

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇOKLU ETMEN TABANLI TRAFİK YÖNETİM
SİSTEMİ**

Bilgisayar Mühendisi Kadriye SOYSAL

**FBE Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. A.Coşkun SÖNMEZ (YTÜ)

İSTANBUL, 2008

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	2
2.1 Trafik Kontrolü için Çoklu Etmen Tabanlı Etmen Sistemi	2
2.2 Çoklu Etmen Sistemi ile Düzensiz Trafik Simülasyonu Gerçeklenmesi	3
2.3 Trafik Simülasyonunda Etmen Teknolojileri Kullanılması	3
3. ÇÖZÜM ÖNERİSİ İÇİN ETMENLER.....	3
3.1 Etmen Tanımı:	4
3.2 Problem Çözümünde Etmenler	5
3.3 Etmen Mimarisi	5
3.4 Etmen Programlama	6
3.4.1 JADE (Java Agent Development Framework).....	6
3.4.1.1 JADE Özellikleri:	6
3.4.1.2 JADE Etmen Platformu	7
3.4.1.3 Agent Sınıfı	8
3.4.1.4 Etmen Görevleri ve Davranışları:.....	9
3.4.1.5 Mesajlaşma:.....	10
3.4.1.5.1 ACL dili:	10
4. TRAFİK-KAVŞAK YÖNETİMİNDE ETMEN KULLANIMI	11
4.1 Trafik Yönetim Problem Tanımı	11
4.2 Trafik Yönetim Problem Çözüm Kümesi	11
4.3 Trafik Yönetim Problemi Etmen Yapısı ile Çözüm Önerisi	13
4.3.1 Araç Etmeni:	14
4.3.2 Şerit etmeni:	16
4.3.3 Kavşak Etmeni:	19
4.3.3.1 Kavşak Etmenin Karar Verme Algoritması	21

4.3.3.1.1	Akıllı Kavşak Karar Verme Algoritması	21
4.3.3.1.2	Standart Kavşak Karar Verme Algoritması	23
4.3.4	Yönetici Etmen:	23
4.3.5	Etmen Davranışlarının Bağlılık Şeması:.....	23
4.3.6	Ontolojiler:	25
4.3.6.1	Araç Bilgi Ontolojisi:.....	25
4.3.6.2	Şerit Bilgi Ontolojisi:.....	26
4.3.6.3	Kavşak(Işık) Bilgi Ontolojisi:	26
4.3.7	Mesaj Tipleri:	27
4.3.7.1	Araç Etmen Mesajları:	27
4.3.7.2	Şerit Etmen Mesajları:	28
4.3.7.3	Kavşak Etmen Mesajları:	29
5.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR	29
5.1	Optimum Sinyalizasyon Periyotunun Bulunması	30
5.1.1	Amaç:.....	30
5.1.2	Öngörüler:	30
5.1.3	Deneyin Gerçeklenmesi:	31
5.1.4	Sonuçlar:	31
5.1.5	Yorumlar:	31
5.2	Normal ve Yoğun Trafikte Kavşaktan Geçen Araç Sayısının İncelenmesi.....	32
5.2.1	Amaç:.....	32
5.2.2	Öngörüler:	32
5.2.3	Deneyin Gerçeklenmesi:	32
5.2.4	Sonuçlar:	33
5.2.5	Yorumlar:	33
5.3	Araç Sayısının Sistemde Kalış Süresine Etkisinin İncelenmesi.....	34
5.3.1	Amaç:.....	34
5.3.2	Öngörüler:	34
5.3.3	Deneyin Gerçeklenmesi:	34
5.3.4	Sonuçlar:	34
5.3.5	Yorumlar:	35
5.4	Geçiş Önceliği Olan Araçların Kavşaktan Geçiş Süresinin İncelenmesi	36
5.4.1	Amaç:.....	36
5.4.2	Öngörüler:	36
5.4.3	Deneyin Gerçeklenmesi:	36
5.4.4	Sonuçlar:	37
5.4.5	Yorumlar:	38
6.	SONUÇLAR ve TARTIŞMA	38

SİMGE LİSTESİ

E_C	Şeritteki toplam araç sayısının hesaplamadaki ağırlık yüzdesi
E_P	Şeritteki araçlarda bulunan toplam kişi sayısının ağırlık yüzdesi
E_D	Şeritteki araçların kavşağa ortalama uzaklık değerinin ağırlık yüzdesi
E_V	Şeritteki ortalama hız değerinin ağırlık yüzdesi
C_N	Şeritteki araç sayısı
P_N	Şeritteki kişi sayısı
D_N	Şeritteki araçların kavşak mesafelerinin ortalaması
V_N	Şeritteki araçların hızlarının ortalaması
T_N	Şerit için en son yeşil ışık yandığından itibaren geçen süre
N_{UNA}	Uniform dağılımda normal trafikte kavşaktan geçen araç sayısı
N_{UYS}	Uniform dağılımda normal trafikte kavşaktan geçen araç sayısı
N_{NNA}	Normal dağılımda normal trafikte kavşaktan geçen araç sayısı
N_{NYS}	Normal dağılımda normal trafikte kavşaktan geçen araç sayısı

KISALTMA LİSTESİ

FIPA	Foundation for Intelligent Physical Agents
TILAB	Telecom Italia LABoratory
FIPA	Foundation for Intelligent Physical Agent
JATLite	Java Agent Template Lite
MadKit	Multi-Agent Development Kit
AMS	Agent Management System
DF	Directory Facilitator
JVM	Java Virtual Machine
ACL	Agent Communication Language
JADE	Java Agent DEvelopment Framework
CFP	Call For Proposal
AUS	Akıllı Ulaşım Sistemleri
JVM	Java Virtual Machine
AMS	Agent Management System
DF	Directory Facilitator
RMI	Remote Method Invocation
GUID	Globally Unique ID

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 FIPA etmen platformu mimarisi	7
Şekil 3.2 Farklı taşıyıcılar üzerinde dağıtık çalışabilen JADE etmen platformu	8
Şekil 4.1 Kavşak örneği	14
Şekil 4.2 Araç etmeni çalışma algoritması.....	16
Şekil 4.3 Şerit etmeni çalışma algoritması	18
Şekil 4.4 Kavşak etmeni çalışma algoritması.....	20
Şekil 4.5 Kavşak etmen sinyalizasyon karar verme mekanizması	22
Şekil 4.6 Etmen davranışlarının bağılılık şeması	24
Şekil 5.1 Periyoda göre trafiğin dağılma süresi grafiği	31
Şekil 5.2 1 dakika içinde sistemden çıkan araç sayısı grafiği	33
Şekil 5.3 Yoğun trafikte araçların geçiş süresi grafiği.....	35
Şekil 5.4 Normal trafikte araçların geçiş süresi grafiği	35
Şekil 5.6 Normal yoğunlukta araçların ortalama geçiş süresi grafiği.....	37
Şekil 5.7 Yoğun trafikte araçların ortalama geçiş süresi grafiği	37

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4.1 Etmen Mesaj Çizelgesi	25
---	----

ÖNSÖZ

Üniversite öğrenimim ve tez çalışmam süresince gösterdiği ilgi ve katkılarından dolayı Prof. Dr. Coşkun Sönmez'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca yardımlarından ve desteklerinden ötürü İsmail Özgür Demirel'e ve Şener Soysal'a teşekkür ederim.

Benden sevgisini ve desteğini yıllardır esirgemeyen çok sevdiğim aileme teşekkür ederim.

Ağustos 2008

Kadriye SOYSAL

ÖZET

Trafik, günümüzde kalabalık şehirlerin en önemli problemlerinden biri olmuştur. Ulaşımındaki aksaklıklar zaman, can ve mal kaybına neden olmaktadır. Trafik yaşayan bir sistem olduğu için bu probleme getirilen çözümleri uygulayabilmek zor olmaktadır. Önerilen çözümün, problemin gerçekten çözümü olup olamayacağını görmek için bilgisayar ortamında hazırlanan simülasyonlar kullanılabilir.

Etmenler, bir yapa zekâ konusudur. Etmen, uyarlanabilen, öğrenebilen, sosyal olma gibi insani özelliklere sahip bilgisayar yazılımı ya da donanımdır. Trafik çok sayıda farklı bileşenlerden oluşan karmaşık bir yapıdır. Bunlar taşıtlar (kamyon, araba, ambulans vb.), trafik ışıkları, yayalar olarak sayılabilir. Her birinin hareketi diğerinin karar verme mekanizmasını etkiler. Etmenler, birbirleriyle iletişim kurabilmekte ve ortak karar alarak birbirlerini yönlendirebilmektedirler. Çoklu etmen yapıları kullanılarak gerçekleştirilen çözüm önerisinde akıllı bir kavşak sistemi bulunmaktadır. Önerilen uyarlanabilen trafik yönetimi sayesinde, acil durum araçlarının daha kısa sürede olay mahal'ine ulaşması sağlanacak, trafik kazaları ve sıkışıklık azalacak, trafik akışı hızlanacak, dolayısıyla enerji tüketimi azalacaktır. Tüm bunlar, yolun en verimli şekliyle kullanılması sağlanarak yapılacaktır. Aynı zamanda araçlar arasında haberleşmenin yapılabilmesini sağlayacak bir altyapı elde edilecektir.

Anahtar Kelimeler: Etmen Programlama, Trafik Yönetim Sistemi, Akıllı Kavşak, JADE

ABSTRACT

Traffic is a one of the important problem for crowded cities. Faultiness in transport causes loosing life, time and goods. Traffic is a live system that is always running. Therefore performing proposed solutions on the environment is difficult. Because of this, simulation programs can be used for the seeing if the solution is real solution solving problems of transportation.

Agents are an artificial intelligent topic in computer science. An agent is a social, adaptive, learning system which can be software or hardware. Traffic is a complex architecture which formed by different and various components like vehicles (trucks, cars, ambulances etc.), traffic lambs, and pedestrians. Every component is in an interaction with others, because components' each of behavior effects others decision mechanism. Agents are in interaction which each others and with making a common decision they canalize others about changing behaviors. Multi agent systems are used for traffic management problem with creating an intelligent junctions system. By propepsed traffic system, emergency vehicles can reach short time in emergency places, traffic accident count is decreased, and traffic flow gains speed, so energy consumption is decreased. All of this makes the using of roads more effective, therefore traffic problem is solved in a minor system.

Keywords: Agent Programming, Traffic Management System, Intelligent Junction, JADE

1. GİRİŞ

Günümüzde büyük ve kalabalık şehirlerdeki en önemli problemlerden biri trafik problemidir. Trafik tanımı genel olarak şu şekilde yapılabilir: "Trafik; insanların, hayvanların ve araçların karayolları üzerindeki hal ve hareketleridir." [1]. Trafiği oluşturan nesnelerin sayısı arttıkça yönetimi zorlaşmaktadır. Planlamanın yanlış yapıldığı yollarda, yol trafik ağırlığını kaldıramadığı için sıkışıklara neden olmaktadır. Trafik sıkışıklığı, zaman, para, enerji, can kaybına neden olabilir. Bu sıkışıklığa çözüm getirebilmek için akan sistem üzerinde düzenlemeler yapmak gerekir, yaşayan bir sistem üzerinde düzenlemeler yapmak çok vakit alan ve riskli bir durumdur. Hem gereksiz masrafı önlemek hem de başarısız olabileceği bir ortam yaratabilme ihtimali olması yüzünden, trafik problemi çözüm önerilerinde trafik simülasyonu kullanmak akılcı görünmüştür (Oliveira ve Duarte, 2005). Trafik simülasyonunda amaç; önceliği olan araçların olay yerine daha hızlı bir şekilde ulaşabilmelerini sağlamak ve trafiği daha kolay işler hale getirmektir. Bu yapının simülasyonu tasarlanırken, gerçek ortamı daha kolay canlandırabilmek için etmen yapılarından faydalanılacaktır.

Trafik probleminin çözüm önerisi; yoğun bir trafiğin öncelikli olarak kurallarının statik değil dinamik olmasını içerir. Gün içinde şeritlerin yoğunluk oranı değişecektir, günün belli bir saat dilimine göre ayarlanan trafik ışıkları başka bir saatte bir şeritte uzun kuyrukların oluşmasına neden olabilir. Acil durum araçlarının kolay ilerleyebilmesi ve ilerlerken de diğer araçları zor durumda bırakmaması, güvenli bir şekilde hareket edebilmeleri için trafik ışıkları ayarlanabilir. Bu gibi anlık ayarlamalar sayesinde trafik uyarlanabilen bir hale gelir. Uyarlanabilen trafik yönetimi trafik simülasyonunda uygulanacaktır.

Bu konuda yapılan çalışmaları incelersek, trafik yönetim sistemi probleminde çoklu etmen yapıları çözüm önerisinde kullanılmıştır. Oliveira ve Duarte'nin çalışmasında (2005) trafiği oluşturan araçların nesne, trafik ışıkları ve kavşakların etmen olarak tanımlandığı çoklu etmenli bir sistem gerçekleştirilmiştir. Cicortas ve Somosi (2004) çalışmalarında düzensiz trafik için çoklu etmenli simülasyonu gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, trafik ışıklarına yer verilmemiştir. Asıl amaç araçların kendilerini yöneten bir sistem olmadan (trafik ışıkları, trafik polisi vb.) akabilmelerini sağlamaktır.

Problemin çözümü için; trafik sisteminin en temel birimi olan kavşak ele alınmıştır. Her ne kadar bu çözüm bir kavşak üzerinde uygulanmış olsa da ardışık olarak diğer kavşaklara da uygulandığında; trafik akışını artıracaktır. Kavşağa bağlı gidiş dönüş yönlerine sahip dört şerit

bulunmaktadır. Her şeridin sonunda trafik ışıkları mevcuttur ve araçlar bu trafik ışıklarına göre hareket edeceklerdir. Kavşak için kavşak etmen tipinde bir etmen yaratılarak; kavşaktaki trafik sinyalizasyonu hakkında karar vermesi ve verdiği kararı kendine bağlı olan şeritlere dağıtması sağlanmıştır. Her şerit, şerit etmen tipinden etmen ile yaratılmış ve araçlar ile kavşak arasında ara yüz oluşturmuştur. Araçlar ise; araç etmeni tipinden yaratılarak, şeritler üzerinde hareketi sağlanmış ve yol üzerinde yük yaratarak, kavşağın bu yükü dağıtmadaki yeteneği izlenmiştir. Sistemdeki şerit etmenleri birbirleri ile aynı özelliklere sahiptir. Ama her araç etmeninin kendine has özellikleri vardır. Bu özelliklerin başında; araçtaki kişi sayısı, araç ağırlığı, aracın önem durumu, aracın yavaşlama ve hızlanma katsayıları gelmektedir. Bu parametreler kullanılarak; kavşak etmen, şeritler için ağırlık değerlerini hesaplayarak sinyalizasyon için karar verir.

Problemin çözümünde kullanılan etmen ortamını sağlamak için etmen platformu sunan JADE çerçevesinden yararlanılmıştır. JADE içinde yaratılan etmenler, ağ üzerinde farklı bilgisayarlarda çalışabilir. Simülasyonda her etmen için farklı bilgisayar kullanılırsa, her bilgisayar bir aracı temsil etmiş olur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çoklu etmen sistemleri, trafik yönetim probleminin çözümü için çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır. Bu çalışmalar arasındaki genel farklılıklar, kullanılan etmen platformu ve haberleşme dilinin farklı olması, etmen olarak tanımlanan varlıkların farklı olması, etmenlerin davranış ve rollerinin farklı tanımlanmasıdır. Ayrıca trafik yönetim problemi geniş bir konu olduğu için çözüm önerisinde bulunulan noktalar farklılık gösterir. Aşağıdaki çalışmalar kavşak yönetimi üzerine yoğunlaşmış çalışmalardır.

