



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**OPTİMUM SÜRELİ KAVŞAK KONTROL
CİHAZI TASARIMI VE UYGULAMASI**

Emre KESKİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Emre KESKİN tarafından hazırlanan “Optimum Süreli Kavşak Kontrol Cihazı Tasarımı ve Uygulaması” adlı tez çalışması 17/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Akif DURDU

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mümtaz MUTLUER

İmza

.....
.....
.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Emre KESKİN

Tarih: 17/7/2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OPTİMUM SÜRELİ KAVŞAK KONTROL CİHAZI TASARIMI VE UYGULAMASI

Emre KESKİN

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Üyesi Nurettin ÇETİNKAYA

2019, 137 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA
Dr. Öğr. Üyesi Akif DURDU
Dr. Öğr. Üyesi Mümtaz MUTLUER

Dünya üzerinde nüfusun, kentleşmenin artması ve sanayinin gelişmesi ile insan ve eşya hareketliliği artmıştır. Dolayısı ile trafik ve trafik yönetimi de aynı ölçüde önem kazanmıştır. Ülkemizde ise şehir yaşamının en büyük problemi trafiktir. Verimlilik açısından bakıldığında, trafikte geçirdiğimiz gereksiz her saniye trafikte olan araç sayısına çarpıldığında ülke ekonomisine çok büyük bir zarar açmaktadır. Bu tez çalışmasında trafik ışıklarında gereksiz bekleme sürelerinin önüne geçmek için araç yoğunluğuna göre sinyal süresinin hesaplanması ve gereksiz bekleme sürelerinin ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Bunu yaparken yöntem olarak yığılımlı taşıt sayısı eğrisi metodu kullanılmıştır. Projenin uygulama kısmında bu yöntemi kullanan bir bilgisayar programı ve gerçek hayatta kullanıma uygun kavşak kontrol cihazı prototipi hazırlanmıştır. Tez çalışması Ankara ilindeki gerçek kavşaklar ve gerçek araç sayıları üzerinden yapılmış, kavşağın mevcut hali ve optimum sinyal süresi hesaplanmış hali Vissim trafik simülasyon programında karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada kavşakların sinyal sürelerindeki küçük uygulamaların bile faydalı sonuçlar doğurduğu gözlenmiştir. Öte yandan çok daha yoğun kavşaklarda sinyalizasyon yöntemleri dışında çözüm aranması gerekliliği ispatlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kavşak kontrol cihazı, optimizasyon, sinyalizasyon, trafik, yığılımlı taşıt sayısı eğrisi.

ABSTRACT

MS THESIS

**OPTIMUM PERIODICAL INTERSECTION CONTROLLER DESIGN AND
APPLICATION**

Emre KESKİN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Electric Electronic Engineering**

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA
2019, 137 Pages**

Jury

**Assoc. Prof. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA
Asst. Prof. Dr. Akif DURDU
Asst. Prof. Dr. Mümtaz MUTLUER**

With the increase of population, urbanization and the development of industry, the movement of human and objects have increased. Therefore, traffic and traffic management have gained the same importance. In our country, the biggest problem of urban life is traffic. In terms of efficiency, when multiplying the number of vehicles in traffic by each unnecessary second we spent in traffic causes a huge damage to the national economy. In this thesis, to avoid unnecessary waiting at traffic lights it is aimed to calculate the signal duration according to vehicle density and eliminate unnecessary waiting. When doing this, as a method was used the aggregate cumulative number of vehicles curve. In the implementation part of the project, was prepared with a computer program that uses this method and real life using convenient junction control device. The thesis is based on the number of real junctions and real vehicles in Ankara, the current junction and the optimal signal duration are compared in the Vissim traffic simulation program. In this study, it has been observed that even small applications in signal times of junctions produce beneficial results. On the other hand, it has proved the necessity to search for solutions outside signaling methods at much more junction points.

Keywords: Junction control device, optimization, signaling, traffic, cumulative number of vehicles curve.

ÖNSÖZ

Ulaşım ve ulaşım araçlarının oluşturduğu trafik her geçen gün yönetilmesi gereken, ülke ekonomilerine ve halk sağlığına olumsuz etkileri olan bir sorun olarak büyümektedir.

Söz konusu alan son dönemlerde akademik camianın da ilgisini çekmeye başlamıştır. Gelişmişlik ve refah seviyesi ile doğru orantılı olarak araç sayısındaki artıştan dolayı, gelişmiş ülkelerde trafik sorunu sanayileşmenin erken dönemlerde kendini göstermiştir. Bundan dolayıdır ki; trafik sorununa dair ilk çözüm önerileri, ilk akademik yaklaşımlar ve hatta ilk radikal siyasi kararlar (araç trafiğine kapalı şehir merkezleri gibi) bu ülkelerde ortaya çıkmıştır. Türkiye de ise trafiğin “yönetilmesi gereken” bir sorun olduğu algısı son 15-20 yılda oluşmuştur. Trafiği yönetmekten sorumlu merkezi idarelerde ve yerel yönetimlerde yavaş yavaş bu alanda yetişmiş uzman bulundurmaya ve verilerini kayıt altına alarak kurumsal hafıza oluşturmaya başlamıştır. Ne yazık ki geç kalınmış bu süreçten dolayı akademik camia gerçek trafik bilgilerine ulaşmakta ve üzerine teorilerini geliştirerek, sorunlara çözüm önerileri üretmekte çok zorluk çekmektedir. Bu farkındalık oluştuğu akademik camianın, trafik yönetimi ve sinyalizasyon sanayisi sektörünün ve sorumluluk sahibi kamu kurumlarının ortak çözümler üretmesi sağlanabilecektir. Bu birlikte çalışma kültürünün ülke ekonomisine ve halk sağlığına olumlu katkıları gözlemleyebileceğimiz gibi, sektörde ulusal ve uluslararası piyasalara sunulabilecek katma değerli teknolojilerin üretilmesine de olanak sağlayacaktır.

Bu tez çalışmasında trafik yönetiminin ne kadar kıymetli bir iş olduğu bilinci ile hem akademik camiaya hem de uygulama sahasına dönük bir ürün ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu tez çalışmasında asıl hedef kavşağın tüm kollarında yani tüm gözlem kesitlerinde kuyruk oluşumunu engellemek yâda kuyruk oluşumunu en az seviyede tutarak optimizasyon sağlamaktır. Öncelikle yığılımlı taşıt eğrisinin gerçek veriler üzerinden nasıl kullanılacağı, verimi ve ne faydalar sağlayabileceği ortaya konulmuş, bunun teoride kalmaması için özellikle ilgili idare personellerinin kullanılabilirlik ve sadelik talepleri göz önünde bulundurularak bir arayüz programı ve prototip bir kavşak kontrol cihazı tasarlanmıştır.

Bu tez çalışması boyunca ellerindeki nadir araç sayım verilerini benden esirgemeyen Ankara Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Dairesi Başkanlığına, Trafik Kontrol Şubesi personellerine, özellikle bu tez çalışmalarımda büyük katkısı olan ve beni yönlendirerek değerli fikirlerini paylaşan danışmanım Sayın Doç. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA'ya ve bu çalışmaya harcadığım her zamanı kendisinden ayırdığım zaman olarak gördüğüm Aileme desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Emre KESKİN
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1 Sinyalizasyonun Kullanım Amacı	13
3.2 Sinyalizasyonun Kurulum Kriterleri.....	14
3.2.1. Minimum araç hacmi	14
3.2.2. Sürekli trafik akımının kesintisi.....	15
3.2.3. Minimum yaya hacmi	15
3.2.4. 4 saat hacmi	15
3.2.5. Zirve saat hacmi	16
3.2.6. Zirve saat gecikmesi	17
3.3. Sinyalizasyonun Sistemleri	17
3.3.1. İzole sinyalizasyon sistemleri	17
3.3.2. Koordine sinyalizasyon sistemleri	19
3.3.3. Dinamik kontrollü sinyalizasyon sistemi.....	23
3.4. Sinyalize Kavşakların Kapasite Analizi	24
3.4.1. Trafik akımlarının değişkenleri	24
3.4.2. Kavşak kapasitesinin tespiti.....	25
3.4.3. Kavşak hizmet düzeyi	27
3.5. Sinyalizasyon Hesap Yöntemleri.....	30
3.5.1. Avustralya yöntemi ile sinyalizasyon hesabı.....	30
3.5.2. İngiliz yöntemi ile sinyalizasyon hesabı.....	39
3.5.3. Amerikan (HCM) yöntemi ile sinyalizasyon hesabı.....	45
3.6. Yığışımli Taşıtların Sayısı Eğrisi Kullanılarak Optimum Sinyal Süresinin Hesaplanması	54
3.6.1. Trafik akımının tek kesitte yapılan gözlemlerle elde edilmesi	55
3.6.2. İki kesitte yapılacak gözlem ile elde edilebilecek büyüklükler	56
3.6.3. Yığışımli taşıtların eğrisinin elde edilmesi	60
3.6.4. Veri toplama ve yığışımli taşıtların sayıları eğrilerinin oluşturulması	62
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	67
4.1. Vissim Simülasyon Programı	67
4.1.1. Trafik simülasyon modeli	68
4.1.2 Sinyal durumu üretici	69

4.2. Kavşak Kontrol Cihazı Yazılım ve Donanım Tasarımı.....	70
4.2.1. Kavşak kontrol cihazı kullanıcı arayüz yazılımı.....	71
4.2.2. Kavşak kontrol cihazı tasarımı	77
4.3. Test Çalışması İçin Kavşakların İncelenmesi Ve Veri Toplanması	84
4.3.1. Pazar caddesi, ivedik caddesi, bankacılar sokak kesişimi	85
4.3.2. Akın caddesi, ivedik caddesi, arif hikmet sokak kesişimi	86
4.3.3. Şair baki sokak, hoşdere caddesi kesişimi	87
4.3.4. Şehit mahir turan sokak, hoşdere caddesi kesişimi.....	89
4.3.5. Portakal çiçeği sokak, hoşdere caddesi kesişimi	90
4.3.6. Sedat simavi sokak, simon bolivar caddesi kesişimi	92
4.4. Simülasyon Ortamında Performans Analizi	94
4.4.1. Pazar caddesi, ivedik caddesi, bankacılar sokak kesişimi	94
4.4.2. Akın caddesi, ivedik caddesi, arif hikmet sokağı kesişimi	96
4.4.3. Şair baki sokak, hoşdere caddesi kesişimi	98
4.4.4. Şehit mahir turan sokak, hoşdere caddesi kesişimi.....	100
4.4.5. Portakal çiçeği sokak, hoşdere caddesi kesişimi	101
4.4.6. Sedat simavi sokak, simon bolivar caddesi kesişimi	103
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	108
5.1. Sonuçların Değerlendirilmesi	108
5.2. Öneriler	110
KAYNAKLAR	113
EKLER	116
ÖZGEÇMİŞ	137

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

C	Devre süresi (sn)
C_i	i yaklaşım kolunun kapasitesi (araç/saat)
C_{max}	Maksimum devre süresi
C_{min}	Minimum devre süresi (sn)
C_{opt}	Optimum devre süresi (sn)
C_p	Pratik devre süresi
d	Ortalama gecikme
ee'	Başlangıç kayıp zaman (sn)
E_L	Karşıt akım doygun olmadığı zaman yaklaşık direkt taşıt değeri
f_{bb}	Otobüs için düzeltme faktörü
ff'	Bitiş kazanç zaman (sn)
f_g	Eğim için düzeltme faktörü
f_{HV}	Ağır taşıtlar için düzeltme faktörü
f_{lt}	Sola dönüş için düzeltme faktörü
f_m	Tekil şeritlerde, paylaşımlı sola dönüş için sola dönüş faktörü
f_p	Park için düzeltme faktörü
f_q	Alan türü için düzeltme faktörü
f_{RT}	Sağa dönüş için düzeltme faktörü
f_s	Sola dönüş doygun akım faktörü
f_w	Şerit genişliği için düzeltme faktörü
g	Etkin yeşil süre (sn)
G_i	i fazındaki yeşil süre (sn)
g_p	Karşıt akımın tahliyesi ile yeşil periyodun engellenen kısmı
g_v	Yeşil periyodun karşıt akım tarafından engellenmeyen kısmı
I	Yeşiller arası süre (sn)
k	Yoğunluk
K_i	i yaklaşım yönündeki kapasite
l	Akım kayıp zamanı (sn)
L	Kavşak kayıp süresi (sn)
L_{BX}	x yönündeki kavşağa gelen taşıtın kavşağı boşaltma mesafesi
L_{GZ}	Geçiş hakkı açılacak olan yaklaşım yönünün giriş uzaklığı (m)
n	Birim taşıt sayısı
N	Gruptaki şerit sayısı
N_o	Karşıt akım şerit sayısı
N_{ort}	Ortalama kuyruk uzunluğu (araç)
PHF	Pik saat faktörü
P_{LT}	Sola dönen taşıt oranı
P_{RT}	Sağa dönen taşıt oranı
Q	Kapasite (araç/saat)
q	Akım (araç/sn)

q_c	Her devrede gelen ortalama araç sayısı
Q_i	i yaklaşım yönündeki toplam ortalama birim taşıt
Q_{Tf}	T_f süresince geçebilecek maksimum araç sayısı
r	Dönüş yarıçapı
R_i	Kırmızı süresi (sn)
s	Doğgun akım (araç/sn)
s_i	i kolundan geçebilecek taşıt sayısı
S_o	İdeal doyma akım oranı
S_{op}	Karşıt akım için doyma akım
t_B	Boşaltma süresi (sn)
T_f	Akım süresi (sn)
t_G	Gecikme süresi (sn)
t_{GZ}	Giriş süresi (sn)
t_K	Koruma süresi (sn)
t_s	Kayıp zaman (sn)
V	Hacim
V_{15}	Pik saatteki 15 dakikalık maksimum hacim değeri
V_B	Kavşağı boşaltan son aracın kavşak içindeki ortalama hızı
V_i	Gerçek akım oranı
V_m	Ana yaklaşım akım oranı
V_o	Toplam yaklaşım akım oranı
V_p	15 dakikalık pik periyotta akım oranı
V_Z	Geçiş hakkı açılacak olan yaklaşım yönünün %85 hızı
w	Yaklaşım kolu genişliği (m)
w_j	j taşıtı için, x_1 ve x_2 eğrileri arasındaki toplam seyahat süresi
$w_{kayıp}$	Kayıp yol genişliği (m)
X	Doyma derecesi
x_1	İlk aralıkta geçen araç sayısı
x_2	Orta aralıkta geçen araç sayısı
x_3	Son aralıkta geçen araç sayısı
x_4	Doyma sürelerinin toplamı
X_c	Kritik doyma derecesi
x_o	Kuyruğun yaklaşık sıfır olduğu en büyük doyma derecesi
X_p	Pratik doyma derecesi
Y	Kavşağın akım oranı
Y_i	Sarı süresi (sn)
λ	Etkin yeşil süresinin devre süresine oranı (sn)

Kısaltmalar

PLC	Programlanabilir lojik kontrol
VLSI	Çok büyük çapta tümleşim (very large scale integration)
FPGA	Alanda programlanabilir kapı dizileri (field programmable gate array)
VHDL	Oldukça hızlı tümleşik devre donanım tanımlama dilidir (very high speed integrated circuit hardware description language)
RFID	Radyo frekanslı tanımla (radio frequency identification)
TUBİTAK	Türkiye bilimsel ve teknolojik araştırma kurumu
AUS	Akıllı ulaşım sistemleri
YHM	Yaklaşık hesaplama metodu
HCM	Karayolu kapasite el kitabı (highway capacity manual)
FHWA	Federal karayolu idaresi (federal highway administration)



1. GİRİŞ

Ulaşım, yaya veya taşıtların yer değiştirme olgusunu belirtmek için kullanılan genel bir kavramdır. Ulaşımın üzerinde gerçekleştiği fiziksel ortama yol, yol üzerindeki görüntüsüne trafik denir (Akbaş, 2001).

İnsanlık tarihine bakıldığında, ilk çağlarda toplumlar küçük yapıda olduklarından ve aralarında iletişim ihtiyacı hissetmediklerinden çok fazla yer değiştirme gereksinimi ve buna bağlı yer değiştirme güclüğü söz konusu değildi. O yüzden ki ilk çağlarda çalışma, dinlenme ve eğlenme için harcanan sürenin yanında ulaşım için harcanan süre önemsizdi.

Toplumların büyümesi ile şehirleşmede hızlı bir artış oldu, bu durum beraberinde iletişim ihtiyacını doğururken, şehirleşmenin yoğunlaşmasıyla ulaşımında harcanan zaman ve konfor toplumların hayatında önemli bir yer almaya başladı. Günümüzde artık, Ulaşım sorunu şehirlerde ekonomik ve sosyal hayatı olumsuz yönde etkilediğinden, şehirlerin başlıca problemi haline geldi.

Motorlu taşıtların gelişimi ile ulaşımın gelişimi paralel ilerlemiştir. 1920-1970 yılları arasında kısa mesafeli kent içi yolların yapımıyla başlayan gelişme süreci, transit yollar ve otoyolların yapımıyla devam etmiştir. Ancak son elli yılda trafikteki talep, trafik kapasitesinin üzerine çıkmıştır. Bu durum ulaşım talebinin kontrol edilmesi ihtiyacını doğurmuştur (Güldamla, 2007).

Trafik kontrolünde amaç trafik akışını düzenli ve güvenilir bir şekilde sağlarken, zaman kayıplarını da azaltmaktır. Trafik sorunu çözmek için köprülü kavşak yada sinyalizasyona başvurulabilir. Köprülü kavşaklar kesişen yolların farklı düzeylerden geçirilerek, kesişimlerin kaldırıldığı bir kavşak çeşididir. Ancak köprülü kavşak çok maliyetli bir yapı olduğu için kavşağın yapılacağı yerde trafik sorunun çok büyük ve yapıldıktan sonra gelirin maliyetinden yüksek olması gerekir. Sinyalizasyon, kavşaklar üzerine yerleştirilen ışıklı sistemlerdir (Uysal, 2001). Sinyalizasyon sistemleri, trafik akımlarının ve kesişimlerinin arttığı dolayısıyla gecikme ve güvenliğin azaldığı eş düzey kavşak geçitlerinin kontrol edilmesi için en etkili ve yaygın, geçiş sırası ve sürelerini ayarlayan bir yöntemdir (Onat, 1996).

İlk trafik kontrolü bugün trafik polisi diyebileceğimiz görevliler tarafından yapılırken, daha sonraları röleli ve kontaktörlü kontrol cihazları kullanılmaya başlandı. Günümüzde ise kendi başına yol durumu algılayıp, trafik akışını en uygun seviyede yöneten sistemler kullanılmaktadır (Öztürk, 2006).

Günümüzde kent içi ulaşımın taşıt-kilometre birimiyle değerlendirildiğinde üçte ikisi, taşıt-saat birimiyle değerlendirildiğinde üçte ikisinden fazlası sinyalize kavşaklarda gerçekleşmektedir. Bu nedenle trafik probleminin çözümünde en büyük başarı sinyalize sistemlerin başarısıyla uygulanmasından geçmektedir (Akbaş, 2001).

Sinyalize sistemlerin başarısı, sinyal sisteminin tasarımında göz önüne alınan trafik akımı, kuyruk oluşumu ve gecikme ilişkisi üzerinden ölçülür. Bu ilişki ancak trafik akımları ve kavşak yaklaşım kollarındaki kuyruk oluşumlarını içeren matematiksel ifadeler yardımı ile elde edilebilir. Gecikme tahminleri ise hem gözlem hem de matematiksel ifadeler ile elde edilebilir (Ceylan ve arkadaşları, 2006).

Sinyalize sistemlerin kontrol tekniğinin gelişimi Webster çalışmaları ile başlamıştır (1958). Bu çalışmadan sonra sinyal sürelerinin hesaplanması için kullanılan analitik yöntemler, performans geliştirme amacına yönelik ilerlemiştir. İngiliz yöntemi olarak bilinen webster yönteminden sonraki yıllarda Avustralya yöntemi geliştirilmiştir. Avustralya yöntemi de devre süresi ve faz sürelerinin hesabında webster ile benzerlik göstermektedir.

Trafik sorunu şehirlerin en büyük sorunu haline gelmesi, bilim adamlarının da bu alana ilgisinin artmasına sebep oldu. Yarı iletken teknolojisinin gelişmesi, trafik mühendisliği ve bilgisayar mühendisliğindeki gelişmeler ileri trafik tekniklerine ilişkin uygulamaların ortaya çıkmasına sebep oldu. Buna paralele olarak trafiğin analiz edilmesinde pek çok yazılım programı geliştirildi. Şuan pek çok ülkede trafiğin analiz edilmesi için kullanılan yazılım programları başlıcaları şunlardır; HCS, HCM, SOAP, SIGNAL97, SIDRA, TRANSYT-7, SYNCHRO, VISSIM (Öztürk ve arkadaşları, 2008).

Yapılan bu tez çalışmasında trafik akımı, kuyruk oluşumu, devir süresi ve bekleme süreleri üzerinden en uygun şekilde sinyal sürelerini ayarlayarak trafiği yönetmek amaçlanmıştır. Algoritma oluşturulurken kuyruk uzunluklarını en düşük değerde tutmak öncelik alınmıştır. Yine bu tez çalışması gerçek kavşaklar ve gerçek araç sayısı gibi verilerinden yararlanılarak trafik simülasyonu üzerindeki uygulamalar ile kavşağın optimum sinyal sürelerinde yönetilmesi için kullanılan yığılımlı taşıt sayısı yönteminin tanıtılmasından, kullanılan yöntem datasının oluşturulmasından ve uygulanmasından, analizlerin yapılmasından ve kullanılan tekniğin bilinen diğer yaygın tekniklerden biri ile karşılaştırılmasından oluşmaktadır.

Çalışmasının içerisinde operatörün dış etkenleri göz önüne alarak optimum süreler dışında da süre tayin edebilmesine imkan tanınmıştır. Ayrıca bir kontrol modeli

olarak trafik uyarısal sistem de çalışmamıza dâhil edilmiştir. Böylece trafik yönetiminde farklı modlar aynı kavşak kontrol cihazında birleştirilmiştir.

Sabit süreli sistemde faz sürelerinin trafik akımı, yoğunluk ve çevresel etkilerce otomatik olarak değil, tamamen teknik personelin gözlem ve deneyimine dayalı olarak belirleyeceği faz sürelerinin kavşak kontrol cihazında çalıştırılması için tasarlanmıştır. Burada kavşağın doğunluk derecesi, kuyruklanma, aşırı bekleme süreleri gibi kriterler göz önünde bulundurulmaz, kimi kavşaklarda bu yöntem farklı sebeplerden dolayı zorunlu olarak kullanılmaktadır.

Tez çalışmasında tam trafik uyarısal sistemde kavşak katılımlarına yerleştirilecek algılayıcılar sayesinde o katılım kolunun talebi algılanmaktadır. Teknik personelin belirleyeceği faz süresi ya da diğer bir değişle yeşil süresi kadar o talebe cevap verildikten sonra her hangi bir katılım yönünden talep gelene kadar tüm yönler kapatılmaktadır.

Trafik uyarısal sistem algılayıcı teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak ilerlemektedir. şu anda ülkemizde en yaygın olarak kullanılan loop algılayıcılarıdır. Endüktif kapasitenin değişimini temel alan detektör, ucuz ve sağlam bir çözüm olmakla beraber, kurulumu ve işletmesi zordur. Genellikle 1,5 mm² kesitli tek telli kablolardan oluşan detektörler, kavşak kontrol cihazından maksimum 200 m uzağa yerleştirilebilmektedir. Ayrıca asfalt kesilerek yere yerleştirildiği için, loop detektörün ekonomik ömrü boyunca asfaltın değiştirilmemesi kazılmaması gerekmektedir.

Farklı detektör çeşidi olarak görüntü işleme temeline dayanan kamera detektörlerde kullanılmaktadır. Kavşak katılım koluna bakan, hareket algılama yâda daha gelişmiş algoritmalar işleten kameralar, o koldaki talebi algılanmakta ve kavşak kontrol cihazına bu bilgiyi iletmektedir. Bu yöntemin loop detektöre göre kurulum maliyeti daha fazla olmakla beraber, işletme masrafı daha azdır. Ancak algılamanın temeli görüntü işlemeye dayandığı için hava şartlarına bağlı olarak günün farklı saatlerindeki işık durumu, mevsimsel işık durumu algılamadaki başarı oranını etkilemektedir.

Yapılan bu tez çalışmasının literatür araştırmasında trafik kontrol modeli olarak bir çok çalışma incelenmiştir. Bu çalışmalarda genel itibariyle yoğunlaşılan alanın sinyal sürelerini hesaplamada kullanılan matematiksel metotların geliştirilmesi olduğu gözlenmiştir. Ayrıca seyrekte olsa farklı kontrol elemanlarının kullanıldığı geliştirme çalışmalarına da rastlanmıştır.

Bu tez çalışmasında hem donanımsal hem de yazılımsal geliştirmeler yapılmıştır. Yazılımsal kısımda algoritma çekirdeğini yığışimli taşıt sayısı yönteminden hareketle en kısa kuyruk boyunu elde edecek şekilde sinyal sürelerinin hesaplanması oluşturmaktadır.

Trafik akımı, hız ve yoğunluk değişkenleri arasında ikili matematiksel ilişkiler ve taşıt-akım hareketliliğinin gösterildiği yol-zaman diyagramları, trafik akımları ve taşıtlar arasındaki ilişkilerin, kuyruk oluşumunun vb trafik sorunlarının incelenmesinde bilim adamları tarafından kullanılmıştır. Geleneksel hidrodinamik trafik akım kuramındaki en büyük problem veri toplama ve çözümleme tekniğindeki zorluklardı, daha sonra kümülatif (eklenik/ yığışimli) taşıt sayısı eğrileri temelinde akım yoğunluk ilişkisine dayanan basitleştirilmiş kuramlar geliştirildi. Newel tarafından geliştirilen bu kuram sayesinde kuyruğun oluşumunun, kuyruktaki taşıt sayısının ve kuyruk uzunluğunun zamansal değişimini elde etmek mümkündür (Şahin ve arkadaşları, 2004).

Buradan hareketle bu tez çalışmasında, dört kollu bir kavşaktaki katılım kollarından gelen talepler girdi olarak kullanılarak, muhtemel kuyruk oluşumu ve kuyruktaki muhtemel araç sayıları üzerinden, en az kuyruk oluşumu ve en az bekleme süresine göre en uygun sinyal sürelerinin hesaplanması gerçekleştirilmektedir.

Bu tez çalışmasında yığışimli taşıt sayısı yönteminden hareketle en kısa kuyruk boyunu elde edecek şekilde üretilen sinyal sürelerinin faydalarını tespit edebilmek için gerekli performans analizlerinin bir simülasyon ortamında test edilmesi düşünülmüştür. Bu amaçla, geliştirilecek kontrol modeline göre ön görülen donanım ve yazılım şartlarının oluşturulabildiği simülasyon ortamı olarak, Weidmann'ın taşıt takip modelini esas alan ve kalibrasyonu Karlsruhe Teknik Üniversitesince geliştirilmiş olan VISSIM seçilmiştir (Akbaş, 2001).

Bu tez çalışmasında, Ankara ilinde bulunan 6 tane gerçek kavşağın ilgili idare tarafından yapılmış gerçek taşıt sayım değerleri ve gerçekte kavşakta uygulanan sinyal süreleri kullanılmıştır. Kavşak modelleri simülasyon programına işlendikten sonra öncelikle mevcut durum verileri girilerek, kavşağın mevcut durum performans analizi çıkartılmıştır. Daha sonra simülasyon programına aynı kavşaktaki taşıt sayıları girilerek çalışmamız sonunda elde ettiğimiz sinyal sürelerine göre performans analizi yapılmıştır.

Tez çalışmasında kullanılan simülasyon programı VISSIM, kontrol sürecinde elde edilen performansın değerlendirilmesi için birçok parametrenin ölçülmesine imkân sağlamaktadır. Bu çalışmada performans analizi yapabilmek için 5 parametre seçilmiştir. Bunlar; bir aracın kavşakta ortalama bekleme süresi (sn), kavşaktaki toplam

gecikme (saat), kavşaktaki toplam seyahat süresi (saat), bir saat boyunca kavşağın hizmet ettiği toplam araç sayısı ve kavşak hizmet seviyesidir.

Yapılan tez çalışmasında çevre kirliliği ve yakıt tüketimi açısından da değerlendirme yapılmıştır. Çevre kirliliği konusunda, 1 saatlik beklemede (rölantide) çalışan ortalama bir araç 3 kg sera gazı CO₂'yi atmosfere atar, ayrıca yakıt tüketimi konusunda, dört silindirli bir araç 1 saatlik beklemede çalıştırıldığında 1-1,8 litre fazladan benzin tüketir genel kabulü kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında kavşak performansının çevre kirliliği ve yakıt tüketimine etkileri de değerlendirilmiştir.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Son yüzyılın başlarından itibaren kentlerdeki nüfus artışı ve nüfusa göre özel araç sahibi olma oranının artışı kentlerde kara yolu ulaşımını ve trafiği, büyük bir sorun haline getirmiştir. Bu sorun Türkiye için de geçerlidir; hatta Türkiye’de genel ulaşımın büyük ölçüde karayolunda olmasından dolayı, sorunun Avrupa ülkelerine göre daha da ileri bir seviyede olduğu söylenebilir. Öte yandan trafiğin düzenlenmesi, kontrol edilmesi, merkezi yâda bölgesel yönetiminin gerektiği yakın zamana kadar önemsenmemiştir (Onat, 1996). Son on yıldır Türkiye’de de akıllı ulaşım sistemleri adı altında, kamu girişimleri başlatılmış ve konu akademik çevrelerden uygulamaya dönük bir hal almıştır. Ulaştırma Bakanlığı, ilk defa Türkiye’nin Akıllı Ulaşım Strateji Eylem Planı adlı bir çalışma gerçekleştirmiştir.

Trafik probleminin çözüme kavuşturulabilmesi için öncelikle problemin en uygun şekilde ve oldukça sağlıklı olarak tespit edilmesi gerekir. Problemlerin tespiti için yapılacak temel işlem trafikteki araçların sayımı ve bu sayımlara dayanarak trafiğin mevcut durumu ile değişiminin belirlenmesidir. Fakat genellikle ülkemizde bu şekilde detaylı çalışmalara son yıllara kadar rastlanmamaktadır. Yapılan çalışmaların çoğu yetersiz veya eksik verilere dayanmaktadır. Dolayısıyla trafik sorunun çözümü için gerçekçi bir yaklaşım yapılamamıştır (Murat, 1996).

Ancak son yıllarda ülkemizde de trafik mühendisliği kavramı oluşmaya başlamıştır. Bu yeni mühendislik disiplini, şehir plancılığı, inşaat, bilgisayar, elektrik ve elektronik mühendisliğinin de konularını da içerdiğinden, ortak çalışmalar yapmayı zorunlu kılmıştır. Ülkemizde hem çok fazla nüfusa sahip olmasından, hem de ticaret ve turizm merkezi olmasından kaynaklı olarak trafik sorunu en çok İstanbul da görülmektedir. Aynı zamanda bu problemin çözümüne dair ilk çalışmalarda yine ilk olarak bu şehrimizde uygulanmaya başlanmıştır. Soysa-ekonomik birçok sebepten dolayı Anadolu kentlerinin çoğunda da trafik sorunu oluşmuş ya da oluşmaya başlamaktadır.

Şehirlerimizde trafiğin en fazla sorun olduğu yerlerden birisi de kavşaklardır. Bu nedenle kavşaklarda ki trafik akımlarının ve bu akımların yönlendirilmesinde büyük rolü olan sinyalizasyon sistemlerinin uygun şekilde, ihtiyaca göre yeniden düzenlenmesi gereği ortaya çıkmıştır.

Bu tez çalışmasında da hedef sinyalizasyon sisteminin en uygun şekilde yönetilmesidir. Bu konu hakkında literatür taraması yapılırken aşağıdaki kaynaklar incelenmiştir.

Mohit Dev Srivastava ve arkadaşları (2012), yapmış oldukları çalışmada, programlanabilir lojik kontrolör (PLC) teknolojisi ile akıllı trafik ışığı kontrolü sağlanmıştır. Taşıt ağırlıkları ve sayıları üzerinden trafik yoğunlukları hesaplanmıştır. Çalışmalarında hazırladıkları arayüz programı sayesinde bir görevlinin tüm sistemi ve senaryoları izlemesi sağlanmıştır. Çalışma karayollarına ve şehir trafiğine uygundur.

Harikumar ve Subramani (2013), yapmış oldukları çalışmada VLSI çip teknoloji ve bulanık mantık kullanarak basit, uygun, güvenilir trafik ışıkları kontrolü ve simülasyonu hazırlamışlardır. Matlab bulanık mantık tekniklerinin performansı, FPGA lardan biri ile analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Bulanık mantık işlemcisine seviye sensörü ve araçların ağırlık zamanları girdi olarak girilmiştir. Paralel mimarisi bağımsız fonksiyonel birimler ile bu tasarıma dahil edilmiştir. Bu işlevsel birimler işlem hızını arttırmıştır. Üçgen giriş çıkış ile bulanık sistem, VHDL kullanılarak seviye sensorlarının farklı değerleri için sentezleme ve simülasyon gerçekleştirmiştir. Matlab modeli, simülasyon ve FPGA bulanık işlemcisinin sentezini takip etmiştir.

Park ve Schneeberger (2003), yapmış oldukları çalışmada tahmini ve mikroskobik simülasyon programları kullanarak trafik sinyal süreleri optimizasyon yöntemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. ABD'nin bir eyaleti olan Virginia'da gerçek trafikten toplanan veriler Synchro, TRANSYT-7F, ve genetik algoritma optimizasyon teknikleri kullanılarak trafik sinyal optimizasyonları değerlendirilmiştir. Mikroskobik simülasyon programı olarak kullanılan VISSIM ile sürücü davranışları, günlük trafik değişkenlikleri vb büyüklükler dikkate alınmıştır. Çalışmada son olarak uzun vadeli talep büyümesi veya değişiklikler istatistiksel modellenmiş ve çoklu simülasyon kullanılarak tekrar değerlendirilmiştir.

Yousef ve arkadaşları (2010), yapmış oldukları çalışmada kablosuz sensör ağı ve trafik akışını kontrol etmek için yeni teknikler kullanılarak adaptif kontrol sistemi tasarımı sunulmuştur. Kablosuz sensör ağları akıllı trafik kontrol sistemleri için bir araç olarak kullanılmıştır. Çalışmada iki algoritma tanımlanmıştır; birisi trafik sistemi iletişim algoritması, diğeri trafik sinyal manipülasyon algoritmasıdır. Trafik sinyal akış dizisi ve varyasyonundaki dinamik değişkenlere göre uygulanabilir etkin bir sistemi her iki algoritma ile sağlamak mümkündür. Yapılan çalışmada simülasyon sonuçları

ortalama bekleme süresi ve kuyruk uzunlukları bakımından tekli ve çoklu kavşaklarda trafik sıkışıklığının çözümünde etkili olduğunu göstermiştir.

Khattak (2011), çalışmasında PLC kullanarak akıllı trafik kontrol sistemi tasarlamış ve uygulamıştır. Trafik sinyallerini uygun sürelerle ayarlamak için araçların varlığını yada yokluğunu tespit edip, buna uygun matematiksel fonksiyonlar uygulayarak, trafik tıkanıklığı sorununa çözüm üretmeye çalışmıştır. Donanım olarak PLC kullanmıştır.

Sinhmar (2012), çalışmasında mikrodnetleyici kullanarak birden çok trafik ışığını yönetme ve izleme olanağı sağlayarak trafik optimizasyonu gerçekleştirmiştir. Mikrodnetleyici olarak 89V51RD2, algılayıcı olarak bir yol kesitinin her iki yanına gelecek şekilde yerleştirilen IR (infrared) alıcı-verici kullanılmıştır. Algılayıcılar herhangi bir araç yoldan geçtiğinde araç sayısını sayar ve mikrodnetleyici hafızasında tuttuğu araç sayılarına göre trafik ışığı sürelerini belirler. Aynı zamanda araç sayım değerleri mikrodnetleyici ile haberleşen bir merkez istasyon bilgisayara da gönderilmektedir. Böylece trafik sıkışıklığı durumlarında görevli personele müdahale yeteneği kazandırılmıştır.

Al-Khateeb ve Johari (2008), çalışmasında RFID kullanarak akıllı dinamik trafik ışık kontrol sistemi geliştirmiştir. Kavşak yada yol katılımlarının hemen öncesine belirli mesafelerde yerleştirilen RFID sensörler ile araçların hareketi, hızı ve sayısı algılanmaktadır. Toplanan veriler internet ortamı üzerinden merkez bilgisayara veya kavşak kontrol cihazına iletilerek araç yoğunluğuna göre trafik yönetimi sağlanmıştır.

Chinyere ve arkadaşları (2011), çalışmalarında Nijerya şehirleri için karayolu trafiğini izlemek ve yönetmek için akıllı trafik sistemi geliştirmişlerdir. Yapısal sistem analiz ve tasarım metodolojisi ile bulanık mantık tabanlı tasarım metodolojisinin birleştirildiği sistem Nijerya'nın merkezi dört kollu kavşaklarından birinde denenmiştir.

Fellendorf ve Vortisch (2010), Jaume Barcelo'nun editörlüğünü yaptığı Trafik simülasyonunun temelleri (Fundamentals of Traffic Simulation) adlı kitapta on farklı simülasyon programı anlatmıştır. Bunlardan biriside Fellendorf ve Vortisch'in anlattığı VISSIM trafik simülasyon programıdır. İlgili bölümde, programın tanımından, tarihsel gelişiminden, sistem mimarisinden, trafik modelleme mantığından girdi ve çıktı veri çeşitlerinden ve diğer simülasyon programlarına göre öne çıkan özelliklerinden bahsetmişlerdir.

Bertini (1999), doktora tezi çalışmasında otoban birleşimlerindeki oluşan darboğazların zamana bağlı trafik akışının özelliklerini incelemiştir. Kraliçe Elizabeth

yolu ve Gardiner otobanında yaptığı iki günlük çalışmalarla veri toplamış ve bunu, zaman karşı yığışimli taşıt eğrisi ile zamana karşı yığışimli doluluk (yoğunluk) eğrileri üzerinden incelemiştir.

Albagul ve arkadaşları (2006), bu çalışmada akıllı trafik sinyal simülasyonu için uygun bir algoritma ve simülatör tasarlanmıştır. Geliştirilen sistemde belirli bir aralık içinde araçların varlığını yâda yokluğunu algılayarak, trafik sinyalleri için uygun sinyal süreleri ayarlanmaktadır. Trafik sinyal algoritması için Matlab kullanılmıştır.

Şahin ve arkadaşları (2004), TÜBİTAK destekli yapılan bu projede İstanbul Boğaziçi Köprüsü ve köprüye bağlanan 1.Çevreyolu incelenmiş, bu yollarda oluşan trafik tıkanıklığının yeri, oluşum zamanı ve sebepleri araştırılmıştır. Saha verilerinden faydalanarak oluşturulan ölçeklendirilmiş yığışimli taşıt sayısı eğrileri incelenerek, darboğazın yanı sıra trafik akımlarının çeşitli özellikleri de saptanmıştır. Önerilen kontrol stratejisi bilgisayar ortamında mikroskobik simülasyon modeli kullanılarak test edilmiştir.

Öztürk (2006), çalışmasında trafik sorunu çözümleri gerçekleştirmek için trafik kontrol sistemlerinde kullanılan algılayıcılar, değişken mesaj sistemleri, kavşak kontrol cihazları tanıtılmıştır. Trafik kontrol sistemlerinde kullanılan çeşitli teknikler (yapay zeka, bulanık mantık, genetik algoritma vb) açıklanmıştır. Çalışmanın uygulama bölümünde ise birbirinin alternatifi iki yola, trafiğin yoğunluğuna göre yönlendirme yapan mikrodenetleyici tabanlı bir sistem gerçekleştirilmiştir.

Öztürk ve arkadaşları (2008), çalışmalarında Ankara'da yapılan sayımlarını esas alan bir sinyal zamanlaması modeli geliştirmişler ve bu model kullanılarak Beşevler kavşağının devre süresi hesaplanmış, mevcut durumda kullanılan süre ile bu yeni süre karşılaştırılmıştır. Ayrıca yine bu model kullanılarak hesaplanan Beşevler kavşağının devre süresi, yeşil süreleri ve ortalama taşıt gecikmeleri Webster modeli ile bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Mahmood (2010), tez çalışmasında trafik ışıklarının denetimini bulanık mantık yaklaşımıyla tasarlayıp uygulamıştır. Trafik durumunu izleyen ve o duruma göre karar veren otomatik bir sistem gerçekleştirilmiştir.

Yılmaz (2006), çalışmasında trafik akışını modelleyerek bu modelin bilgisayar ortamında simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen simülasyon programında mikroskobik yada diğer adıyla ayırık-sürekli yaklaşım modeli esas alınmıştır. Her bir aracın hareketinin diğer araçlardan bağımsız olarak hesaplanması, simülasyonun gerçeğe daha yakın olmasını sağlamıştır. Simülasyon programında, trafik ağını

tasarlayıp simülasyon anını izleme, sabit zamanlı, yeşil dalga ve adaptif trafik sinyalizasyon tekniklerini uygulama imkanı sağlanmıştır.

Onat (1996), çalışmasında mikrodenetleyiciye dayalı, merkezle seri haberleşebilen ve sinyal grubu kapasitesini arttırabilmek için kendisine modül olarak eklenebilen çıkış üniteleriyle genel olarak hazırlanmış, arıza bilgilerini donanımsal olarak belirleyip görüntüleyebilen kavşak kontrol cihazı tasarlanmıştır.

Uysal (2001), çalışmasında karayolu trafiği ve kavramları tanımlanmıştır. Çalışmada kavşak çeşitleri ve tasarım kriterleri, sinyalizasyon kavramı, sinyalizasyon çeşitleri, kurulum gereksinimleri ve sistem seçim kriterleri detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Berberoğlu (2008), çalışmasında genel hatlarıyla trafik sinyalizasyonu tanıtıldıktan sonra mikrodenetleyici tabanlı gün içinde farklı program kısımları çalıştırabilen bir kavşak kontrol cihazı tasarlanmıştır.

Vadi ve arkadaşları (2010), çalışmalarında PLC tabanlı bir trafik kavşağının gerçek zamanlı olarak ve günün farklı zamanlarında trafik yoğunluğu göz önünde bulundurularak araç geçiş sürelerinin belirlenmesi ve kavşağın durumunun bilgisayar ara yüz programı ile izlenmesi gerçekleştirilmiştir.

Özek ve Karal (2004) çalışmasında trafik sinyalizasyon otomasyonu için kavşak kontrol sisteminin bir denetleyici tarafından kontrol edildiği ve birden çok kavşağın birlikte otomasyonu için birbiri ile haberleştirildiği bir sistem tasarlamıştır. Çalışmada bir hastane yolu üzerinde birbirinden uzak mesafelerde bulunan iki kavşak üzerinde bir ambulans yolunun açılabilmesi için kavşak çalışma modlarının değiştirilmesi ve kavşakların mikrodenetleyici ile kontrolü gerçekleştirilmiştir.

Akdoğan ve Taçgın (2002), çalışmasında trafik kontrolü gibi matematiksel modeli lineer olmayan problemlerde matematiksel yapıyı ikinci plana atarak, bilgi temelli bir modelleme ve kontrol yapmaya imkân veren yapay zekâ teknikleri kullanılarak dört kollu bir kavşak kontrolü tasarlanmıştır.

Akbaş ve Akdoğan (2001), çalışmalarında İstanbul kent içi ulaşımında karayolu trafiğinin üzerine durum değerlendirmesi yapmıştır. Bu amaçla, önce trafiğin kontrolü olgusunun gelişimi ve trafik kontrol kavramının ifade ettiği anlam genel hatlarıyla incelenmiştir. Daha sonra, İstanbul kent içi ulaşım sisteminin bugünkü durumu incelenmiş ve kent içi karayolu trafiğinin kontrolü için, uzun vadede güçlü bir “Trafik Kontrol Sistemi”nin oluşturulmasının önemine dikkat çekilmiştir.

Murat (1996), çalışmasında Denizli ili trafiğinin yoğunluğu bakımından önemli sinyalizasyon kavşakları incelenmiş ve kavşaklarda oluşan gecikmeler ile kuyruğun sebepleri araştırılarak kavşağın mevcut durumu etüd edilmiştir ve Avusturalya yöntemine dayanan SIDRA isimli program ve İngiliz yöntemine göre QuickBasic dili hazırlanan bilgisayar programları kullanılarak yeni devre uzunlukları önerilmiştir.

Kurar (2001), çalışmada gerçek dünyanın coğrafi koordinatlı olarak bilgisayar ekranına taşınmasına izin veren CBS – Coğrafi Bilgi Sistemi'nin (GIS – Geographic Information System), kavşak noktalarının grafik ekran üzerinden koordinatlı olarak takip ve kontrolünü sağlayan sistem geliştirilmiştir. İstanbul örneği üzerinden geliştirilen sistemin zamansal kavşak programlarının yönetilmesinde ve kavşak sinyalizasyonunun bakım ve onarım müdahalesinin hızlandırılmasında katkı sağladığı gösterilmiştir.

