



T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

ARTERLERDE TRAFİK OPTİMİZASYONU VE BİR UYGULAMA

Ali KAVURUR

0040201019

DOKTORA TEZİ

Tez Danışmanı

Prof. Dr. İBRAHİM GÜNGÖR

ISPARTA, 2015



SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



DOKTORA TEZ SAVUNMA SINAV TUTANAĞI

Tez Savunma Sınav Tutanağı 2

Öğrencinin Adı Soyadı	Ali KAYGURUZ	
Anabilim Dalı	İşletme	
Tez Başlığı	Arterlerde trafik optimizasyonu ve bir uygulaması	
Yeni Tez Başlığı ¹ (Eğer değişmesi önerildi ise)		
<p>Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği hükümleri uyarınca yapılan Doktora Tez Savunma Sınavında Jürimiz 24.8/2015 tarihinde toplanmış ve yukarıda adı geçen öğrencinin Doktora tezi için;</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> OY BİRLİĞİ <input type="checkbox"/> OY ÇOKLUĞU²</p> <p>ile aşağıdaki kararı almıştır.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Yapılan savunma sınavı sonucunda aday başarılı bulunmuş ve tez KABUL edilmiştir. <input type="checkbox"/> Yapılan savunma sınavı sonucunda aday başarısız bulunmuş ve tezinin REDDEDİLMESİ³ kararlaştırılmıştır.</p>		
TEZ SINAV JÜRİSİ	Adı Soyadı/Üniversitesi	İmza
Danışman	Prof. Dr. İbrahim Gurgör / Akdeniz	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Zihni Tunca / SDÜ	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Abdullah Eröglü / SDÜ	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Gültekin Özdemir / SDÜ	
Jüri Üyesi	Yrd. Doç. Dr. Muhammed R. KURBAN / MKEÜ	

¹ Tez başlığının DEĞİŞTİRİLMESİ ÖNERİLDİ ise yeni tez başlığı ilgili alana yazılacaktır. Değişme yoksa çizgi (-) konacaktır.

² OY ÇOKLUĞU ile alınan karar için muhalefet gerekçesi raporu eklenmelidir.

³ Tezi REDDEDİLEN öğrenciler için gerekçeli jüri raporu eklenmeli ve raporu tüm üyeler imzalamalıdır. Tezi reddedilen öğrenci, yeni tez konusu belirler.



T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YEMİN METNİ

~~Yüksek Lisans~~ / Doktora tezi olarak sunduğum “ Arterlerde Trafik Optimizasyonu ve Bir Uygulama” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim


Ali KAVURUR

14-9-2015

ÖZET

ARTERLERDE TRAFİK OPTİMİZASYONU VE BİR UYGULAMA

ALİ KAVURUR

Süleyman Demirel Üniversitesi, İşletme Anabilim Dalı

Doktora Tezi, 96 Sayfa, Ağustos 2015

Danışman: Prof. Dr. İbrahim GÜNGÖR

Şehirlerdeki trafik sıkışıklığı günümüzde önemli problemlerden bir tanesidir. Trafik sıkışıklığını gidermenin yöntemlerinden birisi de arterlerde trafik koordinasyonunun sağlanmasıdır. Bu tez çalışmasında; Arterlerde trafik optimizasyonu konusu araştırılarak Alanya D-400 karayolu üzerinde bulunan 12 kavşak üzerinde optimizasyon hesabı yapılmıştır.

Trafik optimizasyonunda temelde 2 tür metod izlenmektedir. Bunlar; gecikme, durmaların sayısını minimize eden veya bandgenişliğini maksimize eden metodlardır. Yapılan çalışmada bandgenişliğini maksimize eden metodlardan MAXBAND metodu temel alınmıştır. Bu metod trafikteki araç hızlarını eşit kabul etmekte, fakat gerçekte araç hızları farklı olmaktadır. Bu nedenle 40-60 km/saat hız aralıkları altında MAXBAND-Dispersion modeli uygulanmış ve optimizasyon sağlanmıştır. Çalışma sonuçlarında minimum 9.78 saniye, maksimum 45.00 saniyelik bandgenişliği oluşturulmuştur. Toplam trafik gecikmelerinde ve seyahat süresinde önemli azalmaların olabileceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bandgenişliği Optimizasyonu, Trafik Kontrol, Sinyalizasyon

ABSTRACT**ARTERIAL TRAFFIC OPTIMIZATION AND AN APPLICATION****ALİ KAVURUR**

University of Süleyman Demirel

Institute of Social Sciences, Department of Business Administration

PhD Thesis, 96 Pages, August 2015

Supervising Professor: Prof. Dr. İbrahim GÜNGÖR

Traffic congestion in cities is one of the major problems today. One method for solving the traffic congestion is also coordinating traffic arteries. In this study; Traffic optimization issues were explored in Alanya D-400 traffic artery optimization calculation is made on the 12 intersections on the highway.

Basically 2 types of methods are followed in traffic optimization. These are: minimize of delay and stops, bandwidth maximization. In this study the MAXBAND method is based on the method that maximizes the bandwidth. This method accepts the same vehicle speed in traffic, but the actual vehicle speeds are different. Therefore 40-60 km / h intervals apply under MAXBAND-Dispersion model and optimization were provided. The results of minimum 9.78 seconds, maximum 45.00-second bandwidth was created. Of the total traffic delays and travel time reduction it is understood that there may be significant.

Keywords: Bandwidth Optimization, Traffic Control, Signalization

İÇİNDEKİLER

ÖZET	İV
ABSTRACT	V
İÇİNDEKİLER	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	İX
TABLOLAR DİZİNİ	X
TEŞEKKÜR	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR	XII

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Konusu ve Önemi	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve İçeriği	3

İKİNCİ BÖLÜM SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ

2.1. Trafik Sinyal Sistemleri	5
2.2. Sinyalizasyonda Kullanılan Temel Kavramlar	5
2.3. Sinyalizasyon Kontrol Türleri	9
2.3.1. Sabit Zamanlı Sinyalizasyon	9
2.3.2. Trafik Uyarımalı (Actuated) Sinyalizasyon	10
2.3.3. Trafik Uyarlamalı (Adaptive) Sinyalizasyon	10
2.4. Trafik Sinyal Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi	11
2.5. Trafik Optimizasyonunda Kullanılan Yazılımlar	12
2.5.1. TRANSYT (Traffic Network And Isolated Intersection Study Tool) .	12
2.5.2. SCOOT (Split Cycle Ofset Optimization Method)	13
2.5.3. SCATS (Sdney Coordinated Adaptive Traffic System)	14

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM KAVŞAKLARDA SİNYALİZASYON HESABI