2.1 Trafik Kontrolü için Çoklu Etmen Tabanlı Etmen Sistemi

Oliveira ve Duarte (2005) çalışmasında, trafiği oluşturan araçlar nesne, trafik ışıkları ve kavşaklar ise etmen olarak tanımlandığı çoklu etmen sistemi gerçekleştirilmiştir. Bu çözüm önerisinde araçlar etmen olarak tanımlanmadığı için araç bazındaki farklılıklardan kaynaklanabilecek problemlerde kavşak etmen doğru bir çözüm önerisi sunamaz. Örnek olarak acil durum aracı sistemden geçerken kavşak için bu araç normal bir araçtır. Kavşak etmen karar verirken, bu tip araçlar için ayrıcalık tanımayacaktır. Dolayısıyla geçiş önceliği olan araçların sistemde kalış süreleri uzayabilir. Araçlar daha önceden hazırlanmış dosyadaki

konumlara göre hareket etmektedir. Bu sistem trafik sorununda kavşaklarda yaşanan yığılmaları belli oranda çözebilir. Ama gerçek hayatta araçlar gerçek zamanlı nesne olarak tanımlanamayacağı için bu çözüm simülasyon bazlı bir çözümdür. Günlük hayata uygulanabilirliği düşüktür.

2.2 Çoklu Etmen Sistemi ile Düzensiz Trafik Simülasyonu Gerçeklenmesi

Paruchuri vd. (2001) çalışmasında kavşak bazında düzensiz trafik için çoklu etmenli simülasyon gerçekleştirilmiştir. Asıl amaç araçların kendilerini yöneten bir sistem olmadan - trafik ışıkları, trafik polisi vb.- akabilmelerini sağlamaktır. Sürücülerin ruh halleri, araçların özelliklerine kadar trafiği etkileyen durumlar modellenmiştir. Sistemdeki her öge, etmen olarak tanımlanmıştır. Örnek olarak şerit ve araç etmenleri vardır. Araç solları sırasında etmenler birbirleriyle ve şerit etmeniyle haberleşerek öndeki aracı geçebilirler. Kavşaklar dört şeritlidir, etmenler birbirleriyle haberleşerek kavşaklardan dönüşlerini yapabilmektedirler. Yoğun trafik olan kavşaklarda bu sistemin kullanımı zor ve trafik oluşumunu engelleme performansı düşük olabilir.

2.3 Trafik Simülasyonunda Etmen Teknolojileri Kullanılması

Erol vd. (1998) çalışmasında, trafik simülasyonunda etmen teknolojisinin kullanımı incelenmiştir. Simülasyon yazılımının hazırlanma sürecinin kısa ve maliyetinin düşük olması amaçlanmıştır. Bu amaçla Cybele etmen altyapısı kullanılmıştır. Dağıtık yapı sayesinde ağ üzerinde bulunan bilgisayarlar üzerinde büyük trafiklerin yaratılması sağlanmıştır. Trafikteki varlıklar, yollar, kesişim noktaları, ışıklar, işaretler, araçlar ve duyargalar etmen olarak tanımlanmıştır. Kesişim etmenleri araçların bir bölümden diğer bölüme geçmesinden sorumludur. Trafik ışıklarını yönetirler. Bu çalışmada her varlık etmen olarak tanımlandığı için, gerçek hayatta uygulanabilme olasılığı düşüktür. Sürücüler farklı davranışlarla modellenmektedir. Bunlar da sistemin sadece simülasyon amaçlı hazırlandığını göstermektedir.

3. ÇÖZÜM ÖNERİSİ İÇİN ETMENLER

Dağıtık çalışmaya müsait, otonom olma ve sosyal olma gibi birçok özelliğe sahip etmen akademik ve ticari alanda kullanılmaktadır (Parunak, 1997).

3.1 Etmen Tanımı:

Çoğu bilgisayar sistemi için, “otonom etmen sistemidir” denilmektedir. Jennings’e (1998) göre etmenler günümüz bilgisayar dünyasının teorik modelleri içinde yerini almıştır ve Turing makinelerinden daha çok bugünü yansıtan bir modeldir. Etmenlerin geleceğin karışık dağıtık yapıları için model olacağı savunulmuştur. Ayrıca etmenler, yapay zekâyla akıllı yapıların tasarlanması, gerçekleşmesi ve bu bileşenlerin bir arada tutulabilmesini geniş bir çerçeve altyapısı sunar (Jennings, 1998).

Etmenlerle ilgilenen toplulukların dünyasında; etmenin ne olduğuna ve neye sahip olduğuna dair ortak bir etmen tanımı yapılamamıştır. Farklı araştırma grupları kendi araştırmalarına, geçmiş yazılım mühendisliği deneyimlerine ve kültürel/teknik geçmişlerine göre etmeni farklı şekillerde yorumlamışlardır. Buna örnek olarak, çeşitli tanımlar verilmiştir: Maes’in (1997) etmen tanımına göre: “Etmen karışık ve değişken ortama uyum sağlayabilen bir hesaplamalı sistemdir. Etmen içinde bulunduğu ortamı hissedebilir ve buna göre davranışlarını değiştirebilir. Etmen amaçlarını gerçekleştirebilmek için bunları kullanır.”

Nwana ve Wooldridge’nin (1996) bu konudaki görüşü ise şöyledir: “Etmen tanımlaması yaparsak, etmen sorumluluğundaki işleri gerçekleştirmek için çalışan yazılım veya donanım bileşenidir. Her etmen yaptığı işe göre tanımlanır, dolayısıyla özel bir etmen tanımı yapmak zordur.”. Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA) kendi spesifikasyonlarında farklı bir tanımlama kullanmıştır; etmenler, bir ortamda yaşayan ve duyargalardan gelen ortamı yansıtan veriyi yorumlayarak ve sonucunda motor komutları üreterek ortamı yeniden değiştiren varlıklardır. Etmen donanım veya yazılım olabilir. Ama donanım etmeni yapmak için bir miktar da olsa yazılıma ihtiyaç duyulur [2]. Diğer taraftan Parunak (1997) etmenleri “girişimde bulunabilen aktif nesne” olarak tanımlamıştır. Bu tanıma göre, hiçbir etmen işlemek için aldığı girdilerin olduğu ve çıktılarla beslediği ortamdan bağımsız olamaz. Grosso vd.’ye (2004) göre ise kurama sahip etmenlerin kedilerine özgü tanımları vardır. Etmen, insanın bakış açısına sahip olarak geliştirilmiş bilgisayar sistemidir

Özet olarak; etmenler aşağıdaki karakteristik özelliklere sahiptir (Sundsted, 2004):

- Otonom
- Uyarlanabilen\Öğrenebilen
- Mobil
- Kalıcı
- Amaç bazlı

- Haberleşebilen/İşbirlikçi
- Esnek
- Aktif/proaktif (önleyici tedbirler alan)

3.2 Problem Çözümünde Etmenler

Etmen teknolojisi farklı platformlarda çeşitli konuların çözümünde kullanılabilir, Sundsted'in (2004) makalesinde genel olarak etmenlerin çözdüğü dört problem anlatılmıştır.

Bunlardan birincisi, mobil etmenler istemci/sunucu mimarisinde bant genişliği yapısı için çok kıymetlidir, etmen kullanımı bant genişliği kullanımını azaltır, böylelikle uygulamanın kalitesini artırır.

İkinci olarak da, istemci/sunucu uygulamalarında tasarım en baştan düzgün yapılmalıdır, ilerde değişiklik yapmak zordur, ama mobil etmen uygulamalarında, yeniden yapılandırmak daha kolaydır.

Ağ bağlantıları, güvenilir değildir, dolayısıyla sorgu ve işlem yönetimi önemli bir konudur, bağlantı olmadığı durumlarda etmen kendini yönetebilir, sorgu ve hareket işlemleri yönetimi daha doğru yapılır.

Son olarak etmenler, otomasyon, öğrenme, uyarılma işlerinde de kullanılır. Bu sayede de insan modeline daha yaklaşırlar.

3.3 Etmen Mimarisi

Etmen mimarisinde olması gereken gereksinimler aşağıdadır (Sundsted, 2004):

- Her etmenin tekil kimliği olmalıdır.
- Çoklu etmenler aynı anda birbirleriyle beraber çalışabilmelidir.
- Etmenler diğer etmenlerin yaptıkları işlere karar verebilmelidir.
- Etmenler arasında haberleşme formatı belirlenmelidir, bu formata göre etmenler mesaj oluşturmali ve gelen mesajları çözümlemelidir.
- Etmenler birbirleriyle ve yönetici etmenlerle iletişim kurabilmelidir.
- Etmen havuzlarını yöneten etmenler arasında etmen değişimi için pazarlık yapılabilir.

- Etmen, bulunduğu ortamdan başka bir ortama geçebilir.
- Etmen havuzunda, etmenlerin doğrudan birbirleriyle etkileşmesi önlenmelidir, her biri ayrı varlık olmalıdır.

3.4 Etmen Programlama

Etmen sistem tasarımı ve gerçekleşmesi için çeşitli geliştirme aracı vardır. Bu geliştirme araçları geliştirici için özel etmen prototipleri de sunmaktadır. Bu araçlar, güvenilir iletişim altyapısını destekler. Etmen haberleşmesi için FIPA standartlarına uygun bir dil kullanılır [2]. JADE, MadKit, Seagent, JATLite açık kaynak kodlu etmen geliştirme platformlarıdır [3] [4] [5] [7] .

3.4.1 JADE (Java Agent Development Framework)

JADE, FIPA standartlarına uyan ve çoklu etmen sistemler geliştirmek için kullanılan bir etmen geliştirme platformudur. JADE, etmenlerin çalışabilmesi için her zaman aktif olması gereken etmen yaşama ortamı sağlar. Etmen geliştirmekte kullanılan ve etmen geliştirmeyi kolaylaştıran kütüphane sunar. Grafik ara yüz ile etmenlerin yönetimini ve izlenmesini sağlar. TILAB tarafından geliştirilmiştir (Bellifemine vd., 2005).

3.4.1.1 JADE Özellikleri:

JADE'in etmen geliştiriciler için sağladığı özellikler şunlardır (Bellifemine vd., 2005):

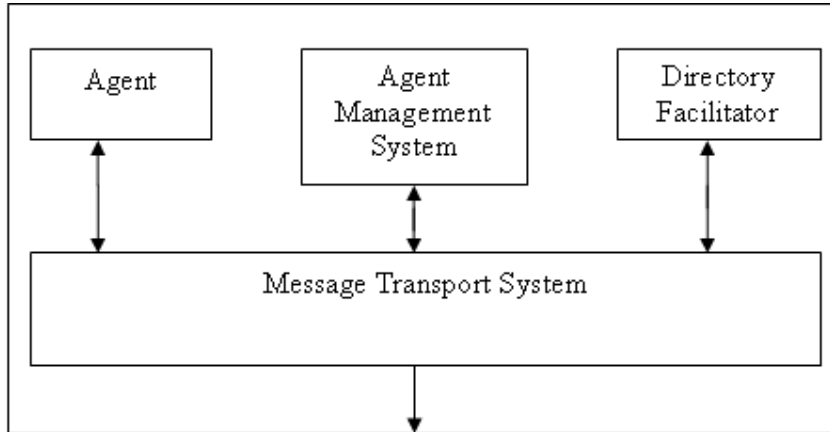
- Dağıtık etmen platformudur ve kaynak olarak farklı bilgisayarlar kullanılabilir. Etmenler JAVA'nın sağladığı RMI özelliği sayesinde birbirlerine bağlanırlar. Etmenler iplikçik olarak oluştururlar ve Etmen Taşıyıcı Havuzunda çalıştırılır.
- Etmen havuzlarını uzaktan yönetmek ve etmenler izleyebilmek için grafiksel kullanıcı ara yüzü vardır.
- Hata yakalama araçları mevcuttur.
- Etmenin durum bilgisiyle beraber gezebilirliğini destekler.
- Davranış modeli çerçevesinde çoklu, paralel ve eş zamanlı etmen faaliyetlerinin gerçekleştirilmesini destekler. JADE etmen davranışlarını kesintisiz bir şekilde yürütür.
- Etmen platformunu aktif olduğunda AMS (Agent Management System), DF (Directory

Facilitator) ve ACC (Agent Communication Channel) etmenleri de yaratılır.

- Etmen platformu içinde ACL mesajlarının taşınması verimli bir şekilde gerçekleşmiştir. String yerine Java nesneler olarak taşınarak, marshalling ve unmarshalling işlemlerine gerek kalmamıştır. Mesajlar otomatik olarak FIPA sentaksına, kodlamasına ve taşıyıcı protokole çevrilmektedir. Dolayısıyla geliştiricilerin sadece JAVA nesneleri kullanması yeterlidir.
- FIPA protokolünü kullanabilmek için hazır kütüphanelere sahiptir.
- Etmenler AMS etmenlerine otomatik kaydolma ve kayıt silme yeteneğine sahiptir.
- Etmenler çalışmaya başladıklarında GUID'e sahip olurlar.
- Uygulama tarafından tanımlanan içerik dillerini ve ontolojileri destekler.

3.4.1.2 JADE Etmen Platformu

JADE, FIPA tarafından tanımlanmış standart etmen platform modelini kullanır. Etmen platformu aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Bellifemine vd., 2005):



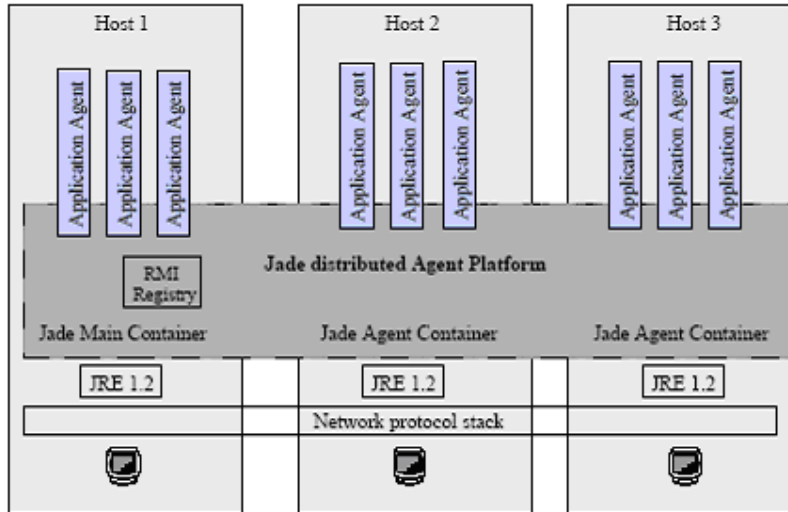
Şekil 3.1 FIPA etmen platformu mimarisi

The Agent Management System (AMS) : Bu etmen, etmen platformunun yönetiminden sorumludur. Her platformda sadece bir tane AMS olmak zorundadır. AMS beyaz sayfalar, yaşam çevrimi servisi, etmen belirteçlerini (AID) tutan dosyanın yönetilmesi gibi servisleri sunar. Her etmen çalışmaya başladığında AMS'e kaydını yaptırarak, kendi belirtecini almak zorundadır (Bellifemine vd., 2005).

The Directory Facilitator (DF) : Platformda sarı sayfalar servisi gibi davranır. Etmenlerin kendi görev bilgilerini diğer etmenlere yaymaları sağlanır, bu sayede de etmenler görev bazlı arama yaparak ortamda bulunan etmenleri bulabilirler (Bellifemine vd., 2005).

The Message Transport System (MTS) : Agent Communication Channel (ACC) de denir. Platform içindeki ve platformlar arası mesaj alışverişini kontrol eden yazılım bileşenidir (Bellifemine vd., 2005).