Güldamlaşı (2007), çalışmasında İzmir ve Balıkesir illerinde seçilen kavşaklarda tek ve çift yönlü kavşakları karşılaştırmıştır. Kavşaklarda yapılan sayımlar ve gözlemler Synchro 4 programında kullanılan formüller ile çözümlenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmada ayrıca kavşakların genel özellikleri, kavşak tipleri, sinyalizasyon sistemleri, sinyalizasyon sistemlerde hacim, kapasite, doymuş akım ve hizmet düzeyi kavramları açıklanmıştır.

Immers ve Logghe (2002), Trafik Akış Teorisi adlı eserlerinde trafik mühendisliğinin temellerinden, trafik akışındaki hacim, kapasite, doymuş akım ve hizmet düzeyi kavramlarından, makroskobik değişkenler ve mikroskobik trafik akış modellerinden bahsetmişlerdir.

Özdirim (1994), Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan “Trafik Mühendisliği” adlı iki ciltlik kitabında trafik mühendisliğinin temel konularından bahsetmiştir. Kitapta detaylıca bahsedilen konulardan bazıları trafik akımı ve öğeleri, trafik akımının ana bağlantıları, istatistikleri, etüd ve değerlendirilmesi, sayım ve gözlem yöntemleri, kavşaklar ve kavşak tasarımları, kavşak türleri ve kapasitesi, sinyalizasyon yöntemleri, sinyal süresi hesaplama yöntemleri ve trafik işaretleri gibi konulardır.

Tektaş ve arkadaşları (2002), 1. Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresinde sunulan çalışmada, yapay zeka tekniklerinden uzman sistemler, bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritma yöntemleri tanıtılarak, bu tekniklerin trafik kontrol problemlerinde kullanımları üzerine araştırma yapılmıştır. Çalışmada trafik kontrolünde bu tekniklerin nerede ve nasıl uygulandığına ilişkin bir sınıflandırma yapılmıştır.

Ceylan ve arkadaşları (2007), Bu çalışmada geliştirilen yaklaşık hesaplama metodu (YHM) ile sinyalize kavşaklardaki ortalama taşıt gecikmelerinin bileşenleri, koordinat transformasyon tekniği kullanılarak çözülmüştür. Kavşak performans göstergeleri doygunluk üstü durumlar için iki farklı yaklaşım ile ve doygunluk altı linkler için kuyruk oluşup oluşmaması durumlarına göre incelenmiştir. Yapılan hesaplamalarda, kararlı denge ve deterministik kuyruk irdelenerek zamana bağlı dönüşümler yapılarak yaklaşık matematiksel ifadeler çıkarılmıştır. Geliştirilen YHM örnek sinyalize kavşak üzerine uygulanmış ve YHM'nin performansı mevcut durum ile Webster metoduna göre test edilmiştir. Geliştirilen metot ile seçilen kavşağın ortalama performansının % 500 oranında arttığı bulunmuştur. Ayrıca sinyal parametrelerinin mevcut durum ve Webster sinyal kontrolünden oldukça büyük farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Çetin ve Murat (2013), Bu çalışmada, öncelikle doygun akımı ifade edebilecek, sürücü davranışlarına bağlı yeni bir analitik yöntem ortaya konmuş, ardından bu yöntemin geçerliliği arazi gözlemleri ile denenmiş ve sonuçlar HCM yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Önerilen yöntemin kullanımını konusunda oldukça umut verici sonuçlar elde edilmiştir.

Newell (1993) çalışmasında kinematik dalga teorisinden yola çıkarak yığışlı kış eğrisi üzerinden karayolu trafiği incelenmiştir. Bu eğri üzerinden taşıt sayısı, kuyruk uzunluğu, kuyruktaki taşıt sayısı, kuyruklanmış taşıtların gecikme süresi, seyir süresi, gecikme gibi değişkenler elde edilmiştir.

Akbaş (2001) doktora tezi olan çalışmasında kent içi trafik performansını etkileyen kriterleri incelemiş ve bu kriterleri olumsuz etkileyen unsurlara çözüm önerisi olarak sinyalize kavşakların dinamik kavşak kontrol sistemi ile yönetilmesini sunmuştur. Dinamik kavşak kontrol sistemine göre; kavşak akımlarının kontrolü, sinyal parametrelerinin çevrim bazında optimize edilmesi temeline dayanmaktadır. Gerçekleştirdiği modeli VISSIM simülasyon programında değerlendirmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Ulaşım, dünyada gelişmişlik ölçütlerinden biri olarak kabul edilir ve kentlerin yaşanabilirlik seviyesinde önemli bir kriterdir. Nüfus ve araç sayısındaki artış kentlerde kara yolu ulaşımının yani trafiğin düzenlenmesi, kontrol edilmesi, merkezi yâda bölgesel yönetilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Kent içi karayolu ağında taşıt başına günlük kat edilen yol miktarı veya bir taşıtın günlük ortalama seyahat süresi üzerinden hesaplanan hareketliliğin büyüklüğü, dolaylı olarak kent içi karayolu trafiğinin büyüklüğü ve kontrol probleminin boyutları hakkında bilgi verir. Kent içi trafiğin üçte ikisinin trafik ışıklı kavşaklarda gerçekleştiğini düşündüğümüzde trafik ışıklarının kontrol edilmesinin zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

3.1 Sinyalizasyonun Kullanım Amacı

Trafik yönetiminin amacı, trafik kuralları ve trafik ekipmanları ile mevcut ulaşım sisteminde en fazla aracı en az bekleme süresinde geçirmek olduğu gibi sürücü, yaya ve yolcuların can ve mal emniyetinin de sağlandığı en verimli şekilde yönetmektir.

Sinyalizasyon sistemleri, kontrolsüz kavşaklarda kontrolü sağlamak, kaza olasılığını düşürmek ve kavşak kullanımında en uygun kapasiteyi elde etmek için kullanılır. Bunun yanı sıra gereksiz ve şartlar oluşmadan kurulan sinyalizasyon sistemleri hem gecikmelerin artmasına hem de kaza olasılığının artmasına sebep olabilir. Dolayısıyla her hangi bir yerde sinyalizasyon sisteminin kurulması aşağıdaki faydalardan en az birinin sağlanması amacıyla güder (Öztürk, 2006).

- Kesişen akımlardan veya geometrik özelliklerden dolayı oluşan gecikmeleri, sıkışmaları ve tıkanıklıkları önlemek,
- Taşıtların diğer taşıtlarla veya yaya akımları ile kesiştikleri noktalarda güvenli bir geçiş düzeni sağlamak ve kaza ihtimalini azaltmak,
- Taşıt veya yaya yoğunlukları göz önünde tutularak, akım yönlerine geçiş hakkı veya önceliği verirken uyumlu bir zaman dağıtımı yapmak,
- Yüklü trafik yoğunluğu olan bir yol üzerindeki taşıtları zaman zaman durdurarak tali yollardaki trafiğe ve yayalara geçiş olanağı sağlamak.

Kurulma zorunluluğu şartları yerine gelmediği halde sinyalizasyon edilen kavşaklarda doğabilecek sakıncalar ise şöyle sıralana bilir (Öztürk, 2006);

- Trafiğin seyrek olduğu saatlerde gereksiz bekleme sürelerinin oluşması,
- Belirli kaza tiplerinde artmalar olması (örneğin arkadan çarpmalar)
- Işık sürelerinin doğru belirlenmediği durumlarda sürücülerin sabırsızlanarak ışıklara riayet etmemesi sonucu kazaların meydana gelmesi
- Gereksiz bekleme sürelerinin sürücü alışkanlıklarında geçiş hakkı ihlallerini (kırmızı ışıkta geçme) arttırmasıdır.

3.2 Sinyalizasyonun Kurulum Kriterleri

Yoğun trafik hacmine sahip kavşaklarda sinyalizasyon en etkin kontrol sistemidir. Sinyalizasyon yardımıyla, geçiş önceliği vererek veya geçişlerini sıraya koyarak, farklı yönlerde hareket eden trafik akımlarının çakışma nokta sayısı (katılma, ayrılma, kesişme) azaltılmaktadır. Bir kavşağın trafik ışıklı sistem ile kontrol altına alınabilmesi için FHWA (Federal Highway Administration, Amerikan Karayolları İdaresi)' a göre aşağıdaki şartların en az bir tanesinin sağlanması gerekmektedir (Berberoğlu, 2008).

3.2.1. Minimum araç hacmi

Kavşak trafik hacmi çizelge 3.1'de belirtilen değerden fazla olması halinde kavşağın sinyalize edilmesi gerekir (Akbaş, 2001). Çizelge 3.1'de belirtilen değerler ortalama bir günün herhangi bir 8 saatinde her biri için alınan trafik hacmidir. Burada "ortalama bir gün" hafta içinde bir gün olup trafik hacminin normal yani temsili değerini ifade eden veya göz önüne alınan kavşakta sıklıkla tekrarlanan trafik hacmidir.

Çizelge 3.1. Minimum araç trafiği için hacim şartı

Her bir yaklaşım için şerit sayısı		Anayoldaki araç/saat trafiği (her iki yönün toplamı için)	Tali yol yaklaşımındaki en yüksek olan araç/ saat trafiği (sadece bir yöndeki)
Anayol	Tali yol		
1	1	500	150
≥2	1	600	150
≥2	≥2	600	200
1	≥2	500	200

3.2.2. Sürekli trafik akımının kesintisi

Eğer anayoldaki araçlar tali yoldaki araçların geçmesi için aşırı bekliyorlar ise veya tali yoldan kavşağa giren araçlar anayol trafiği tarafından kazaya maruz kalabiliyorlar ise kavşak sinyalize edilmelidir. Eğer ana ve tali yol trafik hacmi çizelge 3,2'de belirtilen değerlerden fazla ise kavşak sinyalize edilmelidir. Çizelge 3,2'de belirtilen değerler ortalama bir günün herhangi bir 8 saatinde her biri için alınan trafik hacmidir (Akbaş, 2001).

Çizelge 3.2. Sürekli trafik akımının kesintisi için minimum trafik hacim şartı

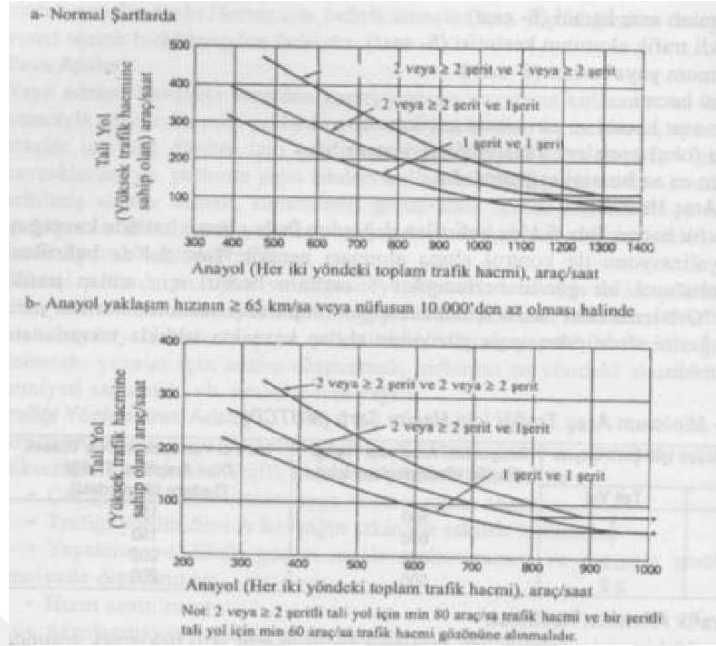
Her bir yaklaşım için şerit sayısı		Anayoldaki araç/saat trafiği (her iki yönün toplamı için)	Tali yol yaklaşımındaki en yüksek olan araç/ saat trafiği (sadece bir yöndeki)
Anayol	Tali yol		
1	1	750	75
≥2	1	900	75
≥2	≥2	900	100
1	≥2	750	100

3.2.3. Minimum yaya hacmi

Ortalama bir günde anayolu geçen yayalar herhangi bir 4 saat için 100'den fazla veya herhangi bir saatte 190'dan fazla ise trafik sinyalizasyonu gereklidir (Akbaş, 2001).

3.2.4. 4 saat hacmi

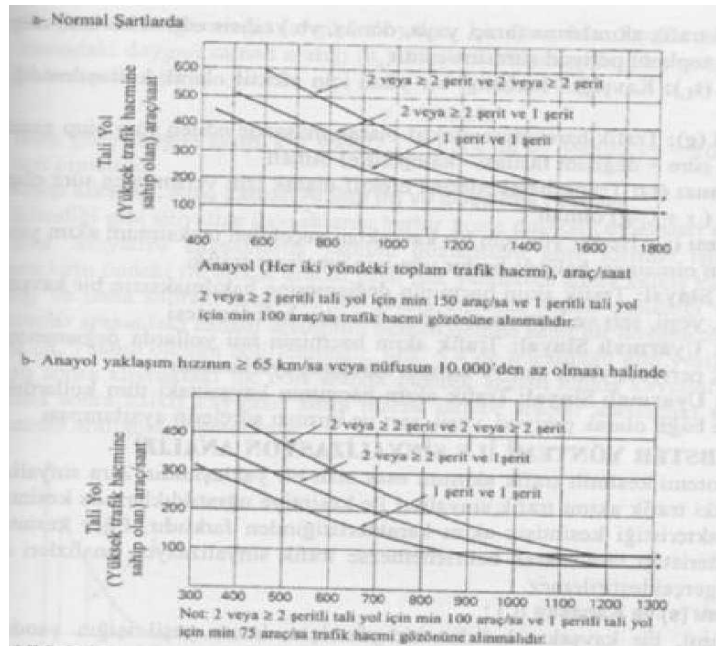
FHWA tarafından Şekil 3.1'de verilen standart grafik ile sinyalizasyonun gerekliliği saptanabilir. Eğer Şekil 3.1'de ortalama günün 4 saatinin her biri için alınan trafik hacimleri göz önüne alınarak işaretlendiğinde eğrinin üzerinde kalıyorsa trafik sinyalizasyonu yapılmalıdır (Akbaş, 2001).



Şekil 3.1. 4 saat trafik hacmi için sinyalizasyon şartı

3.2.5. Zirve saat hacmi

Günün bir saati boyunca tali yoldaki trafiğin belli bir değerden fazla olması halinde trafik sinyalizasyonu gerekir. Şekil 3.2 de verilen standart grafik ile trafik sinyalizasyonunun yapılmasının gerekliliği saptanabilir (Akbaş, 2001).



Şekil 3.2. Zirve saat hacmi için sinyalizasyon şartı

3.2.6. Zirve saat gecikmesi

Tali yoldaki gecikme tek şeritli yol için 4 araç/saat ve çift şeritli yol için 5 araç/saat'ten fazla olması halinde ve tek şeritli tali yolu tek yöndeki yaklaşımı 100 araç/saatten veya çift şeritli tali yolun tek yön yaklaşımı 150 araç/saatten daha fazla olması halinde veya kavşağa giren toplam araç sayısının dört veya daha fazla kol için 800 araç/saatten veya üç kollu yaklaşım için 650 araç/saatten daha fazla olması halinde zirve-saat gecikmesi söz konusu olup trafik sinyalizasyonu gereklidir (Akbaş, 2001).

3.3. Sinyalizasyonun Sistemleri

3.3.1. İzole sinyalizasyon sistemleri

İzole sinyalizasyon sistemleri, etrafındaki diğer kavşaklar bulunan başka bir sinyalizasyon sistemiyle hiçbir bağlantısı bulunmayan ve diğer sinyalizasyon kavşaklarının etkilemediği sistemlerdir. İzole sinyalizasyon sistemlerinin dört farklı uygulaması bulunmaktadır.

3.3.1.1. Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemi

Sabit zamanlı sistemde kavşak kollarından yaklaşan araçlara ve yayalara önceden hazırlanmış programlarla geçiş sırası ve geçiş süresi verilir.

Geçiş hakkı yani yeşil süresi kavşak kollarının taleplerinin birbirine olan oranına göre belirlenir. Dolayısıyla bu sistemin başarılı olabilmesi için çok sayıda ve çok dikkatli trafik sayımlarının yapılması gerekir.

Kavşaklarda trafik hafta sonu hafta içine göre, hafta içi pazartesi ve cuma günleri diğer günlere göre, hatta gün içinde her saat bir diğer saate göre farklılık göstermektedir. Sabit zamanlı bir sistemde bu farklılıklara göre uygun süreler tayin edilmediği takdirde gereksiz beklemler ve kavşak kapasite kullanımında düşüş olacaktır. Ancak kavşak kontrol cihazı buna imkân veriyor ise kavşağın değişen karakteristiğine göre uygun süreler belirlenerek gün içinde otomatik olarak değişen farklı çalışma planları uygulanabilir.

Bu sistemin en büyük sakıncası kavşağın yoğunluğuna uygun süreler tayin edilmemesi durumunda gereksiz beklemlere yol açmasıdır (Berberoğlu, 2008).

3.3.1.2. Trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemi

Özelliklere kavşağa bağlanan kollardan biri veya ikisinden gelen taleplerin diğer kollara nazaran çok az olması ve bu durumun gün içinde değişkenlik göstermesi durumunda sabit süreli sinyalizasyon sistemlerinin en büyük dezavantajı olan gereksiz beklemler meydana gelmektedir.

Trafik uyarmalı sistemde taşıtların geçiş hakkı sırası ve süresi, algılayıcılar (detektörler) tarafından saptanan trafik talep ve yoğunluklarına göre düzenlenir.

3.3.1.2.1. Yarı trafik uyarmalı sistem

Kavşak bağlantı kollarından talep bakımından daha yoğun olan kola “ana kol” veya “ana yol” denir. Amaç ana yol akımının akışını en az düzeyde etkilemektir. Bu yüzden ana yol akımını, tali yollardan talep olmadıkça sürekli yeşil ışık sinyali (geçiş hakkı) verilir. Talep olduğunda belirlenen süre ana yol akımı kesilerek diğer kollara geçiş hakkı verilir.

3.3.1.2.2. Tam trafik uyarmalı sistem

Kavşak bağlantı kollarının yoğunluk ve talep durumları birbirine eşdeğerde olan kavşaklarda tüm kollara algılayıcılar yerleştirilerek uygulanır. Tüm kollardan sürekli olarak uyarı alınır ve geçiş hakkı sırası ve süreleri uyarı alınan kollardaki trafik yoğunluklarına göre otomatik olarak düzenlenir. Tam trafik uyarmalı sistemler gerçek taleplerin anlık değerlendirmesine göre geçiş hakkı sırası ve süresine karar verdiklerinden, toplam gecikmeleri minimuma indiren bir sistemdir. Ancak kullanılan algılayıcı ve kavşak kontrol cihazı teknolojisi sabit süreli kavşak yönetim sistemlerine göre daha pahalıdır (Murat, 1996).

3.3.1.3. Yaya uyarmalı sinyalizasyon sistemi

Yaya uyarmalı sistem kavşaklarda uygulandığı gibi kavşak olmayan güzergâh üzerlerinde de uygulanmaktadır. Kavşakların bulunmadığı yaya geçitlerinde yayalara

güvenli geçiş hakkı tanımak için uygulanmaktadır. Bu tip yaya geçitlerinin bulunduğu yollarda taşıtlara verilen sürekli geçiş hakkı yayaların butonlara basmaları ile kesilir.

Yaya talebinin az olduğu kavşaklarda ise, sinyal programında yayalar için “yaya koruma süresi” verilmeyerek toplam döngü süresi azaltılmış olur. Ancak yaya talebi geldiği zaman belirlenen süre miktarınca yaya geçiş hakkı tanınır.

3.3.1.4. El ile kumandalı sinyalizasyon sistemi

Özellikle sabit süreli sinyalizasyon ile yönetilen kavşaklarda günün pik saatlerinde veya kaza, protokol geçişi vb gibi olağan dışı durumlarda belirlenen sabit sinyal süreleri kavşakta oluşan talebe karşılık verememektedir. Bu tip durumlarda bu kavşaktaki bekleme sürelerinin artması diğer kavşakları dolayısıyla tüm trafiği etkileyeceğinden veya normal sinyal süresi ve sırasının dışında yönetim zorunlu olduğundan, kavşak kontrol cihazı manuel olarak yönetilir. Kavşaktaki bütün ışıklı gruplar bir kumanda panosuna bağlanarak dışarıdan yönetilmeye uygun hale getirilir. Böylece kavşağı trafik polisinin yolun ortasında el kol hareketleri ile değil de yine sinyal vericiler sayesinde güvenli bir şekilde yönetmesine imkân verir.

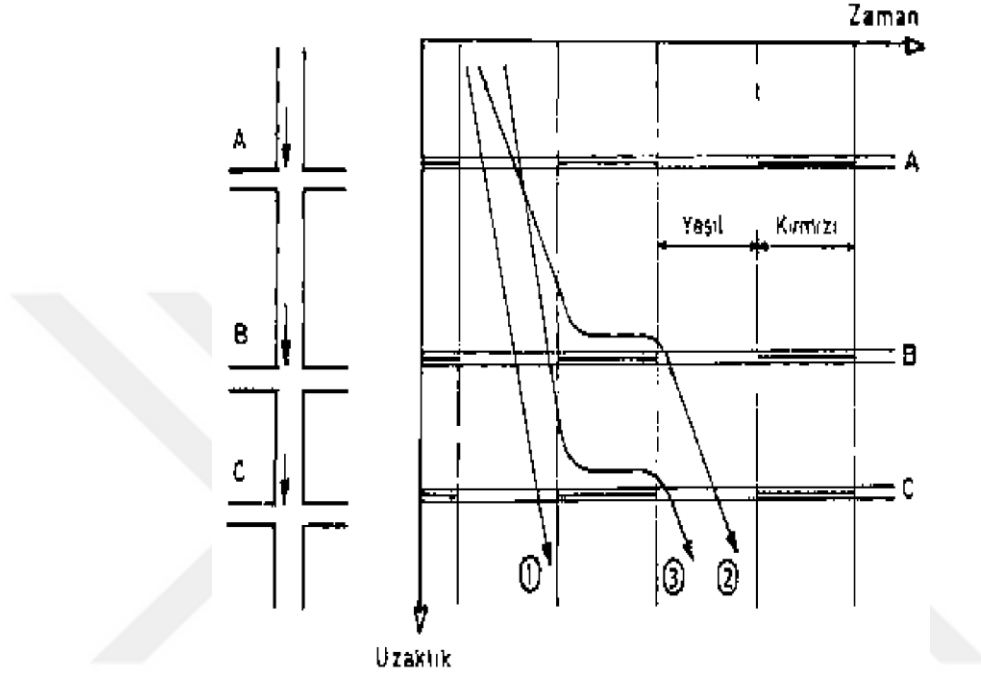
3.3.2. Koordine sinyalizasyon sistemleri

Birbirine yakın iki veya daha fazla kavşağın, gereksiz durmaları engellemek, gecikmeleri azaltmak ve eğer kavşaklar birbirine çok yakınsa beklemeelerde oluşan kuyruğun kavşak sınırlarını aşmasını engellemek amacıyla, kavşak kontrol cihazlarının birbirine bağlanmasıdır (koordine edilmesidir). Koordine sistemler genellikle anayol üzerinde bulunan ve birbirini takip eden iki yada daha fazla kavşaktan, tali yollardaki taleplere yeterli süre geçiş hakkı vermeyi göz önünde bulundurarak, birim zamanda mümkün olan en çok sayıda taşıtın durmadan geçirilmesini hedeflemektedir. Koordine sinyalizasyon sistemi dört farklı şekilde uygulanmaktadır (Onat, 1996).

3.3.2.1. Senkronize koordine sinyalizasyon sistemi

Birbirine bağlı tüm kavşaklarda aynı anda aynı yönlere bakan sinyal vericiler aynı sinyalleri verirler. Şekil 3.3’de bir yol boyu üzerindeki üç kavşakta senkronize koordineli sinyalizasyon sistemin çalıştırılması görülmektedir.

Şekilden de anlaşılacağı gibi güzergâhta belirlenen ortalama seyir hızında ilerleyen birinci araç tüm kavşaklardan durmadan geçmektedir. Hızı daha yavaş olan ikinci araç ise ilk kavşaktan geçmekte ancak ikinci kavşakta durmak zorunda kalmıştır. Hızı belirlenen ortalama seyir hızından daha yüksek olan üçüncü araç ise ilk iki kavşağı geçmiş olmasına rağmen son kavşakta beklemek zorundadır.



Şekil 3.3. Senkronize koordine sinyalizasyon sistem

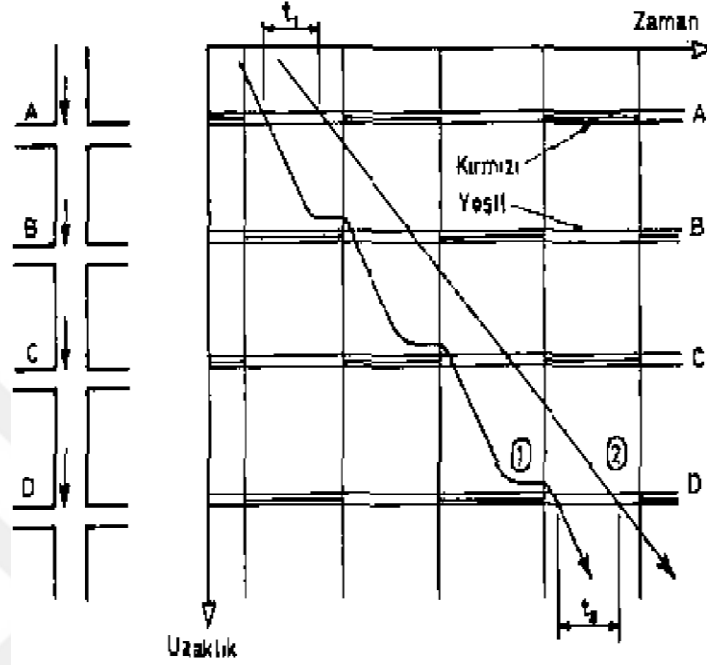
Bu sistem sürücüleri belirli bir güzergâh boyunca belirlenen ortalama seyir hızında gitmeye teşvik etmektedir. Bu sayede aşırı hızlı yada trafik akımını olumsuz etkileyecek aşırı yavaş ilerlemelerin önüne geçilebilmektedir.

3.3.2.2. Alternatif koordine sinyalizasyon sistemi

Bu sistemde birbirini izleyen bağlı kavşaklara zıt ışıklı sinyaller verilir. Amaç taşıtların iki kavşak arasındaki uzaklığı ışıklı sinyallerin devresinin yarısı kadar zamanda almalarını sağlamaktır. Böylece güzergâh boyunca taşıtların belirli bir hızda seyretilmeleri sağlanmış olur.

Şekil 3.4'den de anlaşılacağı üzere belirlenen ortalama seyir hızında ilerleyen bir araç sisteme dahil tüm kavşaklarda durmaksızın geçmektedir. Belirlene ortalama hız kuralına uymayan diğer araç ise ilk kavşak dışında diğer kavşakların kırmızı ışık

sürelerinin bir kısmına yakalanmaktadır. Dolayısıyla alternatif koordineli sinyalizasyon sistemi, hızlı giden araçları durmaya zorlayacağından taşıt hızlarının düşmesine sebep olmaktadır.



Şekil 3.4. Alternatif koordine sinyalizasyon sistem

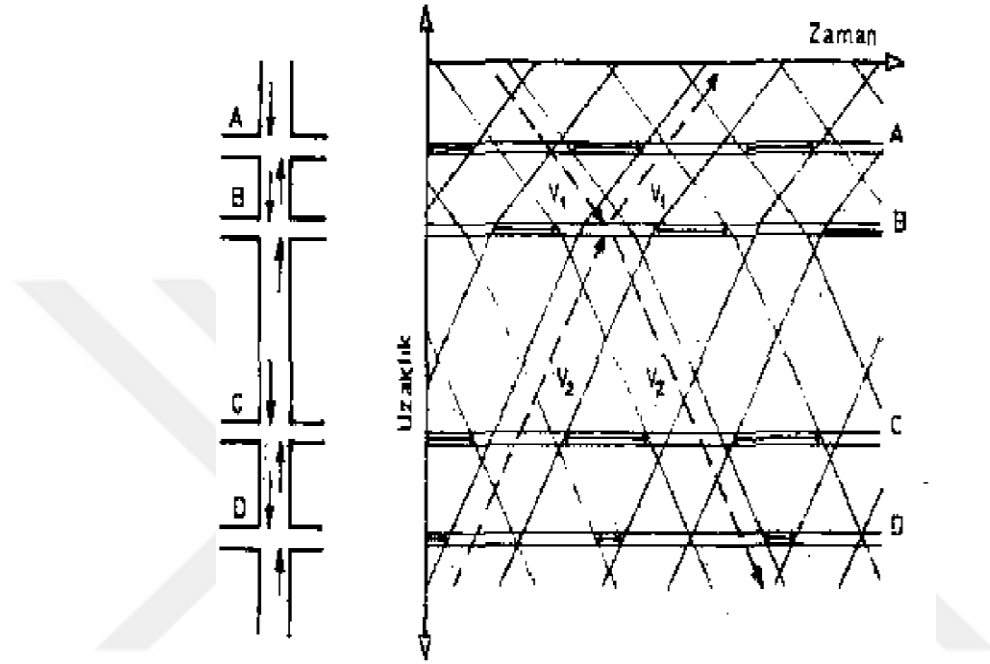
Alternatif koordine senkronize sistemin uygulanmasında en önemli kısıt kavşaklar arasındaki mesafenin çok fazla olmaması gerekmektedir. Kavşaklar arasındaki uzaklıkların alt ve üst limitleri sinyal devresindeki yeşil ve kırmızı süreleri ile taşıtlar için öngörülen ortalama seyir hızına bağlıdır.

3.3.2.3. Progresif koordine sinyalizasyon sistemi

Güzergâh üzerindeki bir grup kavşakta ışıklı sinyallerin devre süreleri aynı olmakla birlikte, gerekli yeşil süreleri ortalama seyir hızına uygun olarak ilerleyen bir aracın tüm kavşaklardan beklemeden geçmesini sağlayacak şekilde ayarlanır.

Sisteme dâhil kavşaklar arası ortalama seyir hızı hep aynı olmak zorunda değildir. Yasal hız sınırlarını aşmamak kaydıyla bir aracın iki yâda daha fazla kavşağı, aralarındaki mesafe ve devre süreleri göz önünde bulundurularak, beklemeden geçmesini sağlayacak bir ortalama seyir hızı tayin edilirken, sonraki kavşakların arasında farklı bir ortalama seyir hızı tayin edilebilir.

Özellikle bu sistemde ortalama seyir hız limitleri içinde seyreden taşıtların sisteme dâhil kavşaklarda beklemeden geçebilmeleri için Zaman Mesafe diyagramında içinde bulunmaları gereken alana Yeşil Dalga adı verilir. Bir diğere deyişle, Zaman Mesafe diyagramında yeşil dalga içinde seyreden bir taşıt her kavşakta yeşil ışık sinyaline denk gelecektir.



Şekil 3.5. Progresif koordine sinyalizasyon sistem

3.3.2.4. Bölgesel trafik kontrollü koordine sinyalizasyon sistemi

Senkron, alternatif ve progresif sistemler bir güzergâh boyunca birbirini izleyen iki yâda daha fazla kavşağın koordineli bir şekilde işletilerek bekleme sürelerinin azaltılmaya çalışıldığı sistemlerdir. Ancak, birçok farklı doğrultu üzerindeki trafik akımları için aynı ilkenin uygulanması söz konusu olursa, kesişmeler nedeniyle basit bir koordinasyon sistemi kurularak çözüme ulaşılabilmemesi mümkündür.

Sinyalizasyon sistemlerinin tümü arasında genel olarak gecikmelerin minimuma indirilmesini sağlamak üzere, özellikle şehir içi yollarda belirli bir bölgeye ait kavşaklardaki ışıklı işaret tesislerinin tümü arasında bir koordinasyon sağlayıp düzenleme ve kontrolün bilgisayar kullanılarak yürütüldüğü sistemlere bölge trafik kontrolü adı verilmektedir.

Bölgesel Trafik Kontrollü Koordineli Sinyalizasyon Sistemi özellikle büyük kentlerin ana arterlerinden oluşan yol ağlarında uygulanırlar. Sistemin çalışması üç ana başlıkta sıralanabilir.

1. Sistemin uygulandığı bölgenin trafik akımlarına ait bilgiler, bölgeye yerleştirilen detektörler sayesinde sürekli olarak toplanıp merkeze iletilmektedir.
2. Toplanan anlık bilgiler doğrultusunda önceden oluşturulan trafik yönetim senaryolarından en uygun olanı operatör yâda merkezi bilgisayar tarafından seçilmektedir.
3. Seçilen trafik yönetim senaryosu gereği oluşturulan program veya programların tüm kavşak kontrol cihazlarına iletilerek, programları uygulaması sağlanmaktadır.

3.3.3. Dinamik kontrollü sinyalizasyon sistemi

Kavşaktaki geçiş hakkının sıra ve süresinin, farklı trafik koşullarına göre anlık olarak belirlendiği kontrol tipidir. Sistem gün içerisinde farklı saatlere göre, haftanın farklı günlerine göre veya başka özel durumlara göre, kontrol programını değiştirerek kavşaktaki gecikmeleri azaltmayı amaçlamaktadır.

Kavşak kontrol cihazları detektörlerden gelen bilgiyi giriş olarak kullanmaktadırlar. Detektörler, yol üzerindeki araçların sayısı, araç tipi, araçların hızı, yolun ortalama hızı ve başka yol kullanıcıların varlığı hakkında bilgiler üretmektedir. Kavşak kontrol cihazı, kavşakta talebin yoğun olduğu yöne daha fazla süre tanıyabilir, araç sayısının az olduğu yöne minimum süre uygulayabilir yâda hiç araç yok ise o yönü atlayarak bir sonraki yöne geçebilir. Yaya talep butonu veya yaya algılayıcıların olmadığı ancak yaya kullanıcıların olduğu kavşaklarda yaya koruma süresinin verilmesi daha uygun olmaktadır.

Kavşak kolları veya güzergâh üzerinden trafiğe ait bilgiler toplamak için tipik metal detektörü tabanlı loop detektörler, video görüntü işleme tabanlı kamera detektörler, elektro manyetik dalgaları kullanan detektörler veya akustik detektörler kullanılmaktadır (Mahmood, 2006).

3.4. Sinyalize Kavşakların Kapasite Analizi

3.4.1. Trafik akımlarının değişkenleri

Trafik akımları incelenirken trafiğin temel değişkenleri ve türetilmiş değişkenleri olarak iki ana başlıkta değişkenler incelenmektedir. Trafiğin temel değişkenleri uzunluk (x), zaman (t) ve trafik birimi taşıt (n) dır. Trafiğin türetilmiş değişkenleri ise akım (q), yoğunluk (k), ve hız (v) şeklinde adlandırılmaktadır.

Akım (q), belirli bir yol kesitinden birim zamanda geçen taşıt sayısıdır. Buradaki birim zaman genellikle bir (1) saat olarak kullanılır. Akım, akım değeri yâda akım oranı şeklinde de adlandırılabilir. Yolun belirli bir kesitindeki tüm şeritlerin toplamı veya bir şeridi için tanımlanabilir. Trafiğin temel değişkenleri kullanılarak

$$q = \frac{n}{t} \quad (3.1)$$

olarak ifade edilir. Burada, n taşıt sayısı, t zaman olduğundan, akımın birimi taşıt / zaman olarak elde edilir. Trafik değişkenlerinden biri olarak karşımıza çıkan hacim ise, belirli bir yol kesitinden belirli bir sürede (10,15 veya 30 dakika gibi değerler) geçen taşıt sayısıdır. Belirli bir süre için ölçülen hacim gerekirse birim süredeki (1 saat) akım değerine dönüştürülebilir.

Yoğunluk (k), herhangi bir anda belirli bir yolun birim uzunluğunda bulunan taşıt sayısıdır. Buradaki birim uzunluk genellikle 1 kilometredir. Hacim, birim uzunluk içindeki tüm şeritlerin toplamı veya sadece bir şerit için tanımlanabilir. Trafiğin temel değişkenleri kullanılarak

$$k = \frac{n}{x} \quad (3.2)$$

olarak ifade edilir. Burada, x yol uzunluğu olduğundan, yoğunluğun birimi taşıt / uzunluk birimi olarak elde edilir.

Hız (u), trafiği meydana getiren taşıtların toplu halde oluşturdukları akımın birim zamanda aldığı yoldur. Buradaki birim zaman, genellikle 1 saat veya 1saniye olarak kullanılır. Taşıtların tek tek hızlarından söz edilebileceği gibi, burada olduğu gibi trafik akımının hızından da bahsedilebilir. Temel değişkenlerden faydalanılarak

$$u = \frac{x}{t} \quad (3.3)$$

olarak ifade edilir. Buna göre, x alınan yolun uzunluğu olduğundan, hızın birimi uzunluk / zaman olarak elde edilir (Şahin ve arkadaşları, 2004).

3.4.2. Kavşak kapasitesinin tespiti

Bir kavşağın kapasitesi kabaca, o kavşaktan birim zamanda geçebilecek maksimum taşıt sayısı olarak tarif edilir. Bu sayı, doğal olarak kavşağa yaklaşan akımlara ilişkin akım kapasiteleri ve her akıma tahsis edilen *etkin yeşil ışık süreleri* ile orantılıdır (Akbaş, 2001).

Belirli geometrik ve trafik özelliklerine sahip bir kavşakta, bir yönden gelip kavşaktan geçebilecek taşıtların sayısı bu yöne ayrılan yeşil süresinin devre süresine oranına bağlıdır. Kavşaktaki trafik akımının sinyalizasyon projesinde kullanılan değerleri gerçekleştirilmesi halinde, bütün etkili akım yönlerindeki trafik, kapasite değerlerine erişir. Etkili akım içinde olmayan trafik akımları ise kapasitelerin altında kalır.

Kavşak Kapasitesi; Sinyalize bir kavşağın kapasitesi bütün akım yönlerinden geçirilebilecek toplam taşıt sayısı olarak düşünülmemelidir. Kavşak kapasitesi, etkili akım yönlerinden kavşağa girerek geçirilebilecek toplam otomobil birimi sayısıdır. Kavşak geometrisi ve faz düzeni belirli olduğu takdirde, sinyal devresindeki kayıp zaman sabit olacaktır. Kayıp zamandan artı kalan süre (etkili akımın yeşil süreleri toplamı) faydalı zamandır ve fazlar arasında bölüşülür. Sinyalize kavşağın kapasitesi ise etkili akımın toplam yeşil süresinin devre süresine bölümü ile doğru orantılı olur.

$$G = \sum_{i=0}^n G_i = C - t_s \quad (3.4)$$

Kavşak kapasitesi;

$$\text{kavşak kapasitesi} = S * \frac{G}{C} \quad (3.5)$$

Burada, C devre süresini, t_s kayıp zamanı, G_i i fazındaki yeşil süresini, n faz sayısını, G yeşil sürelerin toplamını, G/C yeşil süreler toplamının devre süresine oranını, S ortalama doygun akım değerini temsil etmektedir. Buna göre kapasite;

$$\text{kavşak kapasitesi} = S * \frac{C - t_s}{C} = S * \left(1 - \frac{t_s}{C}\right) \quad (3.6)$$

Bu denklemden de anlaşılacağı üzere sinyalize bir kavşağın devre süresi arttıkça kapasite de artacaktır. Bunun nedeni kayıp zaman süresinin sabit olması ve dolayısıyla faydalı zaman devre süresi ile doğru orantılı olarak artmasıdır. Öte yandan, yukarıdaki denklemlerden kavşak kapasitesinin doyun akım adı verilen parametreye bağlı olduğu görülmektedir. Kavşak kapasitesi anlamını açıklamak için verilen S değeri “ortalama doyun akım” olarak tanımlanmaktadır.

Yaklaşım yönündeki kapasite;

$$K_i = \frac{(S_i * G_i)}{C} \quad (3.7)$$

Burada K_i = i fazındaki etkili akım içindeki yönün kapasitesi, S_i = i fazındaki etkili akım içindeki yönün doyun akımı, G_i = i fazındaki etkili akım içindeki yönün yeşil süresi, C = devre süresidir.

Ancak her yaklaşım yönünün kendine özgü geometrik ve trafik özellikleri nedeniyle farklı bir doyun akım değeri olacağını düşünmek gerekir. Bu durumda kavşak kapasitesinin aşağıdaki denklem uyarınca hesaplanması gerçeğe daha yakın olacaktır. Kavşağın toplam kapasitesi (K) bütün fazlardaki kapasite değerlerinin toplamıdır.

$$K = \sum_{i=1}^n K_i = \frac{1}{C} * \sum_{i=1}^n (S_i * G_i) \quad (3.8)$$

Doygun akım; sinyalize bir kavşakta geçiş hakkı için beklemekte olan taşıtlar, yeşil ışık açıldığında normal kavşağı boşaltma hızlarına erişene kadar biraz zaman kaybederler. Ancak, baştaki birkaç taşıttan sonra kuyruk hemen hemen sabit bir akışla boşalmaya geçer. İlk birkaç saniyelik zaman kaybından sonra kuyruktaki taşıtların sabit bir hızla boşalmalarına “doygun akım” adı verilir.

Doygun akım hacmi; belirli geometrik ve trafik koşulları altında, bir sinyalize kavşağın herhangi bir yaklaşım yönünde sürekli bir kuyruk varsa, bu kuyruktaki taşıtlardan bir saatlik yeşil ışık süresi içinde boşalabilecek olan taşıt birim sayısı “doygun akım hacmi” dir.

Doyma derecesi; herhangi bir yaklaşım yönündeki gerçek taşıt birimi yoğunluğunun yaklaşım yönündeki kapasitesine olan oranına doyma derecesi adı verilir. Trafik sinyalizasyonunda yaklaşım yönündeki şeritlerin aynı oranda yüklendiği kabul edildiğinden herhangi bir yaklaşım yönündeki genel doyma derecesi ile şeritlerin doyma derecesi aynı olur.

$$k_i = \frac{Q_i}{K_i} = \frac{Q_i}{\frac{(S_i * G_i)}{C}} = \frac{Q_i * C}{S_i * G_i} \quad (3.9)$$

Burada k_i = i yaklaşım yönündeki doyma derecesi, S_i = i yaklaşım yönündeki doyma akım değeri, G_i = i yaklaşım yönündeki yeşil süresi, Q_i = i yaklaşım yönündeki toplam ortalama birim taşıt hacmi, C = devre süresidir (Güldamlası, 2007).

3.4.3. Kavşak hizmet düzeyi

Hizmet düzeyi gecikme kavramıyla açıklanabilen ve en az kavşağın kapasitesi kadar önemli olan bir kriterdir. Hizmet düzeyi her bir 15 dakikalık analiz zaman aralığında ortalama duruş gecikmesinin ölçülmesiyle tanımlanabilir. Gecikme sürücü psikolojisi, yakıt tüketimi ve kayıp zamanın ölçülmesiyle ifade edilebilir. Gecikme kompleks bir ölçümdür ve ilerleme hareketinin kalitesi, devre uzunluğu, yeşil oran ve ilgili yaklaşım kolunun hız/ devre süresi (v/C) oranı gibi bir çok değişkene bağlıdır. Genel olarak hizmet düzeyleri; A en iyi, F en kötü durumu ifade etmek üzere A'dan F'ye doğru sınıflandırılır (Akbaş, 2001).

A Hizmet Düzeyi; Serbest akım halidir. İşletmenin gecikmeleri oldukça düşüktür. Her bir araç için 10 sn'den daha azdır. Birçok araç yeşil zamanda geçmekte ve ilerleme hareketi oldukça iyi gerçekleşmektedir. Araçların çoğu hiç durmamaktadır. Kısa devre uzunluklarının düşük gecikmelere katkısı söz konusudur.

B Hizmet Düzeyi; Bu hizmet düzeyinde her bir araç için gecikmeler 10,1 sn ile 20 sn arasındadır. İlerleme hareketi iyi durumdadır. Devre uzunluğu kısaltılmalıdır. A hizmet düzeyine kıyasla daha fazla araç durmaktadır.

C Hizmet Düzeyi; Bu Hizmet düzeyinde her bir araç için 20,1 sn ile 35 sn arasında gecikmeler söz konusudur. Bu gecikmelerin sebebinin kötü ilerleme ve uzun devre süresi olduğu söylenebilir. Özel devre bozuklukları gözlenebilmektedir. Duran araç sayısı bu düzeyde belirginleşmektedir fakat hala durmadan geçen araçlar mevcuttur.

D Hizmet Düzeyi: Bu hizmet düzeyinde her bir araç için 35,1 sn ile 55 sn arasında gecikmeler görülmektedir. D hizmet düzeyinde tıkanmaların etkisi belirgin bir şekilde gözlenmektedir. Gecikmenin artması, yetersiz ilerleme, uzun devre süresi ve yüksek v/C oranının bir sonucu olduğu söylenebilir. Bu düzeyde, duran (bekleyen) araç sayısı iyice artmıştır. Devre bozuklukları artık dikkate alınacak düzeye gelmiştir.

E Hizmet Düzeyi: E hizmet düzeyinde, gecikme süreleri her bir araç için 55,1 sn ile 80 sn gibi yüksek değerlere ulaşmaktadır. Bu düzey kabul edilebilir gecikmelerin sınırı olarak kabul edilebilir. Kötü ilerleme hareketi, uzun devre süresi ve yüksek v/C oranı gecikme sürelerinin artmasına neden olmaktadır. Devre bozuklukları daha sık görülmektedir.