3.1. Akımlar ve Fazlar.....	17
3.2. Sinyal Devresi	18
3.3. İngiliz Yöntemi (Webster) ile Sinyalizasyon	18
3.3.1. Etkin Yeşil Süre ve Kayıp Zaman	21
3.3.2. Periyot Süresi ve Yeşil Sürelerin Hesabı	22
3.3.3. Gecikme Hesabı	23
3.3.4. Webster Yöntemi Akış Diyagramı	24
3.4. Avustralya (Akçelik) Yöntemi ile Sinyalizasyon Hesabı	25
3.4.1. Akım Karakteristikleri	25
3.4.2. Kritik Akımlar	26
3.4.3. Kapasite, Doğunluk Derecesi ve Kavşak Kayıp Zamanı	27
3.4.4. Devre Süresi Hesabı	29
3.4.5. Yeşil Süre Hesabı	30

3.4.6. Avustralya Yöntemi ile Gecikme Hesabı	32
3.4.7. Avustralya Yöntemi Akış Diyagramı	33
3.5. Kavşaklarda Hizmet Düzeyleri	35

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TRAFİK SİNYAL KOORDİNASYONU

4.1. Koordinasyonla İlgili Temel Tanımlamalar	37
4.2. Zaman Mesafe Diyagramı	38
4.3. Platoon Dağılımı	40
4.4. Arterlerde Trafik Optimizasyonu	42
4.5. Maxband (Maximal Bandwidth Traffic Signal Setting Optimization Program)	42
4.6. Senkronizasyonun Bulunması	49
4.7. Multiband (An Extension of MAXBAND)	50
4.8. MAXBAND Dispersion Yöntemiyle Trafik Optimizasyonu	52

BEŞİNCİ BÖLÜM

UYGULAMA

5.1. Alanya Çevreyolu	55
5.2. Tosmur Kavşağı	57
5.3. Obagöl Kavşağı	58
5.4. Metro Kavşağı	59
5.5. Alanyum Kavşağı	60
5.6. Sanayi Kavşağı	61
5.7. Hastane Kavşağı	62
5.8. Ticaret Lisesi Kavşağı	63
5.9. E. Kahvecioğlu Kavşağı	64
5.10. Yaylayolu Kavşağı	65
5.11. Telekom Kavşağı	66
5.12. Kızlar Pınarı Kavşağı	67
5.13. Dinek Kavşağı	68
5.14. Platoon Dağılımına Göre Kavşaklar Arası Süre Hesabı	69
5.15. Koordinasyon Hesabı İçin Ortak Devre Süresi ve Yeşil-Kırmızı Sürelerin Buna Göre Dağılımı	70
5.16. Koordinasyonda Kullanılan Periyot için Sürelerin Dağılımı	71
5.17. Tosmur Obagöl Kavşağı Arası Koordinasyon Hesabı	72
5.18. Obagöl –Metro Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı	73
5.19. Metro –Alanyum Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı	74
5.20. Alanyum-Sanayi Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı	75
5.21. Sanayi –Hastane Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı	76
5.22. Hastane - Ticaret Lisesi Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı	77
5.23. Ticaret Lisesi - Kahvecioğlu Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı	78
5.24. Kahvecioğlu – Yaylayolu Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı	79
5.25. Yaylayolu-Telekom Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı	80

5.26. Telekom - Kızlarpınarı Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı	81
5.27. Kızlarpınarı – Dinek Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı	82
5.28. Kavşaklar Arası Ofset ve Bandgenişliklerinin Özeti	83
SONUÇ	84
KAYNAKÇA	86
EKLER	90
ÖZGEÇMİŞ	96

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. TRANSYT Trafik Modelinin Çalışması.....	12
Şekil 3.1. Örnek Faz Diyagramı.....	17
Şekil 3.2. Sinyal Devre Diyagramı	18
Şekil 3.3. Trafikte Doygun Akım Grafiği	18
Şekil 3.4. Kavşaklarda Gecikme Aşamaları.....	23
Şekil 3.5. Webster Yöntemi Akış Diyagramı.....	24
Şekil 3.6. Akçelik Yöntemine Göre Doygun Akım Grafiği	25
Şekil 3.7. Kritik Akım Arama Diyagramı.....	27
Şekil 3.8. Avustralya Yöntemi Akış Diyagramı	34
Şekil 4.1. Tek Yönlü Yollarda Bandgenişliği	39
Şekil 4.2. Çift Yönlü Yollarda Bandgenişliği	40
Şekil 4.3. Platoon Dağılımı	41
Şekil 4.4. Temel Maxband Grafiği	44
Şekil 4.5. Multiband Grafiği	50
Şekil 5.1. Alanya Çevreyolu Sinyalizasyonu Yapılan Arter Cizimi.....	56
Şekil 5.2. Tosmur Kavşağı Geometrik Durumu	57
Şekil 5.3. Tosmur Kavşağı Faz Planı	57
Şekil 5.4. Obagöl Kavşağı Geometrik Durumu	58
Şekil 5.5. Obagöl Kavşağı Faz Planları	58
Şekil 5.6. Metro Kavşağı Geometrik Durumu	59
Şekil 5.7. Metro Kavşağı Faz Planları	59
Şekil 5.8. Alanyum Kavşağı Geometrik Durumu	60
Şekil 5.9. Alanyum Kavşağı Faz Planları	60
Şekil 5.10. Sanayi Kavşağı Geometrik Durumu	61
Şekil 5.11. Sanayi Kavşağı Faz Planları	61
Şekil 5.12. Hastane Kavşağı Geometrik Durumu	62
Şekil 5.13. Hastane Kavşağı Faz Planları	62
Şekil 5.14. Ticaret Lisesi Kavşağı Geometrik Durumu	63
Şekil 5.15. Ticaret Lisesi Kavşağı Faz Planları	63
Şekil 5.16. E. Kahvecioğlu Kavşağı Geometrik Durumu	64
Şekil 5.17. E. Kahvecioğlu Kavşağı Faz Planları	64
Şekil 5.18. Yaylayolu Kavşağı Geometrik Durumu	65
Şekil 5.19. Yaylayolu Kavşağı Faz Planları	65
Şekil 5.20. Telekom Kavşağı Geometrik Durumu.....	66
Şekil 5.21. Telekom Kavşağı Faz Planları	66
Şekil 5.22. Kızlar Pınarı Kavşağı Geometrik Durumu	67
Şekil 5.23. Kızlar Pınarı Kavşağı Faz Planları.....	67
Şekil 5.24. Dinek Kavşağı Geometrik Durumu	68
Şekil 5.25. Dinek Kavşağı Faz Planları	68