JADE platformu açıldığında, AMS ve DF etmenleri otomatik olarak yaratılır. Etmen platformu farklı kaynaklarda çalışabilir, her platformun bir JAVA uygulaması olduğu düşünülürse her bilgisayar için Java Virtual Machine (JVM) gerekir. JVM aynı bilgisayar üzerinde etmenlerin eşzamanlı ve ayrıık çalışabilmesi için alan yaratılmasını sağlar. Bu alanlara etmen taşıyıcısı denir. Bu taşıyıcılardan DF ve AMS'ye sahip olan taşıyıcı ana taşıyıcıdır ve diğer taşıyıcılar ana taşıyıcıya bağlanır. Böylelikle farklı bilgisayarlarda çalışan etmenler yaratılabilir (Bellifemine vd., 2005).



Şekil 3.2 Farklı taşıyıcılar üzerinde dağıtık çalışabilen JADE etmen platformu

3.4.1.3 Agent Sınıfı

Agent sınıfı; etmen tanımlamak için kullanılan genel bir sınıftır. JADE içinde etmen geliştirirken etmeni bu sınıftan türetmek zorunludur. Böylece kalıtım yolu ile kayıt olma, uzaktan yönetim ve davranış sahibi olabilme gibi özellikler etmene geçer. Etmen modelini yapması gereken görevler oluşturur, eş zamanlı farklı görevler çalıştırabilirler. Bunu da

içlerinde bulunan davranış düzenleyicisi (scheduler) ile yaparlar (Bellifemine vd.,2005).

Etmen yaşam döngüsüne göre, etmen farklı durumlarda bulunabilir (Bellifemine vd.,2005):

INITIATED: Çalışmaya başlamış ama AMS e kayıt yaptırmamış olabilir. Bu yüzden diğer etmenlerle iletişim kuramaz.

ACTIVE: AMS'ye kayıt yaptırmıştır ve adı ve adresi vardır, tüm JADE'nin getirdiği tüm özellikleri kullanabilir.

SUSPENDED: Etmen anlık durmuş olabilir, bunun nedeni de üzerinde bulunan davranışların çalışmasının durmasıdır.

WAITING: Etmen nesnesi mesaj beklemek için bloklanabilir, mesaj alınca "active" duruma yeniden geçer.

DELETED: Etmen ölmüştür, hiç bir iş yapmamaktadır ve AMS'den kaydı silinmiştir.

TRANSIT: Mobil etmen yer değiştirirken bu duruma geçer, yeni konumuna taşınana kadar mesajları saklanır. Taşınma işlemi tamamlanınca etmen aktif duruma geçer.

3.4.1.4 Etmen Görevleri ve Davranışları:

Etmenin yapmak zorunda olduğu işler davranış olarak tanımlanır. Davranış, jade.core.behaviours.Behaviour sınıfından türetilen etmenin gerçekleştirmeye çalıştığı görevlerdir. Etmenin yaratılan görevi çalıştırabilmesi için yaratılan görev tanımının addBehaviour() metodu ile etmene eklenmesi gerekir. Davranışlar etmen çalışmaya yeni başladığında veya sonradan eklenebilir. Her davranışın action() metodu gerçekleştirilmelidir, bu metot içinde etmenin yapacağı operasyonlar tanımlanır. Davranış bittiğinde ise done() metodu kullanılarak etmenin davranış havuzundaki davranışı silinir. Etmenler aynı anda birden fazla davranışa sahip olabilir, bu davranışlar etmenin davranış havuzunda tutulur. Çeşitli davranış türleri vardır, davranış havuzunda bekleyen davranışlardan uygun olan çalıştırılır. Eklenen davranışlar etmenin görev havuzunda toplanır ve sıralayıcı tarafından etmen sonlanana kadar kesintisiz dönüşümlü sıralamaya uygun şekilde çağırılırlar. Özetle, bir davranışın action metodu çalışmaya başladığında, metot sonlanana kadar başka bir davranış çalıştırılmaz ve davranışlar sıra ile çağırılırlar (Bellifemine vd.,2005).

JADE içinde hazır davranış sınıfları bulunmaktadır, en çok kullanılan davranış çeşitleri şunlardır (Bellifemine vd.,2005):

- One-Shot Behaviour: Sadece bir kere çalıştırılan atomik davranışları modellemek için kullanılır.
- Cyclic Behaviour: Sonsuza kadar çalışacak davranışları modellemek için kullanılır.
- Simple Behaviour: En basit atomik davranışları modellemek için kullanılır.
- Ticker Behaviour: Periyodik olarak çalışan atomik davranışları modellemek için kullanılır.

3.4.1.5 Mesajlaşma:

Etmenler arasında asenkron mesajlaşma yapılmaktadır. Her etmenin posta kutusu şeklinde yaratılmış mesaj kuyruğu vardır. JADE çalışma ortamı mesajların etmenler arasında gönderilmesini sağlayan altyapıyı oluşturur. Bir etmenin mesaj kuyruğuna yeni mesaj eklendiğinde etmen uyarılır, etmen kuyruktan mesajı alarak işlemeye başlar (Bellifemine vd.,2005).

3.4.1.5.1 ACL dili:

JADE çerçevesinde, etmenler arasında kullanılan FIPA standartlarına uygun mesaj formatıdır. Bu formatta belirlenmiş olan alanlar şunlardır (Bellifemine vd.,2003):

- Gönderen etmen: mesaj sahibidir
- Alan etmenlerin listesi: mesajı alacak olan etmenlerdir
- Performatif: Mesaj gönderen etmenin gönderme niyetidir. İstek(REQUEST), Bilgilendirme(INFORM), teklif kabul (ACCEPT_PROPOSAL), teklif ret (REJECT_PROPOSAL) , teklif için çağrı (CFP), teklif(PROPOSE) gibi tanımlanmış olan performatifler vardır.
- İçerik: Mesajın içerdiği bilgidir. Örnek olarak performatifi istek tipinde olan mesaj için mesaj içeriği yapılması istenilen iş olabilir.
- İçerik Dili: İçerik oluşturmak için kullanılan sentaktır, gönderen ve alan etmenler sentaksa göre mesajları oluşturabilmeli ve çözebilmelidir.
- Ontoloji: İçeriği oluşturan sembolleri, anlamlarını ve özelliklerini içeren sözlüktür. Mesaj gönderen ve alan etmenler ortak kullanılan sembollerin anlamlarını bilmek zorundadır.

JADE içinde gönderilecek olan mesaj jade.lang.acl.ACLMessage sınıfından oluşturulan nesne ile yaratılır.

4. TRAFİK-KAVŞAK YÖNETİMİNDE ETMEN KULLANIMI

4.1 Trafik Yönetim Problem Tanımı

Trafik sıkışıklığı problemi, sosyal bilimlerden mühendisliğe, haberleşme ve hesaplamalara kadar birçok bilim dalı ve araştırmanın konusu olmuştur. Bu probleme çözüm arayan büyük şehirlerde çözüm üretmek için iki temel alternatif kullanılmıştır: Bunlardan birincisi, fiziksel kapasiteyi artırmaktır. Yalnız bu çözümün de kimi dezavantajları vardır, masraflı ve zaman alıcı olabilir. Bunun yanı sıra çevreyi işgal edebilir ve akan trafik üzerinde uygulama zor olabilir. Bir de kapasitenin artırılmasının imkânsız olması durumu olabilir, artırılınca da beklenen rahatlığı sağlayamamasıyla karşılaşılabilir.

Trafik sıkışıklığına ikinci çözüm ise; trafik kontrol sistemlerinde yapılacak olan iyileştirilmelerdir. Trafik ışıkları, levhalar, kameralar, duyargalar yardımıyla trafik düzenli hale getirilebilir. Bu yaklaşım ilk çözüme göre daha uygulanabilir, çünkü daha az masraflı, uygulanması daha kolaydır. Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) çözümleri bu konuyu kapsamaktadır. AUS ulaşımın daha güvenli, verimli, güvenilir ve çevreye duyarlı olması için ulaşım altyapısında fiziksel değişiklik yapmadan farklı teknolojiler kullanarak ulaşımın iyileşmesini sağlar. Örnek olarak; köprü ve yol ücretli geçişlerinin otomatize edilmesi, uyarı levhaları, akıllı trafik lambaları kullanılması gösterilebilir. AUS ile zaman kazanılır, işletme maliyeti ve enerji tüketimi azalır, güvenilirlik ve güvenlik sağlanır [6].

4.2 Trafik Yönetim Problem Çözüm Kümesi

Trafikte çok sayıda kontrol edilmesi gereken ve hareketleri kendi içinde farklılaşan nesneler vardır. Trafik yönetimi için izlenmesi gereken parametreler şunlardır:

- Trafik:
 - Araç Sayısı: Yoldaki araç sayısıdır, yolun kapasitesine bağlıdır, saate veya güne göre değişebilir.
 - Trafik yoğunluğu: Yoldaki toplam araç sayısı ve yolun kapasitesine bağlı bir

fonksiyondur. Araç sayısına bağlı olduğu için; trafik yoğunluğu da anlık değişebilir.

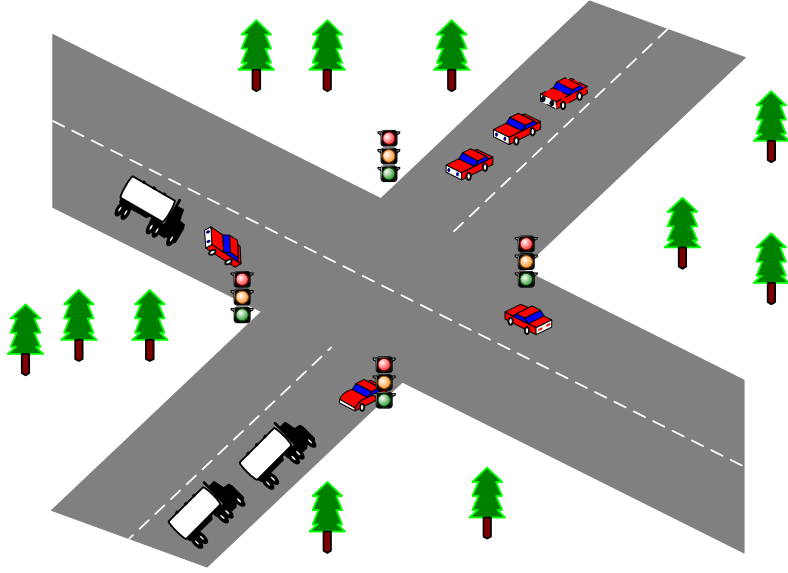
- **Trafik Hızı:** Yol üzerindeki araçların kabaca trafik akış oranıdır. Tüm araçlar aynı hızda olmayacaktır, örnek olarak kamyonların hızlanması yavaştır ama motosikletler çabuk hızlanır. Aracın hızı, yol hakkındaki çeşitli bilgilere dayanır; hava durumu, yol durumu, araç sayısı, yol ortalama hızı.
- **Yollar:**
 - **Öncelikler:** Kavşakta bir yol diğerine göre öncelikli olabilir.
 - **Trafik Kapasitesi:** Bir şeritteki en fazla araç sayısı, tampon tampona duran araç sayısıdır.
 - **Trafik hızları:** Her sürücü farklı hızda ilerler. Hız aralığı vardır.
- **Hareket alanı:** trafik alanını değiştiren kontrollerdir.
 - **Trafik ışıkları:** Trafik akışını denetlemek için kullanılan en kolay yoldur. Ana arterlerde ve ya yoğunluğu çok küçük yollarda kullanılabilir. Trafik yoğunluğuna göre iki beklenti vardır: Değişim sıklığı: Belirli yön için kırmızı ışıklar arasındaki süredir. Her durum süresi arasındaki oran: Belli bir yön için yeşil/kırmızı yanma oranı
 - **Yolların Yönleri:** Yolun sıkışıklık durumuna göre diğer yollar trafik akışını sağlamak için diğer yöne tahsis edilebilir.
 - **Hız limitleri:** Hız limitler yoğunlukla değiştirilemez, ama kimi durumlarda hava durumuna göre hız limitleri düşürülebilir.
- **Trafiği etkileyecek diğer etkenler şunlardır:**
 - **Trafik önceliği:** acil durum araçları, toplu taşıma araçları önceliğe sahiptir.
 - **Tehlikeli ve düzensiz trafik:** aşırı ağır/uzun araçların kimi yollara girişi yasaklanır ya da belli periyotlarda yola çıkabilirler.
 - **Park etme:** sokak park oranı gün içinde değişebilir, trafik sıkışıklığı oluşmasına neden olabilir
 - **Yol tıkanıklığı:** Kazalar, yol çalışmaları, doğal felaketler akan trafiği etkileyebilir
 - **Hava kirliliği:** Görüş alanını etkilediği için trafik akışını etkileyebilir.

- Hava durumu: Sis, yağmur, kar, buz akışlı etkileyebilir, hatta yolları kullanılamaz hale getirebilir.
- Uyarılar: Tıkanıklıklarda sürücüler alternatif yollar hakkında uyarılmalıdır.

4.3 Trafik Yönetim Problemi Etmen Yapısı ile Çözüm Önerisi

Problemin çözümünde etmenlerden faydalanılacaktır. Etmenlerin tepkisel davranış verebilmeleri, otonom olmaları, amaç doğrultusunda çalışabilmeleri, devamlı ve sosyal olup, öğrenebilme yeteneğine sahip olmaları gibi özellikleri vardır (Franklin ve Graesser,1996). Bu özellikleriyle karışık ve dinamik olan trafik sistemini kontrol etmek, yönetebilmek ve oluşan problemlere çözüm getirebilmek için etmenler kullanılacaktır. Sistem modeli genel olarak ikiye ayrılır, tekil olarak düşünülürse, bir araç için amaç uygun ulaşım koşulları ile trafikte istediği yere ulaşabilmektir. İkincisi ise çoğul olarak ele alınırsa, toplamda en az sıkışıklık yaratacak şekilde araç akışı sağlanmalıdır. Yani sisteme giren ve çıkan araçların sistemdeki geçirdikleri süreler, yoldaki hedeflerine uygun şekilde trafikte kalmaları önemlidir.

Problemin çözümü için; trafik sisteminin en temel birimi olan kavşak ele alınmıştır. Kavşağa bağlı gidiş dönüş yönlerine sahip dört şerit bulunmaktadır. Her şeridin sonunda trafik ışıkları mevcuttur ve araçlar bu trafik ışıklarına göre hareket edeceklerdir.