F Hizmet Düzeyi: En olumsuz koşulları ifade eden hizmet düzeyidir. Her bir araç için 80 saniyeyi aşan gecikmeler yaşanmaktadır. Bu durum birçok sürücü için kabul edilemez olarak nitelendirilmektedir. Yüksek gecikme değerlerinin ana sebebi yoğunluğun aşılmasıdır. Aynı zamanda 1'in altında ama yüksek v/C oranı sebebiyle devre bozuklukları gözlenmektedir. Araçların ilerleyişi iyice kötü bir hal almaktadır.

Çizelge 3.3 Sinyalize kavşaklarda hizmet düzeyi-gecikme ilişkisi

Hizmet Düzeyi	Her Araç İçin Duruş Gecikmesi (sn)
A	-10,0
B	10,1-20,0
C	20,1-35,0
D	35,1-55,0
E	55,1-80,0
F	>80,0

Sinyalize kavşaklarda hizmet seviyelerinin belirlenmesi için İngiliz (Webster) yönteminden faydalanılabilir. Webster Yöntemi ile hizmet düzeyleri aşağıdaki şekilde belirlenir.

Koruma Süresi (*tk*): Koruma süresi, geçiş hakkı sona eren bir yönden kavşağa girerek kavşağı boşaltan son taşıt ile, bundan sonraki fazda kavşağa girecek olan ilk taşıtın kesişme noktasında çarpışmamaları için fazlar arasında bırakılması gereken yeşiller arası sürenin bir bölümünü oluşturan bir kayıp zamandır. Güvenli bir koruma süresi için aşağıdaki kabuller yapılabilir.

1.Kavşağı boşaltmakta olan son taşıt, daha önceki kırmızı ışıktaki beklemiş olan kuyruğun son elemanıdır ve kavşağın önündeki taşıtların arkasından düşük bir hız ile kavşağı terk etmektedir.

2.Kavşağı terk edecek son taşıt sarı ışıklı sinyalde geçmektedir ve dur çizgisini geçtiği anda kırmızı sinyal yanmaktadır.

3.Bir sonraki fazda kavşağa girmek üzere dur çizgisinde bekleyen araç yoktur. Kavşağa ilk girecek araç hızını düşürmeden yaklaşmakta olup (kırmızı + sarı) sinyalden sonra yeşil ışık yandığı anda dur çizgisini geçmektedir.

Boşaltma ve Giriş Sürelerini aşağıdaki denklemlerle ifade edebiliriz

Boşaltma Süresi;

$$t_{BX} = 3,6 \frac{L_{BX}}{V_R} \quad (3.10)$$

Giriş süresi;

$$t_{GZ} = 3,6 \frac{L_{GZ}}{V_Z} \quad (3.11)$$

Burada, boşaltma süresini tanımlamak için kullanılan V_B ; kavşağı boşaltan son aracın kavşak içerisindeki ortalama hızını, L_{BX} ; x yönünden kavşağa gelen taşıtın kavşağı boşaltma mesafesini, giriş süresini tanımlamak için kullanılan V_Z ; geçiş hakkı açılacak olan yaklaşım yönünün %85 hızını, L_{GZ} ; geçiş hakkı açılacak olan yaklaşım yönünün giriş uzaklığını ifade etmektedir.

Kesişme noktalarında çarpışmayı önlemek için kullanılacak koruma süresi (tk) boşaltma (t_B) ve gecikme süreleri (t_G) arasındaki farktır.

$$t_k = t_B - t_G \quad (3.12)$$

Kayıp Zaman (t_S): Kayıp Zaman bir devre içindeki tüm yeşiller arası sürenin toplamıdır.

$$t_S = \sum Yi + \sum Ri + \sum tk \quad (3.13)$$

Burada $\sum Yi$; toplam sarı süresini, $\sum Ri$; toplam kırmızı süresini ve $\sum tk$; toplam koruma süresini ifade eder.

3.5. Sinyalizasyon Hesap Yöntemleri

Genel olarak sinyalizasyon hesabı için trafik akımlarının değerlendirilmesinde yöntemler arasında farklılıklar olmasına rağmen, devre süresi hesaplamalarında benzerlikler görülmektedir.

Avustralya yönteminde akımlar ayrı ayrı incelenmekte, her akım için doymun akım değeri hesaplanmakta ve akım oranı belirlenerek maksimum akım oranlarına dayanarak kritik akımlar tespit edilmekte ve devre süresi hesabında kritik akımlardan faydalanılmaktadır. Yeşil süre hesabı için kritik akımlar belirleyici rol oynamaktadır.

İngiliz yönteminde ise fazlar göz önüne alınmakta, kavşaktaki faz durumuna göre her faz içinde aynı yaklaşım kolundaki akımlar toplanarak, doymun akıma bölünerek faz için yaklaşım kollarındaki akım oranları tespit edilmekte, fazdaki maksimum akım oranları hesap için kullanılmaktadır. Fazlar için yeşil süre hesaplanırken her fazın maksimum akım oranı toplam akım oranına bölünmekte ve bulunan değer devre süresi ile çarpılmaktadır.

Amerikan yönteminde şerit grubu tespit edilmekte, şerit grubu için akım oranları hesaplanmakta ve kritik şerit grubu ile kavşak için akım oranları belirlenmektedir. Devre süresi hesabında ise kritik şerit gruplarından faydalanılmaktadır.

3.5.1. Avustralya yöntemi ile sinyalizasyon hesabı

3.5.1.1. Giriş

Avustralya yöntemi ile sinyalizasyon kavşaklardaki trafiğin kapasite ve zaman süreleri analiz edilmektedir. Bu yöntem ile faz tabanlı metot yerine akım tabanlı metot geliştirilmiştir. Dolayısıyla faz kayıp zamanı yerine akım kayıp zamanı kullanılmaktadır.

Ayrıca bu yöntemde doymun akım, etkin yeşil süre, kayıp süre, akım oranı ve doymunluk derecesi gibi akım ve kavşak parametreleri ile gecikme tahmini, duruş sayısı ve kuyruk uzunluğu gibi Performans ölçütleri tanımlanmıştır. Doymun akım değerini etkileyen çevre sınıfı, şerit türü ve dönüş türü gibi faktörler yeni bir bakış açısıyla değerlendirilmiştir.

Trafik mühendisliği için önemli bir analiz yöntemi olan Avustralya yöntemine dayalı bilgisayar programları mevcuttur. SIDRA (Signalized Intersection Design And Research Aid) adlı program bu yöntem üzerinden kavşak analizi yapmaktadır.

3.5.1.2. Temel terimler ve tanımlar

Avustralya yönteminde kullanılan terimler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Faz; bir veya daha fazla akımın geçiş hakkına sahip olduğu sinyal devresinin parçasıdır.

Akım; yönü, şerit işgali ve faz durumu ile karakterize edilen kavşağa gelen her bir ayrı kuyruktur.

Tekrarlı akım; iki veya daha fazla sıralı faz ile geçiş hakkı alan akımdır.

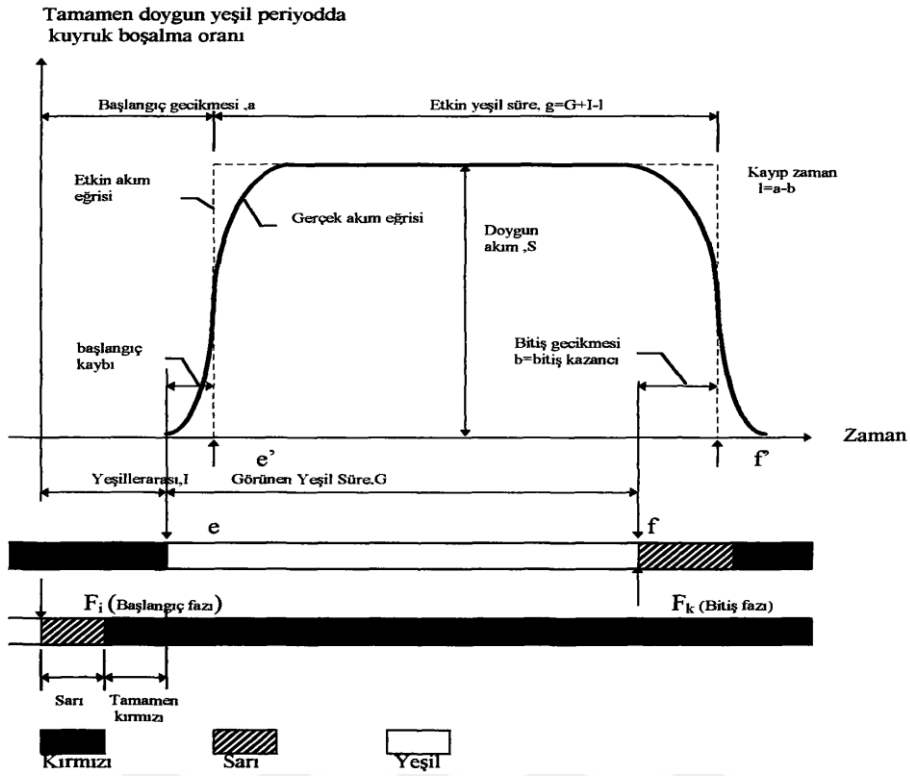
Kritik akım; kavşak için kapasite ve zaman gereklerini belirleyen akımlardır.

Karşı akım; yeşil periyot esnasında karşı akım daha öncelikli akıma geçiş hakkı vermek zorundadır. Genellikle, karşı araç yâda yaya akımına geçiş hakkı veren sağa veya sola dönen akım olabilir.

3.5.1.3. Akım karakteristikleri

Temel akım karakteristiklerinde doymuş akım, etkin yeşil süre ve kayıp zamanlar ana değerlerdir. Akım karakteristiğini ifade ederken kullanılan temel model Şekil 3.6'deki gibidir.

Temel modele göre taşıtla kendilerine geçiş hakkı verildikten (yeşil ışık yandıktan) sonra hızla hareket ederler ve sabit bir oranda kavşağa girerler. Taşıtların kavşağa girdiği bu sabit orana doyma akımı veya doymuş akım denir. Başlangıçta kuyrukta bekleyen araçların hareketi yavaştır. Taşıtlar sabit doyma akımı yada doymuş akım değerine gelinceye kadar, ilk harekete geçişlerdeki yavaşlıktan dolayı bir kayıp söz konusudur. Bu kayıp süre başlangıç kaybı olarak adlandırılır. Şekilde başlangıç kaybı gerçek akım eğrisi ile etkin akım eğrisi arasındaki başlangıçta meydana gelen fark ile ifade edilmektedir (ee'). Benzer şekilde doyma akımına ulaşıldıktan sonra sinyalizasyon ışığının yeşilden sarıya geçmesinde hala kavşakta hareket eden taşıtların buldukları akım kolunun yeşiline ekledikleri süre bitiş kazancı olarak adlandırılmaktadır ve şekilde gerçek akım eğrisi ile etkin akım eğrisi arasında bitiş noktalarında gözlemlenen fark ile ifade edilmektedir (ff') (Murat, 1996).



Şekil 3.6. Temel model ve tanımlar

Akım kayıp zamanı, başlangıç ve bitiş aralıkları arasındaki fark olarak ifade edilir. Akım kayıp zaman, yeşiller arası süreye başlangıç süresinin eklenip bitiş kazancının çıkartılmasıyla bulunabilir.

$$l = I + ee' - ff' \quad (3.14)$$

Etkin yeşil süreyi bulmak için ise, görünen yeşil süreden başlangıç kaybını çıkartıp, bitiş kazancının eklenmesiyle bulunabilir.

$$g = G - ee' + ff' \quad (3.15)$$

Kavşak kayıp zamanı ise kritik akımların kayıp sürelerinin toplamı ile bulunur. Bir akımın kapasitesi, doymun akım ile o akımın etkin yeşil süresi arasında geçen ilişkiye bağlıdır.

$$Q = s(g/c) \quad (3.16)$$

Burada Q kapasiteyi, s doyunluk akımını ve (g/c) ise o akımın etkin yeşil sürenin devre süresine olan oranını ifade etmektedir.

Yeşil zaman oranı; etkin yeşil sürenin devre süresine olan oranıdır.

$$u = g/c \quad (3.17)$$

Akım oranı; akımın doyunluk akıma oranı ile bulunmaktadır.

$$y = q/s \quad (3.18)$$

Doyunluk derecesi; hacmin kapasiteye oranıdır.

$$X = q/Q = qc/sg = y/u \quad (3.19)$$

Doyunluk derecesi; akım oranı “talebi” simgeleyen sabit bir parametre ve yeşil süre oranını da “arz” ı simgeleyen kontrol parametresi olarak düşünüldüğünde bu iki parametreyi birbirine bağlayan orandır. Yeterli akım kapasitesini sağlamak için

$$Q > q \text{ yada } X < 1 \quad (3.20)$$

Diğer bir ifadeyle

$$sg > gc \text{ yada } u > y \quad (3.21)$$

olmalıdır. Akım kapasitesi, yeşil süresi oranı arttıkça artmaktadır.

L, U ve Y kritik akım parametreleri olmak üzere ve toplamlar kritik akımlar için olmak üzere kavşak yeşil zaman oranı toplam uygun yeşil zamanın devre zamanına oranıdır ve;

$$U = \sum u = (C - L)/C \quad (3.22)$$

olarak tanımlanmaktadır. Kavşak akım oranı ise;

$$Y = \Sigma y \quad (3.23)$$

olarak tanımlanmaktadır. Kavşak doyumluk derecesi X , yaklaşım kollarındaki akımların en büyük doyumluk derecesi şeklinde düşünölmektedir. Kavşak doyumluk derecesi aynı zamanda;

$$X = YC/(C - L) \quad (3.24)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Pratikte kabul edilebilir maksimum doyumluk derecesi 1.0'dan küçük olmalıdır, çünkü yaklaşım akımları kapasitesi, aşırı geçikmeler, duruşlar ve kuyruk uzunlukları yüzünden trafik şartları stabil değildir. Genel olarak 0.8- 0.9 arası değerler tatminkar işletim koşullarını ifade etmektedir (Murat, 1996).

Bir akıma tanınan süre;

$$t = g + l \quad (3.25)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Bu ifadede g etkin yeşil süre, l ise kayıp sürelerin toplamını temsil etmektedir. Gereken akım süreleri;

$$t = uc + l \quad (3.26)$$

Veya pratik olarak;

$$t = 100u + l \quad (3.27)$$

denklemleri yardımıyla hesaplanır. Buradaki 100 sayısı ilk anda tahmin edilen devre süresi olarak alınmaktadır.

Gerekli yeşil zaman oranı, maksimum kabul edilebilir (pratik) doyumluk derecesine X_p ye ulaşmak için hesaplanmaktadır.

$$u = y/X_p \quad (3.28)$$

Bu ifadede farklı akımlar için farklı X_p değerleri kullanılabilir. Genelde önerildiği üzere $X_p=0.9$ değeri kullanılmaktadır.

3.5.1.4. Devre hesabı

Avustralya yöntemi ile sinyalizasyon hesaplarının metodoljisi kritik akım tanımlamasını, kapasite ve sinyal sürelerinin hesaplamalarını içermektedir.

Öncelikle kritik akım araştırma çizelgesi hazırlanır. Bu çizelgeye akım numaraları, başlangıç fazı, bitiş fazı, yeşiller arası süre, minimum gösterilen yeşil süre, hacim, doymun akım, kayıp süre, minimum etkin yeşil süre ve pratik doymunluk derecesi değerleri girilir. Ardından her akım için akım oranı ($y=q/s$), yeşil zaman oranı ($u=y/x_p$), gereken akım süreleri ($100u+l$) ve (g_m+l) değerleri hesaplanır. Gereken hareket zamanı t 'nin belirlenmesi için ($100u+l$) yada (g_m+l) değerleri karşılaştırılarak en büyüğü seçilir. Yaya akımları için ise y ve u değerleri 0 alınır ve $t=(g_m+l)$ değeri kullanılır.

Sonra hesaplanan bu değerler ışığında kritik akım arama diyagramı çizilir. Daha sonra tekrarlı olmayan akımların t değerleri karşılaştırılır, en büyüğü t değerine sahip akım seçilir diğer akımların t değerleri elenir. Eğer varsa aynı akımda geçiş olan tekrarlı akımların t değerleri karşılaştırılır. En büyük t değerli akım alınır. Sonuç olarak kritik akım arama diyagramında en uzun yol bulunmuş olur (Murat, 1996).

Sonra kayıp süre (L), akım oranı (Y), ve yeşil süre oranı (U) değerleri hesaplanır. Bu aşamada pratik optimum devre süreside bulunur. Optimum devre süresi;

$$C_o = \frac{(1.4 + k)L + 6}{1 - Y} \quad (3.29)$$

denkleme hesaplanır. Bu ifadede k , yakıt tüketimini, maliyetleri, kirlenici etkenleri vb en aza indirgeyen bir parametredir. "Stop Penalty" olarak adlandırılır.

Pratik devre süresi ise;

$$C_p = \frac{L}{1 - U} \quad (3.30)$$

eşitliğinden bulunur. Optimum devre süresi ve pratik devre süresi değerleri arasında, maksimum devre süresini (120-150 saniye) aşmayacak şekilde bir devre süresi seçilir.

Kritik akımların devre süresine bağlı olduğu durumlar söz konusu olabilir. Bunu kontrol etmek için önce ($uc+l$) değeri bulunur. Bu değerle ($gm+l$) değeri karşılaştırılarak büyük olan değer yeni gereken zaman t değeri olarak yazılır. Tekrar kritik akım arama işlemi yapılır ve bir değişiklik olup olmadığı kontrol edilir.

Faz yeşil sürelerini bulmak için ilk olarak

$$g = \left(\frac{c - L}{U} \right) u \quad (3.31)$$

denklemini yardımıyla kritik akımların etkin yeşil süreleri hesaplanır. Kritik olmayan akımların etkin yeşil süreleride hesaplanır.

Eğer birden fazla iki tekrarsız akım varsa kritik olmayan akımın etkin yeşil süre değeri kritik akımlara bağlı olarak

$$g = (g_c + l_c) - l \quad (3.32)$$

denkleminde bulunur.

Eğer kritik akım iki faz süren tekrarlı bir akım ise, bu akım bir alt devre (c^*) olarak kabul edilir.

$$c^* = g_c + l_c \quad (3.33)$$

Bu durumda eldeki toplam yeşil süre ($c^* - L^*$) dır. Burada L^* tekrarsız akımların kayıp süreleri toplamıdır. Bu süre tekrarsız akımlara şu şekilde paylaşılır.

$$g = \left(\frac{c^* - L^*}{U^*} \right) u \quad (3.34)$$

Burada U^* tekrarsız akımların yeşil zaman oranlarıdır.

Eğer iki faz boyunca süren akım kritik değil de tekrarsız akımlar kritik ise bu tekrarlı akımın etkin yeşil süre değeri

$$g = \left(\sum g_c + \sum l_c \right) - l \quad (3.35)$$

olarak bulunur.

$\sum g_c$ ve $\sum l_c$ tekrarsız akımları g ve l değerleri toplamı, l ise tekrarlı akımın kayıp süresidir.

Ardından gösterilecek olan yeşil süre de

$$G = (g + l) - l$$

(3.36)

Eşitliğinden çıkarılır.

Son olarak akımların doygunluk dereceleri

$$X = (g/c)y \quad (3.37)$$

denklemleriyle bulunur. Ve $X \leq X_p$ koşulu kontrol edilir.

3.5.1.5. Doygun akım ve kayıp zaman hesapları

Doygun akım, yeşil periyotta kuyruktaki maksimum sabit hareket oranı olarak tanımlanmaktadır. Doygun akımın kayıp zaman hesabı da sinyalizasyon hesaplarında büyük önem arz etmektedir. Doygun akım sahada gözlem ile veya çizelgelerden faydalanılarak tahmin yoluyla hesaplanabilir (Murat, 1996).

Doygun akım hesabı yapmak için önce sahada doymuş akım ölçümü yapmak gerekmektedir. Araç/saniye olarak doymuş akım şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$s^* = \frac{x_2}{x_4 - 10n} \quad (3.38)$$

Bu ifadeye x_2 orta aralıkta geçen araç sayısını, x_4 doymuş sürelerin toplamını, n ise gözlemlenen örnek sayısını belirtmektedir.

s^* değerini araç/saat'e çevirmek için

$$s = 3600s^* \quad (3.39)$$

denklemleri kullanılır.

Saniye cinsinden kayıp süre;

$$l = I + 10 - \frac{1}{s^*} \left(\frac{x_1 + x_3}{n} \right) \quad (3.40)$$

Denklemleri ile hesaplanmaktadır. Bu denklemde I , yeşiller arası süre, x_1 ilk aralıkta, x_3 de son aralıkta geçen araç sayısıdır.

3.5.1.6. Performans hesabı

Sinyal kontrollü bir kavşağın etkin işletimi çeşitli performans ölçüm terimleri ile ifade edilmektedir. Performans ölçülerinde gecikme ve duran araç sayısı temel iki terimdir. Bunların yanısıra yakıt tüketimi, maliyet gibi ikincil terimlerde bulunmaktadır.

Bir taşıt için gecikme, kavşağa yaklaşırken beklemeden yaptığı seyir süresi ile bekleyerek yaptığı seyir süreleri arasındaki fark olarak ifade edilmektedir. Bu ifade taşıtın hızlanması ve yavaşlaması sırasındaki gecikmesi ile kuyruktaki gecikmesini içermektedir.

Bir akımdaki araçların ortalama gecikmesini bulmak için öncelikle bu akımın oluşturduğu kuyruğun uzunluğunun hesaplanması gerekmektedir. Kuyruk uzunluğu değeri şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$N_0 = \frac{QT_f}{4} \left(z + \sqrt{z^2 + \frac{12(x + x_0)}{QT_f}} \right) \quad (3.41)$$

Eğer $X_0 > X$ ise N_0 değeri 0 olmaktadır. Burada N_0 ; araç cinsinden ortalama kuyruk uzunluğu (birden fazla şerit varsa, tüm şeritlerdeki araç sayısı toplamı), Q ; araç/saat cinsinden kapasite, T_f ; akım süresi, yani saat cinsinden zaman, QT_f ; T_f süresince geçebilecek maksimum araç sayısı, x ; doyumluk derecesi, $z=x-1$, x_0 ; kuyruğun yaklaşık olarak 0 olduğu en büyük doyumluk derecesi değerlerini ifade etmektedir.

x_0 derecesi etkin yeşil süre (g) ve araç/ saniye cinsinden doyum akım (s) değerlerinin olduğu şu bağlantı ile hesaplanır.

$$x_0 = 0.67 + sg/600 \quad (3.42)$$

İzole önceden ayarlı bir sinyalizasyon kavşağında bir akım için yaklaşık toplam gecikme değeri aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$D = \frac{qc(1-u)^2}{2(1-y)} + N_0x \quad (3.43)$$

Bu denklemde D ; toplam gecikme, qc ; her devrede gelen ortalama araç sayısı, u ; yeşil zaman oranı, y ; akım oranı, N_0 ; kuyruk uzunluğu değerlerini ifade etmektedir.

Ayrıca her bir araç için ortalama gecikme ise;

$$d = D/q \quad (3.44)$$

Şeklinde hesaplanır. Burada D; toplam gecikmeyi, q ise araç/saniye cinsinden akımı ifade etmektedir (Murat, 1996).

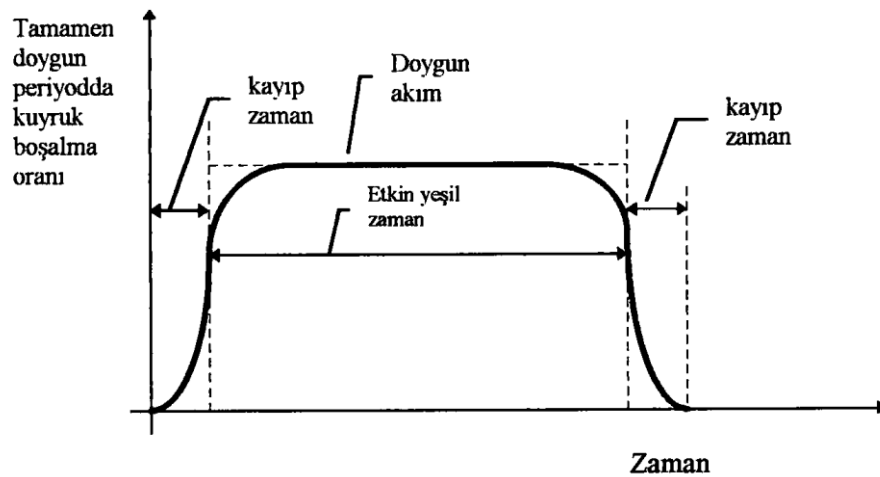
3.5.2. İngiliz yöntemi ile sinyalizasyon hesabı

3.5.2.1. Giriş

Genel yaklaşım olarak İngiliz yönteminin Avustralya yöntemiyle birçok benzer yönü bulunmaktadır. Sinyal kontrollü bir kavşaktaki yaklaşım kolundan geçen trafik akım miktarı, trafik tarafından kullanılabilen yeşil zamana ve yeşil periyot esnasında duruş hattından geçen maksimum taşıt oranına bağlı olmaktadır.

3.5.2.2. Kapasite ve doymuş akım hesabı

İngiliz Yönteminde doymuş akım, kırmızı ışıkta kuyrukta bekleyen taşıtların yeşil ışık yandığında tahliye olmaya başladığı sabit oran olarak tanımlanmaktadır. Doymuş akım grafik olarak şekil 3.7 deki gibi ifade edilmektedir.



Şekil 3.7. Doymuş akım ve kayıp zamanlar

Şekildeki grafikten de anlaşılacağı üzere, İngiliz yöntemine göre doymun akım, kırmızı ışıktaki kuyrukta bekleyen taşıtların harekete geçinceye kadar belli bir süre kaybettikten sonra sabit bir orana ulaşan tahliye oranları ile ifade edilir. Yalnız Avustralya yönteminden farklı olarak yeşil ışıktan sonra sarı ve kırmızı ışıktaki yapılan geçişler de kayıp zaman da yapılmış olarak kabul edilir (Güldamlaşı, 2007).

Kavşaktan geçen akımın kapasitesi, o akımın işgal ettiği yeşil sürenin devre süresine oranı ile doymun akımın çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Etkin yeşil süre toplam yeşil süreden kayıp sürelerin çıkartılmasıyla bulunmaktadır.

$$Q = \left(\frac{g}{c}\right) S \quad (3.45)$$

ve etkin yeşil süre;

$$g = G - l \quad (3.46)$$

Denklemler ile hesaplanmaktadır. Bu denklemlerde G; yeşil ve sarı periyod, g etkin yeşil süre, C devre süresi, l kayıp süre, S doymun akım dır

Doymun akım ve kayıp zamanın tespitinde asıl istenen direkt ölçümdür fakat pratikte bunun gerçekleştirilmesi oldukça zor olmaktadır. Doymun akıma geometrik ve çevresel birçok etki söz konusu olmaktadır. Bu faktörlerin hepsinin etkisi göz önüne alınarak doymun akım tahmin edilmektedir (Güldamlaşı, 2007).

Yaklaşım genişliğinin etkisi: doymun akım (s) yolcu taşıt birimi / saat ile ifade edilir, ve

$$S = 160w \quad (3.47)$$

şeklinde ifade edilir. Bu denklemde w yaklaşım kolu genişliğidir.

Eğimin etkisi: her %1 çıkış eğimi için doymun akımın %3 azaldığı, her %1 iniş eğimi için ise yine doymun akımın %3 arttığı gözlenmiştir. Eğim duruş hattı ile önceki 200 ft'lik mesafede ölçülmektedir.

Trafik kompozisyonunun etkisi: farklı araç türlerinin doymun akıma etkisi otomobil birimi eşdeğeri ile değerlendirilmektedir. Buna göre;

$$1 \text{ ağır yük taşıyan araç} = 1.75 \text{ o.b.}$$

1 otobüs	= 2.25 o.b.
1 tarmway	= 2.50 o.b.
1 hafif yük taşıtı	= 1 o.b.
1 motorsiklet	= 1/3 o.b.
1 bisiklet	= 1/6 o.b.

olarak göz önüne alınmaktadır.

Sola dönen trafiğin etkisi: şayet zıt yönde sola dönen trafik kavşakta kilitlenmelere sebep oluyorsa, kavşağın kapasitesi olumsuz etkilenmektedir. Genellikle 4 durum söz konusu olmaktadır.

- Zıt yönde akım yok, tekil sola dönüş şeridi mevcut değilse dönüş akımları dikkate alınmadan diğer kurallara göre doygun akım tahmin edilir.
- Zıt yönde akım yok, tekil sola dönüş şeridi mevcut ise, sola dönen akım için doygun akım ayrı elde edilir. Dik açıda dönen bir akım doygun akımın dönüş yarıçapına bağlıdır.

Ve r dönüş yarıçapı olmak üzere;

Tek şerit için;

$$S = \frac{1800}{1 + \frac{5}{r}} \quad (3.48)$$

İki şerit için;

$$S = \frac{3000}{1 + \frac{5}{r}} \quad (3.49)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Burada S doygun akımın birimi; birim otomonil/ saat'tir.

- Zıt yönde akım mevcut, tekil sola dönüş şeridi yok ise, sola dönenlerin durumu 3 şekilde gözlenmektedir. İlk olarak, zıt trafikten dolayı taşıtlar kendilerini ve dönüş yapmayan diğer taşıtları geciktirirler, ikinci olarak sola dönen taşıtların varlığı direkt geçen taşıtları engellemekte ve gecikmelerine sebep olmaktadır. Üçüncü olarak, yeşil periyodun sonunda sola dönen taşıtlar hala kavşakta mevcut olduğunda tahliye için belli bir zaman işgal etmekte, geçiş fazının başlamasında gecikmelere sebebiyet vermektedir.
- Zıt yönde akım mevcut, özel sola dönüş şeridi var ise, düz geçen trafikte (aynı yaklaşım kolunu kullanan) gecikme olmamalıdır. Fakat sola dönenlerde geçiş fazında bir etki söz konusu olabilir ve c maddesindeki şekilde hesaplanır.

Sağa dönen trafiğin etkisi: Sağa dönüşlerin doygun akıma etkisi, dönüşlerin keskinliğine ve yaya akımlarına bağlıdır. Dönüş yarıçapına göre yukarıdaki bağıntılar geçerlidir. Sağa dönen taşıtlar akımın % 10'undan az ise düzeltme gerekmez, %10'dan çok ise 1 sağa dönen taşıt= 1.25 düz geçen taşıta eşit olmaktadır.

Yayaların etkisi: Yaya sayısı çok fazla ise ayrı faz düzenlenmelidir. Ve sola dönen trafiğe etkisi incelenmelidir.

Park eden taşıtların etkisi: Kavşakta dur çizgisinde park varsa, yol genişliği park genişliği kadar azaltılır. Kayıp yol genişliği:

$$w_{kayıp} = 5.5 - \frac{0.9(z - 25)}{9} \quad (3.50)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

Yöre etkisi: yöre etkisi yi, orta ve kötü olmak üzere üç şekilde göz önüne alınmaktadır.

Çizelge 3.4. Doygun akıma yöre etkisi

Yöre Tanımlaması	Tanım	Doygun akıma etki derecesi (%)
İyi	Yayalar, park etmiş taşıtlar, sola dönen trafikle kayda değmeyen girişim. İyi görüş ve yeterli dönüş yarıçapı.	120
Orta	Ortalama görünüm. İyi ve kötü durumların bazı karakteristikleri.	100
Kötü	Ortalama hızda düşme. Duran taşıtlar. Yayalar ve sola dönen taşıtlarla girişim kötü görünüm	85

3.5.2.3. Devre hesabı

3.5.2.3.1 Kayıp zaman

İngiliz yöntemiyle devre uzunluğu hesabında, kavşakta taşıt başına ortalama gecikmeyi en küçük kılan devre uzunluğunun kayıp zamana ve fazların kullanılma değerine bağlı olduğu görülmüştür. Kayıp zamanın tespiti için Londra'da yapılan deneylerde ortalama bir sinyal devresinde başlangıç gecikmesi ve yavaşlayan akımdan dolayı meydana gelen kayıp zamanların her faz için yaklaşık 2 sn olduğu fakat çok değişken olduğundan 0 ile 7 sn arasında gözlenebileceği ortaya çıkmıştır.

3.5.2.3.2 Doygunluk derecesi

Kavşakta i. koldan geçen taşıt sayısı Q_i (taşıt/saat) ise ve kavşakta i. koldan geçebilecek taşıt sayısı, o yolun koşullarına göre S_i ise doyumluk derecesi veya oranı;

$$y_i = \frac{Q_i}{S_i} \quad (3.51)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

3.5.2.3.3 Gecikme

Sinyalizasyonda meydana gelen gecikmeleri hesaplamak için birçok laboratuarda trafiğin davranışı özel amaçlı bilgisayarlarla modellenmiştir.

Önceden ayarlı bir sinyalizasyon sisteminde gecikme hesaplarını yapmak için çeşitli akımlar, doyum akımlar ve sinyal düzenlemeleri göz önüne alınmış ve sonuç olarak herhangi bir tekil yaklaşım kolundaki ortalama gecikme için şu formül elde edilmiştir.

$$d = \frac{c(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} - 0.65 \left(\frac{c}{q^2} \right)^{\frac{1}{3}} x^{(2-5\lambda)} \quad (3.52)$$

Bu formülde d; her koldaki herbir taşıt için ortalama gecikmeyi, λ ; etkin yeşilin devre süresine oranını, x; doyumluk derecesini ifade etmektedir. Doyumluk derecesi akımın maksimum mümkün akıma oranıdır ve $x=q/(\lambda S)$ ile ifade edilir.

Denklemin son kısmı gecikmenin %5 ile %15'i arasında bir değeri ifade etmektedir. Gecikme denklemi

$$d = \frac{9}{10} \left\{ \frac{c(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} \right\} \quad (3.53)$$

Şeklinde ve daha basitleştirilerek

$$d = cA + \frac{B}{q} - C \quad (3.54)$$

formunda gösterilebilir. Burada $A = \frac{(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)}$, $B = \frac{x^2}{2q(1-x)}$ ve C üçüncü terimdir. A, B ve C değerleri çizelgeler yardımıyla hesaplanmaktadır.

3.5.2.3.4 Devre süresi

Genel olarak y , varış akımının doygun akıma oranı olmak üzere minimum devre süresi;

$$C_{min} = \frac{L}{1 - Y} \quad (3.55)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Burada Y ve L değerleri yaklaşım kolu için toplam değerlerdir (Güldamlaşı, 2007).

Optimum devre süresini hesaplamak için öncelikle aynı fazda kayıp zamanı minimum olan kol seçilir ve optimum devre süresi;

$$C_{opt} = \frac{\phi L + 5}{1 - Y} \quad (3.56)$$

ile tanımlanabilir.

Bu ifadede $\phi = 1.25$ ile 1.98 arasında bir katsayıdır. $C_{max} \leq 120$ sn'dir, fakat 150 sn kadar kabul edilebilir. Genellikle üç ve daha çok devrelerde $\phi = 1.50$ alınır.

3.5.2.3.5 Yeşil süre

İngiliz yönteminde yeşil süre hesabı için etkin yeşil sürelerin birbirine oranı ile y değerlerinin oranı eşitlenir (Güldamlaşı, 2007). Ve genel olarak;

$$g_i = \frac{y_i}{Y} (c - L) \quad (3.57)$$

formülü ile yeşil süre hesaplanır.

3.5.3. Amerikan (HCM) yöntemi ile sinyalizasyon hesabı

3.5.3.1 Giriş

Amerikan yöntemi, ilk olarak 1985 yılında HCM (Highway Capacity Manual) adıyla ortaya çıkmıştır. Amerikan yöntemi, kavşak yaklaşım kollarının kapasitesi ile hizmet düzeyi ve kavşağın bir bütün olarak hizmet düzeyinin belirlenmesi ile yapılacak hesaba dayanır. Kapasite, akım talep oranının kapasiteye oranı (v/C) şeklinde, hizmet düzeyi ise herbir araç için ortalama duruş gecikmesi olarak değerlendirilebilir (san/araç). Bu yöntemle kritik şeritleri tanımlamak yerine kritik şerit gurpları tanımlanır (Murat, 1996).

5.3.2 Kapasite ve hizmet düzeyi

Sinyalize bir kavşaktaki hem kapasite hemde hizmet düzeyi kavşaktaki tüm işlemlerin değerlendirilmesiyle tamamen alakalıdır. Kavşağın kapasite analizi, tekil hareketlerin v/C oranının hesabı ve kavşaktaki kritik hareketler ya da şerit gruplarının toplamının bileşik v/C oranının hesaplanmasına dayanmaktadır. Hizmet düzeyi kavşaktaki çeşitli hareketler için her aracın ortalama duruş gecikmesine dayanmaktadır. v/C oranı gecikmeyi etkilemede, hareketin ilerleyişi, yeşil faz uzunluğu, devre uzunluğu gibi parametreler de daha etkili olmaktadır. Dolayısıyla, herhangi bir v/C oranı gecikme değerlerinin sınırlarının tesbitinde kullanılmaktadır.

Kavşak yaklaşım kapasitesi, pratik trafik, yol ve sinyalizasyon koşullarında kavşaktan geçen maksimum akım oranıdır. Kapasiteyi trafik şartları, yol şartları ve sinyalizasyon şartları gibi faktörler etkilemektedir.

Trafik şartları, yaklaşım kollarındaki hacimleri, hareket eden araçların dağılımını (sol, sağ, direkt), kavşaktaki otobüs duraklarının yerini, yaya geçiş oranını ve kavşak alanındaki park hareketlerini içermektedir.

Yol şartları, kavşağın temel geometrisini, şerit genişlik ve sayısını, eğimleri ve yol kullanımını içermektedir (Murat, 1996).

Sinyalizasyon şartları, sinyal fazının, zamanının, kontrol türünün tanımlanması ve herbir yaklaşım kolunda sinyal işleminin değerlendirilmesini içermektedir.

Kavşak kapasitesi, doyma akımı ve doyma akımı oranına bağlıdır. Doyma akımı oranı %100 etkin yeşil zamana sahip bir yaklaşım kolundan pratik trafik ve yol şartlarında geçen maksimum akım oranı olarak tanımlanmaktadır. Doyma akım oranı S

ile ifade edilir ve etkin yeşil zaman için araç/saat olarak birimlendirilir. Bir yaklaşım kolu için kapasite;

$$C_i = S_i \left(\frac{g}{c} \right)_i \quad (3.58)$$

Şeklinde hesaplanmaktadır. Burada; C_i ; i'inci yaklaşım kolu yada şerit grubunun kapasitesini (araç/saat), S_i ; i'inci yaklaşım kolu yada şerit grubunun doyma akımı oranını (araç/saat), $\left(\frac{g}{c} \right)_i$ ise i'inci yaklaşım kolu için yeşil oranını ifade etmektedir.

Doyma derecesi, akım oranının kapasiteye oranıdır. Bu oran kapasite ile sinyalizasyon şartlarının kuvvetli ilişkisini vurgulamaktadır. X ile gösterilmekte ve;

$$X_i = \frac{v_i C}{S_i g_i} = \frac{(v/S)_i}{(g/C)_i} \quad (3.59)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır. Bu denklemlerde, X_i ; i'inci yaklaşım kolu için v/C oranı yani o kolun doyma derecesidir, v_i ; i'inci yaklaşım kolu için gerçek akım oranı (araç/saat), S_i ; i'inci yaklaşım kolu için doyma akım oranı (araç/saat), g_i ; i'inci yaklaşım kolu için etkin yeşil süre (sn).

Kritik v/C oranı yani kritik doyma derecesi (X_c), verilen bir sinyal fazı için yalnızca yaklaşım kolunu ilgilendiren en yüksek akım oranını içerir (v/S). Kavşak için kritik doyma derecesi yani (v/C) oranı şu şekilde hesaplanır;

$$X_c = \sum_i \left(\frac{v}{S} \right)_{ci} \left[\frac{c}{c-L} \right] \quad (3.60)$$

Bu denklemlerde, X_c ; kavşak için kritik v/C oranı, $\sum_i \left(\frac{v}{S} \right)_{ci}$; tüm kritik şerit yaklaşımlarının akım oranları toplamını, c; devre uzunluğunu (sn), L; her devredeki toplam kayıp zamanı ifade etmektedir.

Sinyalize kavşaklarda kapasite kadar önemli olan bir diğer kavram ise hizmet düzeyidir. Hizmet düzeyi kriteri, her bir araç için 15 dakikalık analiz periyodunda ortalama duruş gecikmesinin ölçülmesiyle tanımlanabilir. Gecikmeler yerinde ölçülebilir yada tahmin edilebilir. Gecikme kompleks bir ölçümdür ve ilerleme hareketinin kalitesi, devre uzunluğu, yeşil oran, yaklaşım kolundaki v/C oranı gibi bir çok değişkene bağlıdır. Sinyalize kavşakların kapasite analizi başlığı altında kavşakların hizmet düzeyi hesaplaması detaylıca anlatılmıştır.

3.5.3.3 Hesap yöntemi

Amerikan yöntemine göre sinyalize bir kavşakta yapılacak çözümleme için öncelikle her bir şerit grubu için yada yaklaşım kolu için kapasite ve hizmet düzeyinin belirlenmesi, daha sonra kavşak hizmet düzeyinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla öncelikle kavşakta geometrik, trafik ve sinyalizasyon şartları detaylı olarak belirlenmektedir. Yöntemde çözüm için beş ayrı modül takip edilmektedir.

3.5.3.3.1. Giriş modülü

Bu modülde hesaplamalara dayanan gerekli tanımlamalar yapılmaktadır. Kavşak geometrisi, trafik hacimleri ve koşulları, sinyalizasyon ile ilgili tüm gerekli veriler toplanmaktadır.

Geometrik koşullarda, yaklaşım kollarının eğimleri, şerit sayıları ve genişlikleri, park şeritleri, sağa ve sola dönüşler incelenmektedir. Trafik koşullarında, trafik hacim değerleri, ağırtası yüzdesi ve sağa sola dönüş yüzdeleri ile yaya sayımları incelenmektedir. Sinyalizasyon koşullarında ise, devre uzunluğu, yeşil süreler ve değişim aralıkları, faz diyagramları incelenmektedir.

3.5.3.3.2. Hacim düzeltme modülü

Pik saat için araç/saat biriminde talep hacimleri girilmektedir. Talep hacim değerleri 15 dakikalık analiz periyoduna çevrilmekte, aynı zamanda şerit dağılımı da gözönüne alınmaktadır.

Saatlik hacim değerleri pik saat faktörü (PHF) yardımıyla 15 dakikalık pik hacim değerlerine dönüştürülmektedir.

$$PHF = \frac{V}{(4 * V_{15})} \quad (3.61)$$

PHF hesaplandıktan sonra 15 dakikalık pik periyotta akım oranı hesaplanır.

$$v_p = \frac{V}{PHF}$$

(3.62)

Burada, V ; saatlik hacim (araç/saat), V_{15} ; pik saatteki 15 dakikalık maksimum hacim, PHF; pik saat faktörü, ve v_p ; 15 dakikalık pik periyotta akım oranıdır.

Yaklaşım kolunu şerit gruplarına bölerek incelemek trafik akımlarının dağılımının gözlenmesi için yararlı olmaktadır. Bir yaklaşım kolunda birden fazla şerit varsa ve bu şeritler hem sola dönen hem düz giden araçlar tarafından kullanılıyorsa, sola dönüş fazla ise bir veya iki şerit özel sola dönüş şeridi olarak tasarlanmaktadır.

3.5.3.3.3. Doygun akım oranı modülü

Bu modülde incelenen kavşak için doygun akım oranı hesaplanmaktadır. Bu modülde ideal doygun akım oranı seçilmekte ve bu oran pratik koşulların etkisine göre düzeltilmektedir (Murat, 1996).

Doygun akım oranı, şerit grubu tarafından yaklaşım kolunda daima yeşil periyodun hakim olduğu kabulü ile saatteki araç sayısını veren akımdır.

$$S = S_0 N f_w f_{HV} f_g f_p f_{BB} f_a f_{RT} f_{LT} \quad (3.63)$$

Burada;

S = Doygun akım oranı,

S_0 = İdeal doygun akım oranı,

N = Gruptaki şerit sayısı,

f_w = Şerit genişliği için düzeltme faktörü,

f_{HV} = Ağır taşıtlar için düzeltme faktörü,

f_g = Eğim için düzeltme faktörü,

f_p = Park için düzeltme faktörü,

f_{BB} = Otobüs için düzeltme faktörü,

f_a = Alan türü için düzeltme faktörü, (iş merkezi bölgeleri= 0,9, diğer bölgeler= 1)

f_{RT} = Sağa dönüş için düzeltme faktörü,

f_{LT} = Sola dönüş için düzeltme faktörüdür.

Buradaki değişkenlerin çoğu için aşağıdaki tablolardan faydalanılmaktadır.