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Trafikteki Jenerasyonların Karşılaştırılması.....	11
Tablo 3.1. Yöre Etkisinin Doyuma Etkisi	20
Tablo 3.2. Kavşaklarda Hizmet Düzeyi	36
Tablo 5.1. Tosmur Kavşağı Trafik Akım Değerleri, Sürelerin Dağılımı	57
Tablo 5.2. Obagöl Kavşağı Trafik Akım Değerleri, Sürelerin Dağılımı	58
Tablo 5.3. Metro Kavşağı Trafik Akım Değerleri, Sürelerin Dağılımı	59
Tablo 5.4. Alanyum Kavşağı Trafik Akım Değerleri, Sürelerin Dağılımı.....	60
Tablo 5.5. Sanayi Kavşağı Trafik Akım Değerleri, Sürelerin Dağılımı.....	61
Tablo 5.6. Hastane Kavşağı Trafik Akım Değerleri, Sürelerin Dağılımı	62
Tablo 5.7. Ticaret Lisesi Kavşağı Trafik Akım Değerleri, Sürelerin Dağılımı.....	63
Tablo 5.8. E. Kahvecioğlu Kavşağı Trafik Akım Değerleri, Sürelerin Dağılımı.	64
Tablo 5.9. Yaylayolu Kavşağı Trafik Akım Değerleri, Sürelerin Dağılımı	65
Tablo 5.10. Telekom Kavşağı Trafik Akım Değerleri, Sürelerin Dağılımı.....	66
Tablo 5.11. Kızlar Pınarı Kavşağı Trafik Akım Değerleri, Sürelerin Dağılımı	67
Tablo 5.12. Dinek Kavşağı Trafik Akım Değerleri, Sürelerin Dağılımı	68
Tablo 5.13. Koordinasyona Göre Sürelerin Dağılımı.....	70
Tablo 5.14. Koordinasyonda Kullanılan Periyot İçin Sürelerin Dağılımı	71
Tablo 5.15. Tosmur Obagöl Arası Koordinasyon Hesabı	72
Tablo 5.16. Obagöl Metro Arası Koordinasyon Hesabı	73
Tablo 5.17. Metro-Alanyum Arası Koordinasyon Hesabı	74
Tablo 5.18. Alanyum-Sanayi Arası Koordinasyon Hesabı	75
Tablo 5.19. Sanayi-Hastane Arası Koordinasyon Hesabı	76
Tablo 5.20. Hastane-Ticaret Lisesi Arası Koordinasyon Hesabı	77
Tablo 5.21. Ticaret Lisesi- Kahvecioğlu Arası Koordinasyon Hesabı	78
Tablo 5.22. Kahvecioğlu – Yaylayolu Arası Koordinasyon Hesabı	79
Tablo 5.23. Yaylayolu- Telekom Arası Koordinasyon Hesabı	80
Tablo 5.24. Telekom-Kızlarpınarı Arası Koordinasyon Hesabı	81
Tablo 5.25. Kızlarpınarı-Dinek Arası Koordinasyon Hesabı	82
Tablo 5.26. Koordinasyon için Hesaplanan Ofset ve Band Genişliği Değerleri	83

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında; benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyip bana her zaman yardımcı olan hocam Prof. Dr. İbrahim GÜNGÖR'e, çalışmalarına yaptığı katkılar dolayısıyla Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Halim CEYLAN'a, farklı bir disiplinde lisans eğitimi almış olmama rağmen işletme dalında yetişmemde emeği olan, ders aldığım tüm hocalarıma, beni her koşulda destekleyen eşim Selda KAVURUR ve aileme, tez izleme komitesi üyeleri, Prof. Dr. Abdullah Eroğlu ve Doç. Dr. Gültekin ÖZDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Merhum Sevgili kardeşim Dr. Gökhan OSMANOĞLU'na, ithaf ederim.

Ali KAVURUR

Ağustos, 2015

SİMGELER ve KISALTMALAR

q	Trafik Hacmi
c	Kapasite
C	Periyot Süresi
d	Taşıt başına düşen ortalama gecikme
D	Toplam Gecikme
G	Yeşil süre
Y	Sarı süre
AR	Her yöne kırmızı süre
g	Etkin yeşil süre
I	Yeşillerearası süre
λ	Akım kayıp süresi
s	Doygun Akım Değeri
v	Hız
n	Faz Sayısı
\bar{r}_i	Gelen yönündeki kırmızı süre
r_i	Giden yönündeki kırmızı süre
b_i	Giden yönündeki bandgenişliği
\bar{b}_i	Gelen yönündeki bandgenişliği
w_i	Giden yöndeki kırmızı sinyalin sağından yeşil bandın soluna kadar olan mesafe
\bar{w}_i	Giden yöndeki kırmızı sinyalin sağından yeşil bandın soluna kadar olan mesafe
\bar{t}_i	Kavşak i+1 den kavşak i'ye kadar seyahat süresi
t_i	Kavşak i den kavşak i+1'e kadar seyahat süresi
Δ_i	r_i nin merkezinden en yakın \bar{r}_i ye kadar olan mesafe
$\tau_i(\bar{\tau}_i)$	Kuyruk temizlenmesi için gerekli süre

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Konusu ve Önemi

Trafik konusunda yapılan çalışmalar 1950’li yıllardan beri artarak sürmektedir. Tek bir kavşağın kontrolünden alansal bir ağın kontrolüne, çevrimiçi ya da çevrimdışı olmasından sabit ve adaptif sistemlere kadar çok geniş bir perspektifde trafik kontrolü yapılmaktadır. Buradaki temel amaç konforlu bir seyahatin yanısıra, güvenli bir seyahat de sağlamaktır. Trafik optimizasyonunda girdi sayısının fazlalığı, şartların değişkenliği, bir çok farklı amaca hizmet etmesi, ölçüm sonuçlarının farklılığı gibi parametrelerden dolayı trafik sinyallerinin kontrolü, tipik bir çok amaçlı kontrol problemidir. Trafik kontrolü, sadece tek bir kavşak için yapılabileceği gibi, bir anayol (arter) üzerinde veya bölgesel bir alanda da yapılabilir. Trafik kontrolünün hedefi; geçen araç sayısını artırmak ve etkin bir kuyruklanma yönetimi sağlamaktır.

Son yüzyılda ulaşım ihtiyacının artması ve hızla artan araç sayısı trafik sıkışıklığına sebep olmaktadır. Bunun sonucunda trafikte aşırı gecikmeler, güvenliğin azalması ve çevre kirliliği oluşmaktadır. Trafik kontrolü ile mevcut altyapı optimal kullanılarak, verimli, güvenli ve çevreyi daha az kirleten sistemler oluşturulabilir (Papageorgiou vd., 2003:2043).

1990’lı yıllardan 2013 yılına kadar nüfusu 1 milyondan fazla olan şehirlerdeki nüfus artışı yüzde 22 olarak gerçekleşmiştir. Bununla beraber trafikteki seyahat süreleri ve kayıplar da artmıştır. Örneğin ABD’de 2011 yılındaki trafik sıkışıklığından kaynaklanan maliyet 121 milyar dolardır ve 2025 yılına kadar bunun yüzde 40 daha artacağı tahmin edilmektedir (Kurzanskiy, 2015:1).