Şekil 4.1 Kavşak örneği

Karar verme, iletişim kurma ihtiyacı olan yapılar etmen olarak tasarlanmıştır. Bunlar, kavşak, şerit ve araçlardır. Bunlara ek olarak yönetici etmen tipinde bir etmen yaratılmıştır. Etmen olarak tanımlanmış yapılar ve detayları şunlardır:

4.3.1 Araç Etmeni:

Sahadaki her araç için araç etmeni yaratılacaktır. Araç etmeninin sahip olduğu özellikler, aracın fiziksel durumundan ve aracı kullanan kişiden gelen özelliklerdir. Bu özellikler, araç ontolojisi tipinde ifade edilir ve her aracın özellikleri kendi ontoloji bilgisinde yer alır. Aracın yapabildiği hareket özellikleri:

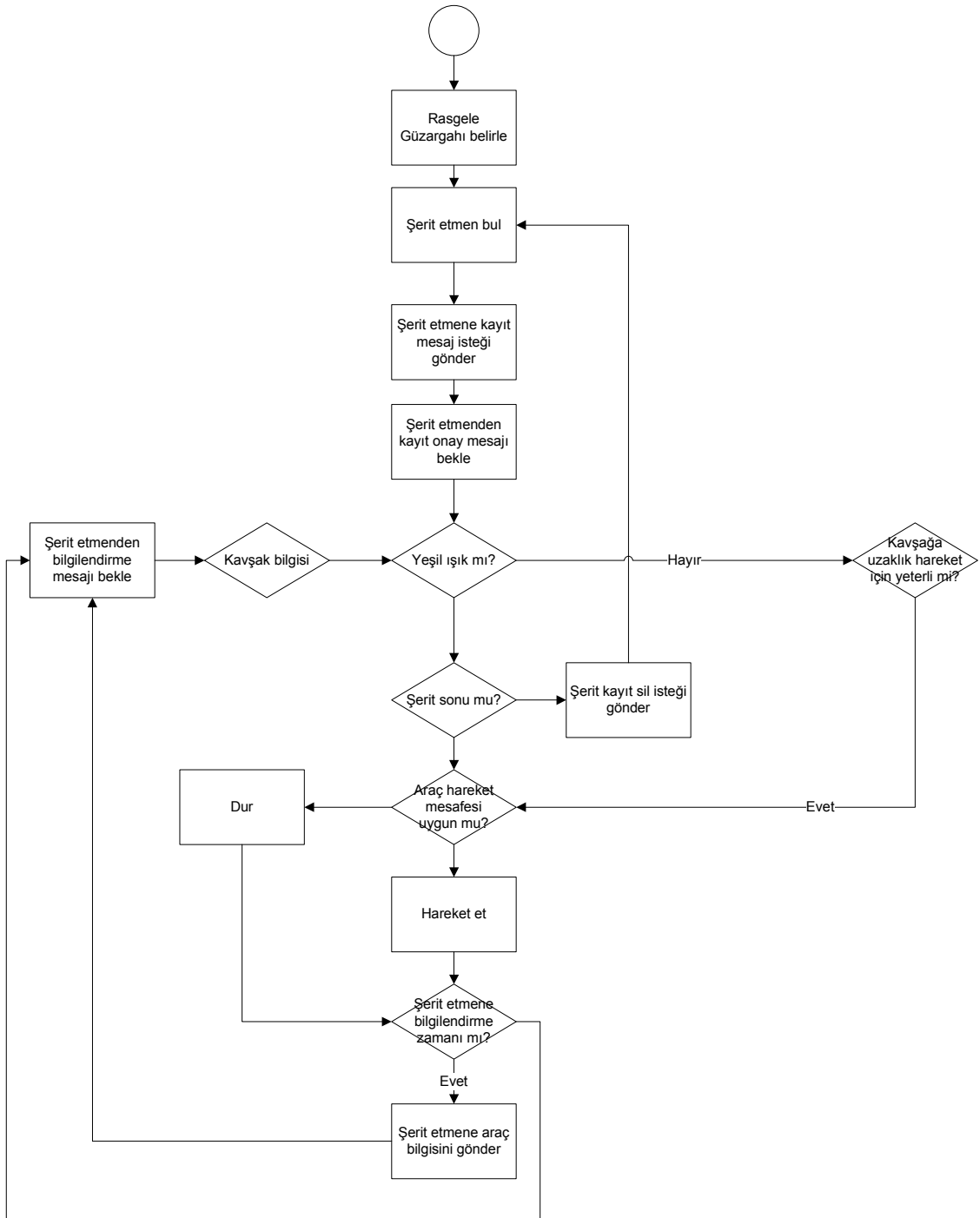
- Değişken V hızı ile Hareket etmek: Araç ileri ve geri hareket edebilir, yalnız araç etmeni için sadece ileri hareketi gerçekleşmiştir. V hızı ise anlık olarak değişebilir.
- Kavşaklardan Geçebilmek: Bir araç kavşağa belli bir mesafe yaklaştığında; eğer kavşakta trafik ışıkları varsa ışıklara uygun olarak hareket eder, durur ve ya geçer. Araç etmeni de kavşak etminden gelen bilgiye göre; hareketine devam eder.

- Bir rotaya sahip olmak: Rota bilgisi rasgele olarak etmene, sisteme dahil olduğunda atanır, kavşağa gelindiğinde ona atanan rotaya göre hareket eder.

Araç etmeninin sahip olduğu davranışlar:

- Şerit Etmen Bulmak: DF etmeninden üzerinde bulunan şerit bilgisi alınır.
- Şerit Etmene kayıt olma işlemleri: Şerit etmene kayıt isteği için SUBSCRIBE mesajı gönderilir ve şerit etmenden onay gelmesi beklenir.
- Araç Bilgisini Şerit etmene göndermek: Düzenli olarak şerit etmene INFORM mesajı ve araç ontolojisi gönderilerek şerit etmen bilgilendirilir.
- Şerit Bilgisini beklemek: Şerit etmenin gönderdiği kavşak ve yol bilgisi mesajı beklenir.
- Hareket etmek: Şerit etmenden gelen bilgiyi ve yolun durumunu (N uzaklıkta araç olmaması) kontrol ederek etmen hareketini gerçekleştirir.
- Şerit etmene kayıt sil mesajı göndermek: Araç etmen üzerinde bulunduğu şeridin sonuna geldiğinde, şerit etmenine kaydını sildirebilmek için CANCEL mesajı gönderir.

Araç etmenin çalışma algoritması akış diyagramı şu şekildedir:



Şekil 4.2 Araç etmeni çalışma algoritması

4.3.2 Şerit etmeni:

Her şerit; şerit etmen tipinden etmen ile yaratılmış ve araçlar ile kavşak arasında mesajlaşmada ara yüz oluşturmuştur. Şeridin sahip olduğu özellikler; çift yönlü, N araç

kapasitesine sahip olması ve kavşağa bağlı olmasıdır. Sahip olduğu bilgiler ise; üzerindeki her araca ilişkin araçların ontolojisiyle gelen bilgilerdir. Ayrıca kendine ilişkin bilgileri de şerit ontolojisinde tutar.

Şerit, araçların hareket edebilmesi için fiziksel bir alan sunar, hiç bir eylem gerçekleştirmez. Dolayısıyla şerit etmeninin sahip olduğu davranışlar artı bir özelliktir.

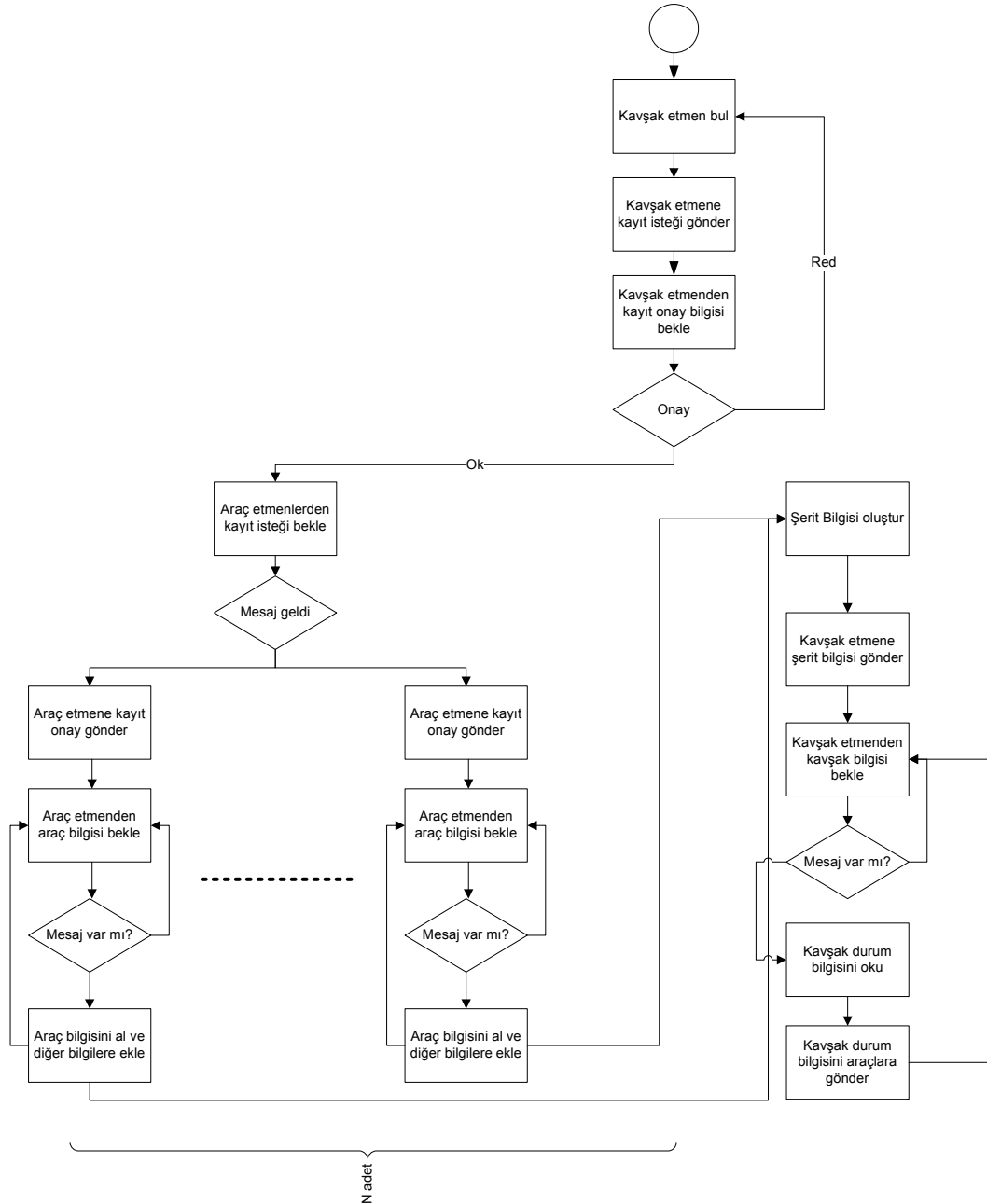
Şerit etmeninin sahip olduğu davranışlar:

- DF etmene kayıt yaptırmak: Kendini araç etmenlerin bulabilmesi için DF etmenine kayıt yaptırır
- Kavşak etmeni bulmak: DF etmeninden bağlı olunan kavşak etmeni bilgisi alınır.
- Kavşak Etmene kayıt olma işlemleri: Kavşak etmene kayıt isteği gönderir ve kavşak etmenden kayıt isteği bekler.
- Şerit Bilgisini Kavşak etmene göndermek: Araçlardan gelen bilgilere göre oluşturulan şerit bilgisi düzenli olarak şerit ontolojisi içinde kavşak etmene gönderilir.
- Kavşak Bilgisini beklemek: Kavşak etmenden gelen kavşak bilgi mesajlarını bekler
- Araç kayıt işlemleri: Şeride yeni dahil olacak araçların kayıt istek mesajlarını bekler. İsteklerini onaylar ve araç etmene kayıt onay mesajı gönderir.
- Araç bilgisi beklemek: Düzenli olarak araçların gönderdiği araç ontolojilerini bekler, alınan bilgiyle beraber kendi bilgi tablosunu günceller
- Araca şerit bilgisi göndermek: Kavşak etmenden gelen bilgiler şerit üzerindeki tüm araçlara dağıtılır.
- Araçtan kayıt silme işlemleri: Şerit sonuna gelen araç etmenlerinden kayıt silme isteği beklenir ve alındığında araca kayıt silindi onay bilgisi gönderilir. Şerit bilgileri güncellenir.

Şerit etmen her zaman mesaj bekleme ve mesaj gönderme halindedir. En önemli özelliği araçlardan gelen bilgi mesajlarını kavşak etmen için anlamlı hale getirerek kavşağa bilgilendirme mesajı göndermektir. Şerit etmen gereksiz görülebilir. Tasarım araç etmenlerle kavşak etmenler iletişim kuracak şekilde de yapılabilirdi. Ama sadece bir etmenin tüm etmenlerle sıklıkla konuşmasının performans düşürücü olabileceği düşünülmüştür. Dolayısıyla şerit etmenler yaratılmıştır. Şerit etmeni aynı şekilde kavşak etmenden mesaj

bekleyip, gelen mesajları uygun formata sokarak kendi listesindeki tüm araçlara gönderir. Şerit etmenin kavşak etmene gönderdiği mesajın içeriği şerit ontolojisi tipindedir.

Şerit etmeni çalışma algoritması akış diyagramı şu şekildedir:



Şekil 4.3 Şerit etmeni çalışma algoritması

4.3.3 Kavşak Etmeni:

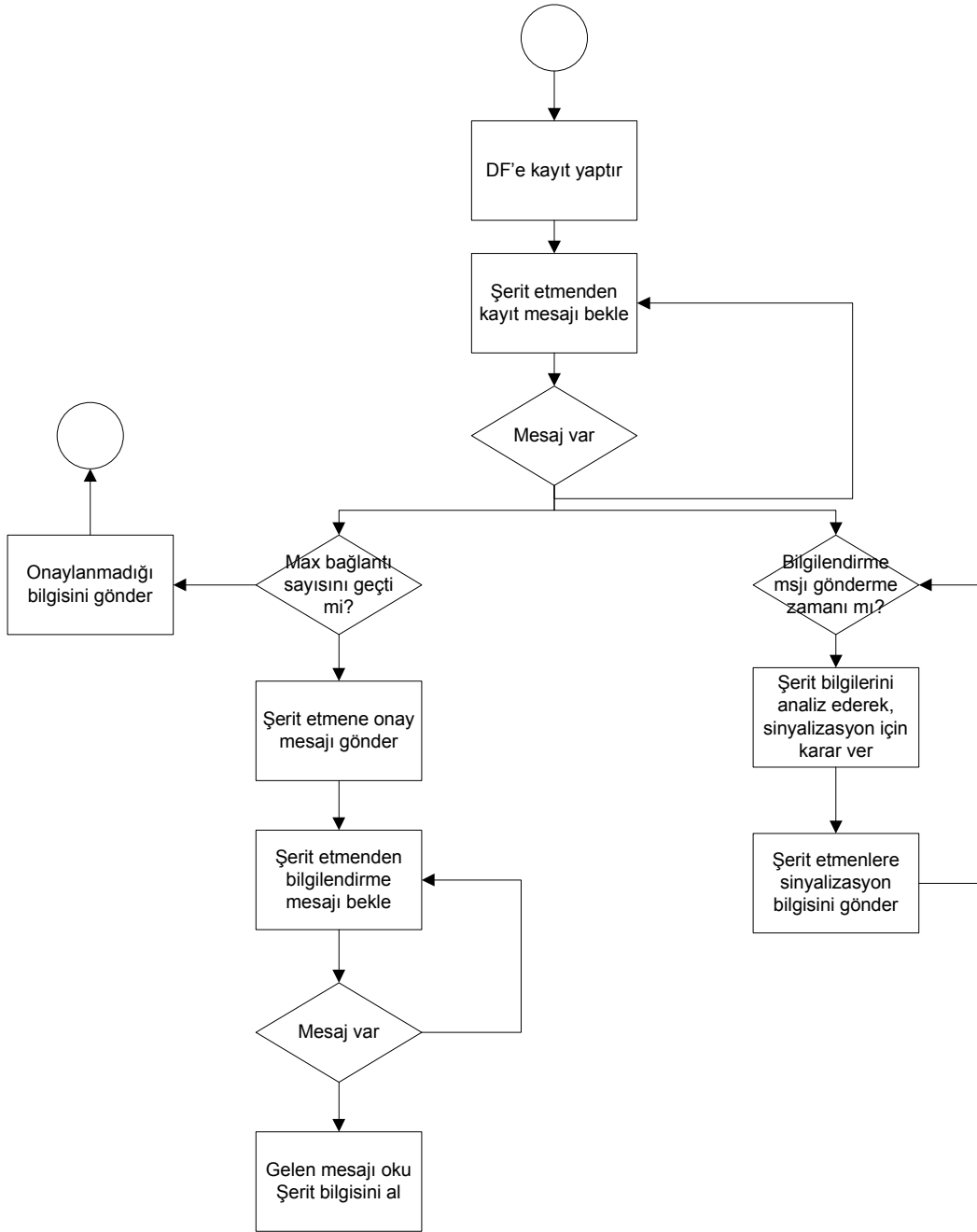
Trafik ışıklarını yönetecek ve sinyalizasyona karar verecek olan etmendir.