Çizelge 3.5. Doymun akıma şerit genişliğinin etkisi

Şerit Genişliği (m)	2,45	2,75	3,05	3,35	3,65	3,95	4,25	4,55	>4,85
Şerit Genişlik Faktörü (f_w)	0,87	0,90	0,93	0,97	1,00	1,03	1,07	1,10	2 şerit kullanılmalı

Çizelge 3.6. Doymun akıma ağır taşıt etkisi

Yüzde Ağır Taşıt	0	2	4	6	8	10	15	20	25	30
Ağır Taşıt Faktörü (f_{HV})	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87

Çizelge 3.7. Doymun akıma eğimin etkisi

	Aşağı Doğru			Eşdüzey	Yukarı Doğru		
Eğim %	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6
Eğim Faktörü (f_g)	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97

Çizelge 3.8. Doymun akıma parklanmanın etkisi

Şerit Sayısı	Saatteki Park Manevrası					
	Park sayısı	0	10	20	30	40
1	1,00	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70
2	1,00	0,95	0,92	0,89	0,87	0,85
3	1,00	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89

Çizelge 3.9. Doymun akıma duran otobüs sayısının etkisi

Şerit Sayısı	Bir Saatlik Periyotta Duran Otobüs Sayısı				
	0	10	20	30	40
1	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83
2	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92
3	1,00	0,99	0,97	0,96	0,94

Sağa dönüş düzeltme faktörü (f_{RT}) için bir çok değişken göz önünde bulundurulması gerekir, sağa dönüş için özel bir şeridin olup olmadığı, yaya yoğunluğu, sağa dönüş için özel bir fazın yada koruma süresinin programda olup olmadığı gibi. Faz palnına ve şerit sayısına göre genel olarak sekiz tür sağa dönüş gerçekleştirilmektedir:

- 1) Özel şerit, korumalı faz;

$$f_{RT} = 0,85 \quad (3.64)$$

- 2) Özel şerit, izinli faz;

$$\text{eğer } yaya \leq 1700 \text{ ise; } f_{RT} = 0,85 - (yaya/2100) \quad (3.65)$$

$$\text{eğer } yaya > 1700 \text{ ise ; } f_{RT} = 0,05 \quad (3.66)$$

- 3) Özel şerit, korumalı ve izinli faz;

$$f_{RT} = 0,85 - (1 - P_{ra})(yaya/2100) \quad (3.67)$$

P_{RT} = korumalı fazda sağa dönüş oranı

- 4) Paylaşımlı şerit, korumalı faz;

$$f_{RT} = 1,0 - 0,15P_{RT} \quad (3.68)$$

- 5) Paylaşımlı şerit, izinli faz;

$$f_{RT} = 1,0 - P_{RT}(0,15 + (yaya/2100)) \quad (3.69)$$

- 6) Paylaşımlı şerit, korumalı ve izinli faz;

$$f_{RT} = 1,0 - P_{RT}(0,15 + (yaya/2100)(1 - P_{RT})) \quad (3.70)$$

- 7) Tek şerit;

$$f_{RT} = 0,90 - P_{RT}(0,135 + (yaya/2100)) \quad (3.71)$$

- 8) Çift özel şerit, korumalı faz;

$$f_{RT} = 0,75 \quad (3.72)$$

Sola dönüşlerin düzeltme faktörü (f_{LT}) 'de tıpkı sağa dönüş düzeltme faktöründe olduğu gibi bir çok değişkene bağlıdır. Faz planına ve şerit grubuna göresekiz tür sola dönüş mevcuttur.

- 1) Özel şerit, korumalı faz;

$$f_{LT} = 0,95 \quad (3.73)$$

- 2) Özel şerit, izinli faz;

Özel işlem

- 3) Özel şerit, korumalı ve izinli faz;

$$f_{LT} = 0,95 \quad (3.74)$$

- 4) Paylaşımlı şerit, korumalı faz,

$$f_{LT} = 1,0 / (1 + 0,05P_{LT}) \quad (3.75)$$

P_{LT} = sola dönen taşıt oranı

- 5) Paylaşımlı şerit, izinli faz;

Özel işlem

- 6) Paylaşımlı şerit, korumalı ve izinli faz;

$$\text{Eğer } yaya \leq 1220 \text{ ise } f_{LT} = (1400 - yaya) / ((1400 - yaya) + (235 + 0,435 * yaya) P_{LT}) \quad (3.76)$$

$$\text{Eğer } yaya > 1220 \text{ ise } f_{LT} = 1 / (1 + 4,525 * P_{LT}) \quad (3.77)$$

7) Tekil şerit;

Özel işlem

8) Çift özel şerit, korumalı faz;

$$f_{LT} = 0,92 \quad (3.78)$$

Özel işlem; eğer bir şerit grubu izinli sola dönüş manevrası içeriyorsa, düzeltme faktörü bir dizi kompleks denklem yardımıyla tesbit edilmektedir. sola dönen, düz geçen ve karşıt akımlar arasındaki etkileşim göz önüne alınarak formüller yardımıyla düzeltme faktörü ifade edilmektedir.

Buna göre;

1. Karşıt akım için doygun akım;

$$S_{op} = 1900 N_o / (1 + P_{LTO} (400 + V_M / (1400 - V_M))) \quad (3.79)$$

Burada S_{op} ; karşıt akım için doygun akım oranı, N_o ; karşıt akım şeritleri, V_M ; ana yaklaşım akım oranı.

2. Karşıt akım için akım oranı şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$Y_o = v_o / S_{op} \quad (3.80)$$

Burada v_o ; toplam yaklaşım akım oranı.

3. Yeşil periyodun karşıt akım tarafından engellenmeyen kısmı şu şekilde hesaplanır;

$$g_u = F \left(\frac{g}{c} - Y_o \right) / (1 - Y_o) \quad (3.81)$$

Burada g ; etkin yeşil süre, c ; devre süresidir.

4. Sola dönüş doygun akım faktörü şu şekilde hesaplanır;

$$f_s = (875 - 0,625 V_o) / 1000 \quad (3.82)$$

5. Paylaşımlı bir şeritten sola dönen akım oranı;

$$P_L = P_{LT}(1 + (N - 1)g/(f_s g_u + 4,5)) \quad (3.83)$$

6. Paylaşımlı bir şeritten sola dönecek bir taşıt gelinceye kadar kavşağa giren taşıtların işgal ettiği yeşil periyod;

$$g_i = 2P_T/P_L(1 - P_L^{0,5g_p}) \quad (3.84)$$

Burada g_p ; karşıt akımın tahliyesi ile yeşil periyodun engellenen kısmıdır.

7. Karşıt akım doymun olmadığı zaman yaklaşık direkt taşıt değeri;

$$E_L = 1900(1400 - v_o) \quad (3.85)$$

8. Tekil şeritlerde, paylaşımlı sola dönüş yada özel sola dönüş için sola dönüş faktörü;

$$f_m = \frac{g_r}{g} + g_u \left(\frac{1}{1 + P_L(E_L - 1)} \right) + \left(\frac{2}{g(1 + P_L)} \right) \quad (3.86)$$

9. Çok şeritli paylaşımlı bir şerit için sola dönüş faktörü;

$$f_{LT} = \frac{f_m + N - 1}{N} \quad (3.87)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

3.5.3.3.4. Kapasite analiz modülü

Bu modülde hacim değerleri ve doymun akım oranları yardımıyla her şerit grubu için v/C oranları, kapasite ve kavşak için kritik v/C oranı hesaplanmaktadır.

Her yaklaşım kolunun kapasitesi;

$$C_i = S_i(g/c)_i \quad (3.88)$$

Eğer sinyal süreleri bilinmiyorsa kapasitenin hesaplanabilmesi için tayin edilmelidir. v/C oranı düzeltilmiş akımın kapasiteye bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$X_i = v_i/C_i \quad (3.89)$$

Son olarak kritik v/C hesaplanmalıdır.

$$X_c = \sum_i (v/S)_c * [c/(c-L)] \quad (3.90)$$

Bu oran kritik şerit gruplarındaki araçlarca kullanılan uygun kapasite yüzdesini göstermektedir.

Eğer bu değer 1,00'i aşarsa bir yada daha fazla kritik şerit grubu, kapasitenin üzerinde hizmet vermek zorunda kalacaktır. Sonuç olarak bu durum kavşak tasarımının, faz süresinin ve sinyal düzenlemesinin talep için yetersiz olduğunu göstermektedir.

Eğer bu oran 1,00'dan küçük ise, kavşağın tasarım, devre uzunluğu ve sinyal süresi kapasiteyi aşan tüm kritik akımlar için yeterlidir.

3.5.3.3.5. Hizmet düzeyi modülü

Hizmet düzeyi modülünde ele alına herbir şerit grubu için gecikmeler tahmin edilmekte, kavşak ve yaklaşım kolları için bütün olarak gecikme ölçümleri toplanmakta ve hizmet düzeyi belirlenmektedir. Sinyalize kavşaklarda hizmet düzeyi direkt olarak gecikmeye bağlıdır. Hizmet düzeyi ve hesaplanması sinyalize kavşakların kapasitesi başlığı altında detaylıca anlatılmıştır (Murat, 1996).

3.5.3.4 Devre ve faz süresinin hesaplanması

Gecikmelerin ve hizmet düzeylerinin hesaplanması için eğer bir faz süresi belirlenmişse veya mevcut faz süresi ve yeşil süreler, kavşak düzenlenmesi açısından uygun değilse, yeni bir faz süresi ve yeşil süre belirlenmesi gerekir.

$$X_i = \frac{v_i C}{S_i g_i} = \frac{(v/S)_i}{(g/C)_i}$$

(3.91)

$$X_c = \sum_i \left(\frac{v}{S}\right)_c \left[\frac{c}{c-L}\right] \quad (3.92)$$

Faz ve yeşil sürelerin hesaplanması sabit zamanlı ve uyarmalı sinyalizasyon sistemleri için ayrı ayrı yapılmaktadır. Bu çalışmada sadece sabit zamanlı sistemler için gereken işlemler incelenecektir.

$$c = LX_c / (X_c - \sum_i \left(\frac{v}{S}\right)_i) \quad (3.93)$$

$$g_i = \frac{v_i c}{S_i X_i} \quad (3.94)$$

$$g_i = (v/S)_i * (c/X_i) \quad (3.95)$$

Burada c; devre uzunluğu (sn), L her devre için kayıp zaman (sn), X_c ; kavşak için kritik oran, X_i ; i'inci şerit grubu için v/C oranı, $(v/S)_i$; i'inci şerit grubu için akım oranı, g_i ; i'inci şerit grubu için etkin yeşil süredir.

Kayıp süreler her yeşil süre için 2 veya 3 sn olarak alınabilir, toplam kayıp süre 4 veya 8 sn'yi aşmamalıdır.

3.6. Yığışimli Taşıtlı Sayısı Eğrisi Kullanılarak Optimum Sinyal Süresinin Hesaplanması

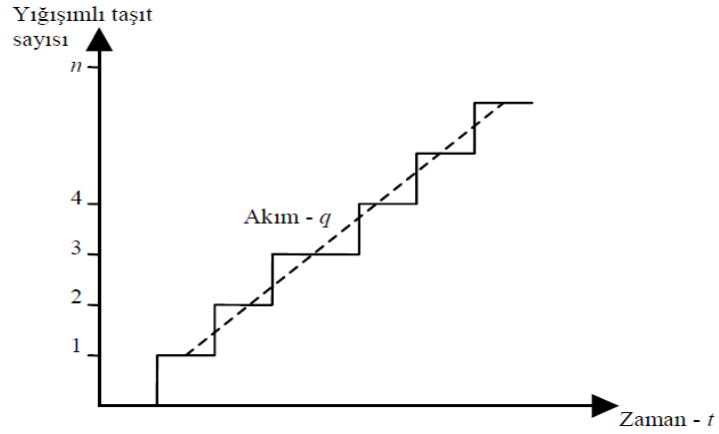
Karayolu trafik akımı yönetimi ve işletilmesi üzerine geliştirilen trafik akım kuramlarının en ilginç Prof. Dr. G.F. Newell'in "Karayolu Trafikinde Basitleştirilmiş Kinematik Dalga Kuramı" adlı çalışmasıdır. Bu çalışmada 1950'lerden beri bilinen trafik akımı kuramı konuları ve değişkenlerin tanımlanması, yığışimli taşıtlı sayısı eğrileri kullanarak açıklanmaktadır. Bu açıklamaları yapabilmek için kullanılan eğrileri ölçeklendirme yöntemi önem taşımaktadır, çünkü bu yöntem trafik akımındaki değişimleri gözle görülebilir bir hale getirmektedir.

Trafik akımının temel büyüklükleri akım, hız ve yoğunluk değişkenleridir. Bu değişkenler arasındaki ikili matematiksel ilişkiler ve karayolundaki taşıt/akım hareketlerinin gösterildiği yol-zaman diyagramları; trafik akımları ve taşıtlar arasındaki ilişkilerin, akımdaki düzensizlikler nedeniyle meydana gelen dalga hareketlerinin ve kuyruk oluşumunun incelenmesinde kullanılmaktadır. Veri toplama ve çözümleme teknikleriyle ilgili zorluklar, geleneksel kuramların gerçek yaşama uygulanmasında yaşanan olumsuzluklardır. Prof. Dr. G.F. Newell; trafik akımı kuramındaki karmaşık matematik modellerin temelini oluşturan yığılımlı taşıt sayısı eğrilerine üçgen biçimli akım-yoğunluk ilişkisine dayanan basitleştirilmiş bir kuram geliştirmiştir. Bu yeni yöntemle veri toplama ve değerlendirme daha kolay gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem daha sonra geliştirilerek giriş-çıkış adı verilen eğriler yardımıyla kuyruk oluşumu ve gelişme evrimi incelenmiştir. Böylece, kuyruktaki taşıt sayısının ve kuyruğun fiziksel uzunluğunun zamansal değişimi elde edilebilmektedir.

3.6.1. Trafik akımının tek kesitte yapılan gözlemle elde edilmesi

Belirli bir yol kesitindeki bir gözlem noktasından her taşıt geçişi zamanla birlikte kaydedilir ve bu kayıtların grafiği çizilirse Şekil 3.8'deki gibi bir adım fonksiyonu elde edilir. Adımların düzenli olması halinde, ortalama akım, basamakların orta noktalarını birleştirilerek tek bir doğruyla temsil edilebilir ki, bu doğrunun eğimi n/t olup, akım değerini (q) verir (Şahin, 2004).

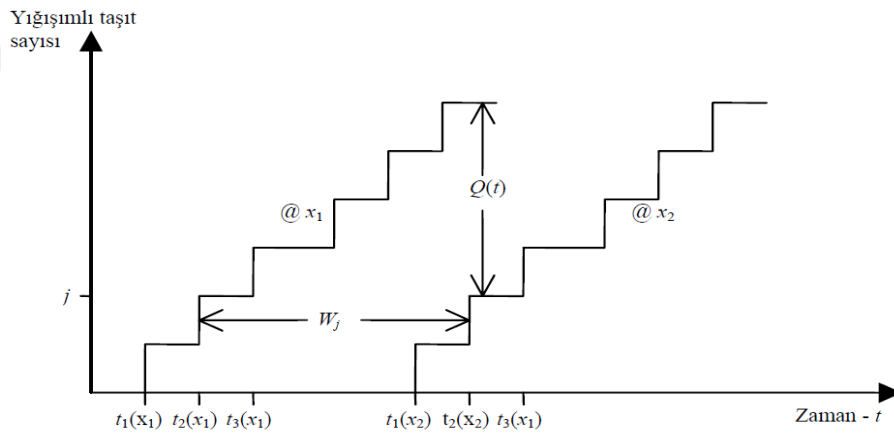
Akım değeri, zaman olarak taşıt takip aralığı kullanılarak da hesaplanabilir. Taşıtların sayısının taşıtlar arasındaki zaman farklarının toplamına bölünmesiyle, akım değeri elde edilir. Sonuç olarak tek bir kesitten elde edilecek taşıt takip aralığı değerleri, akım değerini verecektir.



Şekil 3.8. Zamana bağlı yığışımli taşıt grafiği

3.6.2. İki kesitte yapılacak gözlem ile elde edilebilecek büyüklükler

Birden fazla kesitte yapılacak gözlemlerle çeşitli büyüklükler elde edilebilir. Şekil 3.9'deki grafikte x_1 ve x_2 noktalarına ait (trafik x_1 'den x_2 'ye doğru akmaktadır.) taşıt gelişlerinin yığışımli taşıt eğrileri görülmektedir.



Şekil 3.9. Zamana bağlı giriş kesiti ve çıkış kesiti yığışımli taşıt grafiği

Bu grafikten elde edilen bilgiler şunlardır:

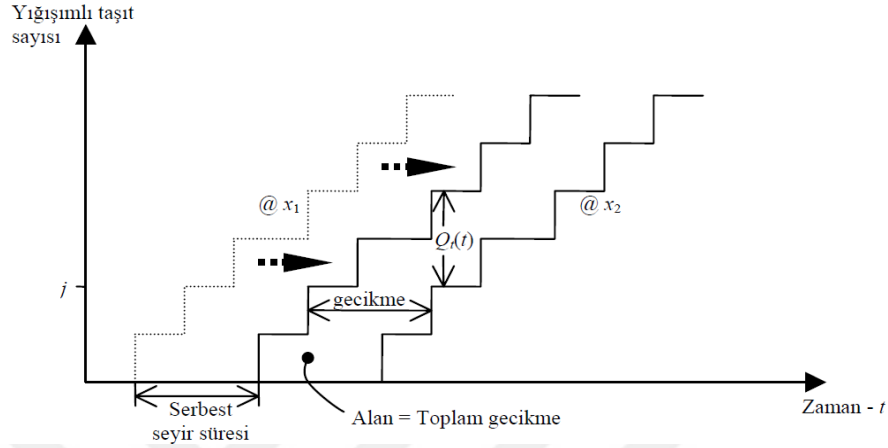
Herhangi bir t anında iki eğri arasındaki fark $Q(t)$, x_1 ve x_2 kesitleri arasındaki taşıt sayısıdır (Şahin, 2004).

W_j , j taşıtı için, x_1 ve x_2 eğrileri arasındaki toplam seyahat süresidir.

Bütün W_j 'lerin toplamı x_1 ve x_2 kesitleri arasındaki toplam seyahat süresidir.

Ortalama seyahat süresi de, W_j 'lerin toplamı x_1 ve x_2 eğrileri arasındaki alanın değerlendirilmeye alınan toplam taşıt sayısına (n) bölünmesiyle elde edilir.

Eğer x_1 eğrisi serbest akım süresi kadar x_2 eğrisine ötelenirse (böylece, toplam seyir süresinden serbest seyir süresi çıkartılmış olur), elde edilen farklar yatayda gecikme süresini, düşeyde de geciken taşıt sayısını, $Q_i(t)$ verir. İki eğri arasında kalan alan da toplam gecikmeyi verecektir.

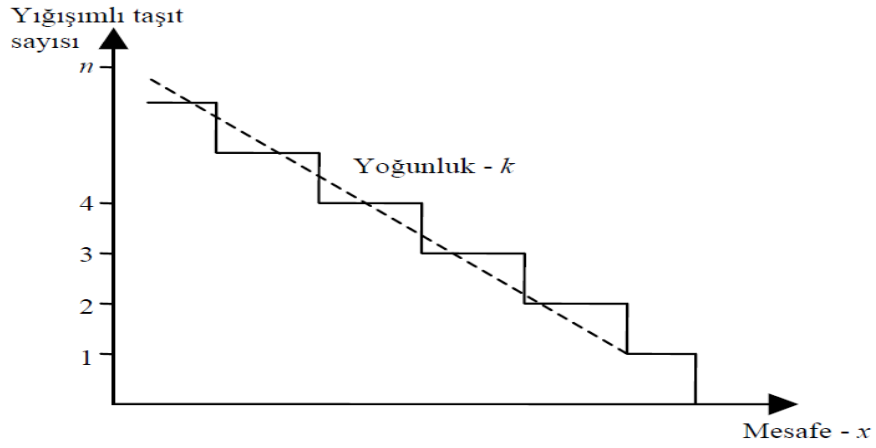


Şekil 3.10. Ötelenmiş yığılımlı taşıt eğrisi

Ayrıca x_2 kesitinde $Q_i(t)$ adet taşıt sayılmamış olacaktır. Çünkü seyahat süresi içinde x_2 kesitinden geçmemiş taşıtlar bulunmaktadır. Dolayısıyla kuyruk uzunluğu, serbest seyir süresi kadar ötelenmiş eğriler arasındaki düşey farktır.

Hız, taşıtların x_1 ve x_2 kesitleri arasındaki mesafenin kat edilme süresi üzerinden ölçülür. Taşıtların takip edilen kesitler arasında gözlemlenmesinden elde dilecek yol-zaman eğrisinin eğimi hızı vermektedir.

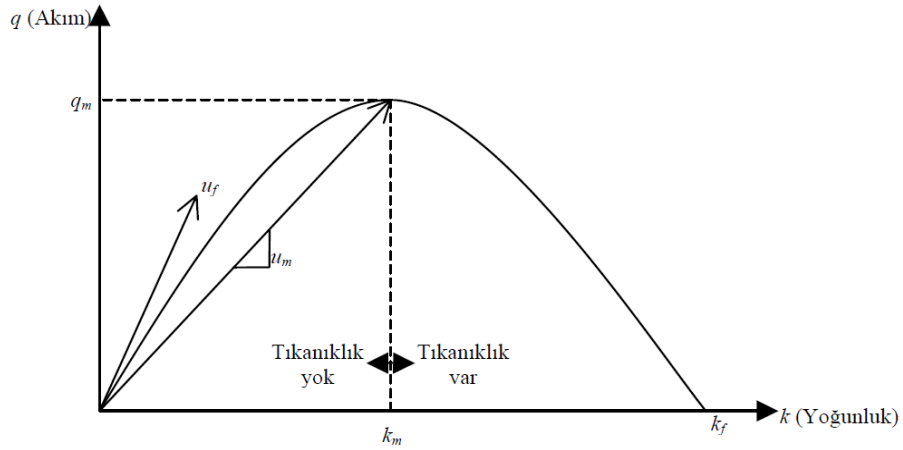
Yoğunluk iki kesit arasındaki taşıt sayısı olduğuna göre, herhangi bir t anında x_1 ve x_2 kesitleri arasındaki yol kesiminde, kesitler arasındaki taşıt sayısı, kesitlerin arasındaki mesafe ile birlikte yoğunluğu verecektir. Eğer x_1 ve x_2 kesitleri arasındaki yol kesiminde bulunan taşıtların sayısının yığılımlı eğrisi, x_1 ve x_2 kesitleri arasındaki mesafenin bir fonksiyonu olarak Şekil 3.11'deki gibi çizilirse, bu fonksiyonun eğimi yoğunluğu (k) vermektedir (Şahin, 2004).



Şekil 3.11. Mesafeye bağlı yığışımli taşıt grafiği

3.6.2.1. Akım yoğunluk ilişkisi

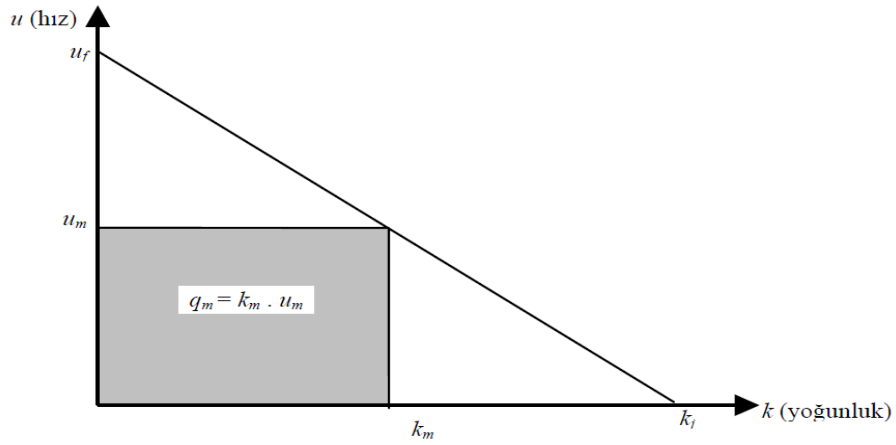
Yolun kapasitesine erişinceye kadar akım arttıkça yoğunlukta artmaktadır. Bu noktadan sonra yoğunluk artmaya devam ederken hacim düşüşe geçer. Bu durum, taşıtlar tampon tampona gelinceye ve tıkanıklık tam anlamıyla oluşuncaya kadar devam eder. Bu noktada yoğunluk en büyük değerini alır ve hacim sıfıra düşer. Bu grafikte, herhangi bir noktayı orijine birleştiren doğrunun eğimi, q/k oranında akım hızını verir. (örneğin u_m). Başlangıç noktasındaki teğetin eğimi (u_f) de “serbest hızı” verir.



Şekil 3.12. Akım - yoğunluk ilişkisi

3.6.2.2. Hız yoğunluk ilişkisi

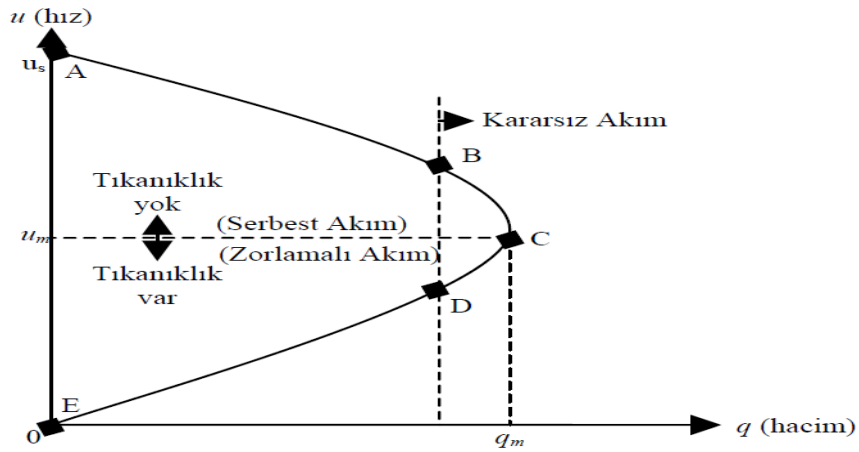
Hız yoğunluk arasında ters ve nerdeyse doğrusal bir ilişki vardır. Yoğunluk arttıkça hız azalır. Bu grafik içerisindeki bir köşesi orijin bir köşesi de doğru üzerinde olan bir dikdörtgenin alanı akımı veya hacmi verir (Şahin, 2004).



Şekil 3.13. Hız - yoğunluk ilişkisi

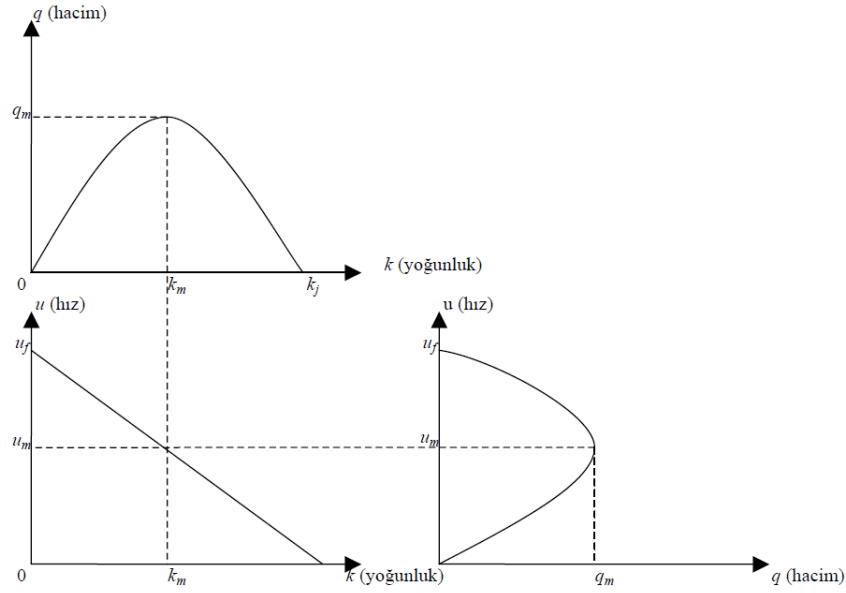
3.6.2.3. Hız akım ilişkisi

Tıkanıklığın olmadığı serbest akım bölgesinde akım arttıkça hız düşmektedir; bu durum kapasiteye (q_m) erişinceye kadar devam eder. Kapasite aşıldıktan sonra hem akım hem de hız beraber düşüşe geçerler. Kapasitenin hemen altında ve üstündeki bölgede (BD-C arasında) kararsız bir hal almaktadır; akımın, AB bölgesinde serbest ve DE bölgesinde zorlamalı olarak aktığı bilinmektedir.



Şekil 3.14. Hız - akım ilişkisi

Bu üç grafiğin birbiri ile ilişkisi Şekil 3.15’de gösterilmiştir.

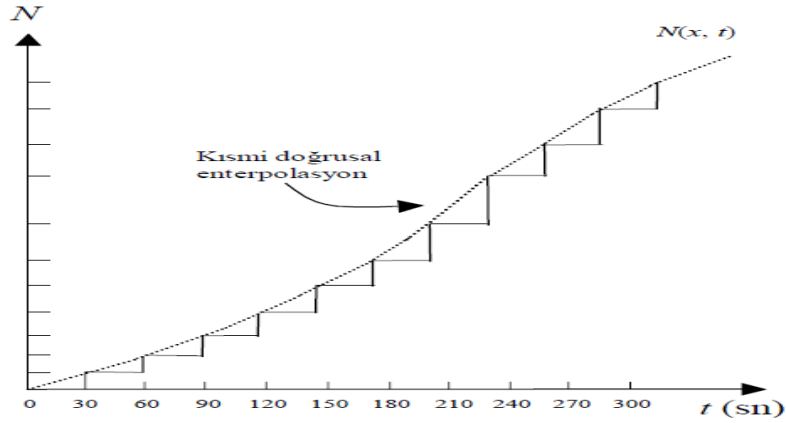


Şekil 3.15. Akım, yoğunluk ve hız arasındaki ilişkiler

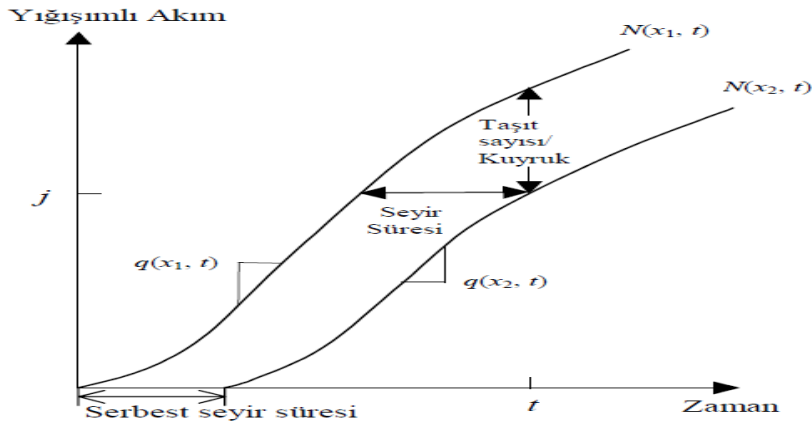
3.6.3. Yığışimli taşıt eğrisinin elde edilmesi

Karayolu üzerinde belirli bir “ x ” gözlem kesitine/noktasına, “ t ” gözlem süresi içinde geçen taşıtların yığışimli sayısı $N(x, t)$ olsun (Şekil 3.16). Buna göre, “ x ” gözlem kesitinde bulunan bir gözlemci, önünden geçen taşıtlara sırasıyla numara verdiğinde (ilk taşıt numarası $t=0$ için $N(x,0) = 0$ olmak üzere), $N(x,t)$, gözlemcinin önünden “ t ” anından önce geçen son taşıt numarasını göstermektedir. Burada taşıtların birbirini solamadıkları kabul edilmektedir.

Karayolunun homojen geometriye sahip bir kesiminde giriş kesiti “ x_1 ” ve çıkış kesiti “ x_2 ” komşu kesitleri için $N(x_1,t)$ ve $N(x_2,t)$ yığışimli taşıt sayısı eğrileri Şekil 3.17’deki gibi aynı eksen takımı üzerine çizilir. Bu şekilde, belirli bir “ t ” anında eğriler arasındaki düşey fark, kesitler arasındaki taşıt sayısını göstermektedir. Belirli bir “ j ” seviyesindeki taşıt sayısına karşılık gelen eğriler arasındaki fark da, bu taşıtların kesitler arasındaki seyir süresini göstermektedir. Eğrilerin çok fazla zamansal değişim göstermediği ve yaklaşık olarak paralel olduğu zaman aralığında, eğriler arasındaki ortalama taşıt sayısının kesitler arasındaki mesafeye bölünmesiyle, taşıt yoğunluğu hesaplanabilmektedir. Eğriler arasındaki alan, tüm taşıtların toplam seyir süresini vermektedir (Şahin, 2004).



Şekil 3.16. Yığışımli sayım eğrisi ve yumuşatılmış yaklaşımları

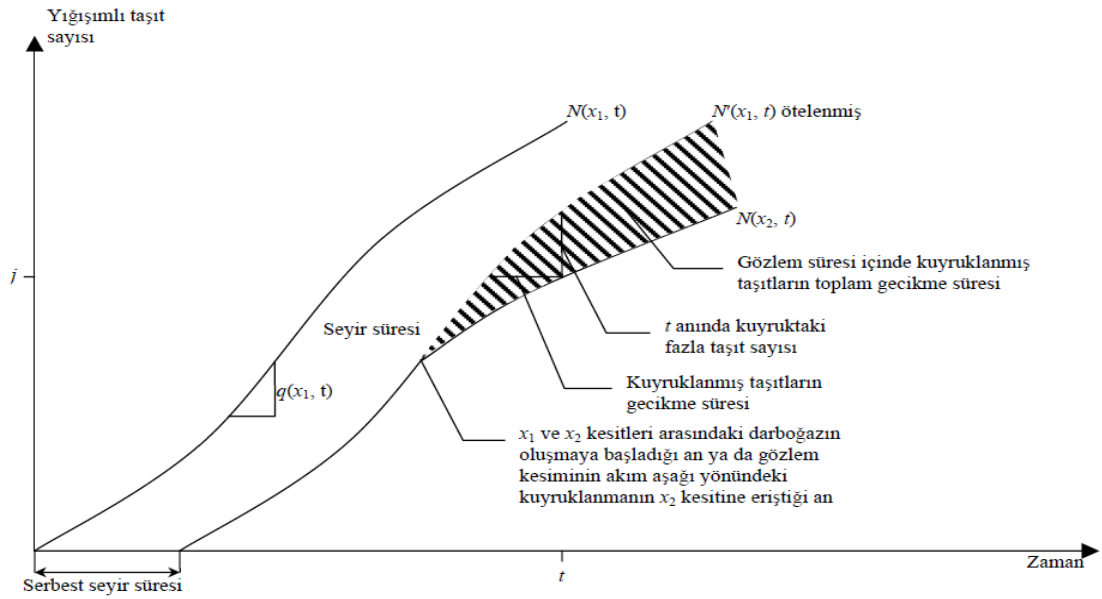


Şekil 3.17. Akım, yoğunluk ve hız arasındaki ilişkiler

Şekil 3.16'da görülen eğri, taşıt sayıları tamsayı olduğunda aslında bir adım fonksiyonudur; diğer bir deyişle, sabit zaman aralıklarında gözlem kesitinden geçen taşıtların yığışımli sayıları da birer adım fonksiyonudur. Belirli bir gözlem kesitinden, herhangi bir andaki (t) akım değerini (taşıtlar/saat) tanımlayabilmek için, adım fonksiyonları eğri biçiminde yumuşatılarak bu eğrilerin birer türevi olan $q(x_1, t)$ ve $q(x_2, t)$ elde edilmelidir. Böyle bir eğri, her basamağın tepe noktasından geçen bir enterpolasyon eğrisi biçimindedir. Uygulaması daha basit bir yöntem ise, basamakların tepe noktalarının arasına doğru parçaları çizilerek elde edilen kısmi doğru parçalarından meydana gelen yumuşatılmış yığışımli eğriler oluşturmaktır (Newell, 1993).

Komşu kesitlere ait yığışımli eğrilerin incelenmesiyle başka sonuçlar da elde edilebilir. Gözlem kesitleri x_1 ve x_2 arasında hareket eden taşıtların serbest seyir süresi bilindiğinde, x_1 kesitine ait yığışımli eğri $N(x_1, t)$, serbest seyir süresi kadar sağa x_2 kesitine ait yığışımli eğriye doğru ötelenir ve Şekil 3.18'deki $N'(x_1, t)$ eğrisi elde edilir.

Yol kesimi boyunca taşıt hareketlerinde kuyruklama sebebiyle herhangi bir gecikme yoksa iki komşu kesite ait eğrilerin çakışması gerekir. Eğriler, gözlem süresi içindeki belirli bir zamanda birbirlerinden ayrıldığında bu durum bir dar boğaz oluştuğunu yada çıkış kesitinden (x_2 noktasından) giriş kesitine (x_1 noktasına) doğru uzayan bir kuyruklanma olduğunu göstermektedir. Bu durumda belirli bir “ t ” anında eğriler arasındaki düşey fark kesitler arasındaki fazla taşıt sayısını, yatay fark ise “ j ” seviyesindeki taşıtların gecikme süresini, eğriler arasındaki alan ise taşıtların toplam gecikme süresini vermektedir (Şahin, 2004).



Şekil 3.18. Ötelenmiş yığılımlı taşıt sayı eğrileri

3.6.4. Veri toplama ve yığılımlı taşıt sayısı eğrilerinin oluşturulması

Trafik sayımları tamamı elle (manuel olarak) gözlemci elemanlar tarafından gerçekleştirilmiştir. Saat, dakika, saniye formatında kayıt yapan kameralar kullanılmış, bir referans kesit noktası belirlenerek, o noktadan geçen araçlar kayıtlar üzerinden, her 5 saniyede bir zaman bilgisiyle birlikte sayılmıştır. Her gözlem kesitine ait sayım verileri ayrı ayrı kaydedilmiştir.

Sinyalizasyon hesap yöntemleri başlığında bahsedildiği gibi sürücülerin tepki verme süresi, dönüşler ve taşıtların serbest seyir hızına ulaşmaları için geçen süre gibi etkenler araçların normal seyir hızına bir anda ulaşmalarını engellemektedir. Bu etkenler göz önüne alınarak ortalama şehir trafiğinin olduğu, bir birinden farklı birden

fazla tek şeritli, çift şeritli, üç şeritli ve dört şeritli gözlem kesitleri seçilmiştir. Yapılan veri toplama çalışmasında, 5 saniyelik zaman dilimleri göz önüne alındığında aynı şerit sayısına sahip gözlem kesitlerindeki verilerin örtüştüğü gözlenmiştir. Buradan hareketle bir kabul yapılarak, şerit sayısı bazlı ortalama değerler üzerinden yatayda zaman ve düşeyde yığılımlı taşıt sayısının gösterildiği eğriler oluşturulmuştur.

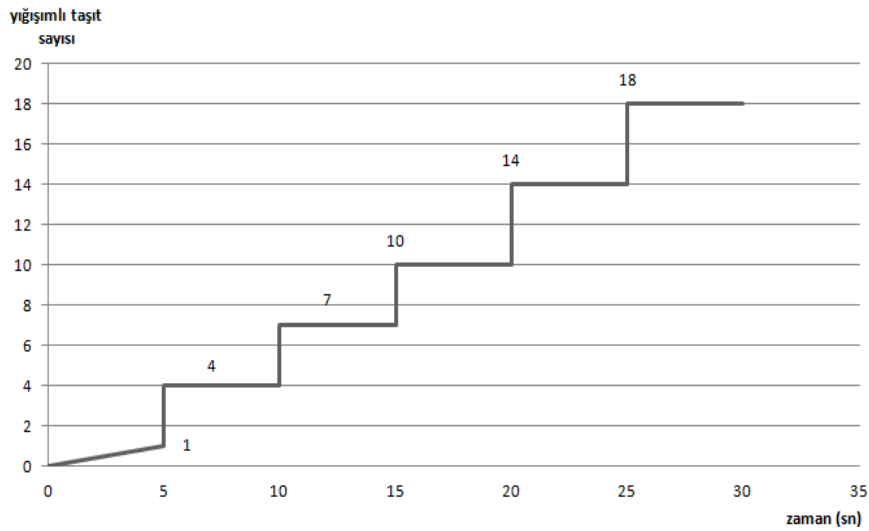
Taşıt sayısı verileri 5'er saniye aralıklarla toplandığı için kesiklidir. Yani, çizilen grafik aslında bir adım fonksiyonudur. Eğri bu adım fonksiyonunun basamaklarının tepe noktalarından geçen kısmi doğrusal enterpolasyon yapılarak çizilir. Sinyalizasyon hesabı, akım, yoğunluk gibi değişkenlerin bulunmasında birim zaman olarak bir saatlik (60 dakikalık) kesitler baz alınmaktadır. Dolayısıyla 5'er saniyelik periyotlarla elde edilen fonksiyon yardımıyla veriler bir saate tamamlanmaktadır.

Tüm şerit bazlı gözlem kesitlerinde toplanan veriler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu veriler ile adım fonksiyonlu grafikler ve yığılımlı taşıt sayısı grafik oluşturulmuştur.

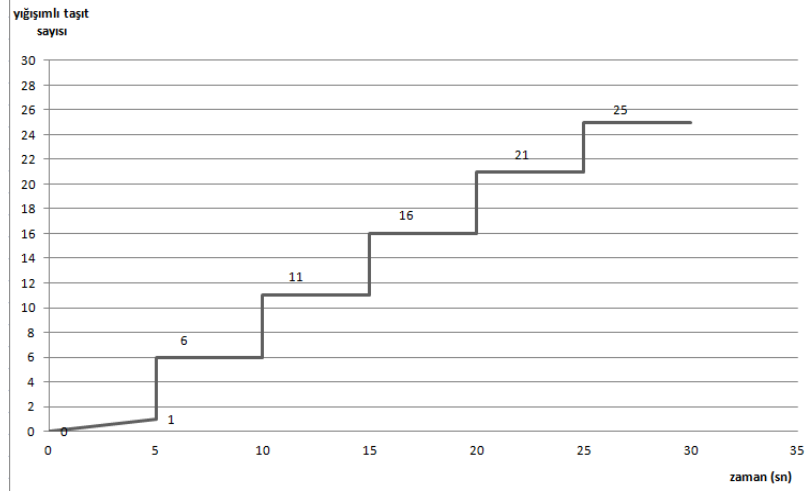
Çizelge 3.10. Gözlem kesitleri için toplanan veriler

Gözlem Saniyesi		0	5	10	15	20	25	30
Taşıt Sayısı	Tek şerit	0	1	4	7	10	14	18
	Çift şerit	0	1	6	11	16	21	25
	Üç şerit	0	2	9	15	22	29	36
	Dört şerit	0	3	12	21	31	40	50

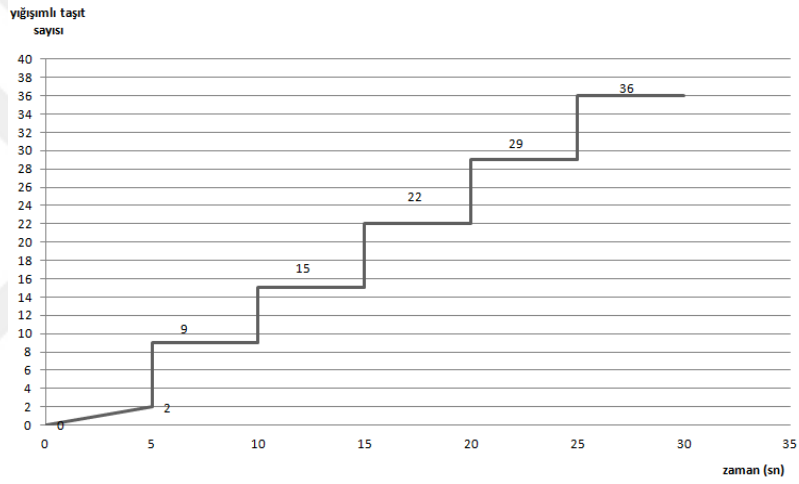
Gözlem kesitlerinde toplanan verilerin adım fonksiyon grafikleri



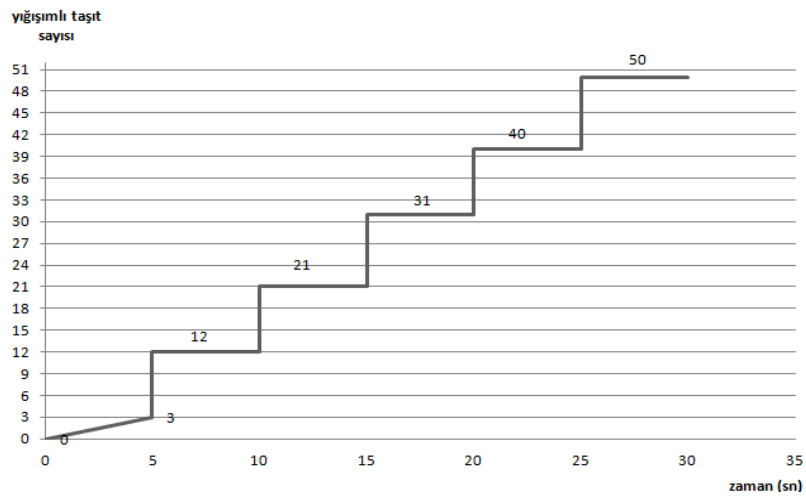
Şekil 3.19. Tek şeritli gözlem noktasında taşıt sayısı adım fonksiyon grafiği



Şekil 3.20. Çift şeritli gözlem noktasında taşıt sayısı adım fonksiyon grafiği

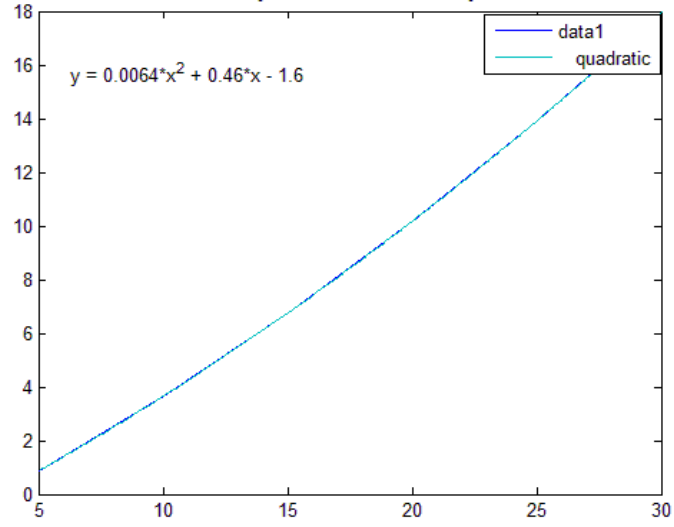


Şekil 3.21. Üç şeritli gözlem noktasında taşıt sayısı adım fonksiyon grafiği

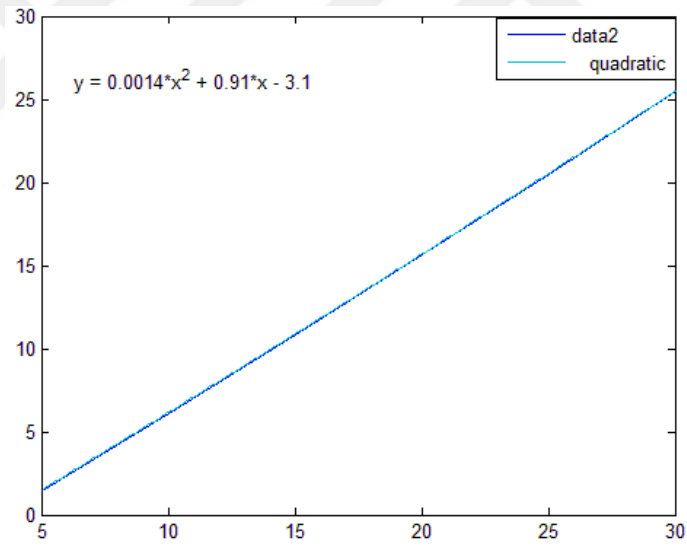


Şekil 3.22. Dört şeritli gözlem noktasında taşıt sayısı adım fonksiyon grafiği

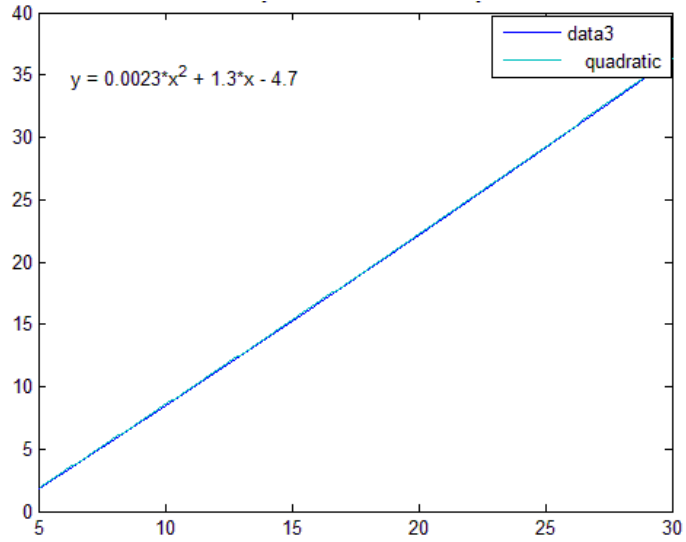
Gözlem kesitlerinden toplanan verilerden elde edilen adım fonksiyonların kısmı enterpolasyon yapılarak çizilmiş fonksiyon grafikleri aşağıdaki gibidir.