Ulaşım ile ilgili problemler günümüz dünyasında kentlerin en önemli sorunları arasındadır. Ulaşım probleminin çözümünde kent içi trafik kontrol sistemleri önemli faydalar sağlamaktadır. Temelde trafik kontrol sistemleri iki temel gruba ayrılabilir. Bunlar, sabit zamanlı stratejiler ve araç uyarmalı stratejilerdir. Sabit zamanlı stratejilerde geçmiş verilerden elde edilen bilgilerle en uygun trafik zamanlama süreleri ayarlanmaktadır. Bu geçmiş veriler günün değişik saatlerinde farklı şekillerde uygulanabilmektedir. Araç uyarmalı stratejilerde ise, gerçek zamanlı ölçülen trafik

parametreleri ile ihtiyaçlara en uygun süre ayarlaması yapılmaktadır (Dotoli vd, 2006:1297).

Arterlerdeki iki yönlü sinyal koordinasyonu konusunda yapılan çalışmalar son 50 yılda artarak devam etmiştir. Trafik koordinasyonunun optimizasyonunda temel olarak iki farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlardan ilki, gecikme ve durma sayılarını en aza indirgeyen yöntem, diğeri ise band genişliğini maksimize eden yöntemlerdir (Li, 2014:749).

Morgan ve Little 1964'de ilk olarak arterlerdeki band genişliğini maksimize edecek temel formulasyonu modellemiştir. Gene aynı model üzerinden çalışmalarını devam ettiren Little 1966'da; periyot süresi, ilerleme hızı ve ofset değerlerini dikkate alarak, tamsayı programlama modelini oluşturmuştur. Geliştirilen model temel MAXBAND modeli olarak literatürde yer almıştır. Bu modele Little tarafından 1981'de başlangıç kuyruklarının etkisi ve sola dönüş parametreleri eklenmiştir (Yang vd:2015, 93).

Bandgenişliğini optimize eden temel model olan MAXBAND, 1991 'de Gartner tarafından geliştirilerek MULTIBAND adını almıştır. Bu model ise, trafik linklerindeki farklı trafik hacimleri ve iki yönlü yol için farklı bandgenişliklerini hesaplayan bir modeldir. Bu modele benzerlik gösteren diğeri bir model olan PASSER' de 2002 yılında Chaudhary tarafından çalışılmıştır. 2007 yılında Tian ve Urbanik tarafından trafik ilerlemesini daha iyi optimize etmek amacıyla, kavşakların alt gruplar altında yeterli bir bandgenişliğini ayarlamak amacıyla, kavşak altgrupları arasında bölme tekniğini geliştiren bir model tasarlanmıştır. İlerleme süresi belirsizliği hesaba katan Li tarafından 2014 yılında sinyal senkronizasyonu için yeni bir model de önerilmiştir (Lin:2010,727).

Arter düzeyinde tasarım odaklı bu çalışmaların yanısıra bazı araştırmacılar da alansal düzeyde modeller üzerinde de çalışmıştır. Chang vd. tarafından 1988'de çoklu arterli bir alanda MAXBAND-86 adıyla bir optimizasyon programı oluşturmuştur. Benzer şekilde bir diğeri alansal optimizasyon uygulaması olan MULTIBAND-96 modeli de, Stamatiadis ve Gartner tarafından 1996'da modellenmiştir. Değişken sayısının ve modelin karmaşıklığının artması sonucu, 2002 ve 2004'de Stamatiadis ve Gartner iki aşamalı bir çözüm şeklini geliştirmiştir. Bu model, birinci adımda öncelikli güzergahları seçmekte ikinci adımda da en büyük hacme sahip yoldaki seçilen rotadaki karar- değişkenlerini kullanarak modellemektedir.

Temel model olan MAXBAND tüm araç hızlarını eşit kabul etmektedir. Fakat gerçekte araç performansları birbirinden farklı olduğu için, 2008 yılında Lu tarafından MAXBAND-Dispersion Model geliştirilmiştir. Bu modelde iki kavşak arasındaki seyahat süresi, araç hızlarının Platoon dağılıma uyduğu varsayılarak hesaplanmış ve temel MAXBAND modele entegre edilmiştir (Kai, 2012:119).

1.2. Çalışmanın Amacı ve İçeriği

Bu çalışmada bandgenişliğini maksimize eden metodlardan, “MAXBAND-Dispersion” metodu kullanılmış ve Alanya’da bulunan D-400 arterindeki 12 kavşak optimize edilmiştir. 40-60 km/saat hız aralığında ve kavşaklar arasında sırayla, Antalya yönünde 28.31, 27.78, 12.23, 23.34, 18.89, 17.78, 34.01, 35, 45, 32.22, 28.33 saniye, Mersin yönünde ise, 22.65, 22.23, 9.78, 18.67, 15.11, 14.22, 28, 28, 36, 25.78, 22.67 saniye bandgenişliği oluşturulmuştur. Arter boyunca oluşan 12 kavşak için trafik sayımları gerçekleştirilmiş ve en uygun olabilecek faz planlarına göre koordinasyon hesabı yapılmıştır. Trafik sayım sonuçlarına göre her kavşak için Webster yöntemi kullanılarak kırmızı ve yeşil sürelerin dağılımı yapılmıştır. Daha sonra bu dağılıma uygun koordinasyon hesabı MAXBAND Dispersion yöntemine göre çözülmüştür. Klasik MAXBAND yönteminde tüm araç hızları eşit kabul edilirken, MAXBAND Dispersion yönteminde araç hızlarının dağılımının Platoon dağılıma uygun olduğu görülerek tezde de bu yöntem uygulanmıştır. Bu sayede araçların kırmızı ışığa takılmadan arter boyunca ilerlemesini sağlayabilecek şekilde trafik ışıkları senkronize edilebilecektir.

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde; tez çalışmasının konusu, önemi, amaçları ve tezin içeriğine dair bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde; trafik sinyal sistemleri hakkında bilgiler verilmiş ve trafikte kullanılan programlardan bazıları anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, izole (bağımsız) bir kavşak için sinyal sürelerinin Webster ve Akçelik yöntemleri ile hesabı anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde; trafik bandgenişliği optimizasyonunda kullanılan temel model olan MAXBAND yöntemi anlatılmış ve tezde kullanılan MAXBAND-Dispersion yöntemi incelenmiştir.

Beşinci bölümdeki uygulama kısmında; koordinasyon yapılması düşünölen Alanya D-400 karayolundaki 12 kavşak incelenmiş, trafik sayımları yapılarak koordinasyon için uygulanabilecek en uygun faz planları oluşturulmuştur. Platoon dağılımına göre kavşaklar arasındaki süre hesaplanarak MAXBAND-Dispersion yöntemiyle optimizasyon planlanmıştır.

Sonuç bölümünde; elde edilen bilgiler ışığında, araştırmanın sonuçları ve öneriler ortaya konmuştur.