Kavşak etmeninin sahip olduğu bilgiler: Kavşak etmeni şerit etmenlerden gelen bilgilerle beslenir, kendine ait bilgileri oluşturarak kavşak ontolojisinde taşır.

Kavşak Etmeninin Sahip Olduğu Davranışlar:

- DF etmene kayıt yaptırma: Kendini şerit etmenlerin bulabilmesi için DF etmenine kayıt yaptırır
- Şerit Kayıt İşlemleri: Şerit Etmeden kayıt istek mesajı beklenir, alındığında ise Şerit etmene kayıt onay bilgisi gönderilir.
- Şerit Etmeden şerit bilgisi bekleme: Şerit etmenlerden şerit bilgi mesajları beklenir, alınan bilgilere göre kavşak durumu güncellenir.
- Kavşak Bilgisini gönderme: Düzenli olarak sinyalizasyon bilgisi şerit etmenlere gönderilir
- Şerit etmenlerden mesaj bilgisi bekleme sunucusu: Şerit etmenlerden gelen mesajları karşılayabilmek için CyclicBehaviour tipinde davranış tanımlanmıştır. Her şerit etmen için SeritEtmedenMesajBekle davranışı tanımlanır. Bu davranışı kullanmaktaki amaç; aynı anda farklı şeritlerden gelen mesajları tutabilmek ve her şerit etmeni için ayrı bir kanaldan iletişimi sağlayabilmek ve şerit kavşak konuşmalarının karışmasını önlemektir. Bu şekilde tanımlandığında; kavşak etmeninin aynı anda birden fazla şerit etmenle konuşabilmesi sağlanır. Etmenler arasındaki mesajlaşma aşamalı olabilir. Bazı işlerin ön koşulu olabilir, kavşak etmen konuştuğu şerit etmenle ilgili hangi aşamaya geldiğinin bilgisine sahip olacağından, hatalı mesaj gönderme olasılığı da düşmüştür.

Kavşak etmenin çalışma algoritmasının akış diyagramı şu şekildedir:



Şekil 4.4 Kavşak etmeni çalışma algoritması

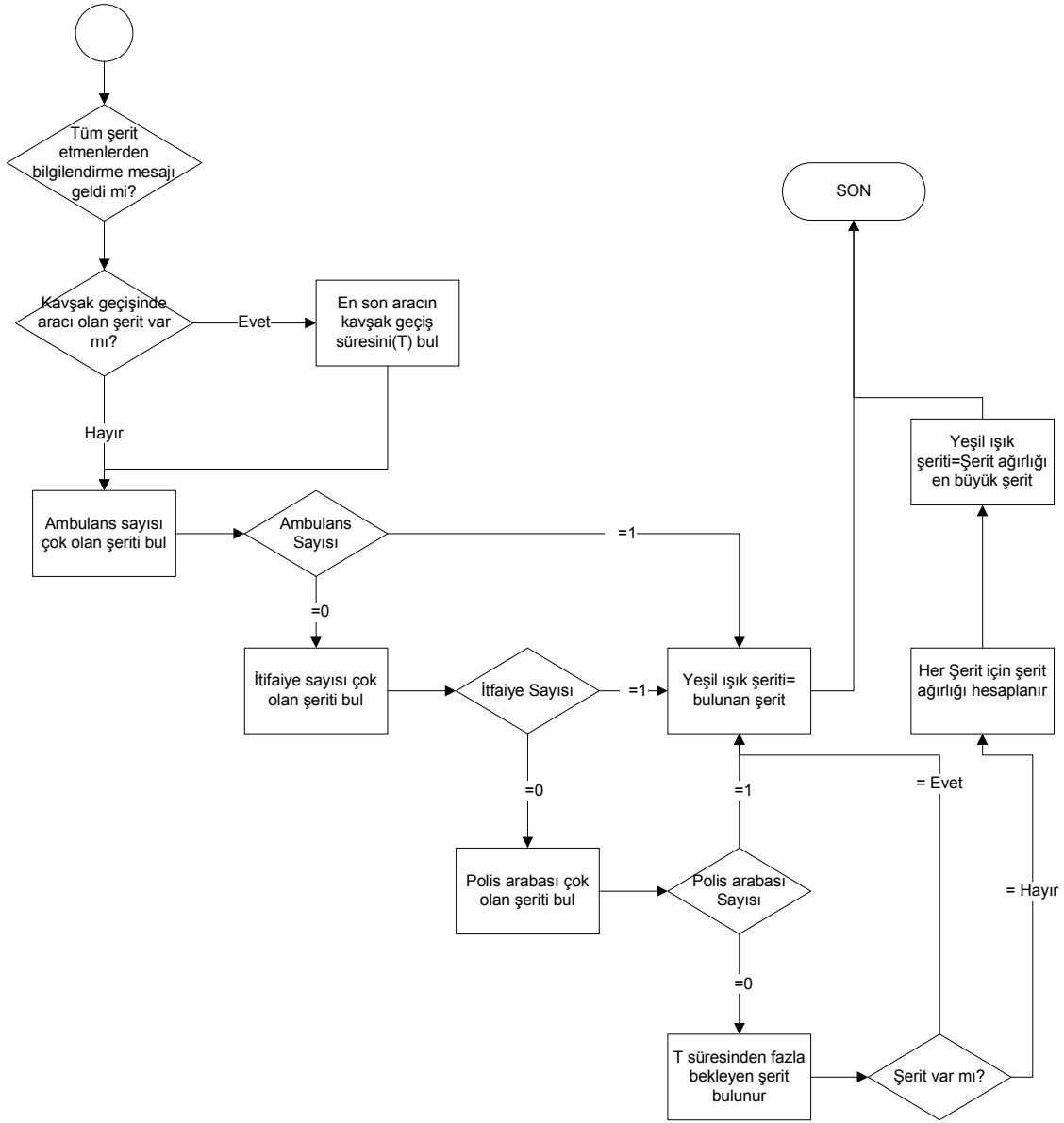
4.3.3.1 Kavşak Etmenin Karar Verme Algoritması

Sinyalizasyon mekanizmasına göre farklılık gösteren iki kavşak etmen tipi vardır. Bunlar günlük hayatta kullanılan standart kavşak ve çözüm olarak önerilen akıllı kavşaktır. Kavşak etmenlerin trafik ışıklarını yönetme algoritmaları farklıdır.

4.3.3.1.1 Akıllı Kavşak Karar Verme Algoritması

Kavşak etmen TickerBehaviour davranışından türetilmiş olan SeritEtmenlereBilgiGonder davranışında; şerit etmenlerden gelen mesajları değerlendirerek ürettiği sonucun araç etmenlere dağılması için şerit etmenlere gönderir. Sinyalizasyon karar verme mekanizmasında; önceliğe sahip olan etmenlerin kontrolü yapılır. Eğer önceliğe sahip etmen varsa, bu araçların bulunduğu şerit geçiş hakkına sahip olur. Geçiş önceliği olan araç yoksa her şeridin trafik ağırlığı oluşturulur ve ağırlığı en büyük olan şeride geçiş hakkı tanınır.

Kavşak etmen karar verme algoritması akış diyagramı şu şekildedir:



Şekil 4.5 Kavşak etmen sinyalizasyon karar verme mekanizması

Şerit ağırlığını (4.6) eşitliği kullanarak hesaplamak için (4.1), (4.2), (4.3), (4.4), (4.5) eşitliklerinden ara değerler hesaplanır.

$$C_{\max}: \text{Max}(C_1, C_2, \dots, C_N) \quad (4.1)$$

$$P_{\max}: \text{Max}(P_1, P_2, \dots, P_N) \quad (4.2)$$

$$D_{\max}: \text{Max}(D_1, D_2, \dots, D_N) \quad (4.3)$$

$$V_{\max}: \text{Max}(V_1, V_2, \dots, V_N) \quad (4.4)$$

$$T_{\max}: \text{Max}(T_1, T_2, \dots, T_N) \quad (4.5)$$

$$\delta_N = E_C * (C_N / C_{\max}) + E_P * (P_N / P_{\max}) + E_D * (D_N / D_{\max}) + E_V * (V_N / V_{\max}) \quad (4.6)$$

Ağırlık değerine göre kıyaslandığında geçiş hakkına sahip şerit: Ağırlık değeri $\delta_{\max}$ olan şerittir. (4.7) eşitliği kullanılarak bu sonuca ulaşılır.

$$\delta_{\max} = \text{Max}(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_N) \quad (4.7)$$

E_C, E_P, E_D, E_V değerleri kavşak karar verme süreci etkilerine bakılarak atanmıştır. Örnek olarak araç sayısı yeşil ışık yanması gereken şeriti belirlemekte en büyük ağırlığa sahiptir.

4.3.3.1.2 Standart Kavşak Karar Verme Algoritması

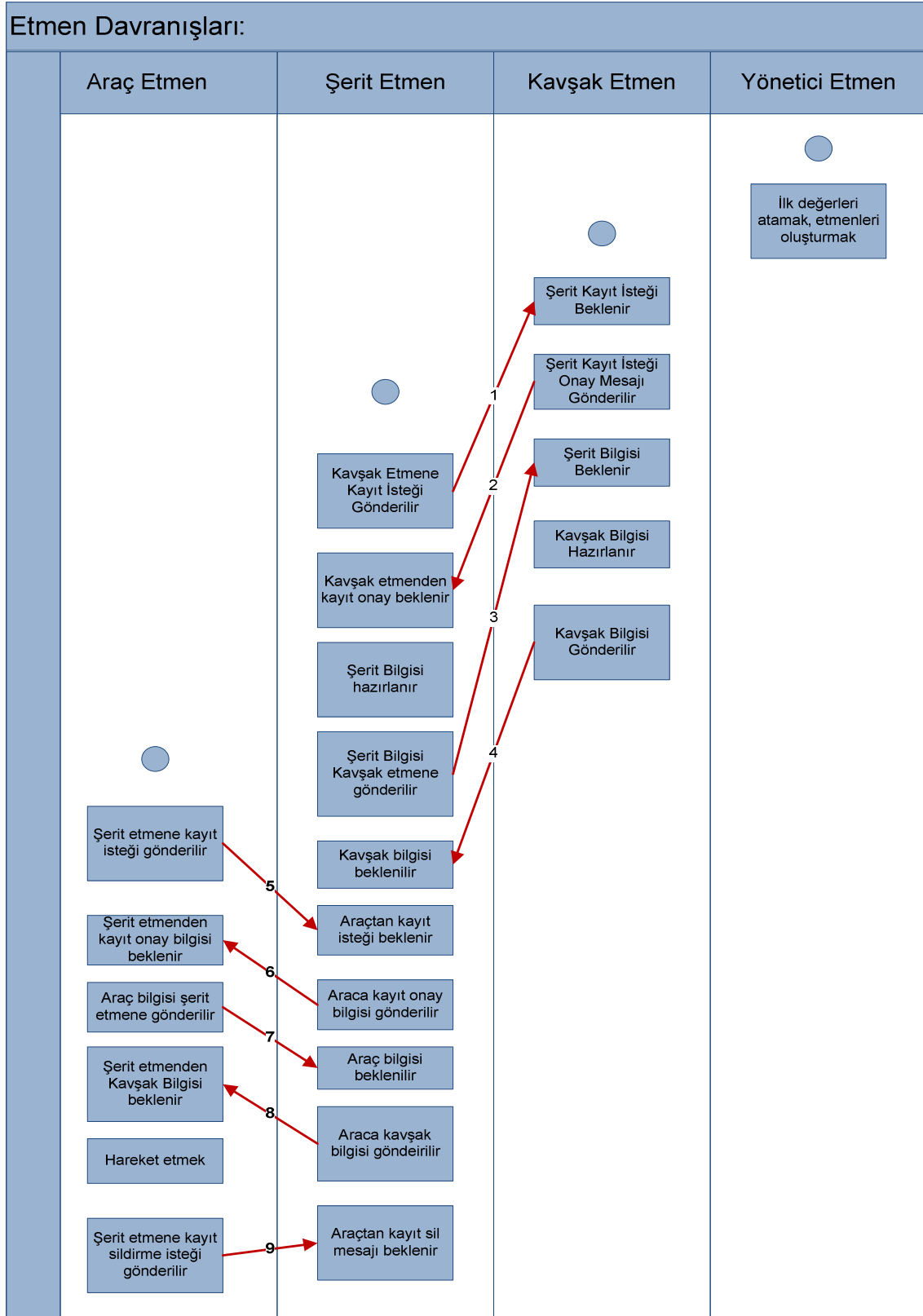
Kavşak etmen, TickerBehaviour davranışından türetilmiş olan SeritEtmenlereBilgiGonder davranışında; sıradaki şerit etmen için yeşil ışık yanmasını sağlar. Kavşak etmen, tuttuğu şerit bilgilerinden faydalanarak şerit etmenler arasında sinyalizasyonun periyodik olarak yapılmasını sağlar. Şeritler arasında öncelik yoktur.

4.3.4 Yönetici Etmen:

Çeşitli sabitlerin hesaplanabilmesi, rasgele değerlerin atanmasını sağlayan etmendir. Araç etmenlerin yaratılmasını sağlar.

4.3.5 Etmen Davranışlarının Bağlılık Şeması:

Etmenler; kendilerine eklenen mesaj gönderme ve alma davranışları ile birbirlerini etkileyerek çalışmaktadırlar. Mesajlaşma asenkron yapılmaktadır, dolayısıyla bir etmen mesaj göndermek için başka bir işini geciktirmeyecektir. Benzer olarak mesaj bekleyen bir etmen, mesaj beklerken başka işlerini de yapabilecektir. Aşağıdaki şekilde araç, şerit ve kavşak etmenlerinin etmenler arası davranış ve mesaj bağlılıkları gösterilmiştir. Bir etmenin davranışının çıktısı olan bir mesaj, başka bir etmenin davranışının girdisi olabilmektedir.



Şekil 4.6 Etmen davranışlarının bağılılık şeması

Çizelge 4.1 Etmen Mesaj Çizelgesi

	Kaynak	Hedef	Mesaj Adı	Mesaj Performatifi	Mesaj İçeriği
1	Şerit	Kavşak	Kayıt istek mesajı	SUBSCRIBE	Şerit ontolojisi
2	Kavşak	Şerit	Kayıt Onay mesajı	ACCEPT	
3	Şerit	Kavşak	Bilgilendirme mesajı	INFORM	Şerit ontolojisi
4	Kavşak	Şerit	Bilgilendirme mesajı	INFORM_IF	Kavşak ontolojisi
5	Araç	Şerit	Kayıt istek mesajı	SUBSCRIBE	Araç ontolojisi
6	Şerit	Araç	Kayıt onay mesajı	ACCEPT	
7	Araç	Şerit	Bilgilendirme mesajı	INFORM	Araç ontolojisi
8	Şerit	Araç	Bilgilendirme mesajı	INFORM	Kavşak ontolojisi
9	Araç	Şerit	Şerit iptal mesajı	CANCEL	

4.3.6 Ontolojiler:

Mesajlaşmada özelleşmiş bilgilerin taşınabilmesi için araçlar, şeritler ve kavşak etmenlerin kullanabileceği yapılar yaratılmıştır. Her etmen tipi için tanımlanmış olan yapılar aşağıda anlatılmıştır:

4.3.6.1 Araç Bilgi Ontolojisi:

Araç etmenlerin şerit etmenlere gönderdiği bilgilerin yapısıdır. Şerit etmenler bu bilgileri çözümleyip, özet hale getirerek kavşak etmene iletirler. Bu yapıda yer alan araçlara ilişkin

bilgiler şunlardır:

- Aracın anlık hızı: Araçların hızları değişkendir, yol durumuna göre ayarlanması gerekir.
- Araçtaki kişi sayısı: İçinde seyahat halinde bulunan kişi sayısı fazla olan araçların önceliği olmalıdır.
- Maksimum hızı: Aracın ulaşabileceği en büyük hız miktarıdır. Arabalar, ağır vasıtalarla göre daha hızlıdır.
- Aracın rotası: Aracın; kavşağa gelince gidebileceği yolu belirtir. Sağa, sola dönüş ve ya ileri olarak hareket edebilirler.
- Aracın plakası: Aracı belirten tekil belirteçtir.
- Acil durum katsayısı: Aracın türünü belirler: ambulans, itfaiye aracı, polis arabası, normal araç olabilir.
- İsim: Araç etmeninin isim bilgisidir.
- Aid: Etmen havuzunda araç etmenine atanmış tekil bilgidir.