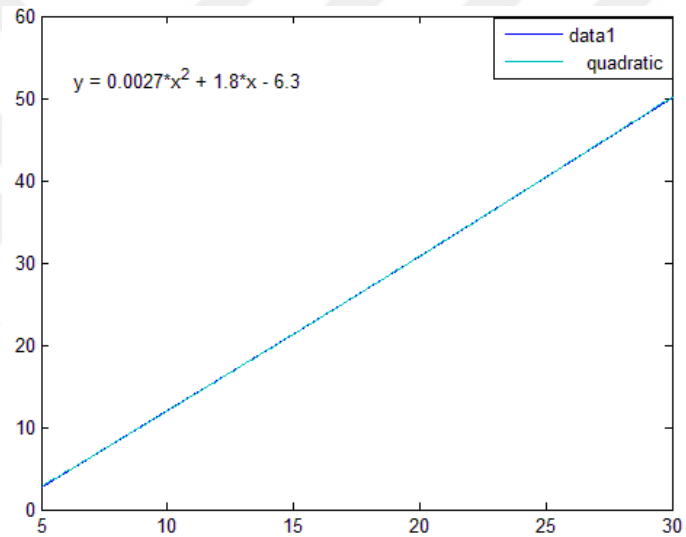
Şekil 3.23. Tek şeritli gözlem noktasında yığışimli taşıt sayısı grafiği



Şekil 3.24. Çift şeritli gözlem noktasında yığışimli taşıt sayısı grafiği



Şekil 3.25. Üç şeritli gözlem noktasında yığışimli taşıt sayısı grafiği



Şekil 3.26.. Dört şeritli gözlem noktasında yığışimli taşıt sayısı grafiği

Elde edilen yığışimli taşıt sayısı eğrilerinin fonksiyonları üretilmiştir. Yığışimli taşıt sayısı grafiğinin 3600 saniyeye tamamlanması ile bir saatlik sayım değeri elde edilmiş olmaktadır.

Çizelge 3.11. Her bir yığışimli taşıt sayısı eğrisinin fonksiyonları

Şerit sayısı	Fonksiyon
Tek şerit	$0,0064 x^2 + 0,46 x - 1,6$
Çift şerit	$0,0014 x^2 + 0,91 x - 3,1$
Üç şerit	$0,0023 x^2 + 1,3 x - 4,7$
Dört şerit	$0,0027 x^2 + 1,8 x - 6,3$

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Vissim Simülasyon Programı

Trafik simülasyonu ulaşım planlamacıları ve trafik mühendisleri için vazgeçilmez bir araçtır. VISSIM, şehir içi ulaşım sistemlerinde taşıt trafiğinin ve raylı sistemlerin modellenmesi ve değerlendirilmesi için geliştirilmiş; davranış tabanlı ve ayrık zamanlı bir mikroskobik simülasyon programıdır. Bir yazılım ve ulaşım danışmalık şirketi olan PTV GmbH tarafından geliştirilen bu programın kalibrasyonu Karlsruhe Teknik Üniversitesince (Almanya) çok sayıda saha çalışması ve ölçümlere bağlı olarak gerçekleştirilmektedir.

VISSIM, simülasyon sürecinde trafiğin görünüşü ve kontrol parametrelerine ilişkin verilen monitörden canlı olarak izlenilebilmesi ve gerçek hayatta trafik detektörleri üzerinden alınabilecek mikroskobik akım parametrelerinin sanal ortamda üretilebilmesi gibi yenilikleri ile; aynı amaçla kullanılan diğer simülasyon programlarına göre daha esnek kullanım imkanları sağlamaktadır.

Bu program vasıtasıyla, kent içi karayolu trafiği çeşitli yol konfigürasyonları, trafik ışıkları ve duraklar gibi kısıtlara bağlı olarak analiz edilebilir. Bundan dolayı trafik simülasyon programı, kent içi ulaşımının planlanması ve trafiğin kontrolü açısından alternatif önerilerin hızla değerlendirilmesi ve çeşitli ulaşım problemlerinin çözülmesinde yardımcı olan önemli bir araçtır.

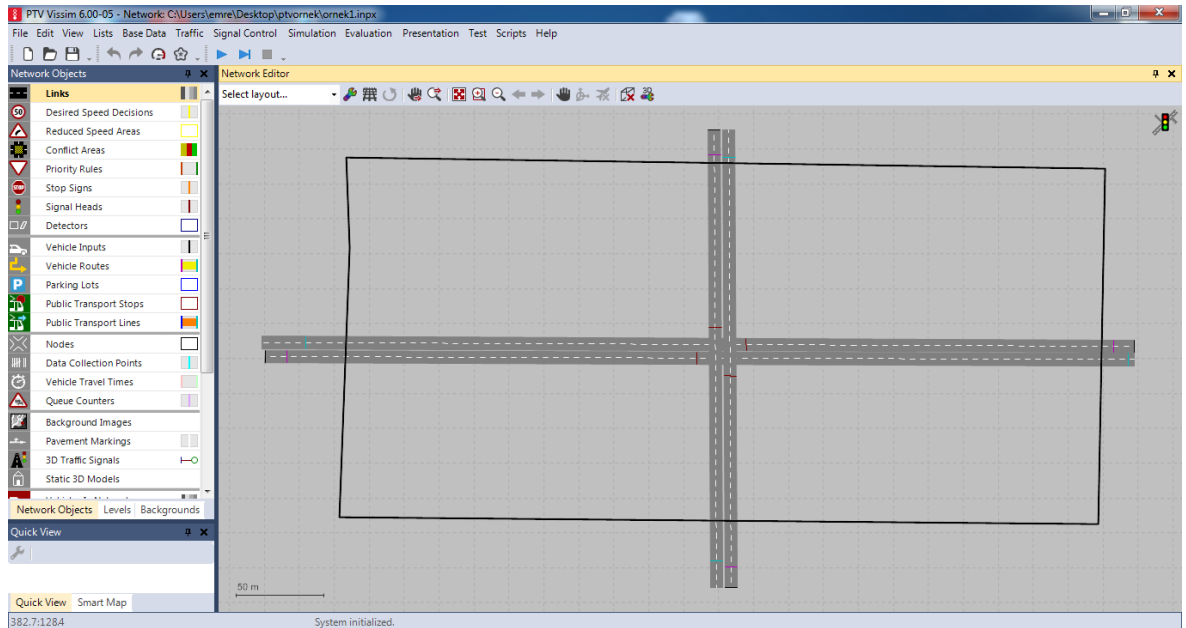
VISSIM simülasyon paketi, iki farklı programdan oluşur: trafik simülatörü ve sinyal durum üretici. Trafik simülatörü, Weidmann taşıt takip modeli ile şerit değiştirme mantığının dikkate alındığı bir mikroskobik simülasyon programıdır. Sinyal durum üretici ise, trafik simülatöründen birer saniyelik zaman adımları bazında alınan verilerin işlendiği ve bir sonraki saniye için sinyal durumlarının ne olacağına ilişkin kararların üretildiği bir kontrol programıdır.

Simülasyon sonuçları, ulaşım süresi ya da gecikmeler gibi bir kısım istatistiksel verilerin arka plandaki veri dosyalarına aktarılması suretiyle gerçek zamanlı olarak trafiğin değişimine ilişkin görüntülerin ekranda canlandırılması sağlanmaktadır. Sinyal durum üretici, trafik simülatöründen simülasyonun her saniyesinin bitim anında aldığı verileri değerlendirerek, bir sonra ki simülasyon saniyesinde ki sinyal durumları için kararlar üretir ve bunları trafik simülatörüne iletir.

4.1.1. Trafik simülasyon modeli

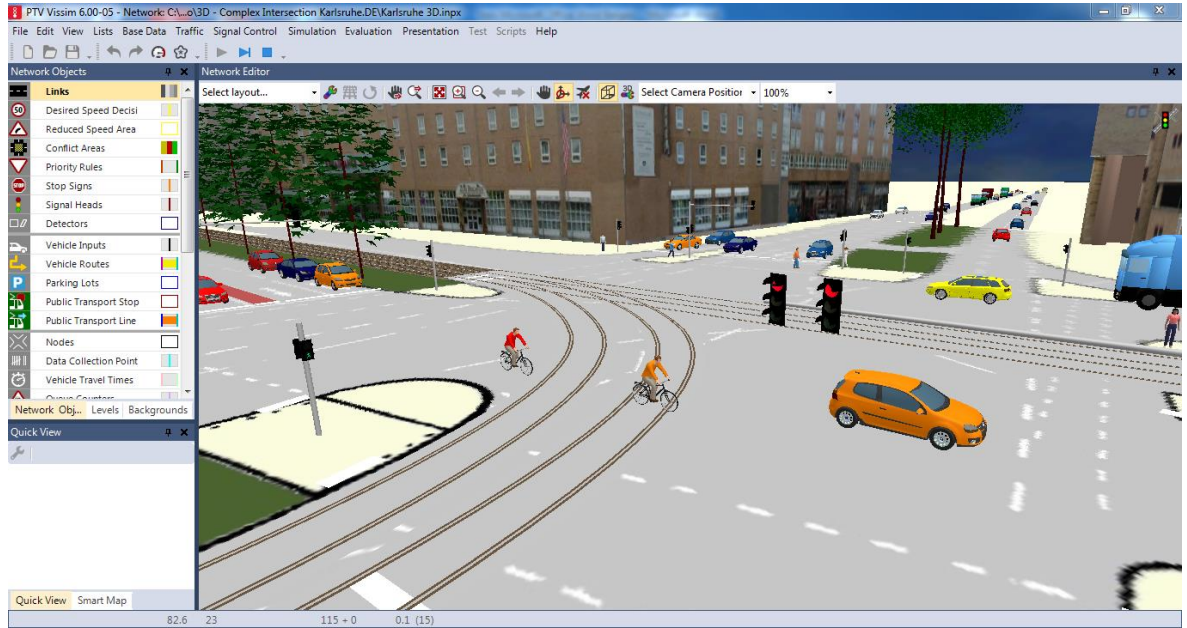
Bir trafik simülasyon modelinin hassasiyeti, taşıt davranışlarının modellenmesin de elde edilen kaliteye; dolayısıyla, taşıtların yol ağları boyunca sergileyecekleri davranışları belirlemek için modelin takip ettiği yöntemeye bağlıdır. VISSIM trafik simülatörü, trafiği taşıt takip teorisine göre üretirken; sürücü-taşıt birimlerinin psiko-fiziksel davranışını esas alan bir modeli kullanmaktadır (Akbaş, 2001).

Bu modelin ana fikri; birbirini takip eden taşıtlardan daha hızlı olanının, algılama eşiği içinde bir taşıtın olmaması durumunda serbest ulaşım hızını koruması, algılama eşiği içinde daha yavaş bir taşıt algıladığı andan itibaren hızını azaltmaya başlaması şeklinde özetlenebilir. Öndeki taşıtın algılama mesafesinden çıkması halinde ise, hız tekrar artmaya başlar. Sonuçta taşıt davranışı hızlanma ve yavaşlamaların bu şekilde bir birini takip ettiği bir iteratif yaklaşımla belirlenmektedir. Program trafik akışını, taşıt teknik özelliklerine (uzunluk, hız, potansiyel hızlanma, konum, ivme), sürücü-taşıt birim davranışlarına (sürücü psiko-fiziksel hassasiyet eşiği, sürücü hafızası, sürücü hızlanma isteği vb) ve trafiğin çevresel referanslarına bağlı olarak bir yol ağı boyunca sürücü-taşıt birimlerini hareket ettirerek simüle eder.



Şekil 4.1. VISSIM programın trafik modülü ekran görüntüsü

VISSIM, çok şeritli bir yol üzerinde seyreden taşıtların davranışlarını belirlerken, yalnız aynı şeritte bir birini takip eden taşıt davranışlarının karşılıklı etkileşimini dikkate almakla kalmaz, aynı zamanda komşu şeritlerde seyreden taşıt davranışlarının etkilerini de dikkate alır. Böylece, kavşağa yaklaşan taşıtların, duruş çizgisine 100 metreden daha yakın bir mesafe içerisinde şerit değiştirmesine izin vererek, kuyrukların şerit boyunca uzaması gibi gerçek hayata uymayan bir durumun oluşması engellenmektedir (Akbaş, 2001).



Şekil 4.2. VISSIM programı sinyal modülü ekran görüntüsü

4.1.2 Sinyal durum üretici

Sinyal durum üretici, trafik uyarmalı bir kontrol sürecinde sinyal durumlarını üretmek için, VISSIM programına ilave olarak kullanılan bir programlama modülüdür. Sinyal durum üretici, kontrol mantığının öngördüğü komutları simülasyon sürecinin her saniyesi için yeniden yorumlar ve kurulan trafik ağı için gerekli sinyal zamanlama bilgilerini üretmek bir sonraki simülasyon saniyesinde kullanılmak üzere simülatöre gönderir (Akbaş,2001).

Ayrıca VISSIM programında 3 boyutlu simülasyonlar yardımıyla trafiğin durumu gözlemlenebilmektedir. Simülasyon sonunda araçların toplam ortalama gecikmesi, ortalama duraklama sayısı, ortalama hız, ortalama duraklama gecikmesi,

araçların incelenen kavşak yada kavşaklarda toplam gittiği yol, tüm araçların toplam seyahat süresi, tüm araçların toplam durma sayısı, duraklamalardan dolayı oluşan toplam gecikme, kavşağın hizmet verdiği araç sayısı, kuyruk uzunluğu, en uzun kuyruk uzunluğu, toplam araç sayısı, araçlar içinde taşınan yolcu sayısı, ortalama gecikme, kişi başı gecikme, CO salınımı, NO_x salınımı, VOC salınımı, yakıt tüketimi vb daha birçok verileri üretmektedir. Emisyon hesaplaması yakıt tüketimine bağlı üretilen değerlerdir. Bu tez çalışmasında, daha basit formulize edildiği için bir çok oteritenin de kabul ettiği Florida Üniversitesinin bir ürünü olan TRANSYT 7-F tarafından kullanılan yakıt tüketimi formülleri ve eminson verileri kullanılarak emisyon değerlerine ulaşılmıştır. Buna göre;

$$F=TKY * k1 + TG * k2 + TDS * k3 \quad (4.1)$$

$$k1=0,075283-(0,0015892*v)+(0,000015066 * v^2) \quad (4.2)$$

$$k2=0,7329 \quad (4.3)$$

$$k1=0,0000061411 * v^2 \quad (4.4)$$

Burada;

F= Yakıt

TKY= Toplam katedilen yol,

TG= Toplam gecikme,

TDS= Toplam duraklama sayısı

v= hız

$$\text{Karbonmonoksit Emisyonları (g)} \quad CO=F * 69,9 \text{ g/gal} \quad (4.5)$$

$$\text{Nitrojenoksit Emisyonları (g)} \quad NO_x = F * 13,6 \text{ g/gal} \quad (4.6)$$

$$\text{Uçucu Oksijen Bileşenlerinin Emisyonu (g)} \quad VOC = F * 16,2 \text{ g/gal} \quad (4.7)$$

4.2. Kavşak Kontrol Cihazı Yazılım ve Donanım Tasarımı

Karayolu trafik sistemlerinin doğru yönetilmesi ülke ekonomisine, toplum sağlığına, can güvenliğine, bir kentin ya da ülkenin yaşanabilirliğinin artmasına ciddi katkılarda bulunmaktadır. Kaynak araştırmaları da gösterdi ki, bu katkılarında dolayı bilim çevrelerinde trafik yönetimi son çeyrek asırdır önemli bir konu haline gelmiştir. Teorikte durum böyle olmasına rağmen, saha çalışmalarımızda uygulamanın böyle

olmadığı gerçeği ile karşılaşmıştır. Özellikle kent içi karayolu trafiğinin yönetilmesi, İstanbul kentimiz dışında, diğer kentlerin gündemine yeni yeni gelmektedir.

Akademik çevrelerde üretilmiş bilgi birikiminin neden yaygın biçimde uygulamaya geçirilmemiş olduğu sorgulandığında, gelişmekte olan kentlerde, kent trafiğini yönetmede akıllı ulaşım sistemlerini uygulamak kaçınılmaz bir durum olmasına rağmen, karşımıza yetişmiş eleman eksikliği ve donanım maliyetleri çıkmaktadır.

Saha deneyimleri kavşak kontrol cihazlarının daha çok sabit süreli çalıştırıldığını, şartların ve uygulayıcı teknik personelin bulunması halinde trafik uyarmalı sistemlerin çalıştırıldığını göstermiştir. Ancak sabit süreli çalıştırılırken geçiş hakkı sürelerinin belirlenmesinde herhangi bir kriterin uygulanmadığı, süre atamalarının personelin inisiyatifine bırakıldığı gözlenmiştir.

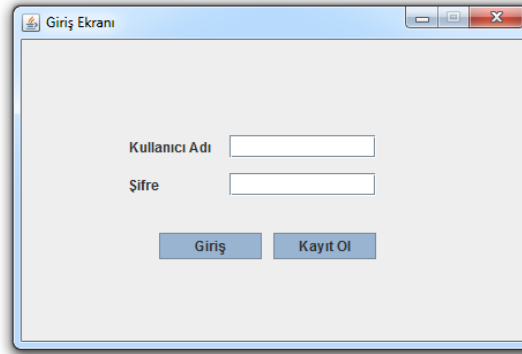
Bu tez çalışmasında, sahadaki mevcut sistemlerin nasıl iyileştirilebileceğinden hareketle, profesyonel personelle ve hali hazırdaki donanımları değiştirmeye ihtiyaç duymadan, sadece kavşağın arz talep dengesini doğru değerlendirerek fayda sağlamak diğer bir değişle kavşak sinyalizasyon sistemlerin optimum yönetilmesini sağlamak hedeflenmiştir.

Bu hedef çerçevesinde, kavşakta günün belirli zaman dilimlerinde (sabah, öğle, akşam pik saatler) gözle manüel sayım yaparak elde edilen sayım sonuçlarını ve kavşağın yapısı hakkında bilgileri (şerit sayısı) girildiğinde optimum süreleri üreten, kullanımı basit bir program hazırlanmıştır. Ayrıca hazırlanan yazılımın testi için uygulamaya dönük, bir kavşak kontrol cihazının temel gereksinimlerini karşılayan donanım hazırlanmıştır.

4.2.1. Kavşak kontrol cihazı kullanıcı arayüz yazılımı

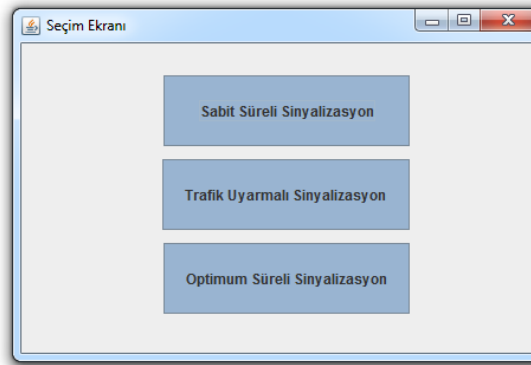
Bu tez çalışmasında kullanıcı ara yüzü hazırlamak için Java bilgisayar programlama dili seçilmiştir. Java programlama dili platform bağımsız olarak her işletim sistemi üzerinde çalışması, nesneye yönelik olması, güvenliği ön planda tutması, esnek olması ve geniş kütüphane desteği nedeniyle tercih edilmiştir. Hedeflenen program karmaşıklıktan uzak, kullanıcı dostu bir ara yüz olması istendiğinden, Ankara ilinde sinyalizasyon sistemlerinin işletilmesini yürüten yetkili birimlerin teknik personellerinin talepleri değerlendirilerek, optimum süreli sinyalizasyon sisteminin yanı sıra sabit süreli sinyalizasyon sistemi ve trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemini destekleyecek bir arayüz hazırlanmıştır.

Hazırlanan arayüz programı kamu otoritelerinin kullanacağı düşünülerek üretildiği için kullanıcı adı ve şifre ile girilen bir güvenlik seviyesi oluşturulmuştur.



Şekil 4.3. Program giriş ekranı

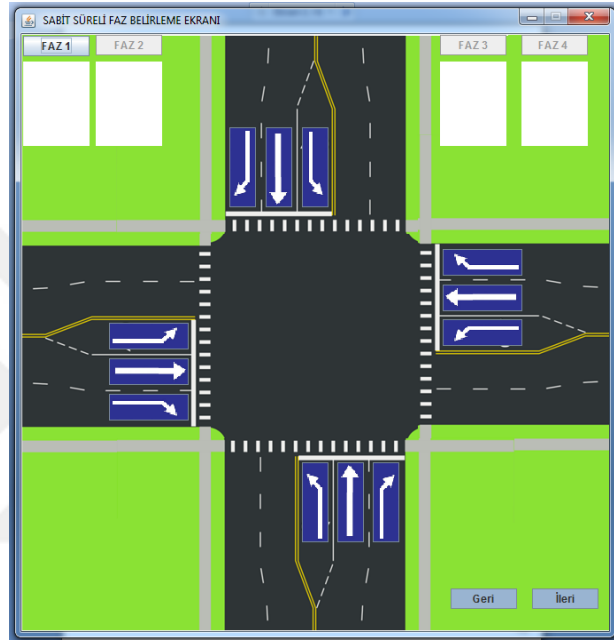
Daha sonra ise “Sabit Süreli Sinyalizasyon”, “Trafik Uyarmalı Sinyalizasyon” ve bu tez çalışmasının asıl konusu olan “Optimum Süreli Sinyalizasyon” seçenekleri operatörün karşısına çıkmaktadır.



Şekil 4.4. Operatör mod seçme ekranı

Uygulamada bazı zamanlar da literatür kuralları ne söyler ise söylesin, matematik kurallarına işlenemeyecek etkenler ve insan faktörleri olabilir. Böyle durumlarda operatör kendi tecrübesine göre geçiş önceliği ve süresi belirleyebilir. Gerçeğe yakın olması açısından, bu tez çalışması kapsamında hazırlanan programa bu seçenekte eklenmiştir. Sabit süreli sinyalizasyon seçeneğinde kavşak kollarına, saha personelin inisiyatifi doğrultusunda süre atamaları yapılabilmektedir. Öncelikle faz belirleme ekranı gelmektedir. Bu ekran operatöre, sabit süre ile çalışacak faz yönleri ve faz sıralarını özgürce belirleme kolaylığı sunar. Standart dört kollu bir kavşakta olabilecek tüm yönler seçilebilir butonlar halinde ve operatörün algısını güçlendirecek

bir görsel ile Şekil 4.5'deki gibi "Sabit Süreli Faz Belirleme Ekranı" olarak karşısına çıkar. Operatörün çakışan, dolayısı ile kavşakta kazaya sebebiyet verebilecek seçimler yapması program yazılım kodları ile engellenmiştir. Bir kol yönü seçildiğinde, o kol yönünün çakışma ihtimali olan diğer kol yönleri ekrandan kaybolur, operatör istese de bu kol yönlerinden herhangi birini seçemez. Daha sonra faz butonuna tıklayarak seçtiği kol yönleriyle bir faz grubu oluşturur. Sabit süreli faz belirleme ekranında hangi faz grubunun hangi yönleri içerdiği görülebilmektedir.



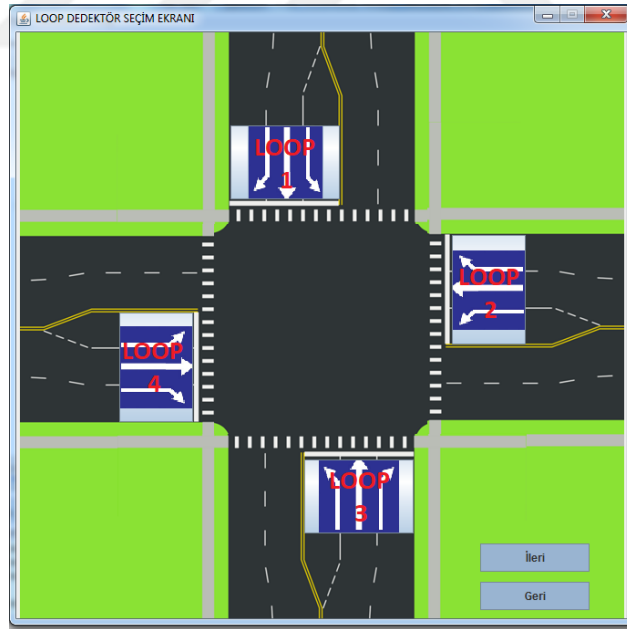
Şekil 4.5. Sabit süreli faz belirleme ekranı

Fazlar ve faz yönleri belirlendikten sonra operatörün inisiyatifi ile gireceği süreler için Şekil 4,6'daki faz süreleri ekranı kullanılır. Seçilen ve aktif olan fazlara geçiş süresi saniye cinsinden girilir. Yükleme işlemi ile kavşak kontrol cihazına bu bilgiler yüklenmiş olur.

Şekil 4.6. Sabit süreli fazların süre giriş ekranı

Trafik yoğunluğunun çok fazla olmadığı ve kavşak yönlerinin derecesinin bir birbirine eşit olduğu kavşaklarda, kavşak kollarına yerleştirilecek detektörler sayesinde sadece o yönden araç geldiğinde geçiş hakkı veren kavşak yönetim sistemine trafik uyarmalı sinyalizasyon denilmektedir. Uygulamada çok çeşitli detektörler olmasına karşın en yaygın ve ucuz olan yöntem loop detektör yöntemidir. Bu yönteme göre endüktif alan oluşturan büyük bir bobin yola yerleştirilmektedir, bu büyük bobin üzerine yaklaşan araç, bobinin endüktif değerlerini değiştirmekte ve bu değişim dolayısıyla bir kuru kontak kavşak kontrol cihazına iletilmektedir.

Şekil 4,4'de görülen ekrandan "Trafik uyarmalı sinyalizasyon" seçeneğinin seçilmesi halinde ise, Şekil 4,7'deki ekrandan kavşağın hangi yönlerin loop detektörlerinin aktif olacağı seçilir. Kavşak kollarına yerleştirilen detektörlerin, algılama yaptıktan sonra ne kadar süre ile o yöne geçiş hakkı vereceği yine saha personelinin tecrübesine bırakılmaktadır. Şekil 4,6'dakine benzer bir ekrandan geçiş süreleri girilerek kavşak kontrol cihazına yüklenilmektedir. Kavşak kollarında araç algılamasının olmadığı durumlarda tüm yönler kırmızıdır.



Şekil 4.7. Trafik uyarmalı fazların seçim ekranı

Optimum süreli sinyalizasyon programında ise, saha personeli kavşak kollarının her biri için ayrı ayrı birer saatlik taşıt sınıflarına göre sayımlar yapmak zorundadır. Şekil 4.5'e benzer bir ekrandan faz yönleri ve faz sıraları seçilir, sonra sayımı yapılan o

kolun şerit sayısı ile o kola ait sayım sonuçları Şekil 4.8'deki ekrandan programa girilir. Burada dilerse operatör için birim oto değerlerini görebileceği bir buton bırakılmıştır.

Şekil 4.8. Optimum süreli sinyalizasyon araç sayımları giriş ekranı

Son olarak programın tüm girdileri değerlendirdiği ve sarı süresi ile koruma sürelerini de hesaplamaya katarak optimum süreleri hesapladığı Şekil 4.9'daki ekrana gelinmektedir. Operatör ihtiyaç duyduğu sarı süresini ve koruma sürelerini girdikten sonra optimum süreleri hesaplayabilir ve kavşak kontrol cihazına bu süreleri yükleyebilir.

Şekil 4.9. Optimum süre hesaplama ekranı

Program optimum süreleri hesaplarırken bölüm 3 da detaylıca anlatılan yığışımli taşıt sayısı eğrisinden faydalanmakta ve kuyruk oluşumunu minimum değerde tutmayı hedeflemektedir.

Bunu yaparken çalıştırdığı algoritma şu şekildedir; veri toplama sırasında yapılan kabuller sayesinde şerit bazlı yığışımli taşıt sayısı eğrileri elde edilmiştir. Bu eğri yardımıyla gözlem kesitinin, gelen taşıtlara verdiği servis sayısı hesaplanabilmektedir.

Ancak burada öncelikle, gelen taşıt kompozisyonunun belirlenmesi ve birim oto değerine indirgenmesi gerekmektedir. Bu nedenle gözlem kesitinde sayım yapılırken taşıtlar cinsine göre sayılmakta ve bölüm 3’de de bahsedildiği gibi taşıt cinsine göre çarpanlarla birim oto değerine indirgenmektedir.

Bu tez çalışmasında şehir içi sinyalizasyon sistemlerinin optimize edilmesi hedeflendiğinden, şehir içi karayolu trafiğinde karşılaşılabilecek taşıtlar değerlendirilmiştir. HCM’de bu çarpanlar biraz daha farklı verilmiş olmasına rağmen, yığışımli taşıt sayısı eğrisinde yaptığımız kabul ve ülkemizdeki trafik alışkanlıkları göz önüne alındığında bu çarpanların daha yüksek alınması gerekliliği doğmuştur. Buna göre;

Otomobil: 1,

Ağır taşıt: 3,

Otobüs: 3,

Tramvay: 3,5,

Motosiklet: 1/3,

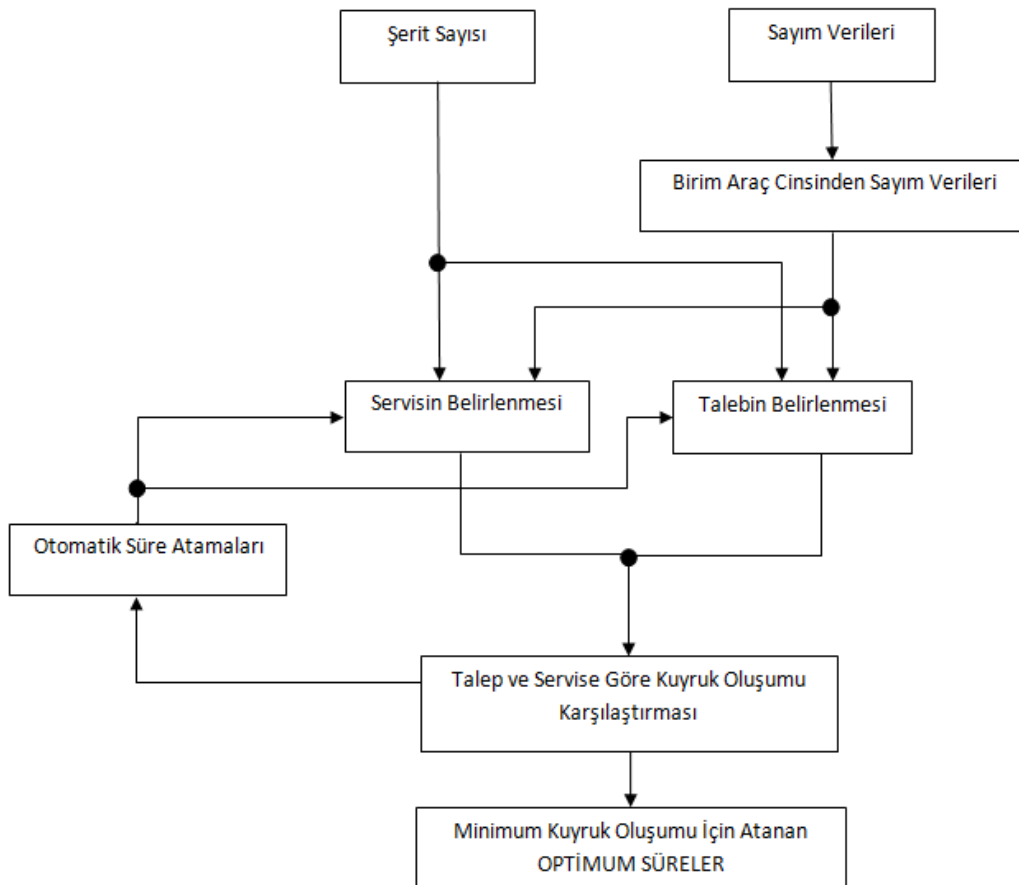
Bisiklet: 1/6 olarak ele alınmıştır.

Bir saatlik, taşıt cinsine göre yapılan sayım verileri, önce yukarıdaki çarpanlar yardımıyla birim oto cinsine çevrilmektedir. Bu değer aynı zaman da kavşağa o gözlem kesiti üzerinden yapılan taşıt talebini vermektedir. Talep elde edildikten sonra, yığışımli taşıt eğrisi sayesinde o gözlem kesitinden verilebilecek servis sayısı belirlenmektedir. Servis sayısı belirlenirken, kavşağın diğer kollarındaki (gözlem kesitlerindeki) talepler ve bu taleplere cevap verecek servis sayıları göz ardı edilmez, kavşak ve kavşak kollarındaki talepler bir bütün olarak düşünölmek zorundadır.

Bu tez çalışmasında asıl hedef kavşağın tüm kollarında yani tüm gözlem kesitlerinde kuyruk oluşumunu engellemek yâda kuyruk oluşumunu en az seviyede tutarak optimizasyon sağlamaktır. Bu nedenle kavşağın bütün kollarındaki talepler ve verilebilecek servisler aynı anda değerlendirilerek, olası kuyruk oluşumu takip

edilmektedir. Kuyruk oluşumu verilebilecek servis ile talebin farkıdır. Talep edilen değerden daha fazla servis vermekte kusurlu bir durumdur. Dolayısıyla bu farkların mutlak değeri alınarak, hem talebine cevap verilemeyen ve kuyruk oluşturan taşıt sayısı hem de kusurlu durum aynı ölçüde değerlendirmeye katılmaktadır. Bu durumu göz önünde bulundurarak yazılmış optimum sinyal süresi hesaplayan program parçası Ek.15 de verilmiştir.

Sistem otomatik olarak atadığı geçiş hakkı süreleri (yeşil ışık süreleri) ile talep servis değerlerini yeniden üretmekte ve olası kuyruklanmayı her defasında tekrar hesaplamaktadır. Kuyruklanmanın olmadığı yada kuyruklanmanın minimum olduğu yani kırmızı ışıkta en az taşıtın bekletildiği durum için atanan süreleri optimum süreler olarak sunar. Buna göre programın karar verme algoritması aşağıda sunulmuştur.



Şekil 4.10. Optimum sürelerin karar verme algoritması

4.2.2. Kavşak kontrol cihazı tasarımı

Bölüm girişinde de anlatıldığı gibi asıl hedef kamu kaynaklarının verimli kullanılması ve bununla beraber tez çalışmasının kamu idareleri tarafından sahada

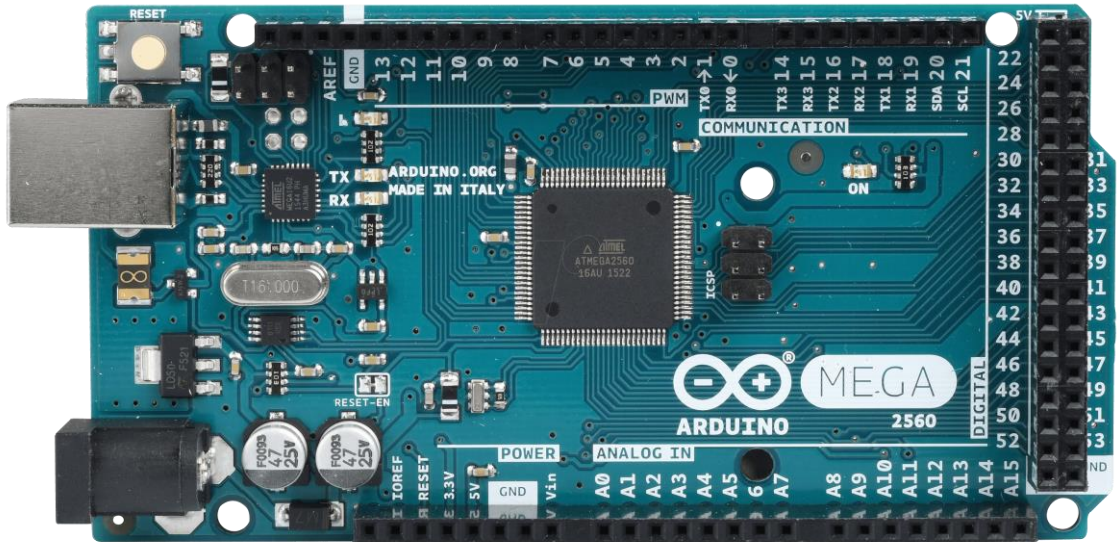
uygulanabilirliğini sağlamak olduğundan, hazırlanan programın ürettiği değerlerin pratik uygulamasının yapılabilmesi için kavşak kontrol cihazlarının temel fonksiyonlarını yerine getirebilecek bir kavşak kontrol cihazı tasarlanmıştır.

Dört kollu bir kavşağı yöneten bir kavşak kontrol cihazında en temel şu iki fonksiyon vardır; kavşağın kollarına geçiş hakkı verecek ya da vermeyecek olan kırmızı, sarı ve yeşil sinyalizasyon ışıklarının yönetilmesi için bir mikro işlemci veya mikro denetleyici katı. Son olarak da gerçek hayatta kullanılan sinyal vericileri sürecek çıkış katı.

4.2.2.1 Mikrodenetleyici tabanlı kart donanımı

Kavşak kontrol cihazının tasarımının da donanımında mikrodenetleyici tabanlı bir kart tasarımı yapılmaya çalışılmıştır. Bu nedenle içerisinde bütünleşik halde işlemci, bellek, giriş / çıkış katı ve çevre birimleri (zamanlayıcılar, sayaçlar, kesiciler, analog sayısal çeviriciler) bulunduran Arduino geliştirme kartı seçilmiştir.

Arduino geliştirme kartlarının birçok çeşidi bulunmaktadır. Temel olarak bütün kartlarda benzer bileşenler olmakla beraber mikrodenetleyici modelleri, giriş / çıkış pinleri, dahi modüllerin sayısı, boyut, çalışma gerilimi gibi farklılıklara sahiptirler.



Şekil 4.11. Arduino mega geliştirme kartı

Bu tez çalışmasında giriş / çıkış pin sayısının yeterliliği göz önünde bulundurularak üzerinde Atmega2560 mikrodenetleyicisi bulunan, 54 dijital giriş / çıkış

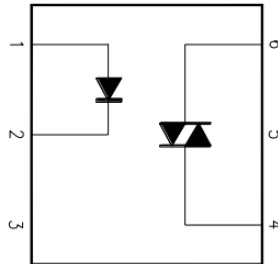
pinine, 16 analog giriş pinine, 4 donanımsal seri porta ve 16 Mhz kristal osilatöre sahip Arduino Mega modeli tercih edilmiştir. Ek.13’de Arduino Mega geliştirme kartının pin diyagramı verilmiştir.

Çizelge 4.1. Atmega2560 temel özellikleri

Mikroişlemci	Atmega2560
Çalışma Gerilimi	5 Volt
Dijital Giriş / Çıkış Pinleri	54 (14 tanesi PWM)
Analog Giriş Pinleri	16
Her bir G/Ç Başına Akım	40 mA
Flaş Bellek	256 KB (8KB’ı kullanılıyor)
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Saat Hızı	16 MHz

Tasarlanan kavşak kontrol cihazımızın ikinci kısmı gerçek sinyal vericiler üzerindeki ampulleri yakabilecek yetenekte olmalıdır. Arduino geliştirme kartının çıkış pinleri Çizelge 4.1’de de görüldüğü gibi sadece 5 volt ve 40 mA’lik yükleri sürebilmektedir. Dolayısıyla 200 volt AC yükleri sürebilecek çıkış katına ihtiyaç duyulmaktadır.

Zayıf akım elektronik devre elemanları ile AC yüksek gerilimli tüketicileri yönetebilmek için öncelikle her iki devre arasında elektriksel yalıtımı sağlamak gerekmektedir. Gün içerisinde sayısız açama kapama yapacak olduğundan dolayı mekanik role kullanılması sakıncalı olacaktır. Hem açma kapama sırasında doğabilecek korozyon, aşınma, kontak kıvılcımı gibi olumsuz etkilerden uzak hem de elektriksel yalıtımı sağlaması amacıyla foto triyak sürücülü optokuplör devresi (MOC 3021) kullanılmıştır. Opto küplörler içerisinde infra-led diyot ve onun karşısında ışık algılayıcı olarak foto-triyak bulunmaktadır. Foto-triyak kullanılan optokuplörlerde gayt yüzeyine düşen ışığın şiddeti artmaya başladıkça A1-A2 arası akım geçişine açılır. Triyaklar çift yönlü akım geçişine izin verdikleri için hem AC hem de DC’ de kullanılabilirler.