İKİNCİ BÖLÜM

SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ

2.1. Trafik Sinyal Sistemleri

Trafik mühendisliğinde temel amaç güvenli bir yol seyahati sağlamaktır. Bu amacın yanında hız, konfor, rahat bir sürüş, ekonomi ve çevreye duyarlı bir sistem kurulması amaçlanmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda, yolların kesiştiği ve ortak kullanım alanı olan kavşaklara sinyalizasyon tesisleri kurulur. Kavşaklarda trafik akımları birbirlerini etkiledikleri için kapasitenin azalmasına, trafik kazalarına, durma ve gecikmelere sebep olurlar. Düşük hacimli kavşaklarda; geçiş önceliğinin trafik işaretleri ile belirtilmesi, sola veya U dönüş yasağının oluşturulması, park yasakları gibi önlemlerle trafik kontrol altına alınmaya çalışılır. Yüksek hacimli kavşaklarda ise, trafik sinyalizasyonu ile trafik kontrol edilir (Tunç, 2003:451).

Kavşaklarda trafik sinyalizasyonunun kurulmasının avantajları şöyle sıralanabilir (Roess vd,2004:453):

- Düzenli bir trafik akımının sağlanması,
- Sinyal sürelerinin uygun olarak belirlenmesiyle kavşak kapasitesinin artırılması,
- Kaza ve çarpışma ihtimalinin azaltılması,
- Kavşaklar arasında koordine sağlanabilmesi,
- Ağır trafik koşullarında yayaların geçişine imkan vermesi

2.2. Sinyalizasyonda Kullanılan Temel Kavramlar

Bu bölümde trafik sinyalizasyonunda kullanılan temel tanımlar açıklanmıştır (Mannering,2008:227-240; Öztürk,2004:5-14; HCM, 2010:262-283, Jiajia, 2012:15).

Anahtar Kavşak: Koordine sinyalizasyon tesislerinde tüm kavşaklardaki sinyalleri kontrol eden kavşaktır.

Arter: Trafik akışının yoğun olduğu, kavşakları aynı düzlemde bulunan ve trafiğin güvenle akışını kolaylaştıran karayoludur.

Bandgenişliği: Sürekli hareket eden araçların bir kavşaktan diğerine hareket ederken kullanabildikleri yeşil alan miktarıdır.

Dalga: Taşıtların gruplar halinde hareketidir.

Doğun Akım: Birim zamanda kavşaktan geçebilecek maksimum araç sayısıdır. Bir başka ifade ile bir akımın bir saat boyunca hiçbir engelleme ile karşılaşmadan geçirebileceği taşıt sayısıdır.

Doğun Akım Hacmi: Doğun Akım şartlarında bir saatlik yeşil ışık süresince geçebilecek toplam otomobil birimi sayısıdır.

Doğunluk Derecesi: Gerçek akım değerinin kapasite değerine oranıdır.

Etkin Yeşil Süre: Kayıpların olmadığı, yeşil sürenin etkin bir biçimde kullanıldığı süredir.

Faz: Sinyal döngüsünün bir parçası olarak, bir veya daha fazla trafik akımının geçiş hakkı aldığı durumdur.

Gecikme: Bir kavşakta taşıtların kaybettiği süredir. Genellikle saat başına gecikme değerı hesap edilmektedir. Araç başına oluşan gecikme değerı bulunabileceği gibi toplam gecikme değerı de bulunabilir.

Hacim: Belirli bir yol kesitinden 1 saat içinde sürekli olarak geçen taşıt sayısıdır. Hacim ile kapasite arasındaki fark, kapasite geçebilecek maksimum taşıt sayısını belirlerken, hacim ise geçen taşıt sayısı olarak tanımlanmaktadır. Kapasite hacmin maksimum olduğu durumdur.

Hız: Birim zamanda katedilen mesafedir.

Hizmet düzeyi: Hız, seyahat süresi, trafik kesiklikleri, güvenlik sürüş konforu ve işletme masraflarını içine alan çeşitli faktörlerin etkilerinin kalite ile ilgili ölçüsüdür.

Her yöne kırmızı süre: Periyot süresinin bazı aralıklarında ve yeşillerarası sürenin içinde kavşaktaki bütün akımların aynı anda kırmızı olarak ışıklandırıldığı çok kısa bir süredir. Bu süre bir önceki fazın bitmesi ile geçiş hakkı kaldırılan akım ya da akımlarla yeni fazdaki akımların karşılaşmasını önlemek üzere kullanılan süredir.

İzole sistem: Diğer sistemlerle herhangi bir ilişkisi bulunmayan ve tek başına çalışan bir kavşak için yapılan sinyalizasyon sistemidir.

Kapasite: Yolun belirli bir kesitinden birim zamanda geçebilecek maksimum taşıt sayısıdır.

Kayıp zaman: Bir devre süresi boyunca devre süresini etkileyen taşıt akımlarını yöneten taşıt cephelerinin hiçbirinde yeşil ışık yanmadığı sürelerin toplamıdır.

Kırmızı Işık: Yayalara ve taşıtlara durmaları gerektiğini gösteren sinyaldir.

Kırmızı ve Sarı süre: Bir kavşakta herhangi bir yöne yeşil ışıkla geçiş hakkı verilmeden önce harekete geçecek taşıtların hazırlanmaları ve zaman kaybetmemelerini sağlamak üzere kırmızı ışıkla beraber sarı ışığında yakıldığı süredir.

Ofset: Koordine edilen kavşaklardaki yeşil sürelerin başlangıçları arasındaki farktır.

Otomobil Eşdeğer Birimi: içinde çeşitli türden taşıt olan bir trafik akımının, sadece otomobil birimi cinsinden ifade edilmesidir.

Periyot Süresi: Sinyalize bir kavşakta ışıkların bir tam devir yapacak şekilde sıra ile yanıp söndüğü saniye olarak toplam süredir. Trafik Akımları için ayrılan yeşil süreler ile yeşillerarası sürelerin (kayıp zaman) toplamından oluşur.

Sabit Zamanlı Sinyal Düzeni: Sinyalizasyonda önceden hazırlanmış zaman süresi ve programlarına uygun bir şekilde trafiğin çalıştırılmasıdır.

Sarı ışık: Taşıtların durmaya hazırlanmalarını gösteren kırmızı ışıklı sinyal ile birlikte ışıklandığında ise harekete geçmeye hazırlanmalarını öneren sinyaldir.

Senkronize sistem: Kavşaklardaki sinyallerin birbiri ile etkileşim halinde olduğu ve aynı yol üzerindeki en az iki kavşağın birbirine bağlı olarak çalışmasını sağlayan sinyalizasyon sistemidir.

Toplam kayıp süre: Bir periyot süresi içindeki toplam kayıp süre; sarı süreler, koruma süreleri ve her yöne kırmızı sürelerin toplamıdır.

Yoğunluk: Bir yolun belirli bir uzunluğunda herhangi bir anda bulunan taşıt sayısıdır.

Yeşil dalga: Taşıtların her kavşakta yeşil sinyal bulabilmeleri için zaman-uzaklık diyagramı üzerinde sınırları içerisinde bulunmaları gereken alandır.