4.3.6.2 Şerit Bilgi Ontolojisi:

Şerit etmenlerin; üzerinde olan araçlardan aldığı bilgilere göre oluşturduğu ve kavşak etmenle bu bilgileri paylaşmakta kullandığı bilgi yapısıdır. Bu yapıda yer alan şeritlere ilişkin bilgiler şunlardır:

- Acil durum türüne göre araç sayısı: Her durum tipine şerit etmende bulunan araç sayısı bilgisidir.
- Kavşağa en yakın araç hakkında bilgiler: kavşağa uzaklığı ve hızıdır.
- Toplam ağırlık: Şeritteki araçların toplam ağırlığıdır.
- Toplam kişi sayısı: Şeritteki araçlarda bulunan toplam kişi sayısıdır.
- İsim: Şerit etmeninin isim bilgisidir.
- Aid: Etmen havuzunda şerit etmenine atanmış tekil bilgidir.

4.3.6.3 Kavşak(Işık) Bilgi Ontolojisi:

Kavşak etmeninden şerit etmenine, şerit etmenden de araç etmenine gönderilen bilgidir. Şerit etmen aldığı kavşak bilgisini doğrudan araç etmenlere gönderir.

- Işık Türü: Trafik ışık(Kırmızı/Yeşil) bilgisidir.
- İsim: Kavşak etmeninin isim bilgisidir.
- Aid: Etmen havuzunda kavşak etmenine atanmış tekil bilgidir.

4.3.7 Mesaj Tipleri:

Her etmenin amacına göre; göndereceği ve beklediği mesaj tipleri belirlenmiştir. Mesajın başlık bilgisinde yer alan mesaj dili, kodlama dili ve ontoloji bilgisine göre alan etmen mesajı çözümlemektedir. Kendi mesaj tanımlarında olmayan bir mesaj geldiğinde mesajı çöpe atmaktadır. Tanımlanmış olan mesajlar ve özellikleri şu şekildedir:

4.3.7.1 Araç Etmen Mesajları:

- Şerit Etmeni Bilgilendirme Mesajı: Araç etmeni kendisine ait anlık bilgileri şerit etmene iletmek için; bu mesaj tipini kullanır.

Mesaj Tipi: ACLMessage

Mesaj performatifi: INFORM

Gönderilen Bilgi: Araç ontolojisi

Gönderen: Araç etmeni

Alan: Şerit etmeni

- Şeritten değiştirme isteği mesajı: Bir araç bulunduğu şeritten başka bir şeride geçecek olduğunda ilk önce üzerinde bulunduğu şeritten kaydını sildirmelidir. Kayıt sildirmek için bu mesaj kullanılır.

Mesaj Tipi: ACLMessage

Mesaj performatifi: CANCEL

Gönderilen Bilgi: Araç ontolojisi

Gönderen: Araç etmeni

Alan: Şerit etmeni

- Şerit kayıt yaptırma isteği: Her aracın trafiğe çıkabilmesi için şerit etmene kayıt yaptırması gereklidir. Araçların şerit etmene kayıt isteği ve kendi bilgilerini gönderebildikleri mesaj türüdür.

Mesaj Tipi: ACLMessage

Mesaj performatifi: SUBSCRIBE

Gönderilen Bilgi: Araç ontolojisi

Gönderen: Araç etmeni

Alan: Şerit etmeni

4.3.7.2 Şerit Etmen Mesajları:

- AracEtmenlerineBilgiGonder Mesajı: Araç etmenlerine anlık kavşak ve şerit bilgisini göndermek için kullanılan mesaj tipidir.

Mesaj Tipi: ACLMessage

Mesaj performatifi: INFORM

Gönderilen Bilgi: Şerit ontolojisi

Gönderen: Şerit etmeni

Alan: Tüm araç etmenleri

- KavsakEtmeneKayıtYaptir Mesajı: Şerit etmenin yönettiği şeridin bağlı olduğu kavşağın etmenine kayıt yaptırmak için kullandığı mesaj tipidir.

Mesaj Tipi: ACLMessage

Mesaj performatifi: SUBSCRIBE

Gönderilen Bilgi: Şerit ontolojisi

Gönderen: Şerit etmeni

Alan: Kavşak etmeni

- Kayıt onay mesajı: Şerit etmenlerin araç etmenlerden gelen kayıt isteğini onayladığını iletmek için kullandıkları mesaj tipidir.

Mesaj Tipi: ACLMessage

Mesaj performatifi: AGREE

Gönderilen Bilgi: Şerit ontolojisi

Gönderen: Şerit etmeni

Alan: Araç etmeni

4.3.7.3 Kavşak Etmen Mesajları:

- Şerit Kayıt istek onay: Şerit etmeden gelen kavşak isteklerinin kabul edildiğini bildirmek için kullanılan mesaj türüdür.

Mesaj Tipi: ACLMessage

Mesaj performatifi: AGREE

Gönderilen Bilgi: Kavşak ontolojisi

Gönderen: Kavşak etmeni

Alan: Şerit etmeni

- Şerit etmen bilgilendirme mesajı: Sık aralıklarla kavşağın anlık durumunu şeritlere iletmek için kullanılan mesaj türüdür.

Mesaj Tipi: ACLMessage

Mesaj performatifi: INFORM_IF

Gönderilen Bilgi: Kavşak ontolojisi

Gönderen: Kavşak etmeni

Alan: Şerit etmeni

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çözüm önerisinin başarısını ölçmek için deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar hazırlanan simülasyon programı kullanılarak yapılmıştır. Sistemde kavşak etmeni; karar verme mekanizmasını kullanarak sinyalizasyona karar vermektedir. Yapılan deneylerde genel amaç; etmen kullanarak gerçekleştirilmiş olan sistemin başarısını ölçmektir. Bunun için de kavşak etmenin yönettiği sinyalizasyon mekanizması üzerine deneyi kurmak gerekir. Yapılan ölçümü değerlendirmek için gerekli olan parametreler; kavşaktan geçen araç tipine göre araç sayıları, her aracın sistemden geçiş zamanı ve süresidir. Deneylerde akıllı ve standart kavşak mekanizmaları kullanılmıştır, akıllı kavşağın başarısını gösterebilmek için standart kavşak ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Standart kavşak, trafik sinyalizasyonunda her yön için eşit sürelerde yeşil ışık yanmasını sağlar. Kendine atanmış olan değişim sıklığına göre trafik sinyalizasyonunu yapar. Akıllı ve standart kavşakla yapılan deneylerde kullanılan altyapı aynıdır, sadece kavşak karar verme süreci farklıdır. Standart kavşak ile günlük hayattaki trafik sinyalizasyonu kastedilmiştir.

Deneylerde ilk olarak, standart ve akıllı kavşak sistemi için optimum değişim sıklığı

bulunmuştur. Diğer deneylerde, ilk deneyde bulunan en uygun değişim sıklıkları kullanılarak kavşakların performans durumu üzerinde yorum yapılabilecek değerler elde edilmiştir.

Deneylerde, sisteme rasgele olarak araç etmen dahil edebilmek için yönetici etmeden faydalanılmıştır. Sistemde, başlatılan araç etmenleri arasındaki zaman farkına bağlı olarak yoğun ve normal olmak üzere iki çeşit trafik yaratılır. Araç etmenlerinin yaratılma zamanı arasındaki süre trafiğinin yoğunluğunu belirler. Araçlar yaratılmadan önce bekle fonksiyonu çağrılır. Bu fonksiyonun içinde normal trafik için bitiş değeri 0–999.999.990 arasında olan rasgele değerle sonlanan iç içe iki döngü çalıştırılır. Yoğun trafik için ise bitiş değeri 0–99.999.990 olan iç içe iki döngü kullanılır. Yaratılan yoğun trafikte araçlar zamanla tampon tampona gelecek kadar arka arkaya yaratılmış olur, normal trafikte ise akışın sonlarına doğru şeritlerde araç sıraları oluşmaya başlar.

Araçların şeritlerdeki dağılımı uniform ve normal dağılım kullanılarak oluşturulur. Normal dağılımda araçlar kimi şeritler üzerinde yoğunlaşacaktır, uniform dağılımda ise her şeritte eşit oranda araç olacaktır.

Her araç sisteme giriş, çıkış, toplam kalış süresi, araç türü, araç plakası gibi bilgilerini veritabanına kaydeder. Deney tamamlandıktan sonra veritabanından alınan bilgiler kullanarak istatistik bilgileri oluşturulur.

Tekil araç bazında aracın en kısa sürede kavşaktan geçmesi, kavşak bazında ise genel trafiği en kısa sürede dağıtabilmesi önemlidir. Geçiş önceliği olan araçların kavşaktan kısa sürede geçmesi ama geçerken de diğer araçların geçiş düzenini olumsuz etkilememesi önemlidir. Deneyler bu önemli noktaları izleyebilmek amacıyla düzenlenmiştir.

5.1 Optimum Sinyalizasyon Periyotunun Bulunması

5.1.1 Amaç:

Bu deneyde amaç; akıllı kavşak sistemi ile standart kavşak sisteminin sinyalizasyon periyotlarını değiştirerek bu sistemler için en uygun olan değişme periyodunu bulmaktır. Bulunan en uygun periyot diğer deneylerde kullanılacaktır. Aynı zamanda bu deney ile birlikte, yaratılan trafiği akıllı ve standart kavşağın dağıtma süreleri de izlenebilecektir.

5.1.2 Öngörüler:

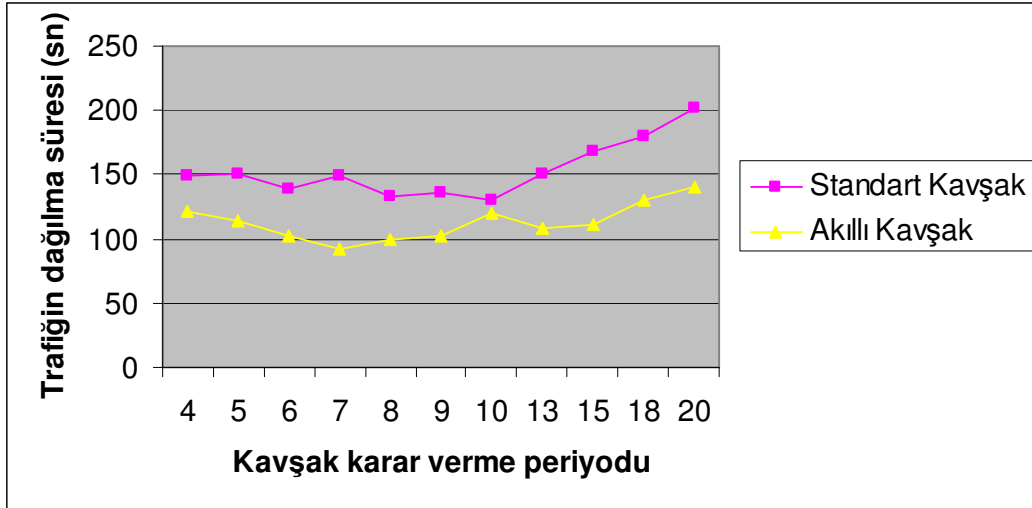
Akıllı ve standart kavşak için sinyalizasyon karar verme periyodunun küçük bir değer olacağı

öngörülmüştür. Çünkü sinyalizasyon süresinin kısalığı sayesinde kavşak, ortam değişimlerine uyabilmektedir, bu sayede de trafiğin akışı hızlandırılabilir. Trafiğin dağılma süresinin akıllı kavşak ile yönetilen trafikte daha düşük olması beklenmektedir. Çünkü şeritlerden gelen bilgileri değerlendirerek adaptif davranabilmektedir.

5.1.3 Deneyin Gerçeklenmesi:

Deney Seti: Deney için 40 araçlık normal yoğunlukta trafik yaratılmıştır. Akıllı kavşak sistemi karar verme mekanizma periyodu 4 sn–20 sn aralığında değiştirilmiştir. Periyot 4 sn olarak atandığında kavşak 4 saniyelik aralıklarla şerit etmenlere trafik ışık bilgisini oluşturarak göndermektedir. Standart kavşak ise, trafik ışıklarını yönetebilmek için bir dizi tutmaktadır. Yeşil ışık yanması gereken sıradaki şeridi bularak, tüm şeritlere trafik ışık bilgisini göndermektedir. Her periyot ve kavşak tipi için, 40 araçlık toplam trafik akış süresi bulunmuştur.

5.1.4 Sonuçlar:



Şekil 5.1 Periyoda göre trafiğin dağılma süresi grafiği

Sonuç olarak, akıllı kavşak sistemi 7 saniyelik periyotta trafiği en kısa sürede dağıtmıştır. Standart kavşak sistemi ise 10 saniyelik periyotta trafiği en kısa sürede dağıtmıştır.

5.1.5 Yorumlar:

Kavşağın trafiği daha kısa sürede dağıtabilmesi için karar verme periyodunun küçük olması gerektiği görülmüştür. Bu sayede kavşak şeritlerdeki değişimleri yakalayabilir, trafik

oluşmasını engelleyebilir. Akıllı kavşak sistemi ile trafiğin daha kısa sürede dağıtıldığı gözlenmiştir. Bu da araçların kavşakta daha az beklediğinin göstergesidir.

5.2 Normal ve Yoğun Trafikte Kavşaktan Geçen Araç Sayısının İncelenmesi

5.2.1 Amaç:

Amaç; normal ve yoğun trafikte zamana bağlı olarak akıllı ve standart kavşaktan geçen araç sayısı ölçmektir. Elde edilen sonuçlar, standart ve akıllı kavşağın normal ve yoğun trafiği yönetme başarısı göstermektedir.

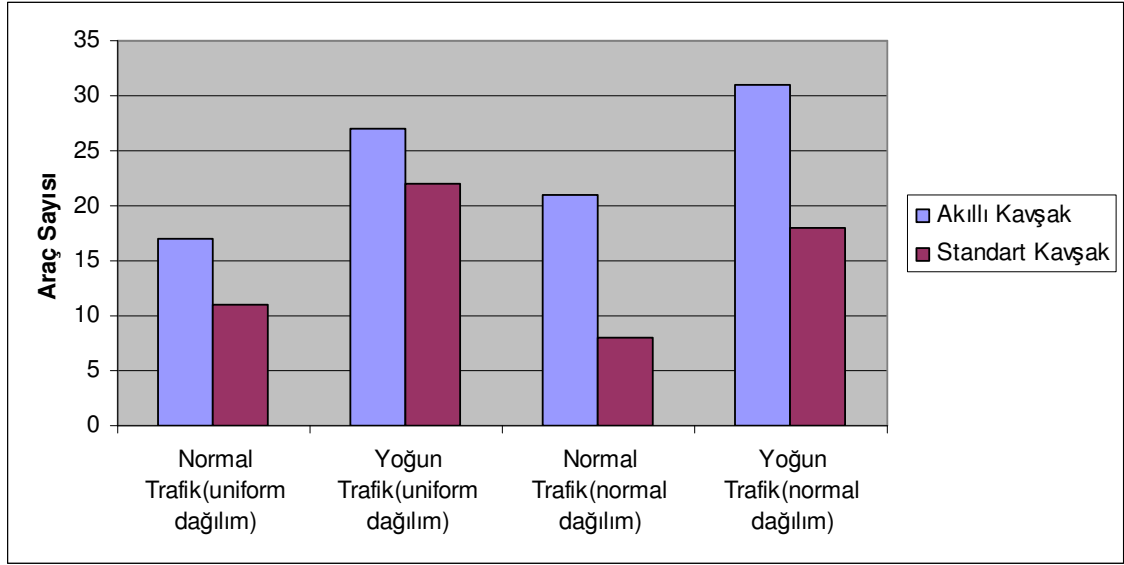
5.2.2 Öngörüler:

Akıllı kavşak kullanılan trafikte bir dakika içinde sistemden geçen araç sayısının standart kavşak kullanılan trafiğe göre daha fazla olması beklenmektedir. Yoğun trafikte normal trafiğe göre her iki kavşak tipinde de normal trafiğer göre daha çok araç geçmesi beklenir. Akıllı kavşak sisteminin, şerit bilgisi normal dağılımla oluşturulan araç trafiğinde uniform dağılımla oluşturulmuş trafiğe göre daha çok araç geçirebilmesi beklenir, çünkü ışık değişimi daha az olacaktır. Standart kavşağın ise normal dağılımla yaratılan şerit bilgisine sahip araçların akışında uniform dağılım kullanılarak şeritleri atanmış araç akışına göre daha az başarılı olacağı öngörülmüştür.