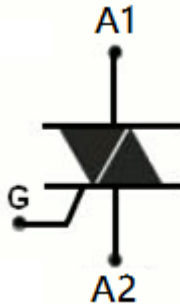


Şekil 4.12. MOC 3021 Triyak sürücülü optokuplör

Çizelge 4.2. MOC 3021 Triyak sürücülü optokuplör pin tablosu

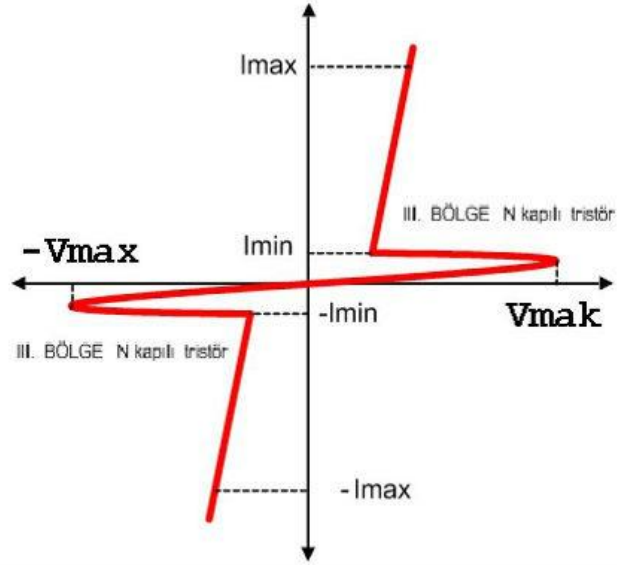
Pin No	Pin Adı	Açıklama
1	Anot (A)	IR LED'in anot pini
2	Katot (C)	IR LED'in katot pini
3	NC	Bağlantı yok
4	Triyak ana terminali 1 (A1)	Triyak'ın yük ucu
5	NC	Bağlantı yok
6	Triyak ana terminali 2 (A2)	Triyak'ın diğer yük ucu

Yük devremiz AC olduğu için, çift yönlü akım geçiren anahtarlama elemanı triyak kullanılmıştır. Triyaklar iletimde iken tam iletimde yalıtımda iken tam yalıtımdadır. Geçiş anı dışında herhangi bir ara durumu yoktur. Triyak iç yapısında iki tristör birbirine ters olarak paralel bağlanmıştır. Triyak AC de çalışır iken pozitif alternansta bir tristör, negatif alternansta diğer tristör iletime geçer. Triyakın karakteristik eğrisinde görüldüğü gibi A1 ve A2 uçlarına uygulanan gerilim V_{max} değerini aştığında triyak tetiklemeden iletime geçer yalnız bu durumda triyak kullanılamaz hale gelir.



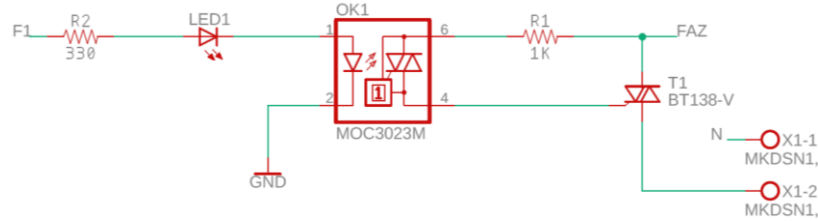
Şekil 4.13. BT 136 Triyak

Şekil 4.14 de ki grafiğin I. ve III. Bölgelerinde kararlı olarak çalışır. V_{max} gerilimi aşılmadığı sürece geyt ucundan bir tetikleme darbesi uygulanmadan triyak yalıtımdadır. Yani akım geçirmez. Geyt ucuna (eksi) ya da (artı) gerilim uygulandığında triyak iletime geçer ve üzerinden akım geçirir. Triyak üzerinden geçecek akım I_{max} ve I_{min} değerlerinin dışına çıkmamalıdır. I_{max} sınırı aşılsa triyak yırtılır yani iş göremez hale gelir. I_{min} altına düştüğünde ise triyak yalıtıma geçer. Triyak DC akımda da kullanılabilir, DC akımda tristör gibi çalışır.

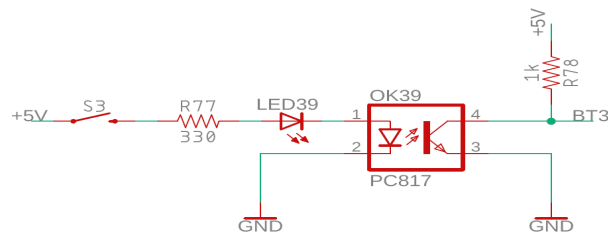


Şekil 4.14. BT 136 Triyak karakteristik eğrisi

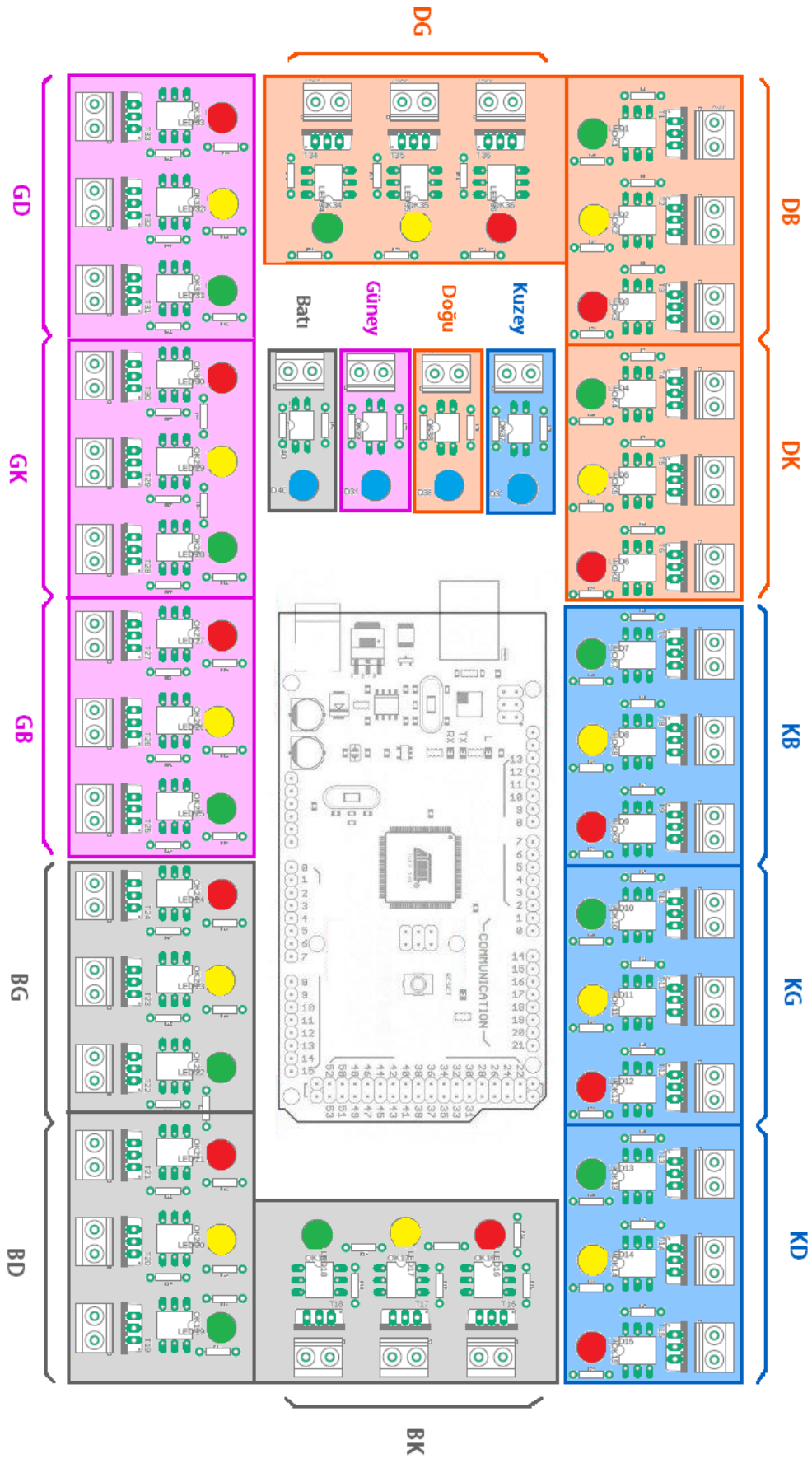
Bu tez çalışması kapsamında hazırlanan kavşak kontrol cihazı prototipinde trafik uyarımlı sinyalizasyon sistemi ile çalışma seçeneği de sunulacağından dört kollu bir kavşak için her bir gözlem kesiti yönüne bir adet olacak şekilde toplam dört adet loop detektör kontak girişi de devreye eklenmiştir. Bunun için PC817 tristör çıkışlı optokuplör devresi kullanılmıştır. Bu sayede dış ortamdaki loop detektör devresi ile KKC devresi elektriksel olarak yalıtılmış olacaktır.



Şekil 4.15. Kavşak kontrol cihazı çıkış devresi şematik bağlantısı



Şekil 4.16. Kavşak kontrol cihazı loop dedektör kontak giriş devresi şematik bağlantısı



Şekil 4.17. Kavaşak kontrol cihazı devre şematığı

4.2.2.2 Mikrodenetleyici kartının yazılımı

Bu tez çalışmasında hazırlanan kavşak kontrol cihazının donanımı yukarıdaki başlıkta izah edilmiştir. Söz konusu bölümde bahsedilen Arduino geliştirme kartının programlama dili C ve C++ dillerinin söz dizimi (syntax) ile aynıdır. Arduino programlarında setup () ve loop () adlı iki farklı fonksiyon mutlaka bulunur. Setup fonksiyonu arduino ilk çalışmaya başladıktan hemen sonra bir kere çalıştırılır. Bu fonksiyon içerisinde bir seferlik gerçekleştirilecek ayarlar bulunur. Loop fonksiyonu ise setup fonksiyonunun hemen ardından çalıştırılır ve arduino'nun çalışması boyunca çalışması sürekli devam eder. Daha sonra program derlenerek makine diline dönüştürülür ve kalıcı olarak Arduino geliştirme kartında bulunan Atmega2560 işlemcisine kaydedilir.

Tezin 4.2.1 Kavşak Kontrol Cihazına Kullanıcı Arayüzü Yazılımı başlıklı bölümünde izah edilen programdan aşağıdaki gibi bir veri paketi gelmektedir.

Çizelge 4.3. KKC kullanıcı ara yüzünden gelen veri paketi

Faz 1		Faz 2		Faz 3		Faz 4		Sarı	Koruma	Mod
Süre	Yönler	Süre	Yönler	Süre	Yönler	Süre	Yönler	Süre	Süre	

Öncelikle gelen veri bir string değişkene atanır, daha sonra her bir fazın süresi ve faz yön bilgileri ayrı ayrı değişkenlere atanmaktadır. Son olarak sistem boyunca kullanılacak sarı süresi ve kırmızı koruma süresi ile sistemin hangi moda çalışacağı bilgisi ilgili değişkenlere atanır.

Ek.14'de de paylaşılan KKC mikrodenetleyicisinin program parçasında da görüldüğü gibi, öncelikle gelen verideki mod seçimi sorgulanır. Eğer mod seçimi sabit süreli sinyalizasyon sistemi ise, gelen veri mod bilgisi "s"dir. Buna göre önce tüm yönlerin tümünün kırmızı yakılır, daha sonra faz1, faz2, faz3 ve faz4 fonksiyonları sırası ile çağrılarak, gelen verilerdeki faz yön bilgilerine göre önce faz süresi boyunca faz yönlerinin yeşili, sonra sarı süresi boyunca faz yönlerinin sarısı, döngü tamamlanıncaya kadar faz yönlerinin kırmızısı yanmaktadır. Gelen veri paketi içinde olmayan yönlerin hiçbir rengi (yeşil, sarı, kırmızı) asla yanmamaktadır. KKC çalışma modunun optimum süreli sinyalizasyon sistemi seçilmesi durumunda, gelen veride mod bilgisi "o"dur. Bu durumda sabit süreli sinyalizasyon sistemindeki prosüdür aynen işletilmektedir. KKC çalışma modunun trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemi seçilmesi

halinde, gelen veri paketindeki mod bilgisi “t” dir. Gelen veride aktif edilmemiş yönler “xxxx” olarak süreleri ise “000” olarak gelmektedir. Kavşak ilk başta ve detektörlerden kontak bilgisi alana yani araç algılayana kadar tüm yönlerin kırmızısı yanmaktadır. Bu durum kavşakta meydana gelebilecek kazaları önlemek amacıyla yapılmaktadır. Kavşak kollarındaki loop detektörlerden aktif edilmiş yönlerden birinde araç algılandığında ise, gelen verideki loop detektör süresi kadar aracın algılandığı yönün faz yönlerinin yeşili, sonra sarı süresi boyunca faz yönlerinin sarısı, daha sonra ise tüm yönlerin kırmızısı yanmaktadır. Bu durum her bir araç algılandığında tekrar etmektedir.

4.3. Test Çalışması İçin Kavşakların İncelenmesi Ve Veri Toplanması

Trafik akımının, hız ve yoğunluk temel değişkenlerinden elde edilen yol-zaman grafikleri sayesinde trafik akımları, taşıtlar arası ilişkiler, akımdaki düzensizlikler ve kuyruklanma oluşumları incelenebilmektedir.

Bu tez çalışmasının “Yığılımlı Taşıtların Sayısı Eğrisi Kullanılarak Optimum Sinyal Süresinin Hesaplanması” başlıklı bölümünde trafik akımının gözlenmesi ile ortalama akım, trafik akımı, taşıt yoğunluğu, taşıtların toplam seyir süresi gibi verilerin nasıl elde edilebileceği anlatılmıştır.

Tez çalışmasına konu Ankara ilinde ortalama şehir trafiğinin olduğu dört kollu, her bir kolunda hareketliliğin iki yönlü yada tek yön olduğu kolların ayrı ayrı tek şeritli, çift şeritli, üç şeritli ve dört şeritli gözlem kesitlerine sahip olduğu birbirinden farklı modellerin incelenmesi için trafik akımı yönünden yoğun 6 kavşak seçilmiştir.

Trafik sayımları tamamı elle (manuel olarak) gözlemci elemanlar tarafından gerçekleştirilmiştir. Saat, dakika, saniye formatında kayıt yapan kameralar kullanılmış, bir referans kesit noktası belirlenerek, o noktadan geçen araçlar kayıtlar üzerinden, her 5 saniyede bir zaman bilgisiyle birlikte sayılmıştır. Her gözlem kesitine ait sayım verileri ayrı ayrı kaydedilmiştir.

Taşıtların sayısı verileri 5'er saniye aralıklarla yatayda zaman düşeyde taşıtların sayısının gösterildiği bir adım fonksiyon grafiği elde edilmiştir. Eğri bu adım fonksiyonun basamaklarının tepe noktalarından geçen kısmi doğrusal enterpolasyon yapılarak çizilir. Sinyalizasyon hesabı, akım, yoğunluk gibi değişkenliklerin bulunmasında birim zaman olarak bir saatlik (60 dakikalık) kesitler baz alınmaktadır. Dolayısıyla 5'er saniyelik periyotlarla elde edilen fonksiyon yardımıyla veriler bir saatte tamamlanmaktadır.

Kavşak kolları tez çalışmasının program kısmında genel geçer yön isimleri ile anılmaktadır. Bu nedenle tablolarda sayım sonuçları verilirken kavşak kollarının isimleri Kuzey, Güney, Doğu, Batı olarak adlandırılmıştır.

4.3.1. Pazar caddesi, İvedik caddesi, bankacılar sokak kesişimi

Kavşak; Pazar caddesinden tek şerit gidiş geliş, diğer kollardan çift yönlü gidiş geliş şeritlerine sahiptir. Tüm kollardan diğer kollara talep bulunmaktadır. Kavşağın en yoğun kolu her iki yönde İvedik Caddesi kollarıdır.

Kavşak kollarında sayım 09.05.2013 tarihinde sabah (07:00 – 09:00), öğle (12:00 – 13:00) ve akşam (16:30 – 18:30) saatleri arasında yapılmıştır. Veriler 15 dakikalık periyotlarda araç cinsine ve trafik akış yönüne göre kaydedilmiştir. Ek.1’de sabah, öğle ve akşam zaman dilimlerindeki 15 dakikalık periyot sayımları verilmiştir. Ek.2’de ise sayım sonuçlarına göre zirve saat aralığı belirlenmiş ve birim oto cinsine dönüştürülmüş araç sayıları verilmiştir.

Çizelge 4.4. Pazar caddesi, İvedik caddesi, bankacılar sokak kesişimi sayım özeti

Pazar Caddesi, İvedik Caddesi, Bankacılar Sokak Kesişimi (Pazar Kavşağı)				
Sabah Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	454	227	769	1055
Şerit Sayısı	1	2	2	2
Halihazır Sinyal Süresi	16	16	28	30
Öğlen Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	216	194	782	850
Şerit Sayısı	1	2	2	2
Halihazır Sinyal Süresi	14	14	32	30
Akşam Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	185	279	935	786
Şerit Sayısı	1	2	2	2
Halihazır Sinyal Süresi	14	13	35	30



Şekil 4.18. Pazar caddesi, İvedik caddesi, bankacılar sokak kesişimi uydu fotoğrafı

4.3.2. Akın caddesi, İvedik caddesi, arif hikmet sokak kesişimi

Kavşak; Akın caddesinden ve Arif Hikmet caddesinden tek şerit gidiş geliş, İvedik caddesinden çift yönlü gidiş geliş şeritlerine sahiptir. Tüm kollardan diğer kollara talep bulunmaktadır. Kavşağın en yoğun kolu her iki yönde İvedik Caddesi kollarıdır.

Kavşak kollarında sayım 09.05.2013 tarihinde sabah (07:00 – 09:00), öğle (12:00 – 13:00) ve akşam (16:30 – 18:30) saatleri arasında yapılmıştır. Veriler 15 dakikalık periyotlarda araç cinsine ve trafik akış yönüne göre kaydedilmiştir. Ek.3’de sabah, öğle ve akşam zaman dilimlerindeki 15 dakikalık periyot sayımları verilmiştir. Ek.4’de ise sayım sonuçlarına göre zirve saat aralığı belirlenmiş ve birim oto cinsine dönüştürülmüş araç sayıları verilmiştir.

Çizelge 4.5. Akın caddesi, İvedik caddesi, Arif Hikmet Sokak kesişimi sayım özeti

Akın Caddesi, İvedik Caddesi, Arif Hikmet Sokak Kesişimi				
Sabah Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	682	115	924	876
Şerit Sayısı	1	1	2	2
Hali hazır Sinyal Süresi	35	20	20	30
Öğlen Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	366	107	878	822
Şerit Sayısı	1	1	2	2
Hali hazır Sinyal Süresi	30	20	15	20
Akşam Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	350	508	1033	783
Şerit Sayısı	1	1	2	2
Hali hazır Sinyal Süresi	30	25	35	20

**Şekil 4.19.** Akın caddesi, İvedik caddesi, Arif Hikmet Sokak kesişimi uydu fotoğrafı

4.3.3. Şair baki sokak, Hoşdere caddesi kesişimi

Kavşak; Şair Baki Sokak tek şerit gidiş geliş, Hoşdere Caddesi çift yönlü gidiş geliş şeritlerine sahiptir. Tüm kollardan diğer kollara talep bulunmaktadır. Kavşağın en yoğun kolu her iki yönde Hoşdere Caddesi kollarıdır.

Kavşak kollarında sayım 08.05.2013 tarihinde sabah (07:00 – 09:00), öğle (12:00 – 13:00) ve akşam (16:30 – 18:30) saatleri arasında yapılmıştır. Veriler 15

dakikalık periyotlarda araç cinsine ve trafik akış yönüne göre kaydedilmiştir. Ek.5’de sabah, öğle ve akşam zaman dilimlerindeki 15 dakikalık periyot sayımları verilmiştir. Ek.6’da ise sayım sonuçlarına göre zirve saat aralığı belirlenmiş ve birim oto cinsine dönüştürülmüş araç sayıları verilmiştir.

Çizelge 4.6. Şair baki sokak, hoşdere caddesi kesişimi sayım özeti

Şair Baki Sokak, Hoşdere Caddesi Kesişimi				
Sabah Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	903	1223	80	387
Şerit Sayısı	1	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	30	38	14	15
Öğlen Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	833	1000	30	191
Şerit Sayısı	1	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	36	40	10	20
Akşam Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	1001	1059	40	240
Şerit Sayısı	1	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	30	25	15	15



Şekil 4.20. Şair baki sokak, hoşdere caddesi kesişimi uydü fotoğrafı

4.3.4. Şehit mahir turan sokak, hoşdere caddesi kesişimi

Kavşak; Şehit Mahir Turan Sokak tek şerit geliş, diğer kolda tek şerit gidiş geliş, Hoşdere Caddesi çift yönlü gidiş geliş şeritlerine sahiptir. Kavşağın en yoğun kolu her iki yönde Hoşdere Caddesi kollarıdır.

Kavşak kollarında sayım 08.05.2013 tarihinde sabah (07:00 – 09:00), öğle (12:00 – 13:00) ve akşam (16:30 – 18:30) saatleri arasında yapılmıştır. Veriler 15 dakikalık periyotlarda araç cinsine ve trafik akış yönüne göre kaydedilmiştir. Ek.7’de sabah, öğle ve akşam zaman dilimlerindeki 15 dakikalık periyot sayımları verilmiştir. Ek.8’de ise sayım sonuçlarına göre zirve saat aralığı belirlenmiş ve birim oto cinsine dönüştürülmüş araç sayıları verilmiştir.

Çizelge 4.7. Şehit mahir turan sokak, hoşdere caddesi kesişimi sayım özeti

Şehit Mahir Turan Sokak, Hoşdere Caddesi Kesişimi				
Sabah Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	883	1178	55	122
Şerit Sayısı	1	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	36	45	12	15
Öğlen Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	771	831	40	55
Şerit Sayısı	1	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	30	35	10	15
Akşam Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	902	1023	21	52
Şerit Sayısı	1	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	38	45	12	12



Şekil 4.21. Şehit mahir turan sokak, hoşdere caddesi kesişimi uydu fotoğrafı

4.3.5. Portakal çiçeği sokak, hoşdere caddesi kesişimi

Kavşak; Portakal Çiçeği Sokak tek şerit geliş, diğer kolda tek şerit gidiş geliş, Hoşdere Caddesi çift yönlü gidiş geliş şeritler, ne sahiptir. Kavşağın en yoğun kolu her iki yönde Hoşdere Caddesi kollarıdır.

Kavşak kollarında sayım 08.05.2013 tarihinde sabah (07:00 – 09:00), öğle (12:00 – 13:00) ve akşam (16:30 – 18:30) saatleri arasında yapılmıştır. Veriler 15 dakikalık periyotlarda araç cinsine ve trafik akış yönüne göre kaydedilmiştir. Ek.9'da sabah, öğle ve akşam zaman dilimlerindeki 15 dakikalık periyot sayımları verilmiştir. Ek.10'da ise sayım sonuçlarına göre zirve saat aralığı belirlenmiş ve birim oto cinsine dönüştürülmüş araç sayıları verilmiştir.

Çizelge 4.8. Portakal çiçeği sokak, hoşdere caddesi kesişimi sayım özeti

Portakal Çiçeği Sokak, Hoşdere Caddesi Kesişimi				
Sabah Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	290	180	755	789
Şerit Sayısı	2	1	2	2
Halihazır Sinyal Süresi	15	15	34	35
Öğlen Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	219	125	611	727
Şerit Sayısı	2	1	2	2
Halihazır Sinyal Süresi	12	12	25	25
Akşam Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	320	123	712	789
Şerit Sayısı	2	1	2	2
Halihazır Sinyal Süresi	10	12	20	14



Şekil 4.22. Portakal çiçeği sokak, hoşdere caddesi kesişimi uydu fotoğrafı

4.3.6. Sedat simavi sokak, simon bolivar caddesi kesişimi

Kavşak; Sedat Simavi Sokak tek şerit geliş, diğer kolda tek şerit gidiş geliş, Simon Bolivar Caddesi üç şeritli gidiş geliş çift yöne sahiptir. Kavşağın en yoğun kolu her iki yönde Simon Bolivar Caddesi kollarıdır.

Kavşak kollarında sayım 10.05.2013 tarihinde sabah (07:00 – 09:00), öğle (12:00 – 13:00) ve akşam (16:30 – 18:30) saatleri arasında yapılmıştır. Veriler 15 dakikalık periyotlarda araç cinsine ve trafik akış yönüne göre kaydedilmiştir. Ek.11’de sabah, öğle ve akşam zaman dilimlerindeki 15 dakikalık periyot sayımları verilmiştir. Ek.12’de ise sayım sonuçlarına göre zirve saat aralığı belirlenmiş ve birim oto cinsine dönüştürülmüş araç sayıları verilmiştir.

Çizelge 4.9. Sedat simavi sokak, simon bolivar caddesi kesişimi sayım özeti

Sedat Simavi Sokak, Simon Bolivar Caddesi Kesişimi				
Sabah Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	1239	2460	65	501
Şerit Sayısı	3	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	15	25	15	15
Öğlen Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	1422	1368	105	270
Şerit Sayısı	3	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	40	30	10	12
Akşam Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	1709	1465	146	280
Şerit Sayısı	3	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	43	37	8	10



Şekil 4.23. Sedat simavi sokak, simon bolivar caddesi kesişimi uydu fotoğrafı

4.4. Simülasyon Ortamında Performans Analizi

Bu tez çalışmasının temelini oluşturan ve çalışmanın üçüncü bölümünde izah edilen yığılımlı taşıt sayısı eğrisi kullanılarak hazırlanan bilgisayar programına, inceleme konusu kavşakların, kavşak yaklaşım kol kesitlerindeki taşıt sayım değerleri, şerit sayıları girilerek, yığılımlı taşıt sayısı eğrisine göre optimum sinyal süreleri üretilmiştir. Üretilen bu değerler aşağıdaki tablolarda sıra ile verilmiştir.

Diğer taraftan üretilen bu sinyal süresi değerleri ile gözlemler sırasında elde edilen hali hazır sinyal süresi değerleri, bu tez çalışmasının dördüncü bölümünde anlatılan trafik simülasyon programı Vissim'e yüklenerek, kavşağın bir saatlik performansı ölçülmüştür.

4.4.1. Pazar caddesi, İvedik caddesi, bankacılar sokak kesişimi

Pazar Caddesi, İvedik Caddesi, Bankacılar sokak kavşağında halihazır sinyal sürelerinin oluşturduğu devir süresi, güvenlik süreleri dahil sabah 98 sn, öğlen 98 sn, akşam 100 sn'dir. Elde edilen optimum süreler ise, güvenlik süreleri dahil sabah 110 sn, öğlen 62 sn, akşam 90 sn'dir.

Çizelge 4.10. Pazar caddesi, İvedik caddesi, bankacılar sokak kesişimi süre özeti

Pazar Caddesi, İvedik Caddesi, Bankacılar Sokak Kesişimi (Pazar Kavşağı)				
Sabah Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	454	227	769	1055
Şerit Sayısı	1	2	2	2
Halihazır Sinyal Süresi	16	16	28	30
Optimum Sinyal Süresi	25	11	29	37
Öğlen Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	216	194	782	850
Şerit Sayısı	1	2	2	2
Halihazır Sinyal Süresi	14	14	32	30
Optimum Sinyal Süresi	10	7	18	19
Akşam Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	185	279	935	786
Şerit Sayısı	1	2	2	2
Halihazır Sinyal Süresi	14	13	35	30
Optimum Sinyal Süresi	19	11	28	24

Bu değerler ışığında kavşağın performansında Çizelge 4.11’de görüleceği gibi gecikme ve duraklama gibi olumsuz temel değerler ve türevlerinde (ortalama gecikme süresi, ortalama duraklama sayısı, ortalama duraklama süresi, toplam seyahat süresi, toplam gecikme, toplam duraklama sayısı, toplam duraklama süresi, 3600 sn periyotta halen kavşakta bulunan araç sayısı) istatistiksel azalmalar, kavşağın ortalama hızı ve simülasyon süresi boyunca kavşağı kullanan araç sayısı gibi olumlu değerlerde artışlar gözlenmektedir.

Çizelge 4.11. Pazar caddesi, İvedik caddesi, bankacılar sokak kesişimi performans özeti

Pazar Caddesi, İvedik Caddesi, Bankacılar Sokak Kesişimi (Pazar Kavşağı)						
Performans Parametreleri	Sabah		Öğle		Akşam	
	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi
Devir Süresi (sn)	90	110	90	62	92	90
Birikme		0,56		0,4		0,51
Ort. Gecikme Süresi (sn)	39,7	31,7	22,3	15,3	39,0	25,2
Ort. Duraklama Sayısı	0,7	0,6	0,5	0,5	0,7	0,6
Ort. Hız	18,8	21,6	26,3	31,3	19,0	24,6
Ort. Duraklama Süresi (sn)	30,9	24,4	16,7	9,8	31,2	18,7
Top. Katedilen Mesafe (km)	804,2	819,7	672,2	674,8	758,9	766,7
Top. Seyahat Süresi (saat)	42,71	37,94	25,51	21,57	39,91	31,19
Top. Gecikme (saat)	27,40	22,33	12,72	8,73	25,45	16,58
Top. Duraklama Sayısı	1846	1639	1066	1000	1653	1370
Top. Duraklama Süresi (saat)	21,31	17,19	9,52	5,60	20,33	12,32
Kavşakta Kalan Araç Sayısı	43	39	35	23	35	31
Hizmet Verilen Araç Sayısı	2442	2497	2015	2027	2313	2336
Hizmet Düzeyi	D	D	C	B	D	C
Yakıt tüketimi (lt)	193,02	178,072	126,212	112,45	180,6	151,76
CO (g)	3564,15	3288,23	2330,57	2077,28	3334,50	2802,40
NOx (g)	693,45	639,77	453,44	404,16	648,77	545,24
VOC (g)	826,02	762,07	540,13	481,42	772,80	649,48

4.4.2. Akın caddesi, İvedik caddesi, arif hikmet sokağı kesişimi

Akın Caddesi, İvedik Caddesi, Arif Hikmet Sokağı Kavşağında devir süresi sabah için 113 sn'den 133 sn'ye çıkartılmıştır, kavşağın ortalama hız, taşıtların toplam kat ettiği mesafe ve simülasyon süresi boyunca kavşağı kullanan araç sayısında artış elde edilmiştir. Kavşak hizmet düzeyi burada E seviyesinden D seviyesine yükselmiştir.

Öğle saatleri gözlemi için devir süresi 93 sn'den 80 sn'ye düşürülürken, kavşağın ortalama hızı artmış ve gözlem periyodu boyunca kavşaktan 52 adet daha fazla araç geçmiştir.

Akşam saatlerindeki gözlem için devir süresi 118 sn'den 159 sn'ye yükseltilmiştir. Toplam duraklama sayısı azalmış olmasına rağmen toplam duraklama süresi artmıştır. Kavşağın ortalama hızında 1 sn'lik bir düşüş olmuş ancak kavşak hizmet seviyesi değişmemiştir. Bu durum kavşağın akşam gözlem saatinde kapasitesinin üzerinde bir talep ile karşılaştığını göstermektedir.

Çizelge 4.12. Akın caddesi, İvedik caddesi, arif hikmet sokak kesişimi süre özeti

Akın Caddesi, İvedik Caddesi, Arif Hikmet Sokak Kesişimi				
Sabah Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	682	115	924	876
Şerit Sayısı	1	1	2	2
Halihazır Sinyal Süresi	35	20	20	30
Optimum Sinyal Süresi	38	11	39	37
Öğlen Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	366	107	878	822
Şerit Sayısı	1	1	2	2
Halihazır Sinyal Süresi	30	20	15	20
Optimum Sinyal Süresi	17	8	24	23
Akşam Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	350	508	1033	783
Şerit Sayısı	1	1	2	2
Halihazır Sinyal Süresi	30	25	35	20
Optimum Sinyal Süresi	27	35	50	39

Çizelge 4.13. Akın caddesi, İvedik caddesi, arif hikmet sokak kesişimi performans özeti

Akın Caddesi, İvedik Caddesi, Arif Hikmet Sokak Kesişimi						
Performans Parametreleri	Sabah		Öğle		Akşam	
	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi
Devir Süresi (sn)	105	133	85	80	110	159
Birikme		0,59		0,51		0,46
Ort. Gecikme Süresi (sn)	64,41	46,77	68,91	41,97	48,36	53,46
Ort. Duraklama Sayısı	1,02	0,78	1,23	0,98	0,87	0,77
Ort. Hız	12,02	15,28	11,42	16,66	14,72	13,69
Ort. Duraklama Süresi (sn)	52,11	38,27	54,26	31,13	39,17	45,20
Top. Katedilen Mesafe (km)	703,70	720,55	578,95	593,69	732,67	735,69
Top. Seyahat Süresi (saat)	58,54	47,16	50,68	35,63	49,76	53,73
Top. Gecikme (saat)	45,14	33,43	39,66	24,35	35,79	39,70
Top. Duraklama Sayısı	2573	2012	2544	2041	2309	2071
Top. Duraklama Süresi (saat)	36,52	27,36	31,23	18,06	28,99	33,56
Kavşakta Kalan Araç Sayısı	53	43	67	32	61	64
Hizmet Verilen Araç Sayısı	2470	2530	2005	2057	2603	2609
Hizmet Düzeyi	E	D	E	D	D	D
Yakıt tüketimi (lt)	234,91	201,28	201,20	157,05	210,62	222,37
CO (g)	4337,85	3716,82	3715,46	2900,18	3889,39	4106,36
NOx (g)	843,99	723,16	722,89	564,27	756,73	798,95
VOC (g)	1005,34	861,41	861,09	672,15	901,40	951,69

4.4.3. Şair baki sokak, hoşdere caddesi kesişimi

Şair Baki Sokak, Hoşdere Caddesi Kavşağında halihazır sinyal sürelerinin oluşturduğu devir süresi, güvenlik süreleri dahil sabah 105 sn, öğlen 114 sn, akşam 93 sn'dir. Elde edilen süreler, güvenlik süreleri dahil sabah 153 sn, öğlen 81 sn, akşam 111 sn'dir.

Çizelge 4.14. Şair baki caddesi, hoşdere caddesi kesişimi süre özeti

Şair Baki Sokak, Hoşdere Caddesi Kesişimi				
Sabah Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	903	1223	80	387
Şerit Sayısı	1	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	30	38	14	15
Optimum Sinyal Süresi	51	56	10	28
Öğlen Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	833	1000	30	191
Şerit Sayısı	1	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	36	40	10	20
Optimum Sinyal Süresi	31	27	4	11
Akşam Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	1001	1059	40	240
Şerit Sayısı	1	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	30	25	15	15
Optimum Sinyal Süresi	44	37	6	16

Bu değerler ışığında kavşağın performansında ortalama gecikme süresi, ortalama duraklama sayısı, toplam duraklama süresi, 3600 sn'lik periyotta halen kavşakta bulunan araç sayısı gibi değerlerde istatistiksel azalmalar, kavşağın ortalama hızı ve simülasyon süresi boyunca kavşağı kullanan araç sayısı gibi değerlerde artışlar gözlenmektedir. Kavşağın hizmet verdiği araç sayısı 83 ila 275 arasında artış gösterebile F olan kavşak hizmet seviyesinde değişiklik olmamıştır. Bunun sebebi kavşağın karşılayabileceğinden daha yoğun olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.15. Şair baki caddesi, hoşdere caddesi kesişimi performans özeti

Şair Baki Sokak, Hoşdere Caddesi Kesişimi						
Performans Parametreleri	Sabah		Öğle		Akşam	
	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi
Devir Süresi (sn)	97	153	106	81	85	111
Birikme		0,79		0,47		0,49
Ort. Gecikme Süresi (sn)	116,34	102,44	105,62	89,68	113,25	93,27
Ort. Duraklama Sayısı	1,79	1,19	1,56	1,86	1,93	1,39
Ort. Hız	7,54	8,42	8,22	9,43	7,74	9,12
Ort. Duraklama Süresi (sn)	83,36	76,26	74,10	57,41	82,10	65,81
Top. Katedilen Mesafe (km)	535,21	570,20	480,84	505,27	464,20	545,80
Top. Seyahat Süresi (saat)	70,99	67,69	58,49	53,60	60,00	59,83
Top. Gecikme (saat)	60,79	56,80	49,32	43,97	51,15	49,40
Top. Duraklama Sayısı	3359	2384	2624	3279	3133	2642
Top. Duraklama Süresi (saat)	43,56	42,28	34,60	28,15	37,08	34,86
Kavşakta Kalan Araç Sayısı	77	73	59	60	60	66
Hizmet Verilen Araç Sayısı	1804	1923	1622	1705	1566	1841
Hizmet Düzeyi	F	F	F	F	F	F
Yakıt tüketimi (lt)	256,18	249,46	214,82	203,62	217,84	224,74
CO (g)	4730,45	4606,41	3966,84	3759,90	4022,46	4150,04
NOx (g)	920,37	896,24	771,80	731,54	782,63	807,45
VOC (g)	1096,33	1067,58	919,35	871,39	932,24	961,81

4.4.4. Şehit mahir turan sokak, hoşdere caddesi kesişimi

Şehit Mahir Turan Sokak, Hoşdere Caddesi Kavşağında devir süreleri sabah 116 sn, öğlen 98 sn, akşam 115 sn'den sabah 93 sn, öğlen 59 sn, akşam 72 sn'lere indirilmiştir.

Çizelge 4.16. Şehit mahir turan soaka, hoşdere caddesi kesişimi süre özeti

Şehit Mahir Turan Sokak, Hoşdere Caddesi Kesişimi				
Sabah Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	883	1178	55	122
Şerit Sayısı	1	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	36	45	12	15
Optimum Sinyal Süresi	35	35	6	9
Öğlen Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	771	831	40	55
Şerit Sayısı	1	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	30	35	10	15
Optimum Sinyal Süresi	23	18	5	5
Akşam Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	902	1023	21	52
Şerit Sayısı	1	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	38	45	12	12
Optimum Sinyal Süresi	30	25	4	5

Bu değerler ışığında kavşağın performansında ortalama gecikme süresi, ortalama duraklama sayısı, ortalama duraklama süresi, toplam seyahat süresi, toplam gecikme, toplam duraklama sayısı, toplam duraklama süresi, 3600 sn'lik periyotta halen kavşakta bulunan araç sayısı gibi değerlerde istatistiksel azalmalar, kavşağın ortalama hızı ve simülasyon süresi boyunca kavşağı kullanan araç sayısı gibi değerlerde artışlar gözlenmektedir. Kavşağın hizmet verdiği araç sayısında kayda değer artış, kavşakta bekleyen araç sayısında nispi düşüş gözlenmiş olsa da F olan kavşak hizmet seviyesinde değişiklik olmamıştır. Bunun sebebi kavşağın geometrik yapısının karşılayabileceğinden daha yoğun olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.17. Şehit mahir turan sokak, hoşdere caddesi kesişimi performans özeti

Şehit Mahir Turan Sokak, Hoşdere Caddesi Kesişimi						
Performans Parametreleri	Sabah		Öğle		Akşam	
	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi
Devir Süresi (sn)	108	93	90	59	107	72
Birikme		0,62		0,63		0,40
Ort. Gecikme Süresi (sn)	109,33	96,73	112,83	96,60	108,09	93,57
Ort. Duraklama Sayısı	1,61	1,79	1,86	2,54	1,56	2,07
Ort. Hız	8,60	9,54	8,42	9,58	8,72	9,85
Ort. Duraklama Süresi (sn)	74,68	62,38	76,66	55,64	73,74	56,00
Top. Katedilen Mesafe (km)	541,28	588,07	496,08	496,24	528,23	554,82
Top. Seyahat Süresi (saat)	62,95	61,62	58,89	51,79	60,57	56,30
Top. Gecikme (saat)	52,63	50,41	49,43	42,34	50,50	45,72
Top. Duraklama Sayısı	2791	3362	2935	4006	2623	3637
Top. Duraklama Süresi (saat)	35,95	32,51	33,58	24,39	34,45	27,36
Kavşakta Kalan Araç Sayısı	70	69	58	57	68	57
Hizmet Verilen Araç Sayısı	1663	1807	1519	1521	1614	1702
Hizmet Düzeyi	F	F	F	F	F	F
Yakıt tüketimi (lt)	233,45	234,43	217,62	198,23	225,28	216,29
CO (g)	4310,88	4328,87	4018,44	3660,38	4160,01	3993,88
NOx (g)	838,74	842,24	781,84	712,18	809,39	777,06
VOC (g)	999,09	1003,26	931,31	848,33	964,12	925,62

4.4.5. Portakal çiçeği sokak, hoşdere caddesi kesişimi

Portakal Çiçeği Sokak, Hoşdere Caddesi Kavşağında devir süresi sabah için 107 sn'den 61 sn'ye düşürülmüştür, kavşağın ortalama gecikme süresi, ortalama duraklama süresi, toplam seyahat süresi, toplam gecikme, 3600 sn'lik periyotta halen kavşakta bulunan araç sayısı gibi değerlerde azalma olmasına rağmen toplam ve ortalama duraklama sayısı arttığından toplam kat edilen mesafe ve simülasyon süresi boyunca kavşağı kullanan araç sayısı düşmüştür. Her ne kadar ortalama hız artmış olsa bile kavşak hizmet düzeyi burada E seviyesinde sabit kalmıştır.

Öğle saatleri gözlemi için devir süresi 82 sn'den 44 sn'ye düşürülürken, kavşağın ortalama hızı artmış ve kavşağın hizmet düzeyi D seviyesinden C seviyesine yükselmiştir.

Akşam saatlerindeki gözlem için devir süresi 64 sn'den 55 sn'ye düşürülmüştür. Gecikme ve duraklanma gibi olumsuz temel değerler ve türevlerinde (ortalama gecikme süresi, ortalama duraklama sayısı, ortalama duraklama süresi, toplam seyahat süresi, toplam gecikme, toplam duraklama sayısı, toplam duraklama süresi, 3600 sn'lik

periyotta halen kavşakta bulunan araç sayısı) istatistiksel azalmalar, kavşağın ortalama hızı ve simülasyon süresi boyunca kavşağı kullanan araç sayısı gibi olumlu değerlerde artışlar gözlenmektedir. Ancak E olan hizmet sınıfında bir değişiklik olmamıştır. Bunun sebebi kavşağın geometrik yapısının karşılayabileceğinden daha yoğun olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.18. Portakal çiçeği sokak, hoşdere caddesi kesişimi süre özeti

Portakal Çiçeği Sokak, Hoşdere Caddesi Kesişimi				
Sabah Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	290	180	755	789
Şerit Sayısı	2	1	2	2
Halihazır Sinyal Süresi	15	15	34	35
Optimum Sinyal Süresi	9	9	17	17
Öğlen Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	219	125	611	727
Şerit Sayısı	2	1	2	2
Halihazır Sinyal Süresi	12	12	25	25
Optimum Sinyal Süresi	6	6	11	13
Akşam Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	320	123	712	789
Şerit Sayısı	2	1	2	2
Halihazır Sinyal Süresi	10	12	20	14
Optimum Sinyal Süresi	9	7	15	16

Çizelge 4.19. Portakal çiçeği sokak, hoşdere caddesi kesişimi performans özeti

Portakal Çiçeği Sokak, Hoşdere Caddesi Kesişimi						
Performans Parametreleri	Sabah		Öğle		Akşam	
	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi
Devir Süresi (sn)	99	61	74	44	56	55
Birikme		0,68		0,87		0,61
Ort. Gecikme Süresi (sn)	73,94	60,88	41,02	21,01	76,31	72,59
Ort. Duraklama Sayısı	1,27	1,62	1,00	0,80	1,86	1,70
Ort. Hız	11,98	13,93	18,42	27,00	11,68	12,18
Ort. Duraklama Süresi (sn)	51,84	37,55	27,25	11,29	50,83	48,14
Top. Katedilen Mesafe (km)	635,35	633,24	540,18	542,27	565,85	589,54
Top. Seyahat Süresi (saat)	53,04	45,47	29,32	20,09	48,43	48,42
Top. Gecikme (saat)	40,93	33,41	19,03	9,75	37,65	37,18
Top. Duraklama Sayısı	2535	3206	1674	1337	3301	3136
Top. Duraklama Süresi (saat)	28,70	20,61	12,64	5,24	25,08	24,66
Kavşakta Kalan Araç Sayısı	55	47	32	20	48	46
Hizmet Verilen Araç Sayısı	1938	1929	1638	1650	1728	1798
Hizmet Düzeyi	E	E	D	C	E	E
Yakıt tüketimi (lt)	212,90	191,61	132,94	103,22	194,39	196,25
CO (g)	3931,34	3538,21	2454,74	1906,00	3589,57	3623,86
NOx (g)	764,90	688,41	477,60	370,84	698,40	705,07
VOC (g)	911,13	820,01	568,91	441,73	831,92	839,86

4.4.6. Sedat simavi sokak, simon bolivar caddesi kesişimi

Sedat Simavi Sokak, Simon Bolivar Caddesi kavşağında devir süresi sabah için 78 sn'den 27 sn'ye düşürülmüştür, kavşağın ortalama hızı artmış olmasına rağmen taşıtların kat ettiği toplam mesafe ve kavşağın hizmet verdiği araç yani simülasyon boyunca kavşağı terk eden araç sayısında ciddi düşüş gözlenmiştir. Ortalama ve toplam gecikme ve duraklama sürelerinin nispi azalmasına rağmen toplam ve ortalama duraklama süresindeki artış toplam kat edilen mesafeyi ve geçen araç sayısındaki azalmayı getirmiştir. Bundan dolayı sabah gözlem saati için üretilen optimum sürelerin kavşağı daha kötü duruma getirdiği söylenebilir.

Öğle saatleri gözlemi için devir süresi 100 sn'den 137 sn'ye yükseltirken, toplam duraklama sayısı büyük ölçüde düşmüş olmasına ve buna bağlı olarak toplam seyahat süresinde kısmi iyileşme olmuş olmasına rağmen diğer parametrelerde kayda değer değişiklik olmamış ancak simülasyon süresi boyunca kavşağı kullanan araç sayısında ciddi düşüş olmuştur.