Yeşillerarası süre: Bir fazdaki yeşil periyodun bitmesi ile takip eden fazdaki yeşil periyodun başlangıcı arasındaki süreye yeşillerarası süre denilir ve sinyalizasyon hesabında etkin yeşil sürenin bulunmasında önemli bir parametredir. Yeşillerarası süreler, Sarı süreler ile Her yöne kırmızı süreleri kapsar.

Yeşil Süre: Yeşil süre bir yönde hareket eden akıma geçiş hakkı verilen süredir.

Zirve saat: Trafik akımının gün içinde en fazla olduğu saatdir. Bir kentiçi yolda trafik sabah 07:00 da artmaya başlar ve 08:00-09:00 arasında en büyük değerine ulaşır. Akşam ise 17:00 civarında başlayan artış 18:00-19:00 arasında en büyük değerine ulaşır. Sabah ve akşam saatlerindeki bu trafiğe zirve saat trafiği veya pik saat trafiği denir.

2.3. Sinyalizasyon Kontrol Türleri

Trafik sinyal sistemleri kontrol ettiği alana ve kontrol metoduna göre birçok alanda sınıflandırılabilir. Çalışma modlarına göre sınıflandırılacak olursa sabit zamanlı (fixed-time), trafik uyarımalı (actuated) ve trafik uyarlamalı (adaptive) sistemler şeklinde sınıflandırılabilir. Bu çalışma modları izole kavşaklarda çalıştırılabileceği gibi Anayol (Arter kontrol) ve Alansal kontrolde de (Network kontrol) uygulanabilir (Davol, 2001:22).

2.3.1. Sabit Zamanlı Sinyalizasyon

Sabit zamanlı kontrolde önceden belli olan planlara uygun olarak trafik sistemi işletilmektedir. Sinyal süreleri geçmiş trafik verilerinden elde edilmektedir. Tipik olarak gün içerisinde 3-5 plan çalıştırılır. Genelde şehir merkezlerinde sabah ve akşam saatlerinde trafik yoğunlukları artmaktadır. Bu yüzden sabit zamanlı sistemde bu saat dilimleri için ayrı bir sinyal planı oluşturulmalıdır. Bazen bu planlar günlere ve haftalara göre de farklılık gösterebilir. Trafik sayımlarının iyi tahmin edilmesi durumunda bu sistem iyi sonuçlar verebilmektedir. Sabit zamanlı stratejiler sadece doyumluk altı trafik durumlarında uygulanabilmektedir (Murat:1996: 27).

Bu sistemin avantajları şöyle sıralanabilir:

- Kurulumu ucuz ve kolaydır.
- Bir merkeze bağlı olmadan çalıştırılabilir.
- Yeşil dalga için kolayca uygulanabilir.

Bu sistemin deavantajları ise şöyle sıralanabilir.

- Fazla miktarda veriye ihtiyaç duyar
- Kaza ve yol bakım çalışması gibi olağandışı trafik durumlarına cevap veremez.
- Kısa süreli trafik dalgalanmalarına cevap veremez
- Plan değişikliklerinin operatör tarafından güncellenmesi gerekir.

2.3.2. Trafik Uyarmalı (Actuated) Sinyalizasyon

Periyot süresi, kırmızı ve yeşil ışık sürelerinin sensörler vasıtasıyla ölçülerek trafik yoğunluğunun hesaba katılarak ayarlandığı sistemlerdir. Bu sistemin en önemli özelliği trafik talebinin dikkate alınarak sürelerin ayarlanmasıdır. Bu sistem genel olarak iki türlü uygulanmaktadır.

- Yarı trafik uyarmalı sistemler

Bu sistemde sadece tali yolda sensörler bulunmakta, böylece sadece araç geldiğinde tali yola geçiş hakkı verilmekte ve anayol boyunca sürekli yeşil olması sağlanmaktadır. Tali yoldaki yeşil süre maksimum periyodu geçmemelidir.

- Tam trafik uyarmalı sistemler

Kavşaktaki her bir yaklaşım kolundan sürekli olarak uyarı alınmakta ve geçiş hakkı devre ve faz süreleri trafik yoğunluğuna göre otomatik düzenlenmektedir. Sürekli olarak uyarı alındığı için araç gecikmesi minimum olmaktadır.

Trafik uyarmalı sistemlerde genellikle durma çizgisine 40 metre kala yerleştirilen sensörlerle araç sayımı yapılmakta ve buna bağlı olarak minimum ve maksimum yeşil süreler ayarlanmaktadır (Roess vd. age,2011:462).

2.3.3. Trafik Uyarlamalı (Adaptive) Sinyalizasyon

Trafik uyarmalı sinyal sistemleri gerçek zamanlı verileri sensörlerden toplayarak mevcut zaman planlarıyla eşleştirmek yerine online bilgisayar yardımıyla en iyi sinyal zaman programını ayarlamaktadır. Bu durumda sinyal programları için kütüphaneye ihtiyaç olmayıp sistem talebin yüksek olduğu zaman planlarının sıklıkla değiştirilmesi gereken durumlarda tercih edilmektedir (Almasri,2006:19).

Uyarlamalı sinyalizasyonda gerçek zamanlı veriler, loop detektörlerden, video detektörlerden ve radar gibi gelişmiş cihazlardan alınır. Bu verilere göre faz sıralaması, yeşil sürelerin dağılımı ve diğer kontrol parametrelerinin dağılımı yapılmaktadır. Scoot, Scats, Opac, Motion, Utopia, Rhodes gibi programlar uyarlamalı sistemleri kullanan yazılımlardır (Yiheng, 2015:461).

Uyarlamalı sinyalin temel faydaları aşağıda verilmiştir.

- Durmaların sayısı ve gecikmede azalma
- Trafikteki talep dalgalanmalarını en uygun şekilde çözmeye çalışır.
- Trafikteki kademeli değişimlere cevap verir.

2.4. Trafik Sinyal Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi

Trafik sinyalizasyon sistemlerinin tarihsel gelişimi incelendiğinde 3 jenerasyonda gelişme gösterdiği görülebilir. I. jenerasyon kontrolde geçmiş verilerden yola çıkılarak hazırlanan sinyal planları çevrimdışı (offline) olarak uygulanır. Sinyal planları günün değişik saatlerinde operatör tarafından doğrudan veya daha önceden oluşturulan trafik profilleri doğrultusunda uygulanır.

II. Jenerasyon kontrolde online (çevrimiçi) kontrol stratejileri kullanılarak gerçek zamanlı verilerle ve tahmin edilen trafik profillerini kullanarak sinyal planları uygulanır. Bu sistemde optimizasyon süreci her 5-10 dakikada bir tekrar edilir. Ancak geçişlerde karışıklık olmaması için yeni elde edilen zaman planları 10 dakikanın altındaki süreler için değiştirilmez.