5.2.3 Deneyin Gerçeklenmesi:

Deney Seti: 40 araçlık çok yoğun ve normal yoğunlukta trafik yaratılarak; bir dakika içinde kavşaktan geçen araç sayısı ölçülmüştür. Doğru bir karşılaştırma yapabilmek için, araçlar arasında geçiş önceliği olan araçlar yaratılmamıştır. Akıllı kavşak ve standart kavşak için ilk deneyde elde edilen en iyi periyotlar kullanılmıştır. Araçların şerit bilgisi uniform ve normal dağılım kullanılarak oluşturulmuştur.

5.2.4 Sonuçlar:



Şekil 5.2 1 dakika içinde sistemden çıkan araç sayısı grafiği

5.2.5 Yorumlar:

Sonuç olarak; yoğun ve normal trafikte akıllı kavşak sisteminden bir dakika içinde geçen araç sayısı standart kavşağa göre daha fazladır. Uniform dağılım için normal trafikte akıllı kavşağın başarısı daha belirgin iken, yoğun trafikte standart kavşaktan geçen araç sayısı akıllı kavşaktan geçen araç sayısına yakındır. Bunun nedeni, her şeridin araçlarla tampon tampona dolu olmasıdır. Standart kavşakta şeritlere sırayla yeşil yanar ve şerit değiştiren araçların yerine yeni araçlar gelir. Aynı durum akıllı kavşak için de geçerlidir. Şeritler arasında kıyaslama yapabilecek çok fazla özellik bulunmamaktadır, her birinde araç sayısı fazladır ve hepsinin yeşil ışığa ihtiyacı vardır. Dolayısıyla da akıllı kavşak sistemi de standart kavşakta olduğu gibi sırayla yeşil yakar hale gelir. Ama yine de şeritlerdeki araçları değerlendirip sinyalizasyona karar verdiği için yoğun ve normal trafikte daha çok aracın geçmesine olanak sağlamıştır. Normal dağılımda, normal trafikte akıllı kavşaktan standart kavşağa göre daha çok araç geçmiştir. Uniform dağılım ile karşılaştırıldığında, akıllı kavşaktan geçen araç sayısı artmış ama standart kavşaktan geçen araç sayısı da azalmıştır. Akıllı kavşakta trafik ışıkları daha az değişeceği ve trafik ışıklarında ihtiyacı olan şerit geçiş hakkına sahip olacağı için geçen araç sayısı artmıştır. Standart kavşakta kimi zaman şeritlerde araçlar uzun süre bekledikleri için geçen araç sayısı azalmıştır. Yoğun ve uniform dağılımda, kavşak trafiğe adapte olmasa bile performans kaybı çok değildir, normal trafikte kavşak trafiğe adapte

olamazsa performans kaybı çok olacaktır. Bu kaybı önlemek için kavşağın trafiğe adapte olarak geçiş hakkını yönlendirebilmesi gerekir. Bu yönlendirmeyi de akıllı kavşak yapmaktadır. Dolayısıyla normal dağılımda kavşaklardan geçen araç sayısı arasındaki fark uniform dağılımdaki kavşaklardan geçen araç sayısı farkından daha büyüktür. Sonuç (5.1) ifadesi ile gösterilebilir:

$$N_{UNA} / N_{UYS} < N_{NNA} / N_{NYS} \quad (5.1)$$

5.3 Araç Sayısının Sistemde Kalış Süresine Etkisinin İncelenmesi

5.3.1 Amaç:

Amaç; araç sayısı arttıkça, araçların sistemden çıkış sürelerini incelemektir. Bu deneyle birlikte trafiğin oluşumu karşısında kavşakların davranışları gözlemlenerek, karşılaştırılabilecektir.

5.3.2 Öngörüler:

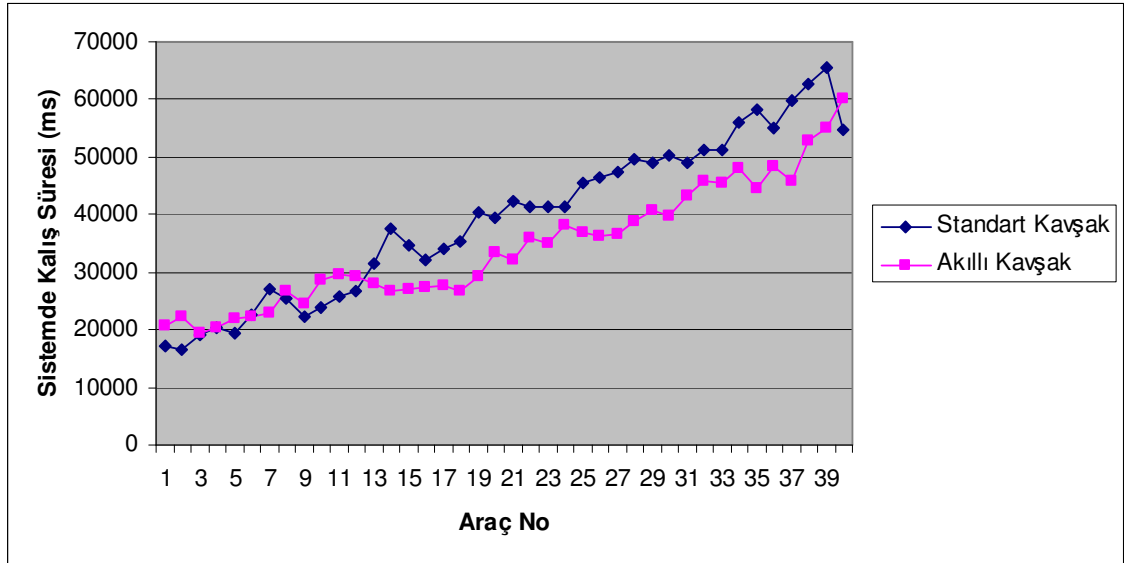
Akıllı kavşak kullanılan sistemde araçların sistemde kalış süresinin daha az olması beklenmektedir. Dolayısıyla da toplam trafiğin dağılma süresinin daha az olması öngörülmüştür.

5.3.3 Deneyin Gerçeklenmesi:

Deney Seti: Akıllı kavşak sistemi ve standart kavşak sistemi için 40 araçlık rasgele trafik yaratılmıştır. Araçların giriş ve çıkış zamanları tutularak, sistemde kalış süreleri hesaplanmıştır. Deneyde geçiş önceliği olan araç kullanılmamıştır.

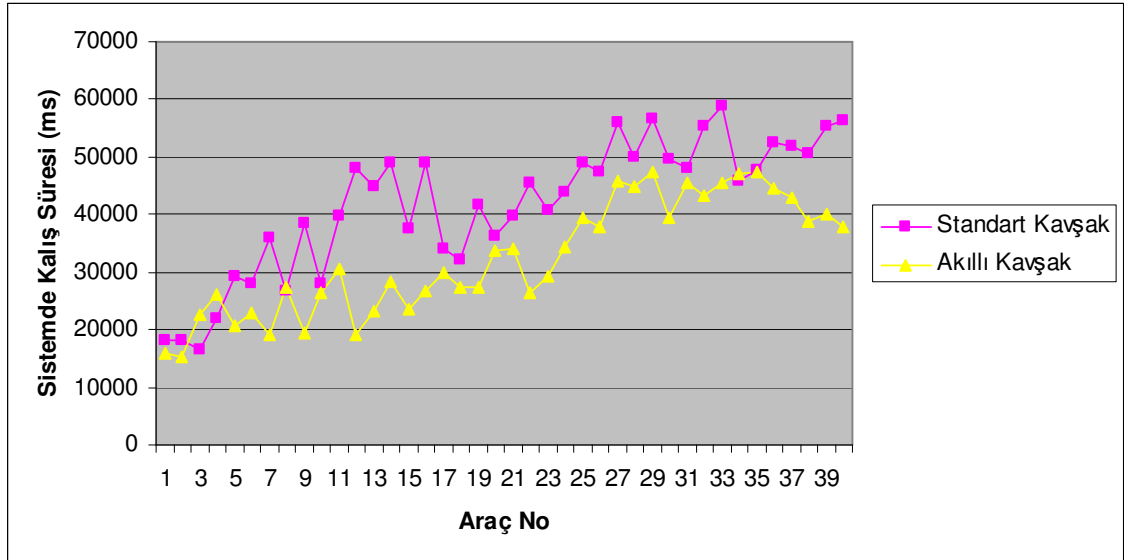
5.3.4 Sonuçlar:

Yoğun trafik oluşturulduğunda bu deneyin sonucu:



Şekil 5.3 Yoğun trafikte araçların geçiş süresi grafiği

Normal trafik ile elde edilen sonuç:



Şekil 5.4 Normal trafikte araçların geçiş süresi grafiği

5.3.5 Yorumlar:

Sonuç olarak; trafikte az araç olması bir aracın kavşaktan daha kısa sürede ayrılmasına neden olur. Araç sayısı arttıkça kavşakta bekleme süresi artmaktadır. Bu artış standart kavşakta çok fazla iken, akıllı kavşak sisteminde daha azdır. Standart kavşaktan yoğun trafikte geçen

araçların sistemden geçiş süreleri sürekli olarak artmaktadır. Normal trafikte artış bu kadar düzenli değildir. Trafik ışıkları 10 saniyelik periyotta değişir, bir şerit için 30 sn kırmızı ışık yanıyorken 10 sn yeşil ışık yanar. Bu yüzden araçların en fazla bekleme süresi yeşil ışık yanma süresi ile kavşağa yaklaşma süresinin toplamıdır. Kavşaktan geçemediği durumda ise bekleme süresine bir sonraki yeşil ışığın yanma süresi de eklenmektedir. Araç sayısı arttıkça standart kavşak yönetiminde sistemde kalış süresinin artmasının nedeni budur. Akıllı kavşak yönetiminde son yaratılan araçların da geçiş süresi azdır. Çünkü kavşak, önceki trafiği düzgün bir şekilde yönetebilmiş ve araçların sistemden çıkmasını sağlamıştır. Bu da aynı zamanda yeni araç sayılarına adapte olup, sinyalizasyonu düzenlemesiyle sağlanmıştır. Bu şekilde araçların bekleme süreleri azaltılmıştır.

Grafiklerde tek araç bazında fark izlenmiştir. Sistemdeki toplam geçiş süresini incelersek; akıllı kavşağın trafiği yaklaşık %35 daha kısa sürede dağıttığı görülmüştür.

5.4 Geçiş Önceliği Olan Araçların Kavşaktan Geçiş Süresinin İncelenmesi

5.4.1 Amaç:

Bu deneydeki amaç; geçiş önceliği olan araçların kavşaktan geçiş süresini incelemektir. Çünkü bu araçların sistemde en az süre kalarak, sistemden ayrılması önemlidir. Elde edilen sonuçlarla birlikte standart ve akıllı kavşağın farklı araç tiplerinden oluşan trafiği yönetmekteki başarısı incelenecektir.

5.4.2 Öngörüler:

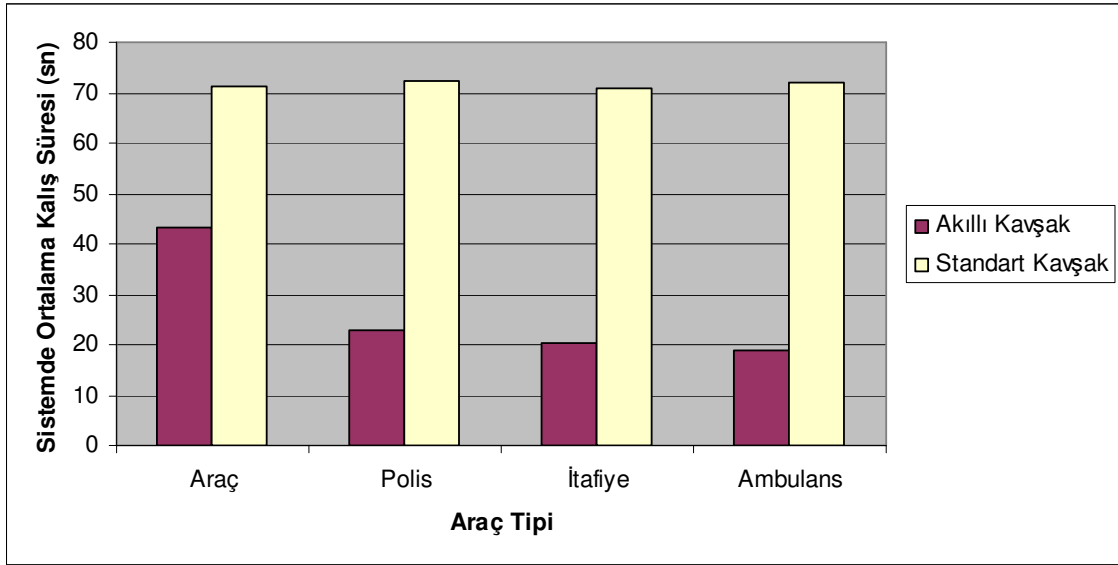
Geçiş önceliği olan araçların akıllı kavşaktan daha kısa sürede geçmesi beklenmektedir. Çünkü akıllı kavşak, sinyalizasyon için karar verirken araç tipi bilgisini de kullanır. Böylelikle geçiş önceliği olan araçların bulunduğu şeritler daha kısa sürede geçiş hakkına sahip olur.

5.4.3 Deneyin Gerçeklenmesi:

Deney Seti: Bu deney için, sistemde %5 itfaiye, %5 polis, %10 ambulans, %80 normal araç olmak üzere rasgele 50 araç yaratılmıştır. Normal ve yoğun trafikte araçların sistemde kalma süreleri akıllı ve standart kavşakta ölçülmüştür.