Akşam saatlerindeki gözlem için devir süresi 106 sn'den 216 sn'ye yükseltilmiştir. Toplam ve ortalama duraklama sayısı azalmış olmasına rağmen toplam ve ortalama duraklama süresi, toplam ve ortalama gecikme süresi, toplam seyahat süresi ve bekleyen araç sayısı artmış, toplam kat edilen mesafenin yanı sıra ortalama hız ve kavşağın hizmet verdiği araç sayısı azalmıştır.

Kavşaktaki günün her saat dönemi için yığılımlı taşıt sayısı eğrisi kullanılarak hazırlanan sinyal süreleri kavşağın kullanım seviyesini iyileştirmeye yetmediği gözlenmiştir. Bu durumun asıl sebebi; kavşağa olan yoğun taşıt talebinin sinyal süreleri ayarlanarak çözülemeyecek seviyede çok olmasıdır.

Bu kavşak örneği özellikle seçilmiş ve bu tez çalışmasına konulmuştur. Bu örnekte de görüldüğü gibi bazı durumlarda sinyal sürelerinin çözümü yetersiz kalmakta ve kavşağa fiziksel şartların el verdiği ölçüde geometrik düzenlemeler yapılmak zorundadır. Geometrik düzenlemeler; şerit sayılarının artırılması, sağa dönüş için yeni bir dönüş şeridi açılması, sola dönüş cebinin açılması yada tüm bu çözümlerin sonuçsuz kaldığı yerlerde çok katlı köprülü kavşak yapılmasıdır

Çizelge 4.20. Sedat simavi sokak, simon bolivar caddesi kesişimi süre özeti (geometrik yetersizlik)

Sedat Simavi Sokak, Simon Bolivar Caddesi Kesişimi (Geometrik Yetersizlik Durumu)				
Sabah Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	1239	2460	65	501
Şerit Sayısı	3	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	15	25	15	15
Optimum Sinyal Süresi	10	3	3	3
Öğlen Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	1422	1368	105	270
Şerit Sayısı	3	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	40	30	10	12
Optimum Sinyal Süresi	42	56	11	20
Akşam Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	1709	1465	146	280
Şerit Sayısı	3	2	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	43	37	8	10
Optimum Sinyal Süresi	73	88	18	29

Çizelge 4.21. Sedat simavi sokak, simon bolivar caddesi kesişimi performans özeti
(geometrik yetersizlik)

Sedat Simavi Sokak, Simon Bolivar Caddesi Kesişimi (Geometrik Yetersizlik Durumu)						
Performans Parametreleri	Sabah		Öğle		Akşam	
	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi
Devir Süresi (sn)	70	27	92	137	98	216
Birikme		24,00		0,70		0,49
Ort. Gecikme Süresi (sn)	118,38	94,87	82,89	82,29	81,31	93,33
Ort. Duraklama Sayısı	2,35	4,32	1,54	1,18	1,46	0,94
Ort. Hız	8,34	10,93	11,86	11,73	12,03	10,56
Ort. Duraklama Süresi (sn)	78,70	44,21	53,26	59,29	52,82	74,18
Top. Katedilen Mesafe (km)	939,21	883,57	1078,35	953,36	1127,34	1016,27
Top. Seyahat Süresi (saat)	112,64	80,87	90,89	81,26	93,69	96,21
Top. Gecikme (saat)	94,73	64,04	70,34	63,06	72,19	76,79
Top. Duraklama Sayısı	6769	10500	4705	3261	4662	2770
Top. Duraklama Süresi (saat)	62,98	29,85	45,20	45,44	46,90	61,03
Kavşakta Kalan Araç Sayısı	134	88	99	81	108	111
Hizmet Verilen Araç Sayısı	2747	2342	2956	2678	3088	2851
Hizmet Düzeyi	F	F	F	F	F	F
Yakıt tüketimi (lt)	416,06	324,40	364,40	323,62	376,68	372,39
CO (g)	7682,86	5990,24	6728,80	5975,91	6955,65	6876,35
NOx (g)	1494,81	1165,48	1309,18	1162,70	1353,32	1337,89
VOC (g)	1780,58	1388,30	1559,46	1384,98	1612,04	1593,66

Sedat Simavi Sokak, Simon Bolivar Kavşağında teoride güney kavşak yaklaşım kolundan gelen kolun şerit sayısı 2 den 4 e çıkarılarak tekrar trafik simülasyon programı Vissim'e yüklenerek kavşağın performans değerleri yeniden çıkartılmıştır.

Yeni performans değerlerine göre; kavşağın devir süresi sabah için 78 sn'den 135 sn'ye yükseltilmiş, kavşağın ortalama hız, taşıtların kat ettiği toplam mesafe ve kavşağın hizmet verdiği araç yani simülasyon boyunca kavşağı terk eden araç sayısında artış gözlemlenmiştir.

Öğle saatleri gözlemi için devir süresi 100 sn'den 67 sn'ye düşürülmüş, akşam saatlerinde ki gözlem için devir süresi 106 sn'den 62 sn'ye düşürülmüştür. Ancak parametreler göstermiştir ki, kavşağın güney yaklaşım koluna ek 2 şerit, göstermiştir ki; sinyal sürelerinin değiştirilmesi ile kavşak hizmet seviyesinde daha fazla iyileştirme yapılamayacaktır. Bu nedenle kavşakta daha kapsamlı geometrik değişikliklere gidilmesi önerilebilir.

Çizelge 4.22. Sedat simavi sokak, simon bolivar caddesi kesişimi süre özeti
(geometrik yetersizlik giderilmiş durum)

Sedat Simavi Sokak, Simon Bolivar Caddesi Kesişimi (Geometrik Yetersizlik Giderilmiş Durum)				
Sabah Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	1239	2460	65	501
Şerit Sayısı	3	4	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	15	25	15	15
Optimum Sinyal Süresi	37	51	8	31
Öğlen Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	1422	1368	105	270
Şerit Sayısı	3	4	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	40	30	10	12
Optimum Sinyal Süresi	23	17	7	12
Akşam Kesit Gözlemi				
	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Sayım	1709	1465	146	280
Şerit Sayısı	3	4	1	1
Halihazır Sinyal Süresi	43	37	8	10
Optimum Sinyal Süresi	17	17	8	12

Çizelge 4. 23. Sedat simavi sokak, simon bolivar caddesi kesişimi performans özeti
(geometrik yetersizlik giderilmiş durum)

Sedat Simavi Sokak, Simon Bolivar Caddesi Kesişimi (Geometrik Yetersizlik Giderilmiş Durumu)						
Performans Parametreleri	Sabah		Öğle		Akşam	
	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi	Halihazır Sinyal Süresi	Optimum Sinyal Süresi
Devir Süresi (sn)	78	135	100	67	106	62
Birikme		0,43		0,63		0,71
Ort. Gecikme Süresi (sn)	156,6	126	73,27	67,92	86,66	76,41
Ort. Duraklama Sayısı	4,10	2,8	1,85	2,39	1,96	2,67
Ort. Hız	6,42	7,85	13,01	13,8	11,4	12,4
Ort. Duraklama Süresi (sn)	122,5	100,5	54,4	46,7	66,79	53,84
Top. Katedilen Mesafe (km)	1086,6	1244,6	1065,4	1045,5	1111	1002,6
Top. Seyahat Süresi (saat)	169,08	158,3	81,88	75,71	97,3	80,73
Top. Gecikme (saat)	148,39	134,62	61,59	55,8	76,23	61,64
Top. Duraklama Sayısı	14010	10780	5620	7085	6222	7619
Top. Duraklama Süresi (saat)	116,05	107,35	45,72	38,43	58,76	43,43
Kavşakta Kalan Araç Sayısı	202	161	95	64	107	80
Hizmet Verilen Araç Sayısı	3208	3683	2931	2894	3060	2824
Hizmet Düzeyi	F	F	F	F	F	F
Yakıt tüketimi (lt)	593,69	578,18	338,35	321,29	388,05	332,31
CO (g)	10963	10676,5	6247,85	5932,89	7165,67	6136,36
NOx (g)	2133	2077,2	1215,6	1154,32	1394,17	1193,9
VOC (g)	2540,7	2474,39	1448	1375	1660,7	1422,16

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu tezde Ankara ilinde ortalama şehir trafiğinin gerçekleştiği dört kollu 6 adet yoğun kavşak tezde inceleme alanı olarak seçilmiştir. İlgili otorite tarafından sayım elemanları ve sayım kameraları kullanılarak her gözlem kesitine ait sayım verileri ayrı ayrı kaydedilmiştir. Kavşak geometrik yapısı, gözlem kesitlerinin şerit sayısı, halihazır sinyal süreleri ve sabah, akşam zirve saatleri ile öğle saatlerine ait üç farklı araç sayım sonuçları bu tezin temel verilerini oluşturmaktadır.

Bu veriler; hazırlanan yığılımlı taşıt sayısı eğrisi kullanılarak optimum sinyal süresinin hesaplanmasında girdi olarak kullanılmıştır. Tez çalışması kapsamında hazırlanan ara yüz programının da çekirdeğini oluşturan yığılımlı taşıt sayısı eğrisi, her bir kavşak kolu için, o yöne tayin edilen sürede gelen araç sayısını bulmakta kullanılmakta ve o yönün şerit sayısına göre verebileceği servis de hesaplandığında bahsi geçen kolda muhtemel kuyruklanmaya ulaşılmış olmaktadır. Bu yöntemi kavşağın tüm kollarına uyguladığımızda ve hedef tüm kollarının kümülatifinde en az kuyruklanma oluşacak sinyal sürelerini bulmak olduğunda, o kavşak için optimal sinyal sürelerine ulaşılmış olacaktır. Ancak kavşağın bütün verimliliği sadece sinyal sürelerinin optimize edilmesi ile elde edilemeyebilir. Kavşağın yoğunluğu ve bu yoğunluğu karşılayan fiziki ve geometrik kavşak alt yapısı da büyük rol oynamaktadır.

Bu tez çalışmasında VISSİM programı simülasyon ve analiz işlemlerini gerçekleştirmek için kullanılmıştır. Bu sayede bir kavşağı değerlendirebileceğimiz bir aracın kavşakta ortalama bekleme süresi (sn), kavşaktaki toplam gecikme (saat), kavşaktaki toplam seyahat süresi (saat), bir saat boyunca kavşağın hizmet ettiği toplam araç sayısı ve kavşak hizmet seviyesi bilgileri elde edilmiştir.

Buradan hareket ile tez çalışması için seçilen Pazar Caddesi kavşağı ve Akın Caddesi kavşaklarında günün her diliminde (sabah, öğle, akşam) pozitif tüm değerlerde (ortalama hız, toplam katedilen mesafe, hizmet verilen araç sayısı) hissedilir artışlar, negatif tüm değerlerde ise (ortalama gecikme süresi, ortalama duraklama sayısı, ortalama duraklama süresi, toplam seyahat süresi, toplam gecikme, toplam duraklama sayısı, kavşakta kalan araç sayısı) hissedilir düşüşler gözlenmiştir.

Pazar Caddesi kavşağının sabah saatleri hizmet düzeyinde bir değişiklik olmamasına rağmen 5 daha fazla araca hizmet verilmiş, 4,12 saat daha az toplam duraklama yapılmış, toplam seyahat süresi 4.77 saat artarken ortalama hız artmıştır.

Akın Caddesi kavşağının akşam saatleri için toplam duraklama sayısının azaltılmasına rağmen toplam seyahat süresinin ve toplam duraklama süresinin artmış olması nedeni ile kavşağın durumunda bir iyileşme gerçekleşmemiştir.

Her iki kavşağında aynı günün farklı zaman dilimlerinde hizmet düzeyinin değişmemesinin altında yatan asıl neden; şerit bazında kavşağın hizmet verebileceği düzeyden daha fazla araç gelmesinden kaynaklanmaktadır. Örneğin Pazar caddesinde hizmet düzeyi değişimi olmayan sabah saatleri ile akşam saatlerini karşılaştırdığımızda tek şeritli olan kuzey katılım kolunda 84 araç, ve çift şeritli olan batı katılım kolunda 269 araç daha fazla gelmiştir. Akın caddesinde ise; hizmet düzeyi değişimi olmayan akşam saatleri ile akşam saatlerini karşılaştırdığımızda tek şeritli olan güney katılım kolunda 401 araç, ve çift şeritli olan doğu katılım kolunda 155 araç daha fazla gelmiştir.

Şair Baki kavşağın, Şehit Mahir Turan kavşaklarında günün her diliminde (sabah, öğle, akşam) pozitif tüm değerlerde (ortalama hız, toplam katedilen mesafe, hizmet verilen araç sayısı) hissedilir artışlar, negatif tüm değerlerde ise (ortalama gecikme süresi, ortalama duraklama sayısı, ortalama duraklama süresi, toplam seyahat süresi, toplam gecikme, toplam duraklama sayısı, kavşakta kalan araç sayısı) nispi düşüşler görülmüştür. Aynı karakteristik ve benzer geometrik yapıya sahip söz konusu kavşaklar şerit bazında incelendiğinde özellikle tek şeritli olan kuzey yönlerinin araç sayısının, o yönün karşılaya bileceğinden daha fazla araç yüküne sahip olduğu görülmektedir. Yığılımlı taşıt sayısı eğrisi kullanılarak hazırlanan optimum sinyal sürelerinin temel hedefi kavşağın tüm kollarında aynı anda kuyruklanmayı azaltmak olduğundan, kavşak kollarından sadece bir kolunda dahi yeterli fiziksel şartın sağlanamaması durumunda o kavşak için üretilen optimal süreler kavşak hizmet seviyesini arttırmaya yetmemektedir.

Benzer bir durum son iki kavşakta da gözlenmektedir. Portakal çiçeği kavşağı ve Sedat Semavi kavşaklarında günün her saat dönemi için yığılımlı taşıt sayısı eğrisi kullanılarak hazırlanan sinyal sürelerinin kavşağın kullanım seviyesini iyileştirmeye yetmediği gözlenmiştir. Bu durumun asıl sebebi; kavşağa olan yoğun taşıt talebinin, kavşağın fiziksel ve geometrik yapısının karşılayamayacağı kadar fazla olmasıdır. Bu tespiti ispatlamak için, Sedat Semavi kavşağının güney yönündeki kolunu araç sayımları aynı kalmak şartı ile, simülasyon ortamında 2 şeritten 4 şeride çıkartarak yeniden analiz

edildiğinde hizmet seviyelerinde ve pozitif tüm değerlerde (ortalama hız, toplam katedilen mesafe, hizmet verilen araç sayısı) iyileşmeler görülmüştür. Kavşağın negatif tüm değerlerde ise (ortalama gecikme süresi, ortalama duraklama sayısı, ortalama duraklama süresi, toplam seyahat süresi, toplam gecikme, toplam duraklama sayısı, kavşakta kalan araç sayısı) hissedilir düşüşler gözlenmiştir.

5.2. Öneriler

Son dönemlerde ülkemizde karayolu ulaşımında görülen araç sayısındaki artış eğiliminin beraberinde getirdiği trafik sıkışıklığı, trafik kazaları, emisyon artışı gibi birtakım problemleri doğurmuştur. Bu problemlerin çözümü için temel iki yöntemden birisi ulaşımın farklı düzeylerden sağlanarak kesişimlerin engellendiği köprülü kavşak yöntemidir. Ancak bu yöntem maliyetleri ve fiziki gereksinimleri itibari ile her kavşakta uygulanabilir optimal bir çözüm değildir. İkinci yöntem ise kavşakların sinyalizasyon sistemleri ile yönetildiği çözümdür. İkinci yöntemin geliştirilmeye çok açık olması, bilim insanlarının ilgisini çekmiş, şehir plancılığından, inşaat mühendisliğine, elektrik elektronik mühendisliğinden, bilgisayar mühendisliğine kadar birçok disiplinin akademik alanda geliştirme yapmasına imkân sağlamıştır. Öyle ki geçtiğimiz son yirmi yılda trafik mühendisliği başlığı ile özel bir bilim alanı oluşmaya başlamıştır.

Literatür taraması yapılırken bahse konu gelişmelerinin, kavşak tasarımı ve trafiğin yönetilmesi olarak iki ana başlıkta ilerlediği görülmüştür. Trafikğin yönetilmesi ana başlığı altından ise; kaynak araştırması bölümünde ve bu tez çalışmasının muhtelif yerlerinde alıntılar ve atıflarda bulunduğumuz birçok çalışmanın trafik akımının simülasyonu ve kavşak sinyal süresinin analizi üzerinde durduğu görülmüştür.

Kaynak araştırmaları kavşak kontrol cihazı tasarımı başlığı ile ele alındığında; Harikumar ve Subramani (2013), Sinhmar (2012), Öztürk (2006), Onat (1996), Berberoğlu (2008), Özek ve Karal (2004), bu tez çalışmasında yaptığımız gibi mikrodenetleyici tabanlı kavşak kontrol cihazı tasarımından bahsetmişlerdir. Öte taraftan Mohit Dev Srivastava ve arkadaşları (2012), Khattak (2011), Vadi ve arkadaşları (2010), mikrodenetleyicili kartların biraz daha endüstriyel modeli olan PLC tabanlı kavşak kontrol cihazı tasarımından bahsetmişlerdir. Temel amaç belirlenen sinyal sürelerine göre sinyal verici trafik ışıklarını yakmak olduğundan hem bu tez çalışmasının uygulama ayağında tasarlanan kavşak kontrol cihazının hem de bahse konu cihazların kavşağı optimal yönetime bir katkılarının olmadığı söylenebilir.

Kaynak araştırmaları sinyal süresinin belirlenmesi başlığı ile yeniden ele alındığında; Harikumar ve Subramani (2013), Albagul ve arkadaşları (2006), Öztürk ve arkadaşları (2008), Yılmaz (2006), Ceylan ve arkadaşları (2006), Çetin ve Murat (2013) farklı matematiksel metotlardan faydalanarak sinyal sürelerini üreten sistemler, Chinyere ve arkadaşları (2011), Mahmood (2010), Akdoğan ve Taçgın (2002), Tektaş ve arkadaşları (2002) bulanık mantık, yapay zeka, yapay sinir ağları ve genetik algoritma yöntemleri kullanarak sinyal sürelerini üreten sistemler geliştirmeye çalışmışlardır. Tüm bu yöntemler, İngiliz yöntemi (webster), Avustralya yöntemi, Amerikan (HCM) yöntemi gibi genel kabul görmüş sinyal süresi hesaplama yöntemlerini kavşak performans göstergeleri açasından görece geliştirmiştir.

Bu tez çalışmasına da temel oluşturan yığışımlı taşıt eğrisi yöntemini ise; ilk olarak Newell (1992) kinematik dalga teorisinden yola çıkarak eklenik akış eğrisi üzerinden karayolu trafiğini incelenmiştir. Daha sonralarında Bertini (1999) Kraliçe Elizabeth yolu ve Gardiner otopanında ve şahin ve arkadaşları (2004) Boğaziçi Köprüsü ve köprüye bağlanan 1.Çevreyolunda trafik akımı üzerine çalışmalar gerçekleştirmiştir. Her iki çalışmada da ana yol ve bu yola bağlantı yolu üzerinde çalışılmıştır. Ancak bu tez çalışmasında yığışımlı (eklenik) taşıt eğrisi diğerlerinden farklı olarak bir kavşakta kullanılmış ve kavşağın tüm kolları aynı anda değerlendirilerek minimum kuyruklanmaya göre optimal sinyal süreleri üretilmiştir.

Her ne kadar yığışımlı taşıt eğrisi yöntemi ile minimum kuyruklanma bazında kavşak performans değerleri iyileştirilmeye çalışılmış olsa bile, bu tez çalışmasında örnek alınan kavşaklarda da görüldüğu üzere belirli bir araç sayısının sağlanmış olması ve bu araç sayısının kavşağın tüm kollarının verebileceği servisten çok olmaması gibi kısıtlar ile karşılaşılmıştır. Bu tez çalışmasının analiz bölümünde de değinildiği üzere birçok etken kavşağın hizmet düzeyinin sadece sinyal süresi ile iyileştirilmesini engellemektedir.

Çalışmalar ışığında; özellikle büyük şehirlerde, bir kentin tüm kavşakların ve yolların bir ađ gibi birbirine bağlı olduğu gerçeğini göz önünde bulundurarak herhangi bir kavşağın performansını düzeltmek için diğer tüm kavşaklara ve şehrin tüm trafik akımına müdahale edilmesi gerekliliği göze çarpmaktadır. Bir kentte trafik olgusunun sorun olmasını engellemek için genelden özele doğru şu çözüm yöntemleri uygulanmalıdır.

Yerel yönetimlerin yasal zorunluluğunda olan ulaşım ana planları yapılırken nüfus artış oranı, şehrin refah seviyesi ve araç sahibi olma oranı, şehirdeki hareketlilik

eğilimleri, şehirde yeni üretilecek çekim merkezleri (hastane, süpermarket, kamu binası, iş merkezi, avm, spor alanı, stadyum, vb) ve bu merkezlerin getireceği trafik yükü, toplu taşıma ya da raylı sistem yatırımları, göz önünde bulundurularak kavşak tasarımları ve yol genişlikleri belirlenmelidir. Planlamalar gelecek elli yıl için yapılmalı, veriler her yıl güncellenerek, onar yıllık periyotlarda küçük revizyonlara açık ulaşım ana planları çıkartılmalıdır.

Kentin tüm trafik akımını yönetmek için elektronik Değişken Mesaj Sistemleri (DMS), Radyo Frekans yayınları, yaygın biçimde kullanımlıdır. Şehrin ulaşımında acil durum senaryoları üretilmeli, DMS'ler ve diğer işaretçiler ile anında sürücüler bilgilendirile bilecek sistemler kurulmalıdır. Acil durum (ambulans, itfaiye, polis gibi) araçları için güzergah yönetim sistemleri işletilmelidir.

Kentin trafik yönetimi tek bir otorite tarafından idare edilmeli, her kamu kurumu sorumluluğu ölçüsünde Kent Trafik Kontrol Merkezinde rol almalıdır.

Trafik kontrol merkezinde, trafik kameraları, kablosuz haberleşme detektörleri (bluetooth detektörleri), araç takip cihazları verileri, mobil haberleşme cihazları verileri (GSM verileri), şehir geneline emniyet amaçlı yerleştirilmiş plaka tanıma sistemleri verileri aktif kullanılarak, akademik çevreler ve ar-ge şirketleri ile paylaşarak, eldeki bu büyük verinin yapay zeka, bulanık mantık, genetik algoritma yöntemleri kullanılarak üretilecek yeni yönetim sistemleri ile, tekil kavşağın optimize edilmesinden tüm kavşakların yönetilmesine doğru bir yönetim anlayışını geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akbaş, A., 2001, Kent içi trafik sinyalisasyon sisteminin optimal kontrolü (Trafik optimizasyonu), Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*,1-227.
- Akbaş, A., ve Akdoğan, E., 2001, İstanbul kent içi trafik kontrol sistemi üzerine bir durum değerlendirmesi, *TMMOB MMO İstanbul'da Kent İçi Ulaşım Sempozyumu*, İstanbul, 1-10.
- Akdoğan, E., ve Taçgın, E., 2002, Zeki bir trafik kontrol denemisi: bir kavşağın kontrolü için geliştirilen prototip bir uzman sistem, *Otomatik Kontrol Türk Milli Komitesi Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı*, Ankara, 655-664.
- Albagul, A., Hrairi, M. and Hidayatullah M. F., 2006, Design and development of sensor based traffic light system, *American Journal of Applied Sciences*, 3(3) 1745-1749 .
- Al-Khateeb, K., and Johari J.A.Y., 2008, Intelligent dynamic traffic light sequence using rfid, *Journal of Computer Sciences*, 4 (7), 1367-1372.
- Berberoğlu, Ö., 2008, Mikrodenetleyici tabanlı modüler kavşak kontrol cihazı tasarımı, Yüksek lisans tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*,1-91.
- Bertini, R.L., 1999, Time-dependent traffic flow features at a freeway bottleneck downstream of a merge, Graduate Division, *Institute of transportation studies*, University of California,1-82.
- Ceylan, H., Başkan Ö., Ceylan, H., ve Haldenbilen, S., 2007, Yaklaşık hesaplama metodu ile sinyalizasyon kavşaklarında gecikme bileşenlerinin matematiksel çözümü, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(2) 279-288.
- Chinyere, O.U., Francisca, O.O. and Amano, O.E., 2011, Design and simulation of an intelligent traffic control system, *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 1 (5), 47-57.
- Çetin, M., ve Murat Y. Ş., 2013, Doygun akımın belirlenmesinde sürücü davranışına bağlı bir matematik yaklaşım, *İMO Teknik Dergisi*, 24(2), 6399-6414.
- Fellendorf, M. and Vortisch, P., 2010, Microscopic traffic flow Simulator vissim, *International Series in Operations Research & Management Science*,145, 63-93.
- Güldamlaşı, G. A., 2007, Tek yön sistemlerinin çift yöne dönüştürülmesinin sonuçları ve performans analizi üzerine araştırma (Balıkesir ve İzmir örneği), Yüksek lisans tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*,1-156.

- Harikumar, Dr.R., 2013, FPGA synthesis of fuzzy based simple traffic controller, *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 2 (7), 2497-2502.
- Immers, L. H., and Logghe, S., 2002, Traffic flow theory, *Leuven Katholieke Universiteit*, Belgium - Heverlee, 1-39.
- Khattak, M.A., 2011, PLC based intelligent traffic control system, *International Journal of Electrical & Computer Sciences*, 11 (6), 69-73.
- Kurar, H., 2001, Kavşak sinyalizasyonuna cbs yaklaşımı: İstanbul örneği, *Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, İstanbul, 1-4.
- Mahmood, M.S., 2010, Bulanık mantık kullanılarak trafik kontrolünün tasarımı ve uygulaması, Yüksek lisans tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*,1-68.
- Murat, Y. Ş., 1996, Denizli şehiriçi kavşaklarındaki trafik akımlarının bilgisayarla incelenmesi, Yüksek lisans tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*,1-170.
- Newell, G.F., 1993, A Simplified theory of kinematic waves in highway traffic, *Transportation Research*, 27 (4), 281-287
- Onat, M., 1996, Kavşak kontrol cihazı donanımı, Yüksek lisans tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*,1-91.
- Özdirim, M., 1994, Trafik mühendisliği, *Karayolları Genel Müdürlüğü*, Ankara, 521-539.
- Özek, A., ve Karal Ö., 2004, P1c mikrodenetleyici ile uzak mesafe haberleşmesi kullanılarak trafik sinyalizasyon modellemesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(Özel sayı), 43-46 .
- Öztürk, E.A., Çubuk, M.K. and Hatipoğlu, S., 2008, Ankara için bir sinyal zamanlaması modeli: beşevler kavşağı örneği, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12 (1), 49-57.
- Öztürk, N.B., 2006, Akıllı trafik sistemleri, Yüksek lisans tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*,1-97.
- Park, B. and Schneeberger, J. D., 2002, Evaluation of traffic signal timing optimization methods using a stochastic and microscopic simulation program, *VTRC 03-CR12, Virginia*, 1-33.
- Sinhmar, P., 2012, Intelligent traffic light and density control using ir sensors and microcontroller, *International Journal of Advanced Technology & Engineering Research*, 2 (2), 30-35.

- Srivastava, M., 2012, Smart traffic control system using PLC and SCADA, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 1 (2), 169-172.
- Şahin, İ., Akyıldız G., Zorer A. and Gedizlioğlu, E., 2004, Uzun otoyol kuyruklarının incelenmesi ve iyileştirme stratejilerinin araştırılması, *İÇTAG 1920*, İstanbul, 1-137.
- Tektaş, M., Akbaş, A., ve Topuz, V., 2002, Yapay zeka tekniklerinin trafik kontrolünde kullanılması üzere bir inceleme, *1. Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi*, Ankara, 551-560.
- Uysal, Y., 2001, Kavşak ve kavşaklarda sinyalizasyon, Lisans bitirme tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*,1-66.
- Vadi, S., Karaküş, E., ve Yıldız, Ş., 2010, Gerçek zamanlı çalışan bir trafik kontrol sinyalizasyon sisteminin plc tabanlı uygulaması ve pc üzerinden izlenmesi, *Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu, MYO-ÖS 2010*, Düzce, 1-10.
- Yılmaz, E., 2006, Karayolu trafik similasyonu, Yüksek lisans tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*,1-66.
- Yousef, K.M., Al-Karaki, J.N. and Shantnawi, A.M., 2010, Intelligent traffic light flow control system using wireless sensors networks, *Journal of Information Science and Engineering*, 26, 753-768.

EK-2 Pazar caddesi, ivedik caddesi, bankacılar sokak kesişimi özet sayım sonuçları

KAV. NO: 06002
 KAV. ADI: Pazar Caddesi, İvedik Caddesi, Bankacılar Sokak kesişimi
 TARİH: 9.05.2013 / SABAH

YÖN	ZAMAN		BATI	DOĞU	GÜNEY	KUZUY	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
BATI	08:00	08:15	0	234	51	14	299
	08:15	08:30	0	216	44	23	283
	08:30	08:45	0	160	34	24	218
	08:45	09:00	0	188	41	26	255
	Toplam		0	798	170	87	1055
DOĞU	08:00	08:15	194	0	0	4	198
	08:15	08:30	197	0	6	6	209
	08:30	08:45	181	0	2	7	190
	08:45	09:00	192	0	4	3	199
	Toplam		764	0	12	20	796
GÜNEY	08:00	08:15	7	2	0	30	43
	08:15	08:30	24	9	0	28	62
	08:30	08:45	9	5	0	43	57
	08:45	09:00	16	3	0	51	70
	Toplam		56	19	0	152	227
KUZUY	08:00	08:15	7	24	86	0	117
	08:15	08:30	15	24	77	0	116
	08:30	08:45	15	12	87	0	114
	08:45	09:00	18	16	73	0	107
	Toplam		55	76	323	0	454

TARİH: 9.05.2013 / ÖĞLE

YÖN	ZAMAN		BATI	DOĞU	GÜNEY	KUZUY	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
BATI	12:00	12:15	0	192	6	18	216
	12:15	12:30	0	180	7	16	203
	12:30	12:45	0	177	9	15	201
	12:45	13:00	0	192	12	26	230
	Toplam		0	741	34	75	850
DOĞU	12:00	12:15	188	0	8	17	213
	12:15	12:30	195	0	4	12	211
	12:30	12:45	158	0	2	12	172
	12:45	13:00	171	0	7	8	186
	Toplam		712	0	21	49	782
GÜNEY	12:00	12:15	7	12	0	24	45
	12:15	12:30	7	5	0	24	38
	12:30	12:45	19	7	0	43	71
	12:45	13:00	11	4	0	31	47
	Toplam		44	28	0	122	194
KUZUY	12:00	12:15	17	15	13	0	45
	12:15	12:30	20	9	15	0	44
	12:30	12:45	23	21	15	0	59
	12:45	13:00	28	11	29	0	68
	Toplam		88	56	72	0	216

TARİH: 9.05.2013 / AKŞAM

YÖN	ZAMAN		BATI	DOĞU	GÜNEY	KUZUY	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
BATI	16:30	16:45	0	168	8	18	194
	16:45	17:00	0	162	7	16	185
	17:00	17:15	0	174	10	24	208
	17:15	17:30	0	174	6	19	199
	Toplam		0	678	31	77	786
DOĞU	16:30	16:45	199	0	4	11	214
	16:45	17:00	238	0	5	10	254
	17:00	17:15	212	0	2	19	233
	17:15	17:30	224	0	4	7	235
	Toplam		873	0	15	47	935
GÜNEY	16:30	16:45	10	6	0	38	54
	16:45	17:00	12	2	0	34	49
	17:00	17:15	42	11	0	42	95
	17:15	17:30	16	8	0	58	82
	Toplam		80	27	0	172	279
KUZUY	16:30	16:45	14	11	17	0	42
	16:45	17:00	14	11	18	0	43
	17:00	17:15	10	11	22	0	43
	17:15	17:30	31	9	17	0	57
	Toplam		69	42	74	0	185

EK-4 Akın caddesi, İvedik caddesi, Arif hikmet sokak kesişimi zirve sayım sonuçları.

KAV. NO: 06003
 KAV. ADI: Akın Caddesi, İvedik Caddesi, Arif Hikmet Sokak Kesişimi
 TARİH: 09.05.2013 / SABAH

YÖN	ZAMAN		KUZEY	GÜNEY	BATI	DOĞU	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
KUZEY	08:00	08:15	0	42	10	122	174
	08:15	08:30	0	51	11	122	184
	08:30	08:45	0	61	10	100	171
	08:45	09:00	0	51	14	88	153
	Toplam		0	205	45	432	682
GÜNEY	08:00	08:15	19	0	3	4	26
	08:15	08:30	22	0	2	1	25
	08:30	08:45	26	0	6	0	32
	08:45	09:00	23	0	4	5	32
	Toplam		90	0	15	10	115
BATI	08:00	08:15	10	10	0	221	241
	08:15	08:30	17	8	0	208	233
	08:30	08:45	16	14	0	167	197
	08:45	09:00	11	8	0	189	208
	Toplam		54	40	0	785	876
DOĞU	08:00	08:15	45	9	187	0	241
	08:15	08:30	37	10	182	0	229
	08:30	08:45	42	7	178	0	227
	08:45	09:00	38	10	179	0	227
	Toplam		162	36	726	0	924

TARİH: 09.05.2013 / ÖĞLE

YÖN	ZAMAN		KUZEY	GÜNEY	BATI	DOĞU	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
KUZEY	12:00	12:15	0	13	16	51	80
	12:15	12:30	0	18	15	57	90
	12:30	12:45	0	21	15	58	94
	12:45	13:00	0	23	18	61	102
	Toplam		0	75	64	227	366
GÜNEY	12:00	12:15	25	0	9	4	38
	12:15	12:30	16	0	5	3	24
	12:30	12:45	16	0	2	3	21
	12:45	13:00	15	0	5	4	24
	Toplam		72	0	21	14	107
BATI	12:00	12:15	13	5	0	200	218
	12:15	12:30	15	3	0	170	188
	12:30	12:45	15	4	0	193	212
	12:45	13:00	11	8	0	185	204
	Toplam		54	20	0	748	822
DOĞU	12:00	12:15	52	1	176	0	229
	12:15	12:30	47	6	188	0	241
	12:30	12:45	50	9	148	0	207
	12:45	13:00	44	4	153	0	201
	Toplam		193	20	665	0	878

TARİH: 09.05.2013 / AKŞAM

YÖN	ZAMAN		KUZEY	GÜNEY	BATI	DOĞU	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
KUZEY	16:30	16:45	0	7	14	49	70
	16:45	17:00	0	25	11	57	93
	17:00	17:15	0	20	14	57	91
	17:15	17:30	0	16	13	63	92
	Toplam		0	68	52	226	346
GÜNEY	16:30	16:45	26	0	8	4	39
	16:45	17:00	23	0	2	5	30
	17:00	17:15	38	0	9	1	49
	17:15	17:30	31	0	4	7	43
	Toplam		118	0	23	17	158
BATI	16:30	16:45	16	6	0	169	191
	16:45	17:00	17	7	0	178	203
	17:00	17:15	17	1	0	172	190
	17:15	17:30	12	7	0	181	200
	Toplam		62	21	0	700	783
DOĞU	16:30	16:45	41	6	201	0	248
	16:45	17:00	48	7	214	0	269
	17:00	17:15	61	4	199	0	264
	17:15	17:30	36	6	210	0	252
	Toplam		186	23	824	0	1033

EK-5 Şair baki sokak, hoşdere caddesi kesişimi sayım sonuçları.

İLÇE ANKARA
GRUP: GRUP-03
ÇEK TAR: 8.05.2013KAV. NO: 06012
KAV. ADI: Şair Baki Sokak, hoşdere Caddesi Kesişimi
AKIM NO: KUZUY (1.AKIM)

	ÇEKİM SAATI	OTOMOBİL TAKSİ				KAMYONET				MİNİBÜS				TOPLU TAŞIMA OTOBÜSÜ				AĞIR TAŞIT				TOPLAM				GENEL TOPLAM
		U	1-4	1-2	1-3	U	1-4	1-2	1-3	U	1-4	1-2	1-3	U	1-4	1-2	1-3	U	1-4	1-2	1-3	U	1-4	1-2	1-3	
SABAH	07:00 07:15	2	2	171	14				1	9	2											2	3	195	16	216
	07:15 07:30			54	5			1	33	2			5								4	0	1	100	7	108
	07:30 07:45	1		99	5			1	26	3			16								4	0	2	147	8	157
	07:45 08:00	3		127	14			23	1				14									0	3	169	15	187
	08:00 08:15	1		129	4			27	1				18									0	1	177	4	182
	08:15 08:30	2		184	8			1	25	1			18								1	0	3	232	9	244
	08:30 08:45	2		208	1			28					12									0	2	250	1	253
	08:45 09:00	6		189	1			6					19									0	6	217	1	224
TOPLAM	0	16	1030	40	0	0	3	188	8	0	0	103	0	0	0	29	0	0	0	7	0	19	1362	48	1429	
ÖĞLEN	12:00 12:15	2	2	171	14			1	9	2			12								2	3	195	16	216	
	12:15 12:30	1	9	162	16			9	1			11									1	9	184	17	211	
	12:30 12:45	1	9	156	10			2	15	1		16									1	11	189	11	212	
	12:45 13:00	1	3	150	11			2	14	1		14									1	5	181	12	199	
TOPLAM	5	23	639	51	0	0	5	47	5	0	0	53	0	0	0	10	0	0	0	5	28	749	56	838		
AKŞAM	16:30 16:45	8		182	24			9	2			16									0	8	210	26	244	
	16:45 17:00	5		184	21			1	9	0		17									0	6	212	21	239	
	17:00 17:15	8		194	25			1	13	1		16									0	9	228	26	263	
	17:15 17:30	10		191	19			1	10	2		19									0	11	223	21	255	
	17:30 17:45	5		192	18			1	14	2		18									0	5	226	20	251	
	17:45 18:00	14		190	20			17				17									0	14	227	20	261	
	18:00 18:15	11		170	29			22				19									0	11	214	29	254	
	18:15 18:30	5		164	23			1	17	2		17									0	6	201	25	232	
TOPLAM	0	66	1467	179	0	0	4	111	9	0	0	139	0	0	0	24	0	0	0	0	0	70	1747	188	1999	

ÇEK TAR: 8.05.2013

AKIM NO: GÜNEY (2.AKIM)

	ÇEKİM SAATI	OTOMOBİL TAKSİ				KAMYONET				MİNİBÜS				TOPLU TAŞIMA OTOBÜSÜ				AĞIR TAŞIT				TOPLAM				GENEL TOPLAM
		U	2-3	2-1	2-4	U	2-3	2-1	2-4	U	2-3	2-1	2-4	U	2-3	2-1	2-4	U	2-3	2-1	2-4	U	2-3	2-1	2-4	
SABAH	07:00 07:15	1		81	4			21				5									0	1	111	4	116	
	07:15 07:30	2		116	9			28	1			8									0	2	156	10	168	
	07:30 07:45	2		204	3			27	3			12									0	0	248	3	251	
	07:45 08:00	2		258	5			25				19									0	0	305	5	310	
	08:00 08:15	2		244				37				18									0	2	303	0	305	
	08:15 08:30	2		264	1			1	23	2		18									0	3	309	3	315	
	08:30 08:45	2		247				30	2			12									0	0	292	2	294	
	08:45 09:00	1		278	2			6	2			19									0	1	306	2	309	
TOPLAM	0	8	1692	24	0	0	1	197	5	0	0	111	0	0	0	26	0	0	0	4	0	9	2030	29	2068	
ÖĞLEN	12:00 12:15			225	4			12	1			11									0	0	249	5	254	
	12:15 12:30	5		220	5			1	4	1		13									0	6	242	6	254	
	12:30 12:45	5		226	6			1	10			14									0	1	252	6	259	
	12:45 13:00	2		199	3			2	10			14									0	2	228	3	233	
TOPLAM	0	7	870	18	0	0	2	38	2	0	0	52	0	0	0	9	0	0	0	2	0	9	971	20	1000	
AKŞAM	16:30 16:45	1		207	4			25				12									0	1	247	4	252	
	16:45 17:00	3		225				32	2			17									0	3	276	2	281	
	17:00 17:15	3		202	7			2	20			16									0	5	243	7	255	
	17:15 17:30	2		231	1			9	15			19									0	2	268	1	271	
	17:30 17:45	1		245	7			23				12									0	1	284	7	292	
	17:45 18:00	5		214	2			15				17	1								0	5	251	3	259	
	18:00 18:15	3		272	6			1	12	1		18									0	4	304	7	315	
	18:15 18:30	4		230	5			19	5			12									0	4	263	5	272	
TOPLAM	0	22	1826	32	0	0	3	162	3	0	0	123	1	0	0	22	0	0	0	4	0	25	2136	36	2197	

ÇEK TAR: 8.05.2013

AKIM NO: BATI (3.AKIM)

	ÇEKİM SAATI	OTOMOBİL TAKSİ				KAMYONET				MİNİBÜS				TOPLU TAŞIMA OTOBÜSÜ				AĞIR TAŞIT				TOPLAM				GENEL TOPLAM
		U	3-1	3-4	3-2	U	3-1	3-4	3-2	U	3-1	3-4	3-2	U	3-1	3-4	3-2	U	3-1	3-4	3-2	U	3-1	3-4	3-2	
SABAH	07:00 07:15	15			3			3													0	18	0	3	21	
	07:15 07:30	25						2	1												0	27	1	0	28	
	07:30 07:45	40			5			4													0	44	0	5	49	
	07:45 08:00	65			7			9													0	74	0	7	81	
	08:00 08:15	92			8			2	1												0	94	8	8	110	
	08:15 08:30	85			4			2	1												0	87	6	4	97	
	08:30 08:45	82			3			3													0	85	3	3	91	
	08:45 09:00	70			9			4													0	74	9	6	89	
TOPLAM	0	474	24	36	0	0	29	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	303	27	36	566	
ÖĞLEN	12:00 12:15	39			8			3				1									0	42	0	9	51	
	12:15 12:30	41</																								

EK-6 Şair baki sokak, hoşdere caddesi kesişimi zirve sayım sonuçları.

KAV. ADI: Şair Baki Sokak, hoşdere Caddesi Kesişimi
TARİH: 08.05.2013 /SABAH

YÖN	ZAMAN		KUZEY	GÜNEY	BATI	DOĞU	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
KUZEY	08:00	08:15	0	177	4	1	182
	08:15	08:30	0	232	9	3	244
	08:30	08:45	0	250	1	2	253
	08:45	09:00	0	217	1	6	224
	Toplam		0	876	15	12	903
GÜNEY	08:00	08:15	303	0	2	0	305
	08:15	08:30	309	0	3	3	315
	08:30	08:45	292	0	0	2	294
	08:45	09:00	306	0	1	2	309
	Toplam		1210	0	6	7	1223
BATI	08:00	08:15	94	8	0	8	110
	08:15	08:30	87	4	0	6	97
	08:30	08:45	85	3	0	3	91
	08:45	09:00	74	6	0	9	89
	Toplam		340	21	0	26	387
DOĞU	08:00	08:15	29	3	0	0	32
	08:15	08:30	20	0	0	0	20
	08:30	08:45	14	1	0	0	15
	08:45	09:00	13	0	0	0	13
	Toplam		76	4	0	0	80

TARİH: 08.05.2013 /ÖĞLE

YÖN	ZAMAN		KUZEY	GÜNEY	BATI	DOĞU	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
KUZEY	12:00	12:15	0	195	16	3	216
	12:15	12:30	0	184	17	9	211
	12:30	12:45	0	189	11	11	212
	12:45	13:00	0	181	12	5	199
	Toplam		0	749	56	28	833
GÜNEY	12:00	12:15	249	0	0	5	254
	12:15	12:30	242	0	6	6	254
	12:30	12:45	252	0	1	6	259
	12:45	13:00	228	0	2	3	233
	Toplam		971	0	9	20	1000
BATI	12:00	12:15	42	9	0	0	51
	12:15	12:30	42	3	0	3	48
	12:30	12:45	42	6	0	3	51
	12:45	13:00	35	5	0	1	41
	Toplam		161	23	0	7	191
DOĞU	12:00	12:15	7	2	0	0	9
	12:15	12:30	7	0	1	0	8
	12:30	12:45	5	0	1	0	6
	12:45	13:00	5	0	2	0	7
	Toplam		24	2	4	0	30

TARİH: 08.05.2013 /AKŞAM

YÖN	ZAMAN		KUZEY	GÜNEY	BATI	DOĞU	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
KUZEY	16:30	16:45	0	210	26	8	244
	16:45	17:00	0	212	21	6	239
	17:00	17:15	0	228	26	9	263
	17:15	17:30	0	223	21	11	255
	Toplam		0	873	94	34	1001
GÜNEY	16:30	16:45	247	0	1	4	252
	16:45	17:00	276	0	3	2	281
	17:00	17:15	243	0	5	7	255
	17:15	17:30	268	0	2	1	271
	Toplam		1034	0	11	14	1059
BATI	16:30	16:45	56	9	0	6	71
	16:45	17:00	41	8	0	3	52
	17:00	17:15	49	5	0	5	59
	17:15	17:30	50	2	0	6	58
	Toplam		196	24	0	20	240
DOĞU	16:30	16:45	12	0	0	0	12
	16:45	17:00	9	1	0	0	10
	17:00	17:15	11	0	0	0	11
	17:15	17:30	7	0	0	0	7
	Toplam		39	1	0	0	40

EK-8 Şehit mahir turan sokak, hoşdere caddesi kesişimi zirve sayım sonuçları.

