma grubunda kompresör hızının ve elektronik genleşme vanasının bulanık mantık algoritma ile kontrolü (Doctoral dissertation, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).

Gayathri, R., & Amudha, A. (2016). Solar Powered Traffic Control System Based on Traffic Density with Emergency Vehicle Alert. Middle-East Journal of Scientific Research, 24(2), 234-238.

Gündoğan, F., Karagoz, Z., Kocyigit, N., Karadag, A., Ceylan, H., & Murat, Y. Ş. (2014). An Evaluation of Adaptive Traffic Control System in Istanbul, Turkey. Journal of Traffic and Logistics Engineering Vol, 2(3).

Indrabayul Areni IS, Makobombang NN, Sidehabi SS (2014) A fuzzy logic approach for timely adaptive traffic light based on traffic load. IEEE: 170-174.

Kaynak, Okyay ve Armağan, Gülçin, Bulanık Denetim ve Endüstriyel Uygulamaları, Tübitak Marmara Araştırma Merkezi, 29 Ocak 1993.

Kıyak, E., & Kahvecioğlu, A. (2003). Bulanik Mantik ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanmasi. Journal of Aeronautics and Space Technologies, 1(2), 63-72.

Lee, J. H., & Lee-Kwang, H. (1999). Distributed and cooperative fuzzy controllers for traffic intersections group. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), 29(2), 263-271.

Luo, Y. J., Liu, C. L., & Liu, G. Y. (2018, November). Consensus Tracking of Linear Multi-agent Systems Via Iterative Learning Control with Feedback Time-Delay. In 2018 Chinese Automation Congress (CAC) (pp. 3806-3811). IEEE.

Makwana, Maheshkumar V., and Hitesh C. Patel. “ Algorithm to Manage Traffic Light Control to Prioritize Emergency Vehicles. ” International Journal for Scientific Research and Development, vol. 3, no. 4, 2015, pp. 432–435.

Mamdani, E. H. (1976, May). Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis. In Proceedings of the sixth international symposium on Multiple-valued logic (pp. 196-202). IEEE Computer Society Press.

Negoita, C. V., & Ralescu, A. L. (1987). Simulation, knowledge-based computing, and fuzzy statistics. John Wiley & Sons, Inc.

Nguyen Hung, T., & Walker Elbert, A. (1999). A First Course in Fuzzy Logic, Chapman & Hall.

Öztürk, C. A., Mercan, D. E., Toprak, F., Kişi, Ö., & Şahin, U. (2003). Bulanık mantık kurs notları. İTÜ Bulanık Mantık ve Teknoloji Kulübü, İstanbul

Pau, G., Campisi, T., Canale, A., Severino, A., Collotta, M., & Tesoriere, G. (2018). Smart Pedestrian Crossing Management at Traffic Light Junctions through a Fuzzy-Based Approach. Future Internet, 10(2), 15.

Prasetiyo, E. E., Wahyunggoro, O., & Sulistyo, S. (2015). Design and Simulation of Adaptive Traffic Light Controller Using Fuzzy Logic Control Sugeno Method. International Journal of Scientific and Research Publications, 5(4), 1-6.

Rani, P., & Shaw, D. K. (2018). Artificial Neural Networks approach induced by fuzzy logic for traffic delay estimation. Journal of Engineering Technology, 6(2), 127-141.

Salehi, M., Sepahvand, I., & Yarahmadi, M. (2014). TLCSBFL: A Traffic Lights Control System Based on Fuzzy Logic. International Journal of u- and e-Service, Science and Technology, 7(3), 27-34.

Şen, Z. (2001). Bulanık (fuzzy) mantık ve modelleme ilkeleri. Bilge Kültür Sanat Yayınları, İstanbul.

Şenol, F. (2000). Bulanık Mantık Kontrolcüsü. Yayınlanmamış lisans tezi.

Shahraki AA, Shahraki MN, Mosavi MR (2013) Design and Simulation of a Fuzzy Controller for a Busy Intersection. IEEE: 1-6.

Shahraki, A. A., Shahraki, M. N., & Mosavi, M. R. (2013, January). Design and simulation of a fuzzy controller for a busy intersection. In 2013 International Conference on Computer Applications Technology (ICCAT) (pp. 1-6). IEEE.

Taha, M. A., & Ibrahim, L. (2012). Traffic simulation system based on fuzzy logic. Procedia Computer Science, 12, 356-360.

Takagi, T., & Sugeno, M. (1993). Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. In Readings in fuzzy sets for intelligent systems (pp. 387-403). Morgan Kaufmann.

Tiryaki, A. E., & Kazan, R. (2007). Bulaşık makinesinin bulanık mantık ile modellenmesi. Mühendis ve Makine, 48(565), 3-8.

Wen, C., Hui, Z., Tao, L., & Yuling, L. (2015). Intelligent traffic signal controller based on type-2 fuzzy logic and NSGAII. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 29(6), 2611-2618.

Yen J., Langari R., "Fuzzy Logic Intelligence, Control, and Information", Prentice Hall, New Jersey, 1999.

Yi-Sheng Huang, Jang-Yi Shiue and JiliangLuo, "A Traffic Signal Control Policy for Emergency Vehicles Preemption Using Timed Petri Nets" Published in IFAC-PapersOnLine Volume 48, Issue 3, 2015, Pages 2183–2188.

Yusupbekov, N. R., Marakhimov, A. R., Igamberdiev, H. Z., & Umarov, S. X. (2016). An adaptive fuzzy-logic traffic control system in conditions of saturated transport stream. The Scientific World Journal, 2016.

Zaied, A. N. H., & Al Othman, W. (2011). Development of a fuzzy logic traffic system for isolated signalized intersections in the State of Kuwait. Expert Systems with Applications, 38(8), 9434-9441.

Zhang, Y., & Ye, Z. (2008). Short-term traffic flow forecasting using fuzzy logic system methods. Journal of Intelligent Transportation Systems, 12(3), 102–112.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	TAHA ABDULWAHID MAHMOOD MAHMOOD
Uyruğu	**:**	IRAK CUMHURİYETİ
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	KERKÜK 31.03.1992
Telefon	**:**	00905414134014
Faks	**:**	-
e-mail	**:**	taha7kevser@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	**Jihad, Kerkük**	**2010**
Üniversite	:	**Northern Technical University, Kerkük**	**2015**
Yüksek Lisans	:	**Selçuk Üniversitesi, Konya**	**Halen**
Doktora	:	-	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
-	-	-

YABANCI DİLLER

İngilizce ve Arapça

YAYINLAR

Taha Mahmood, Muzamil Eltejani Mohammed Ali, Akif Durdu, “A two Stage Fuzzy Logic Adaptive Traffic Signal Control for an Isolated Intersection Based on Real Data using SUMO Simulator”, International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD), ISSN: 2456-6470, Vol. 3, No. 4, pp.656-659, June 2019.