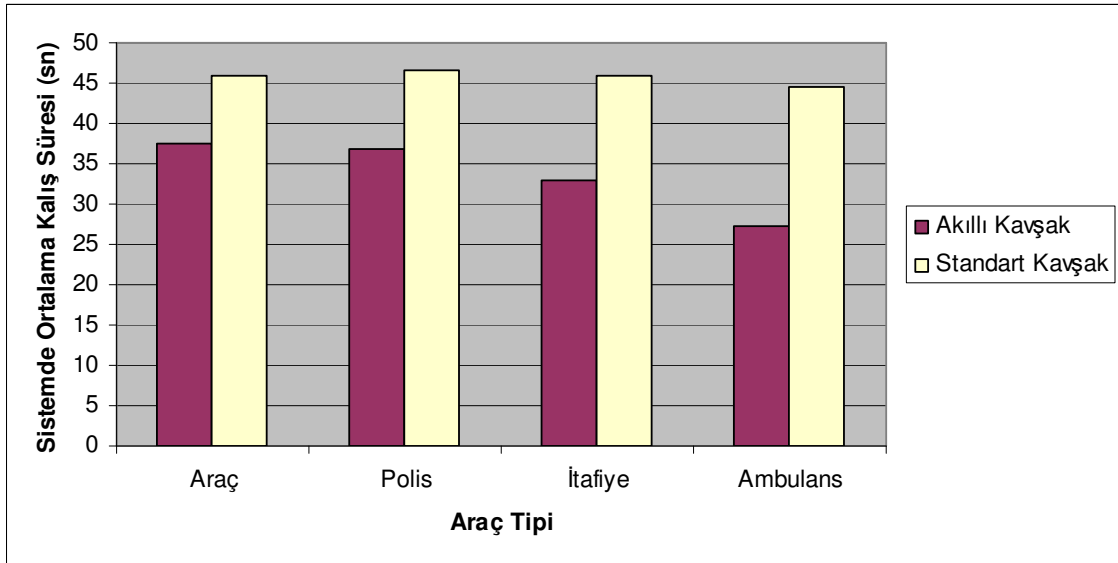
5.4.4 Sonuçlar:

Normal yoğunlukta yaratılan trafik için sonuçlar şu şekildedir:



Şekil 5.5 Normal yoğunlukta araçların ortalama geçiş süresi grafiği

Yoğun trafik için sonuçlar şu şekildedir:



Şekil 5.6 Yoğun trafikte araçların ortalama geçiş süresi grafiği

5.4.5 Yorumlar:

Normal yoğunlukta bir trafikte; standart kavşak yönetimi yapıldığında, araçlar diğer şeritler boş olsa bile kendi şeritleri için geç işareti gelene kadar beklemek zorundadır. Bu durum normal araçların sistemde kalış süresini artırmıştır. Ayrıca bu sistemin geçiş önceliği olan araçlar için sinyalizasyonda önceliği bulunmamaktadır. Dolayısıyla polis, itfaiye ve ambulans gibi araçlar şerit boş olsa bile sinyalizasyon yüzünden geçememektedir. Pratikteki uygulamada, bu araçlar sinyalizasyona bakmaksızın kavşaktan geçmeye çalışır, diğer şeritteki araçların yol üstünlüğü olan araçlara yol vermesi gerekir. Bu durum yayaları ve araç sürücülerini zorlayacak bir trafik oluşmasına neden olur. Akıllı trafik sisteminde ise geçiş önceliği olan araçlar göz önünde bulundurularak sinyalizasyon yapılır. Bu araçların üzerinde bulunduğu şeride yeşil ışık yanar ve bu araçların kavşaktan daha kısa sürede geçmeleri sağlanır. Acil durum araçlarına kavşaklarda yol verme işlemi standart ve kurallı bir şekilde yapılmış olur.

Yoğun trafikte, acil durum araçlarının kavşaklardan bir an önce geçebilmeleri gerekir. Yoğun trafikte bu süreci yönetebilmek daha da zorlaşır. Akıllı kavşak sisteminde, geçiş üstünlüğü ile ters orantılı olarak acil durum araçlarının sistemde kalış süresi azalmıştır. Standart kavşak yönetiminde araçların birbirlerinden farklı olduğu düşünülmediği için, her aracın geçiş ortalaması yaklaşık aynıdır.

6. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, yapay zekâda problem çözümünde kullanılan çoklu etmen mimarisi, çoklu etmenlerin haberleşmeleri, karar verme mekanizmaları incelenmiştir. Günümüz önemli problemlerinden biri olan trafik yönetim sistemi için önerilen çözüm çoklu etmen yapılarıyla gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu uygulama kullanılarak, çoklu etmen yapısı ile gerçekleştirilen trafik yönetim sisteminin başarısı ölçülmüştür.

Trafiği oluşturan her kararsız yapı, sistemde etmen olarak tanımlanmıştır. Araçların anlık durumları, sürücülerine bağlıdır. Şeridin durumu o an şeritte bulunan araçlara bağlıdır. Kavşak durumu ise kendine bağlı olan şeritlerdeki araçlara bağlıdır. Bu kararsızlığın nedeni olan araçlar hakkında anlık bilgiye şeridin ve kavşağın ulaşabilmesi önemlidir. Gerçekleştirilen sistemde de araçlar bilgilerini üzerinde oldukları şeritle paylaşır, şerit bilginin özeti çıkararak kavşağa iletir. Kavşak ise bu bilgiyi değerlendirerek sinyalizasyonu yönetir. Amaç araçların kavşaktan en kısa sürede ayrılmasını sağlamaktır. Bu sistemde iki yönlü

haberleşme olduğu için kararsızlık azaltılmıştır.

Sisteme giren her araç, ilk önce şerit etmenine plaka, hız gibi özelliklerini göndererek kayıt yaptırmak zorundadır. Şerit etmen, kendi üzerinde olan araçların listesini tutar ve gelen kayıt isteğine göre listesini güncelleyerek, kayıt isteğini onaylar ve ilgili araç etmene onay gönderir. Çoklu kavşak uygulamalarında, şerit etmen yoğun olduğunu düşünüyorsa ve alternatif yol gösterebiliyorsa bu isteği kabul etmeyebilir. Gerçekleştirilen sistem tek kavşak üzerine kurulu olduğu için şerit her isteği kabul etmektedir. Araç etmenler aynı periyotlarda üzerinde bulundukları şerit etmene anlık bilgilerini gönderirler. Bununla birlikte şerit, üzerindeki araçların ortalama hızı, kavşağa yakınlıkları hakkında bilgi sahibi olur.

Günlük hayata bu sistem taşınmak istendiğinde, sistem altyapısına eklentilerin yapılması gerekir. Araçların hız ve konum bilgisi, gerçekleştirilen simülasyon sisteminde yazılımsal olarak yapılmaktadır. Konum ölçeği piksel, hız ölçeği piksel/saniye'dir. Pratik uygulamada, araçlar konum bilgisini ölçebilmelidir. Bunun için telsiz duyarga ağlarından faydalanılabilir. Etmenler arasındaki haberleşmeyi sağlamak için ise, telsiz ağlar kullanılabilir. Böylelikle araçlar, şeritler, kavşaklar ve yönetsel etmenler arasında haberleşme sağlanmış olur. Haberleşmenin güvenli olması da önemlidir, başkaları tarafından zarar verilen bir sistem tarafından yönetilen trafik kaosa neden olabilir.

Araç etmenlere ihtiyaç duyulmaksızın şerit etmenlerin araçların konum ve hız bilgilerini ölçerek kavşak etmene göndermeleri ve kavşak etmenin de bu bilgiye göre sinyalizasyonu yönetmesi düşünülebilir. O da bir çözüm olabilir. Ama kavşağın karar vermesini etkileyecek araca bağlı, duyargaların ölçebileceği tipten durumlar olmayabilir. Bu durumlara örnek olarak araç tipinden ya da sürücünden kaynaklanan durumlar gösterilebilir. Hem de araçların etmen olarak tanımlanması ile araçlar ile haberleşme saplanmışır. Bu haberleşme akıllı kavşakların yol önermesi, bilgilendirme yapılması gibi başka durumlar için de kullanılabilir. Dolayısıyla araçların da etmen olarak tanımlanması ile trafikteki her nesnenin izlenebilir olmasını sağlamıştır.

Gerçek hayattaki trafik sorunları düşünülerek simülasyon programı üzerinde deney tipleri belirlenmiştir. Önerilen trafik yönetim sisteminin başarısını ölçebilmek için başka bir sistemle karşılaştırmak gerekmiştir. Bunun için de aynı sistem üzerinde standart sinyalizasyon yapabilen kavşak etmeni yaratılmışır. Standart sinyalizasyon sistemi içinde düzenli ve sıralı olarak değişen trafik ışığı mevcuttur. Kavşak etmeni, şerit sırasına göre periyodik olarak trafik lambasını ayarlayarak, şerit etmenlerini bu konuda bilgilendirir. Belirlenmiş her deney için

standart kavşak ve akıllı kavşak kullanılarak sonuçlar çıkarılmıştır.

Deney sonuçları değerlendirilirken şu şekilde değerlendirilmelidir: Bir aracın kavşakta en az sürede beklemesi bu sayede kavşaktan kısa sürede ayrılması önemlidir. Geçiş önceliği olan araçların kavşaktan en kısa sürede geçmeleri önemlidir. Kavşağın bütün trafiği en kısa sürede dağıtabilmesi, yönlendirebilmesi önemlidir.

Yapılan deneylerde ilk olarak, standart kavşak ve akıllı kavşak için var olan trafiği yönlendirmede en başarılı oldukları periyotlar bulunmuştur. Kavşak sinyalizasyonu deneylerde bu periyotlarda yapılmıştır. Akıllı kavşak için küçük bir periyot bulunmuştur. Kısa periyotlarda, kavşak, şeritlerden gelen bilgilere yeniden karar vermektedir. Bu sayede uyarlanabilen davranabilir, değişen ortam koşullarına ayak uydurabilir. Bu sayede gereksiz yere boş bir şerit için yeşil yanması önlenabilir ya da araç sayısının daha çok olduğu şerit için geçiş hakkı vererek o şeritteki araçların fazla beklemesi önlenir.

Belirli bir süre içinde sistemden geçen normal araç sayısı üzerinde yapılan deneylerde, normal ve yoğun trafikte akıllı kavşaktan daha çok sayıda araç geçtiğini gösterir. Bu da araçların sistemde daha az bekleyerek geçtiğinin göstergesidir. Yoğun trafikte normal trafiğe göre daha çok araç geçmiştir, çünkü sistemde daha çok araç vardır. Normal trafikte akıllı sistemden geçen araç sayısı standart kavşaktan geçen araç sayısını ikiye katlamıştır. Çünkü kavşak ortam değişikliğine belirlenen periyot çerçevesinde adapte olabilmektedir. Standart trafikte, yeşil ışığı kaçıran bir araç yeşil sırası kendi şeridine gelene kadar beklemek zorundadır. Akıllı kavşakta ise, bir tur bekledikten sonra kavşak etmeninin kararına göre geçebilme ihtimali vardır. Yoğun trafikte akıllı kavşaktan geçen araç sayısı ile standart kavşaktan geçen araç sayısı fark normal trafik kadar değildir. Ama yine de akıllı kavşağın üstünlüğü vardır.

Sisteme giren araçların sistemde kalış sürelerinin izlendiği deneyde yoğun ve normal trafikte akıllı kavşak sisteminden araçların kavşaktan daha kısa sürede çıktığı gözlenmiştir. Yoğun trafikte sisteme ilk giren araçlar kısa sürede çıkarken sonra giren araçların sistemden çıkması uzun sürmüştür.

Geçiş önceliği olan araçların kavşaktan ortalama geçiş süresi deneyinde akıllı kavşakta tüm araç tipleri için ortalama geçiş süresinin daha kısa olduğu gözlenmiştir. Geçiş önceliği olan araçlar, ambulans, itfaiye ve polis araçlarıdır. Akıllı kavşak sinyalizasyona karar verirken, şeritte acil durum araçlarının sayısına, mesafesine, türüne bakarak karar vermektedir. Dolayısıyla şeritte ambulans olduğunda kavşak etmeni ambulansın olduğu şerit için geç sinyalini gönderir. Geçiş önceliği olan araçların sistemden ortalama geçiş süresi böylelikle

azalmış olur. Standart kavşak yönetimine üzerinde, sıralı bir şekilde trafik ışıkları değiştirilmektedir. Acil durum aracı bulunan şerit, anlık denk gelirse hemen geçebilir ya da bekleyebilir. Günlük hayatta acil durum araçlarının geçiş üstünlüğü olduğu için, diğer araçlar kavşakta acil durum aracının önünü açmak için trafik lambası kırmızı olmasına rağmen geçebilirler. Bu durumda geçiş hakkına sahip şeritteki araçlar da hareket edebilir ya da acil durum aracının geçmesi bu şekilde vakit alır. Akıllı kavşak sistemi kullanıldığında, sinyalizasyonu geçiş önceliğe göre ayarladığı için acil durum araçları geçerken gem güvenlik sağlanmış olur hem de daha kısa sürede geçmeleri sağlanır.

Yapılan deneyler sonucunda önerilen sistemden geçen araç sayısı belirli bir süre için fazladır. Araçların sistemde ortalama kalış süresi kısadır. Sistemden geçen tüm araçlar için ortalama kalış süresi daha da önem kazanır. Tek bir araç için N sn kadar fark olsa bile, tüm araçlar için $N_{sn} \times \text{Araç sayısı}$ kadar zaman kazanılır. Kazanılan zaman hem enerji kaybını azaltır. Bunlarla birlikte, güvenlik durumunu deneylerle test edilemese bile acil durum araçlarının geçişinde de sağladığı düzenle kaza riskini azaltan bir sistemdir. Ayrıca araçlara bilgi dağıtmak ve bilgi alışverişini sağlamak için de altyapı sunar.

KAYNAKLAR

- Blasco G. ve Molina M., (2003), A Multi-agent System for Emergency Decision Support
- Cicortas A. ve Somosi N., (2004), Multi-Agent System Model for Urban Traffic Simulation
- Oliveira E. ve Duarte N., (2005), A Multi-Agent System for Simulation of Traffic Control
- Bellifemine F., Caire G., Trucco T. ve Rimassa G., (2005), JADE Programmer's Guide
- Bellifemine F., Caire G., Trucco T., Rimassa G. ve Mungenast R., (2006), JADE Administrator's Guide
- Caire G., (2003), JADE Programming for Beginners
- Erol K., Levy R. ve Wentworth J., (2006), Application of Agent Technology to Traffic Simulation, <http://www.tfhrc.gov/advanc/agent.htm>
- Grosso A., Gozzi A., Coccoli M. ve Boccalatte A., (2003), An Agent Programming Framework Based on the C# Language and the CLI
- Nwana H.S. ve Wooldridge M., (1996), Software Agent Technologies, British Telecommunications Technology Journal
- Paruchuri P., Pullalarevu A.R. ve Karlapalem K., (2001), Multi Agent Simulation of Unorganized Traffic
- Parunak H., (1997), Go to the Ant Engineering principles from Natural Multi Agent Systems, Annals of Operations Research
- Sundsted, T., (2004), An introduction to agents, www.javaworld.com.
- Jennings, N., (1998), Agent-Oriented Software Engineering
- Maes, P., (1997), Pattie Maes on Software Agents: Humanizing the Global Computer
- Franklin S. Ve Graesser A., (1996), "Is it an Agent, or Just a Program? A Taxonomy for Autonomous Agents", Proceedings of the Workshop on Intelligent Agents III, Agent Theories, Architectures, and Languages. 21- 35

İnternet Kaynakları

- [1] Trafik Tanımları, <http://www.kayseri.pol.tr/trafik/tanimlar.html>
- [2] FIPA Resmi Sitesi, <http://www.fipa.org>
- [3] MadKit Resmi Sitesi, <http://www.madkit.org/>
- [4] Seagent Resmi Sitesi, http://seagent.ege.edu.tr/wiki/index.php/Main_Page
- [5] JADE Resmi Sitesi, <http://jade.tilab.com>
- [6] Akıllı Ulaşım Sistemleri, http://en.wikipedia.org/wiki/Intelligent_transportation_system
- [7] JATLite, <http://www-cdr.stanford.edu/ProcessLink/papers/JATL.html>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	18.05.1981	
Doğum yeri	Kırşehir	
Lise	1995-1999	Eskişehir Fatih Fen Lisesi
Lisans	1999-2004	İstanbul Teknik Üni. Elektrik-Elektronik Fak. Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2005-Devam ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2004-2007	TÜBİTAK UEKAE, Uzman Yardımcısı
2007-Devam ediyor	Softtech, Yazılım Geliştirme Uzm.