KAV. NO: 06013
 KAV. ADI: Şehit Mahir Turan Sokak, Hoşdere Caddesi
 TARİH: 8.05.2013/ SABAH

YÖN	ZAMAN		KUZEY	GÜNEY	DOĞU	BATI	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
KUZEY	08:00	08:15	0	176	14	0	190
	08:15	08:30	0	229	5	0	234
	08:30	08:45	0	229	11	0	240
	08:45	09:00	0	210	9	0	219
	Toplam		0	844	39	0	883
GÜNEY	08:00	08:15	336	0	9	0	345
	08:15	08:30	276	0	11	0	287
	08:30	08:45	273	0	7	0	280
	08:45	09:00	262	0	4	0	266
	Toplam		1147	0	31	0	1178
DOĞU	08:00	08:15	15	3	0	0	18
	08:15	08:30	11	3	0	0	14
	08:30	08:45	4	5	0	0	9
	08:45	09:00	12	2	0	0	14
	Toplam		42	13	0	0	55
BATI	08:00	08:15	20	0	6	0	26
	08:15	08:30	27	5	5	0	37
	08:30	08:45	19	3	7	0	29
	08:45	09:00	24	5	1	0	30
	Toplam		90	13	19	0	122

TARİH: 8.05.2013/ ÖĞLE

YÖN	ZAMAN		KUZEY	GÜNEY	DOĞU	BATI	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
KUZEY	12:00	12:15	0	198	0	3	201
	12:15	12:30	0	188	0	3	191
	12:30	12:45	0	192	0	3	195
	12:45	13:00	0	180	0	4	185
	Toplam		0	758	0	13	771
GÜNEY	12:00	12:15	136	0	0	5	141
	12:15	12:30	239	0	0	7	246
	12:30	12:45	220	0	0	3	223
	12:45	13:00	216	0	0	5	221
	Toplam		811	0	0	20	831
DOĞU	12:00	12:15	12	4	0	1	17
	12:15	12:30	9	0	0	4	13
	12:30	12:45	6	1	0	0	7
	12:45	13:00	13	3	0	2	18
	Toplam		40	8	0	7	55
BATI	12:00	12:15	10	4	0	0	14
	12:15	12:30	3	3	0	0	6
	12:30	12:45	8	4	0	0	12
	12:45	13:00	3	5	0	0	8
	Toplam		24	16	0	0	40

TARİH: 8.05.2013/ AKŞAM

YÖN	ZAMAN		KUZEY	GÜNEY	DOĞU	BATI	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
KUZEY	16:30	16:45	0	225	0	3	229
	16:45	17:00	0	211	0	3	216
	17:00	17:15	0	224	0	4	228
	17:15	17:30	0	231	0	1	232
	Toplam		0	891	0	11	902
GÜNEY	16:30	16:45	232	0	0	4	236
	16:45	17:00	267	0	0	1	268
	17:00	17:15	244	0	0	2	246
	17:15	17:30	273	0	0	0	273
	Toplam		1016	0	0	7	1023
BATI	16:30	16:45	13	0	0	1	14
	16:45	17:00	12	2	0	2	16
	17:00	17:15	7	1	0	3	11
	17:15	17:30	8	3	0	0	11
	Toplam		40	6	0	6	52
DOĞU	16:30	16:45	1	4	0	0	5
	16:45	17:00	6	0	0	0	6
	17:00	17:15	4	1	1	0	6
	17:15	17:30	3	1	0	0	4
	Toplam		14	6	1	0	24

EK-10 Portakal çiçeği sokak, hoşdere caddesi kesişimi zirve sayım sonuçları

KAV. NO: 06016
 KAV. ADI: Portakal Çiçeği Sokak, Hoşdere Caddesi Kesişimi
 TARİH: 08.05.2013 / SABAH

YÖN	ZAMAN		BATI	DOĞU	GÜNEY	KUZEY	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
BATI	08:00	08:15	0	150	10	0	160
	08:15	08:30	0	186	12	0	198
	08:30	08:45	0	207	12	0	219
	08:45	09:00	0	195	17	0	212
	Toplam		0	738	51	0	789
DOĞU	08:00	08:15	209	0	2	0	211
	08:15	08:30	195	0	2	0	197
	08:30	08:45	179	0	2	0	181
	08:45	09:00	165	0	1	0	166
	Toplam		748	0	7	0	755
GÜNEY	08:00	08:15	25	11	0	0	36
	08:15	08:30	25	10	0	0	35
	08:30	08:45	46	11	0	0	57
	08:45	09:00	38	14	0	0	52
	Toplam		134	46	0	0	180
KUZEY	08:00	08:15	11	43	12	0	66
	08:15	08:30	13	28	15	0	56
	08:30	08:45	19	37	22	0	78
	08:45	09:00	29	40	21	0	90
	Toplam		72	148	70	0	290

TARİH: 08.05.2013 / ÖĞLE

YÖN	ZAMAN		BATI	DOĞU	GÜNEY	KUZEY	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
BATI	12:00	12:15	0	195	14	0	209
	12:15	12:30	0	165	15	0	180
	12:30	12:45	0	168	12	0	180
	12:45	13:00	0	141	17	0	158
	Toplam		0	669	58	0	727
DOĞU	12:00	12:15	196	0	3	0	199
	12:15	12:30	187	0	0	0	187
	12:30	12:45	150	0	5	0	155
	12:45	13:00	165	0	5	1	171
	Toplam		698	0	13	1	712
GÜNEY	12:00	12:15	23	12	0	0	35
	12:15	12:30	18	15	0	0	33
	12:30	12:45	22	8	0	0	30
	12:45	13:00	17	10	0	0	27
	Toplam		80	45	0	0	125
KUZEY	12:00	12:15	17	33	7	0	57
	12:15	12:30	13	34	12	0	59
	12:30	12:45	5	34	11	0	50
	12:45	13:00	10	28	15	0	53
	Toplam		45	129	45	0	219

TARİH: 08.05.2013 / AKŞAM

YÖN	ZAMAN		BATI	DOĞU	GÜNEY	KUZEY	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
BATI	16:30	16:45	0	179	15	0	194
	16:45	17:00	0	167	16	0	183
	17:00	17:15	0	201	14	0	215
	17:15	17:30	0	183	14	0	197
	Toplam		0	730	59	0	789
DOĞU	16:30	16:45	170	0	4	0	174
	16:45	17:00	186	0	3	0	189
	17:00	17:15	168	0	2	0	170
	17:15	17:30	176	0	3	0	179
	Toplam		700	0	12	0	712
GÜNEY	16:30	16:45	19	8	0	0	27
	16:45	17:00	29	6	0	0	35
	17:00	17:15	24	9	0	0	33
	17:15	17:30	20	8	0	0	28
	Toplam		92	31	0	0	123
KUZEY	16:30	16:45	11	41	14	0	66
	16:45	17:00	24	39	22	0	85
	17:00	17:15	18	49	29	0	96
	17:15	17:30	17	36	20	0	73
	Toplam		70	165	85	0	320

EK-12 Sedat simavi sokak, simon bolivar caddesi kesişimi zirve sayım sonuçları.

KAV. NO: 06016
 KAV. ADI: Sedat Simavi Sokak, Simon Bolivar Caddesi
 TARİH: 10.05.2013

YÖN	ZAMAN		KUZEY	GÜNEY	BATI	DOĞU	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
KUZEY	08:00	08:15	0	264	16	0	280
	08:15	08:30	0	300	19	0	319
	08:30	08:45	0	281	21	0	302
	08:45	09:00	0	314	24	0	338
	Toplam		0	1159	80	0	1239
GÜNEY	08:00	08:15	509	0	6	0	515
	08:15	08:30	622	0	3	0	625
	08:30	08:45	649	0	13	0	662
	08:45	09:00	647	0	11	0	658
	Toplam		2427	0	33	0	2460
BATI	08:00	08:15	104	7	0	0	111
	08:15	08:30	108	14	0	0	122
	08:30	08:45	120	17	0	0	137
	08:45	09:00	109	22	0	0	131
	Toplam		441	60	0	0	501
DOĞU	08:00	08:15	4	5	1	0	10
	08:15	08:30	3	10	1	0	14
	08:30	08:45	6	19	6	0	31
	08:45	09:00	2	6	2	0	10
	Toplam		15	40	10	0	65

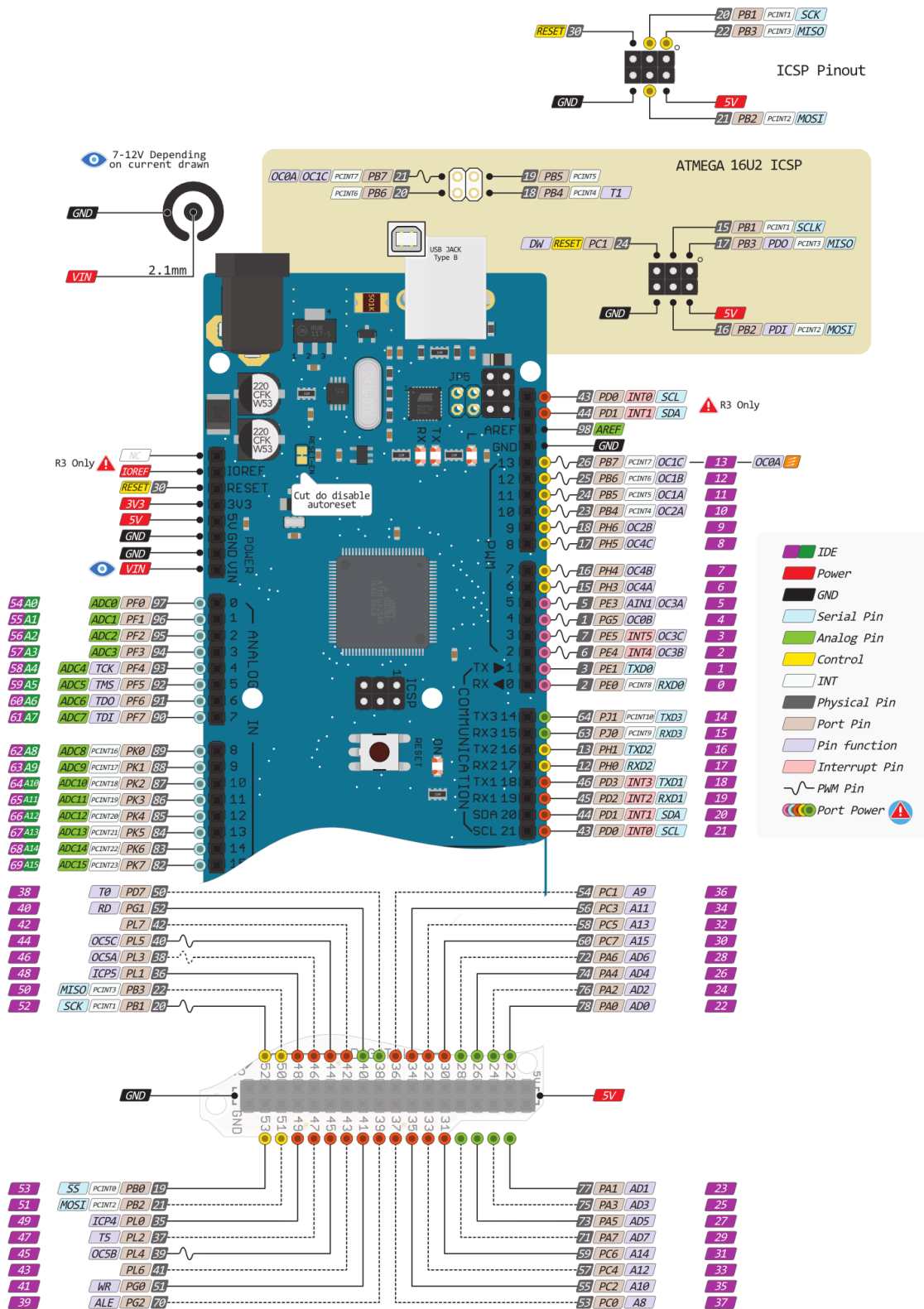
TARİH: 10.05.2013

YÖN	ZAMAN		KUZEY	GÜNEY	BATI	DOĞU	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
KUZEY	11:30	11:45	0	329	29	0	358
	11:45	12:00	0	300	44	0	344
	12:00	12:15	0	230	68	0	298
	12:15	12:30	0	377	45	0	422
	Toplam		0	1236	186	0	1422
GÜNEY	11:30	11:45	342	0	2	0	344
	11:45	12:00	302	0	3	0	305
	12:00	12:15	360	0	2	0	362
	12:15	12:30	354	0	3	0	357
	Toplam		1358	0	10	0	1368
BATI	11:30	11:45	47	17	0	0	64
	11:45	12:00	43	21	0	0	64
	12:00	12:15	59	16	0	0	75
	12:15	12:30	39	28	0	0	67
	Toplam		188	82	0	0	270
DOĞU	11:30	11:45	9	11	4	0	24
	11:45	12:00	5	8	4	0	17
	12:00	12:15	6	9	5	0	20
	12:15	12:30	5	30	9	0	44
	Toplam		25	58	22	0	105

TARİH: 10.05.2013

YÖN	ZAMAN		KUZEY	GÜNEY	BATI	DOĞU	TOPLAM
			Araç	Araç	Araç	Araç	Araç
KUZEY	16:30	16:45	4	382	48	0	434
	16:45	17:00	3	386	70	0	459
	17:00	17:15	2	393	37	0	432
	17:15	17:30	1	358	35	0	394
	Toplam		10	1519	190	0	1719
GÜNEY	16:30	16:45	380	0	18	1	399
	16:45	17:00	366	2	7	0	375
	17:00	17:15	342	2	5	0	349
	17:15	17:30	337	0	10	0	347
	Toplam		1425	4	40	1	1470
BATI	16:30	16:45	36	31	0	0	67
	16:45	17:00	31	33	0	0	64
	17:00	17:15	50	32	0	0	82
	17:15	17:30	41	26	0	1	68
	Toplam		158	122	0	1	281
DOĞU	16:30	16:45	8	18	4	0	30
	16:45	17:00	12	16	7	0	35
	17:00	17:15	9	19	4	0	32
	17:15	17:30	11	32	6	0	49
	Toplam		40	85	21	0	146

EK-13 Arduino mega geliştirme kartı pin diyagramı



EK-14 Kavşak kontrol cihazı mikrodenetleyici yazılımı

```
String okunan; String faz1sure;String faz2sure;String faz3sure;String faz4sure;
char tip;
int f1s,f2s,f3s,f4s;
int ss,kks;
char fazbir[4]; char faziki[4]; char fazuc[4]; char fazdort[4];
int a1,b1,c1,d1,e1,f1,g1,h1,k1,l1,m1,n1;
int a2,b2,c2,d2,e2,f2,g2,h2,k2,l2,m2,n2;
int a3,b3,c3,d3,e3,f3,g3,h3,k3,l3,m3,n3;
int a4,b4,c4,d4,e4,f4,g4,h4,k4,l4,m4,n4;
int ay=16,as=15,ak=14; int by=2,bs=3,bk=4; int cy=5,cs=6,ck=7;
int dy=8,ds=9,dk=10; int ey=11,es=12,ek=13; int fy=50,fs=48,fk=46;
int gy=51,gs=53,gk=52; int hy=45,hs=47,hk=49; int ky=39,ks=41,kk=43;
int ly=33,ls=35,lk=37; int my=27,ms=29,mk=31; int ny=25,ns=23,nk=17;
int bt1=30,bt2=32, bt3=34, bt4=36;
```

```
void setup() {
  Serial.begin (9600);
  pinMode(ay, OUTPUT); pinMode(as, OUTPUT); pinMode(ak, OUTPUT);
  pinMode(by, OUTPUT); pinMode(bs, OUTPUT); pinMode(bk, OUTPUT);
  pinMode(cy, OUTPUT); pinMode(cs, OUTPUT); pinMode(ck, OUTPUT);
  pinMode(dy, OUTPUT); pinMode(ds, OUTPUT); pinMode(dk, OUTPUT);
  pinMode(ey, OUTPUT); pinMode(es, OUTPUT); pinMode(ek, OUTPUT);
  pinMode(fy, OUTPUT); pinMode(fs, OUTPUT); pinMode(fk, OUTPUT);
  pinMode(gy, OUTPUT); pinMode(gs, OUTPUT); pinMode(gk, OUTPUT);
  pinMode(hy, OUTPUT); pinMode(hs, OUTPUT); pinMode(hk, OUTPUT);
  pinMode(ky, OUTPUT); pinMode(ks, OUTPUT); pinMode(kk, OUTPUT);
  pinMode(ly, OUTPUT); pinMode(ls, OUTPUT); pinMode(lk, OUTPUT);
  pinMode(my, OUTPUT); pinMode(ms, OUTPUT); pinMode(mk, OUTPUT);
  pinMode(ny, OUTPUT); pinMode(ns, OUTPUT); pinMode(nk, OUTPUT);
  pinMode(bt1, INPUT); pinMode(bt2, INPUT); pinMode(bt3, INPUT);
  pinMode(bt4, INPUT);
}
```

```
void loop() {
  gelenverioku();
  if (tip=='t') // trafik uyarmalı sistem
  {
    if (digitalRead(bt1)==0){komplekirmizi();fazbiricerik();komplekirmizi();}
    if (digitalRead(bt2)==0){komplekirmizi();fazikiicerik();komplekirmizi();}
    if (digitalRead(bt3)==0){komplekirmizi();fazucicerik();komplekirmizi();}
    if (digitalRead(bt4)==0){komplekirmizi();fazdorticerik();komplekirmizi();}
    else {komplekirmizi();}
    Serial.println(digitalRead(bt1));
    Serial.println(digitalRead(bt2));
    Serial.println(digitalRead(bt3));
    Serial.println(digitalRead(bt4));
  }
}
```

```
if (tip=='s') // sabit süreli sistem
{
  komplekirmizi(); fazbiricerik(); fazikiicerik(); fazucicerik(); fazdorticerik();
}
```

```

}

if (tip=='o') // optimum süreli sistem
{
    komplekirmizi(); fazbiricerik(); fazkiicerik(); fazucicerik(); fazdorticerik();
}

}

void fazbiricerik()
{

for (int i=0; i<4;i++) // faz bir in yeşil yönleri
{
    if (fazbir[i]=='a'){ digitalWrite(ay,1); digitalWrite(as,0); digitalWrite(ak,0); }
    if (fazbir[i]=='b'){ digitalWrite(by,1); digitalWrite(bs,0); digitalWrite(bk,0); }
    if (fazbir[i]=='c'){ digitalWrite(cy,1); digitalWrite(cs,0); digitalWrite(ck,0); }
    if (fazbir[i]=='d'){ digitalWrite(dy,1); digitalWrite(ds,0); digitalWrite(dk,0); }
    if (fazbir[i]=='e'){ digitalWrite(ey,1); digitalWrite(es,0); digitalWrite(ek,0); }
    if (fazbir[i]=='f'){ digitalWrite(fy,1); digitalWrite(fs,0); digitalWrite(fk,0); }
    if (fazbir[i]=='g'){ digitalWrite(gy,1); digitalWrite(gs,0); digitalWrite(gk,0); }
    if (fazbir[i]=='h'){ digitalWrite(hy,1); digitalWrite(hs,0); digitalWrite(hk,0); }
    if (fazbir[i]=='k'){ digitalWrite(ky,1); digitalWrite(ks,0); digitalWrite(kk,0); }
    if (fazbir[i]=='l'){ digitalWrite(ly,1); digitalWrite(ls,0); digitalWrite(lk,0); }
    if(fazbir[i]=='m'){ digitalWrite(my,1); digitalWrite(ms,0); digitalWrite(mk,0); }
    if (fazbir[i]=='n'){ digitalWrite(ny,1); digitalWrite(ns,0); digitalWrite(nk,0); }
}

delay (f1s*1000);

for (int i=0; i<4;i++) // faz bir in sarı yönleri
{
    if (fazbir[i]=='a'){ digitalWrite(ay,0); digitalWrite(as,1); digitalWrite(ak,0); }
    if (fazbir[i]=='b'){ digitalWrite(by,0); digitalWrite(bs,1); digitalWrite(bk,0); }
    if (fazbir[i]=='c'){ digitalWrite(cy,0); digitalWrite(cs,1); digitalWrite(ck,0); }
    if (fazbir[i]=='d'){ digitalWrite(dy,0); digitalWrite(ds,1); digitalWrite(dk,0); }
    if (fazbir[i]=='e'){ digitalWrite(ey,0); digitalWrite(es,1); digitalWrite(ek,0); }
    if (fazbir[i]=='f'){ digitalWrite(fy,0); digitalWrite(fs,1); digitalWrite(fk,0); }
    if (fazbir[i]=='g'){ digitalWrite(gy,0); digitalWrite(gs,1); digitalWrite(gk,0); }
    if (fazbir[i]=='h'){ digitalWrite(hy,0); digitalWrite(hs,1); digitalWrite(hk,0); }
    if (fazbir[i]=='k'){ digitalWrite(ky,0); digitalWrite(ks,1); digitalWrite(kk,0); }
    if (fazbir[i]=='l'){ digitalWrite(ly,0); digitalWrite(ls,1); digitalWrite(lk,0); }
    if(fazbir[i]=='m'){ digitalWrite(my,0); digitalWrite(ms,1); digitalWrite(mk,0); }
    if (fazbir[i]=='n'){ digitalWrite(ny,0); digitalWrite(ns,1); digitalWrite(nk,0); }
}

delay (ss*1000);

for (int i=0; i<4;i++) // faz bir in kırmızı yönleri
{ // kırmızı koruma
    if (fazbir[i]=='a'){ digitalWrite(ay,0); digitalWrite(as,0); digitalWrite(ak,1); }
    if (fazbir[i]=='b'){ digitalWrite(by,0); digitalWrite(bs,0); digitalWrite(bk,1); }
    if (fazbir[i]=='c'){ digitalWrite(cy,0); digitalWrite(cs,0); digitalWrite(ck,1); }
    if (fazbir[i]=='d'){ digitalWrite(dy,0); digitalWrite(ds,0); digitalWrite(dk,1); }
    if (fazbir[i]=='e'){ digitalWrite(ey,0); digitalWrite(es,0); digitalWrite(ek,1); }
    if (fazbir[i]=='f'){ digitalWrite(fy,0); digitalWrite(fs,0); digitalWrite(fk,1); }
    if (fazbir[i]=='g'){ digitalWrite(gy,0); digitalWrite(gs,0); digitalWrite(gk,1); }

```

```

if (fazbir[i]=='h'){digitalWrite(hy,0); digitalWrite(hs,0); digitalWrite(hk,1); }
if (fazbir[i]=='k'){digitalWrite(ky,0); digitalWrite(ks,0); digitalWrite(kk,1); }
if (fazbir[i]=='l'){digitalWrite(ly,0); digitalWrite(ls,0); digitalWrite(lk,1); }
if(fazbir[i]=='m'){digitalWrite(my,0); digitalWrite(ms,0); digitalWrite(mk,1); }
if(fazbir[i]=='n'){digitalWrite(ny,0); digitalWrite(ns,0); digitalWrite(nk,1); }
}
delay (kks*1000);
}

void fazikiicerik()
{

for (int i=0; i<4;i++)
{
if (faziki[i]=='a'){digitalWrite(ay,1); digitalWrite(as,0); digitalWrite(ak,0); }
if (faziki[i]=='b'){digitalWrite(by,1); digitalWrite(bs,0); digitalWrite(bk,0); }
if (faziki[i]=='c'){digitalWrite(cy,1); digitalWrite(cs,0); digitalWrite(ck,0); }
if (faziki[i]=='d'){digitalWrite(dy,1); digitalWrite(ds,0); digitalWrite(dk,0); }
if (faziki[i]=='e'){digitalWrite(ey,1); digitalWrite(es,0); digitalWrite(ek,0); }
if (faziki[i]=='f'){digitalWrite(fy,1); digitalWrite(fs,0); digitalWrite(fk,0); }
if (faziki[i]=='g'){digitalWrite(gy,1); digitalWrite(gs,0); digitalWrite(gk,0); }
if (faziki[i]=='h'){digitalWrite(hy,1); digitalWrite(hs,0); digitalWrite(hk,0); }
if (faziki[i]=='k'){digitalWrite(ky,1); digitalWrite(ks,0); digitalWrite(kk,0); }
if (faziki[i]=='l'){digitalWrite(ly,1); digitalWrite(ls,0); digitalWrite(lk,0); }
if(faziki[i]=='m'){digitalWrite(my,1); digitalWrite(ms,0); digitalWrite(mk,0); }
if(faziki[i]=='n'){digitalWrite(ny,1); digitalWrite(ns,0); digitalWrite(nk,0); }
}
delay (f2s*1000);
for (int i=0; i<4;i++)
{
if (faziki[i]=='a'){digitalWrite(ay,0); digitalWrite(as,1); digitalWrite(ak,0); }
if (faziki[i]=='b'){digitalWrite(by,0); digitalWrite(bs,1); digitalWrite(bk,0); }
if (faziki[i]=='c'){digitalWrite(cy,0); digitalWrite(cs,1); digitalWrite(ck,0); }
if (faziki[i]=='d'){digitalWrite(dy,0); digitalWrite(ds,1); digitalWrite(dk,0); }
if (faziki[i]=='e'){digitalWrite(ey,0); digitalWrite(es,1); digitalWrite(ek,0); }
if (faziki[i]=='f'){digitalWrite(fy,0); digitalWrite(fs,1); digitalWrite(fk,0); }
if (faziki[i]=='g'){digitalWrite(gy,0); digitalWrite(gs,1); digitalWrite(gk,0); }
if (faziki[i]=='h'){digitalWrite(hy,0); digitalWrite(hs,1); digitalWrite(hk,0); }
if (faziki[i]=='k'){digitalWrite(ky,0); digitalWrite(ks,1); digitalWrite(kk,0); }
if (faziki[i]=='l'){digitalWrite(ly,0); digitalWrite(ls,1); digitalWrite(lk,0); }
if(faziki[i]=='m'){digitalWrite(my,0); digitalWrite(ms,1); digitalWrite(mk,0); }
if(faziki[i]=='n'){digitalWrite(ny,0); digitalWrite(ns,1); digitalWrite(nk,0); }
}
delay (ss*1000);

for (int i=0; i<4;i++)
{// kırmızı koruma
if (faziki[i]=='a'){digitalWrite(ay,0); digitalWrite(as,0); digitalWrite(ak,1); }
if (faziki[i]=='b'){digitalWrite(by,0); digitalWrite(bs,0); digitalWrite(bk,1); }
if (faziki[i]=='c'){digitalWrite(cy,0); digitalWrite(cs,0); digitalWrite(ck,1); }
if (faziki[i]=='d'){digitalWrite(dy,0); digitalWrite(ds,0); digitalWrite(dk,1); }
if (faziki[i]=='e'){digitalWrite(ey,0); digitalWrite(es,0); digitalWrite(ek,1); }
if (faziki[i]=='f'){digitalWrite(fy,0); digitalWrite(fs,0); digitalWrite(fk,1); }
if (faziki[i]=='g'){digitalWrite(gy,0); digitalWrite(gs,0); digitalWrite(gk,1); }
if (faziki[i]=='h'){digitalWrite(hy,0); digitalWrite(hs,0); digitalWrite(hk,1); }

```

```

if (faziki[i]=='k'){digitalWrite(ky,0); digitalWrite(ks,0); digitalWrite(kk,1); }
if (faziki[i]=='l'){digitalWrite(ly,0); digitalWrite(ls,0); digitalWrite(lk,1); }
if(faziki[i]=='m'){digitalWrite(my,0); digitalWrite(ms,0); digitalWrite(mk,1); }
if(faziki[i]=='n'){digitalWrite(ny,0); digitalWrite(ns,0); digitalWrite(nk,1); }
}
delay (kks*1000);
}

void fazucicerik()
{

for (int i=0; i<4;i++)
{
if (fazuc[i]=='a'){digitalWrite(ay,1); digitalWrite(as,0); digitalWrite(ak,0); }
if (fazuc[i]=='b'){digitalWrite(by,1); digitalWrite(bs,0); digitalWrite(bk,0); }
if (fazuc[i]=='c'){digitalWrite(cy,1); digitalWrite(cs,0); digitalWrite(ck,0); }
if (fazuc[i]=='d'){digitalWrite(dy,1); digitalWrite(ds,0); digitalWrite(dk,0); }
if (fazuc[i]=='e'){digitalWrite(ey,1); digitalWrite(es,0); digitalWrite(ek,0); }
if (fazuc[i]=='f'){digitalWrite(fy,1); digitalWrite(fs,0); digitalWrite(fk,0); }
if (fazuc[i]=='g'){digitalWrite(gy,1); digitalWrite(gs,0); digitalWrite(gk,0); }
if (fazuc[i]=='h'){digitalWrite(hy,1); digitalWrite(hs,0); digitalWrite(hk,0); }
if (fazuc[i]=='k'){digitalWrite(ky,1); digitalWrite(ks,0); digitalWrite(kk,0); }
if (fazuc[i]=='l'){digitalWrite(ly,1); digitalWrite(ls,0); digitalWrite(lk,0); }
if (fazuc[i]=='m'){digitalWrite(my,1); digitalWrite(ms,0); digitalWrite(mk,0); }
if (fazuc[i]=='n'){digitalWrite(ny,1); digitalWrite(ns,0); digitalWrite(nk,0); }
}
delay (f3s*1000);
for (int i=0; i<4;i++)
{
if (fazuc[i]=='a'){digitalWrite(ay,0); digitalWrite(as,1); digitalWrite(ak,0); }
if (fazuc[i]=='b'){digitalWrite(by,0); digitalWrite(bs,1); digitalWrite(bk,0); }
if (fazuc[i]=='c'){digitalWrite(cy,0); digitalWrite(cs,1); digitalWrite(ck,0); }
if (fazuc[i]=='d'){digitalWrite(dy,0); digitalWrite(ds,1); digitalWrite(dk,0); }
if (fazuc[i]=='e'){digitalWrite(ey,0); digitalWrite(es,1); digitalWrite(ek,0); }
if (fazuc[i]=='f'){digitalWrite(fy,0); digitalWrite(fs,1); digitalWrite(fk,0); }
if (fazuc[i]=='g'){digitalWrite(gy,0); digitalWrite(gs,1); digitalWrite(gk,0); }
if (fazuc[i]=='h'){digitalWrite(hy,0); digitalWrite(hs,1); digitalWrite(hk,0); }
if (fazuc[i]=='k'){digitalWrite(ky,0); digitalWrite(ks,1); digitalWrite(kk,0); }
if (fazuc[i]=='l'){digitalWrite(ly,0); digitalWrite(ls,1); digitalWrite(lk,0); }
if (fazuc[i]=='m'){digitalWrite(my,0); digitalWrite(ms,1); digitalWrite(mk,0); }
if (fazuc[i]=='n'){digitalWrite(ny,0); digitalWrite(ns,1); digitalWrite(nk,0); }
}
delay (ss*1000);
for (int i=0; i<4;i++)
{// kırmızı koruma
if (fazuc[i]=='a'){digitalWrite(ay,0); digitalWrite(as,0); digitalWrite(ak,1);}
if (fazuc[i]=='b'){digitalWrite(by,0); digitalWrite(bs,0); digitalWrite(bk,1);}
if (fazuc[i]=='c'){digitalWrite(cy,0); digitalWrite(cs,0); digitalWrite(ck,1);}
if (fazuc[i]=='d'){digitalWrite(dy,0); digitalWrite(ds,0); digitalWrite(dk,1);}
if (fazuc[i]=='e'){digitalWrite(ey,0); digitalWrite(es,0); digitalWrite(ek,1); }
if (fazuc[i]=='f'){digitalWrite(fy,0); digitalWrite(fs,0); digitalWrite(fk,1); }
if (fazuc[i]=='g'){digitalWrite(gy,0); digitalWrite(gs,0); digitalWrite(gk,1); }
if (fazuc[i]=='h'){digitalWrite(hy,0); digitalWrite(hs,0); digitalWrite(hk,1); }
if (fazuc[i]=='k'){digitalWrite(ky,0); digitalWrite(ks,0); digitalWrite(kk,1); }
if (fazuc[i]=='l'){digitalWrite(ly,0); digitalWrite(ls,0); digitalWrite(lk,1); }

```

```

if (fazuc[i]=='m'){digitalWrite(my,0); digitalWrite(ms,0); digitalWrite(mk,1); }
if (fazuc[i]=='n'){digitalWrite(ny,0); digitalWrite(ns,0); digitalWrite(nk,1); }
}
delay (kks*1000);
}

void fazdorticerik()
{
for (int i=0; i<4;i++)
{
if (fazdort[i]=='a'){digitalWrite(ay,1); digitalWrite(as,0); digitalWrite(ak,0); }
if (fazdort[i]=='b'){digitalWrite(by,1); digitalWrite(bs,0); digitalWrite(bk,0); }
if (fazdort[i]=='c'){digitalWrite(cy,1); digitalWrite(cs,0); digitalWrite(ck,0); }
if (fazdort[i]=='d'){digitalWrite(dy,1); digitalWrite(ds,0); digitalWrite(dk,0); }
if (fazdort[i]=='e'){digitalWrite(ey,1); digitalWrite(es,0); digitalWrite(ek,0); }
if (fazdort[i]=='f'){digitalWrite(fy,1); digitalWrite(fs,0); digitalWrite(fk,0); }
if (fazdort[i]=='g'){digitalWrite(gy,1); digitalWrite(gs,0); digitalWrite(gk,0); }
if (fazdort[i]=='h'){digitalWrite(hy,1); digitalWrite(hs,0); digitalWrite(hk,0); }
if (fazdort[i]=='k'){digitalWrite(ky,1); digitalWrite(ks,0); digitalWrite(kk,0); }
if (fazdort[i]=='l'){digitalWrite(ly,1); digitalWrite(ls,0); digitalWrite(lk,0); }
if(fazdort[i]=='m'){digitalWrite(my,1); digitalWrite(ms,0); digitalWrite(mk,0); }
if (fazdort[i]=='n'){digitalWrite(ny,1); digitalWrite(ns,0); digitalWrite(nk,0); }
}
delay (f4s*1000);

for (int i=0; i<4;i++)
{
if (fazdort[i]=='a'){digitalWrite(ay,0); digitalWrite(as,1); digitalWrite(ak,0); }
if (fazdort[i]=='b'){digitalWrite(by,0); digitalWrite(bs,1); digitalWrite(bk,0); }
if (fazdort[i]=='c'){digitalWrite(cy,0); digitalWrite(cs,1); digitalWrite(ck,0); }
if (fazdort[i]=='d'){digitalWrite(dy,0); digitalWrite(ds,1); digitalWrite(dk,0); }
if (fazdort[i]=='e'){digitalWrite(ey,0); digitalWrite(es,1); digitalWrite(ek,0); }
if (fazdort[i]=='f'){digitalWrite(fy,0); digitalWrite(fs,1); digitalWrite(fk,0); }
if (fazdort[i]=='g'){digitalWrite(gy,0); digitalWrite(gs,1); digitalWrite(gk,0); }
if (fazdort[i]=='h'){digitalWrite(hy,0); digitalWrite(hs,1); digitalWrite(hk,0); }
if (fazdort[i]=='k'){digitalWrite(ky,0); digitalWrite(ks,1); digitalWrite(kk,0); }
if (fazdort[i]=='l'){digitalWrite(ly,0); digitalWrite(ls,1); digitalWrite(lk,0); }
if(fazdort[i]=='m'){digitalWrite(my,0); digitalWrite(ms,1); digitalWrite(mk,0); }
if (fazdort[i]=='n'){digitalWrite(ny,0); digitalWrite(ns,1); digitalWrite(nk,0); }
}
delay (ss*1000);

for (int i=0; i<4;i++)
{
// kırmızı koruma
if (fazdort[i]=='a'){digitalWrite(ay,0); digitalWrite(as,0); digitalWrite(ak,1); }
if (fazdort[i]=='b'){digitalWrite(by,0); digitalWrite(bs,0); digitalWrite(bk,1); }
if (fazdort[i]=='c'){digitalWrite(cy,0); digitalWrite(cs,0); digitalWrite(ck,1); }
if (fazdort[i]=='d'){digitalWrite(dy,0); digitalWrite(ds,0); digitalWrite(dk,1); }
if (fazdort[i]=='e'){digitalWrite(ey,0); digitalWrite(es,0); digitalWrite(ek,1); }
if (fazdort[i]=='f'){digitalWrite(fy,0); digitalWrite(fs,0); digitalWrite(fk,1); }
if (fazdort[i]=='g'){digitalWrite(gy,0); digitalWrite(gs,0); digitalWrite(gk,1); }
if (fazdort[i]=='h'){digitalWrite(hy,0); digitalWrite(hs,0); digitalWrite(hk,1); }
if (fazdort[i]=='k'){digitalWrite(ky,0); digitalWrite(ks,0); digitalWrite(kk,1); }
if (fazdort[i]=='l'){digitalWrite(ly,0); digitalWrite(ls,0); digitalWrite(lk,1); }
}

```



```

if(fazdort[i]=='m'){digitalWrite(my,0); digitalWrite(ms,0); digitalWrite(mk,1); }
  if (fazdort[i]=='n'){digitalWrite(ny,0); digitalWrite(ns,0); digitalWrite(nk,1); }
}
delay (kks*1000);      }

```

```

void komplekirmizi()

```

```

{
  digitalWrite(ay,0); digitalWrite(as,0); digitalWrite(ak,1);
  digitalWrite(by,0); digitalWrite(bs,0); digitalWrite(bk,1);
  digitalWrite(cy,0); digitalWrite(cs,0); digitalWrite(ck,1);
  digitalWrite(dy,0); digitalWrite(ds,0); digitalWrite(dk,1);
  digitalWrite(ey,0); digitalWrite(es,0); digitalWrite(ek,1);
  digitalWrite(fy,0); digitalWrite(fs,0); digitalWrite(fk,1);
  digitalWrite(gy,0); digitalWrite(gs,0); digitalWrite(gk,1);
  digitalWrite(hy,0); digitalWrite(hs,0); digitalWrite(hk,1);
  digitalWrite(ky,0); digitalWrite(ks,0); digitalWrite(kk,1);
  digitalWrite(ly,0); digitalWrite(ls,0); digitalWrite(lk,1);
  digitalWrite(my,0); digitalWrite(ms,0); digitalWrite(mk,1);
  digitalWrite(ny,0); digitalWrite(ns,0); digitalWrite(nk,1);
}

```

```

void gelenverioku()

```

```

{
  if (Serial.available() > 0) {
    okunan = Serial.readString();
    Serial.println(okunan);
  }
}

```

```

faz1sure=okunan.substring(0,3);
f1s=faz1sure.toInt();
fazbir[0]=okunan[3];
fazbir[1]=okunan[4];
fazbir[2]=okunan[5];
fazbir[3]=okunan[6];
faz2sure=okunan.substring(7,10);
f2s=faz2sure.toInt();
faziki[0]=okunan[10];
faziki[1]=okunan[11];
faziki[2]=okunan[12];
faziki[3]=okunan[13];
faz3sure=okunan.substring(14,17);
f3s=faz3sure.toInt();
fazuc[0]=okunan[17];
fazuc[1]=okunan[18];
fazuc[2]=okunan[19];
fazuc[3]=okunan[20];
faz4sure=okunan.substring(21,24);
f4s=faz4sure.toInt();
fazdort[0]=okunan[24];
fazdort[1]=okunan[25];
fazdort[2]=okunan[26];
fazdort[3]=okunan[27];
ss=okunan[28]-'0'; kks=okunan[29]-'0';
tip=okunan[30];
}

```

EK-15 Kavşak kontrol cihazı kullanıcı arayüz programı optimum süre hesaplama program parçası

```

//faz1 var, faz2 var, faz3 var, faz4 var
if (fazdorten != 0 && fazucen != 0 && fazikien != 0 && fazbiren != 0) {
//4 sarı ve 4 koruma olacağı için toplam kayıp süre= 4*(sarı+koruma)
kayipsure = (Integer.parseInt(textBox1.getText()) + Integer.parseInt(textBox2.getText())) * 4;
if (fazbiren == 0) {JOptionPane.showMessageDialog(null, "FAZ 1 seçilmemiş", "Hata",
JOptionPane.INFORMATION_MESSAGE);fazbir = 0;}
    else {fazbir = fazbiren / 3600;}
if (fazikien == 0) {JOptionPane.showMessageDialog(null, "FAZ 2 seçilmemiş", "Hata",
JOptionPane.INFORMATION_MESSAGE);faziki = 0;}
    else {faziki = fazikien / 3600;}
if (fazucen == 0) {JOptionPane.showMessageDialog(null, "FAZ 3 seçilmemiş", "Hata",
JOptionPane.INFORMATION_MESSAGE); fazuc = 0;}
    else {fazuc = fazucen / 3600;}
if (fazdorten == 0) {JOptionPane.showMessageDialog(null, "FAZ 4 seçilmemiş", "Hata",
JOptionPane.INFORMATION_MESSAGE); fazdort = 0;}
    else {fazdort = fazdorten / 3600;}

for (int a = 3; a < 120; a++) {
for (int b = 3; b < 120; b++) {
for (int c = 3; c < 120; c++) {
for (int d = 3; d < 120; d++) {
devir_suresi = a + b + c + d + kayipsure;
gelen_oto_1 = fazbir * devir_suresi;
gelen_oto_2 = faziki * devir_suresi;
gelen_oto_3 = fazuc * devir_suresi;
gelen_oto_4 = fazdort * devir_suresi;

// faz bir için a değerinde servis_1 değerinin hesaplanması
if (fazbirserit == 0) {servis1 = 0;}
if (fazbirserit == 1) {servis1 = (0.0064 * a * a) + (0.46 * a) - 1.6;}
if (fazbirserit == 2) {servis1 = (0.0014 * a * a) + (0.91 * a) - 3.1;}
if (fazbirserit == 3) {servis1 = (0.0023 * a * a) + (1.3 * a) - 4.7;}
if (fazbirserit == 4) {servis1 = (0.0027 * a * a) + (1.8 * a) - 6.3;}

// faz iki için b değerinde servis_2 değerinin hesaplanması
if (fazikiserit == 0) {servis2 = 0;}
if (fazikiserit == 1) {servis2 = (0.0064 * b * b) + (0.46 * b) - 1.6;}
if (fazikiserit == 2) {servis2 = (0.0014 * b * b) + (0.91 * b) - 3.1;}
if (fazikiserit == 3) {servis2 = (0.0023 * b * b) + (1.3 * b) - 4.7;}
if (fazikiserit == 4) {servis2 = (0.0027 * b * b) + (1.8 * b) - 6.3;}

// faz üç için c değerinde servis_3 değerinin hesaplanması
if (fazucserit == 0) {servis3 = 0;}
if (fazucserit == 1) {servis3 = (0.0064 * c * c) + (0.46 * c) - 1.6;}
if (fazucserit == 2) {servis3 = (0.0014 * c * c) + (0.91 * c) - 3.1;}
if (fazucserit == 3) {servis3 = (0.0023 * c * c) + (1.3 * c) - 4.7;}
if (fazucserit == 4) {servis3 = (0.0027 * c * c) + (1.8 * c) - 6.3;}

// faz dört için d değerinde servis_4 değerinin hesaplanması
if (fazdortserit == 0) {servis4 = 0;}
if (fazdortserit == 1) {servis4 = (0.0064 * d * d) + (0.46 * d) - 1.6;}
if (fazdortserit == 2) {servis4 = (0.0014 * d * d) + (0.91 * d) - 3.1;}
if (fazdortserit == 3) {servis4 = (0.0023 * d * d) + (1.3 * d) - 4.7;}
if (fazdortserit == 4) {servis4 = (0.0027 * d * d) + (1.8 * d) - 6.3;}

```

```
toplaml_birikme = Math.abs(servis1 - gelen_oto_1) + Math.abs(servis2 - gelen_oto_2)
                + Math.abs(servis3 - gelen_oto_3) + Math.abs(servis4 - gelen_oto_4);
if (toplaml_birikme < toplaml_birikme_min) {
    toplaml_birikme_min = toplaml_birikme;
    if (servis1 == 0) {fazbirsure = 0; } else {fazbirsure = a; }
    if (servis2 == 0) {fazikisure = 0; } else {fazikisure = b; }
    if (servis3 == 0) {fazucsure = 0; } else {fazucsure = c; }
    if (servis4 == 0) {fazdortsure = 0; } else {fazdortsure = d; }
    devir_opt = devir_suresi;
}
```



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Emre KESKİN
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara 06/09/1984
Telefon : 05492486671
Faks :
e-mail : webemrekeskin@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Oğuzhan Teknik Lisesi, ANKARA	2002
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, KONYA	2009
Yüksek Lisans	:	
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2009	Meram Belediyesi	Mühendis
2010	Ankara Büyükşehir Belediyesi	Mühendis
2012	EGO Genel Müdürlüğü	Şube Müdürü
2018	Ankara Büyükşehir Belediyesi	Şube Müdürü

UZMANLIK ALANI

Elektrik Elektronik Mühendisliği

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

KESKİN, E., ÇETİNKAYA, N., 2013, “Bir kavşağın optimizasyonu ve elde edilen faydaların irdelenmesi”, 4. Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu Seçilmiş Bildiriler, Cilt 1, 281-288.