III. Jenerasyon kontrolde ise; II. Jenerasyona benzer olarak online (çevrimiçi) çalışmaktadır. Önceki jenerasyondan farklı olarak bir kontrol periyodu boyunca sinyaller arasındaki devre sürelerinin değişken olmasına izin vermektedir. Bu sistemde sensörlerden gelen veriler her 3-5 dakikada güncellenerek trafik durumuna göre en uygun veriler üretilmektedir (Hamilton vd 2012: 25).

	I. Jenerasyon	II. Jenerasyon	III. Jenerasyon
Güncelleme Aralığı	15 dakika	5-10 dakika	3-5 dakika
Kontrol Planı	Off-Line Optimizasyon, Veri tabanındaki verilerle çalışma, Trafik Uyumlu veya manuel çalışma	On-Line Optimizasyon	On-Line Optimizasyon
Trafik Tahmini	Yok	Veritabanı temelli	Düzenlemiş veri
Periyot Uzunluğu	Sabit zamanlı	Sabit, gruplandırılmış	Değişken

Tablo 2.1. Trafikteki Jenerasyonların Karşılaştırılması

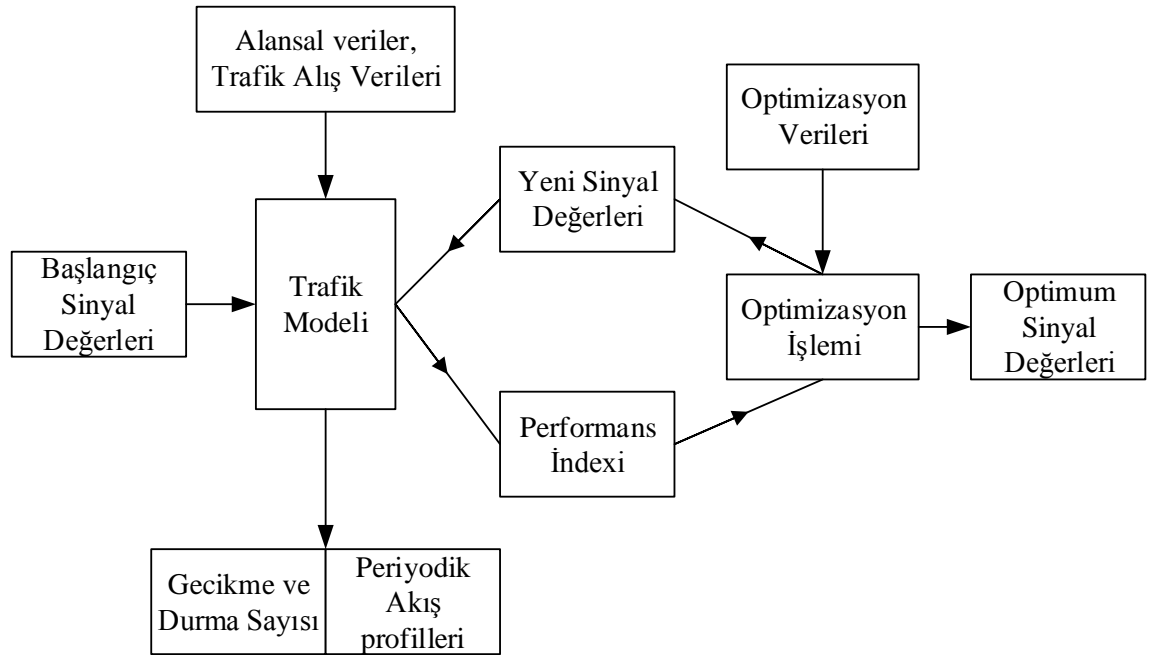
2.5. Trafik Optimizasyonunda Kullanılan Yazılımlar

Aşağıda trafikte kullanılan yazılımlardan bazıları açıklanmıştır.

2.5.1. TRANSYT (Traffic Network And Isolated Intersection Study Tool)

Transyt toplam gecikmeyi minimize eden programlardan bir tanesidir ve çevrimdışı olarak çalışmaktadır. TRANSYT bir trafik ağ etüt aracı olarak ilk olarak 1967 yılında oluşturulmuştur. Robertson (1969) tarafından önerilen TRANSYT modeli, trafik kontrol ağlarının optimizasyonunu inceleyen en önemli araçlardan birisi olarak kabul edilmiştir (Ceylan 2004:331).

Şekil 1.1'de görüldüğü gibi Transyt iki ana unsurdan oluşur. Bunlar trafik modeli ve sinyal optimizerdir. Trafik modeli bir karayolu ağında trafik davranışını temsil eder ve her bir trafik akışındaki şeritte performans indexi (PI) adı verilen değeri hesaplar. PI trafik sıkışıklığına göre araçların toplam gecikme ve durma sayısına göre ağırlıklı kombinasyonu hesaplar.



Şekil 2.1. TRANSYT Trafik Modelinin Çalışması

Sinyal optimizasyon modülü ise sinyal değişkenlerini (ofset ve yeşil dağılımı) hill-climbing optimizasyonunu kullanarak performans indexi değerini optimize eder. Bu yazılımın temel amacı trafik ağındaki gecikme ve durmaların sayısını minimize etmektir. Transyt 7-f yazılımı sadece periyot süresi, yeşillerin dağılımı ve ofset değerlerini optimize etmektedir. Trafik tahmininde platoon dağılımını kullanmaktadır (Papageorgiou vd.,2007:747).

Transyt yazılımı PI adı verilen performans indeksi değeriyle hesap yapmaktadır. Hill-Climbing algoritmasını kullanarak PI değerlerinden bir tanesini seçer. Çözüm başlangıç çözümüne bağlı olduğundan her zaman en iyi çözümü garanti vermez ve faz sıralamasını optimize edemez (Lin 1999:14).

2.5.2. SCOOT (Split Cycle Ofset Optimization Method)

1970 lerden itibaren İngiliz ulaştırma ve yola araştırma laboratuvarı (TRRL) tarafından başlatılan on-line uygulama için uygulanmış bir optimizasyon algoritmasıdır. Optimizasyon, aşamalı bir sabit zamanlı planın güncellenmesi ile gerçekleşir. Bu yaklaşımın faydası değişikliklerin kademeli olmasıdır. Günün farklı saatlerindeki planlar arası geçişler daha az zahmet vericidir.

Yerleştirilen sensörler vasıtasıyla döngüsel akış profilini hesaplayarak ve aşağı yöndeki trafik dağılımlarını tahmin etmeye çalışarak, önceden belirlenmiş seyir hızı ve dağılım modelini kullanarak performans indexi adı verilen değeri minimize etmeye çalışır. Transyt'ten farkı bunu online (çevrimiçi) olarak hesaplayabilmesidir. Gelişmiş sensörlerden gelen bilgiler merkezi bir bilgisayar aracılığıyla değerlendirilip kontrol değişkenleri periyodik ve artacak şekilde trafikteki kuyruk uzunluğunu minimize etmeye çalışır. Scoot için optimizasyon işlemi aşağıdaki şekilde özetlenebilir. Faz değişiminden birkaç saniye önce SCOOT programda değişiklik yapıp yapılmayacağını belirler. Her periyotta PI değerini geliştirmeye çalışır ve bunu artırıp azaltarak karar verir. Her periyotta 4,8,16 saniye artırım yaparak hızlı bir şekilde periyot süresini günceller. Kontrol ettiği alandaki kritik kavşağı tanımlayarak kontrol değişkenlerini hesaplar (HowSCOOTWorks,2015).

Scoot optimizasyonu üç seviyede yapar. Yeşillerin dağılımı, periyot ve ofset. Yukarıdan akan trafiğin duruş çizgisinden itibaren araç ölçümlerini yapar. Bu geliş ve gidiş profili karşılaştırıldığında aradaki fark gecikme ve kuyruktaki araç sayısını verir. Bu akış profili her bir periyot için kuyruğu temizlemek için ofsetin ve yeşil dağılımların etkisiyle tahmin edilmeye çalışılır.

Programın içerisindeki Yeşillerin dağılımının optimizasyonu (split optimizer) parçası geliş ve gidiş profillerini her saniye değerlendirir. Sinyal değişiminden çok kısa bir süre önce sistem bir miktar gecikme ekler. Bu gecikme hesaplanan gecikme değeri ile karşılaştırılır. Ardından en iyi gecikmeyi verecek senaryo uygulanır. Programdaki ofset optimizer bölümü her bir döngü profili için en iyi trafik ilerlemesini sağlayabilmek için en iyi ofset değerini bulmaya çalışır. Önceki periyottaki ölçümleri temel alarak ofset optimizer tüm hareketlerdeki gecikmeyi ofseti artırıp azaltarak minimize eder.

Periyot optimizer her bir periyotta bir kez tüm kavşakların doygunluk seviyesine bakar. Kritik kavşaklardaki düşük kapasite Periyot optimizer ile periyot süresinin uzatılmasını sağlar. Bu mevcut periyot uzunluğuna bakılarak tipik olarak 4,8,16 saniye olabilir. Eğer bir kavşak kapasitesinin altında çalışıyorsa çevrim iyileştirici periyot süresini kısaltır (The SCOOT Urban Traffic Control System, 2015).

2.5.3. SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System)

Sistem geniş bir ağ üzerinde kullanılabilir ve yerel akıllı kontrolörleri kullanarak üç seviyeli dağıtılmış bir sistemdir. Scats Avustralya kökenli bir program olup gerçek zamanlı (online) programdır. Trafik kontrolünü iki düzeyde gerçekleştirmektedir. Bunlar alansal ve lokal bölgelerdir. Alansal kontrolü bölgesel bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilir ve bu masterlink modu olarak adlandırılır. Herbir kavşaktan gelen veriler veri tabanında toplanır ve optimum periyot süresi, yeşillerin dağılımı ve ofset süresi hesaplanır. Lokal kontrolörlerde önceden belirlenmiş alansal kontrol parametrelerini girilerek esneklik sağlanır. Lokal kontrolörler talebin düşük olduğu durumlarda bir faza yeşil izin verebilir (How SCATS works, 2015).

Scats kavşakları grup olarak yönetir ve buna altsistem adını verir. Sistem de altsistemleri birlikte çalıştırır. Kavşak devre süresini durma noktasındaki sensörler yardımıyla günceller. Birbirine yakın sinyalize kavşaklar arasındaki ofset elle ya da

önceden belirlenir. Bölgesel bilgisayarlar yalnızca sistem performansını ve ekipman durumunu izler ve adaptive kontrol stratejilerini takip eder. Kontrol yapısı genişlemeye de uygundur (The SCATS Adaptive Traffic System,2015).

Scats stratejik bir optimizasyon algoritması kullanmaktadır. Bu optimizasyon dört modülden oluşmaktadır.

- Periyot Uzunluğu için optimizer (Cycle length optimizer)
- Yeşillerin dağılımı için optimizer (Split optimizer)
- Dahili ofset optimizer (Internal ofset optimizer)
- Link için ofset optimizer (Linking ofset optimizer)

Scats; yeşillerin dağılımı, periyot uzunluğu ve ofset değerlerini on-line hesaplama ile birlikte önceden ayarlanmış parametrelerle ayarlar. İyi bir koordinasyon sağlanacak şekilde verileri yerel kontrolöre yükler. Kontrol amacıyla sistem bir ila on arasında alt parçalara bölünür. Böylece mümkün olduğunca alt parçaları trafiğin durumuna göre bağımsız çalıştırabilme olasılığı oluşur. Herbir alt sistem için minimum maksimum periyot uzunlukları tanımlanmıştır. Büyük gruplar halindeki sinyalleri koordine etmek için altsistemler birbirine ortak bir periyot süresi ile bağlanabilir. Sistemler koordine edildiğinde en uzun periyot süresi periyot süresini oluşturmaktadır. Alt planların kombinasyonu değişken bir periyot uzunluğu, ofset sağlar ve sonsuz sayıda plan oluşabilir.

Herbir altsistemde önceden depolanmış dört adet plan bulunmaktadır. Periyot uzunluğu ve uygun plan trafik talebine göre seçilir. Bu amaçla; anahtar kavşaklarda bazı sensörler stratejik sensör olarak seçilir. Değişik sistem faktörleri hesap edilir stratejik sensörlerden gelen verilerle ve mevcut varolan periyotla bu değiştirilir veya sabit bırakılır. Stratejik seçenekler olan minimum gecikme, minimum durma veya maksimum çıktı operasyon tarafından seçilir. Bu seçenekler sabit veya trafik aktivitesine göre değişkendir.

Scats 4 modda çalıştırılır (Katwijk, 2008:26).

- Masterlink operation

Trafik duyarlı sisteme entegre edilmiş normal çalışma modudur. Stratejik ve taktik mod olmak üzere iki seviyeden oluşur. Stratejik kontrolde, trafik koşullarına göre en iyi sinyal parametreleri ayarlanır. Taktik kontrolde ise, stratejik kontrolün dayattığı sınırlar dahilinde bireysel kavşakların kontrolü ile ilgilenir. Bu düşük seviyeli kontrol talebin ortalamasının altına düşmesiyle gereksiz yeşil fazların sonlanmasını sağlar. Scats tarafından kullanılan temel trafik ölçümü her bir yaklaşım kolundaki doygunluk oranının ölçümüdür.

- Flexilink operation

Bölgesel bilgisayarların bozulması veya iletişim kaybı durumunda lokal kontrolörler seçilmiş günlük sinyal programlarına dönebilir. Yerel kontrolör araç uyarmalı veya sabit zamanlı modda çalıştırılır.

- Isolated Operation

Bu modda kontrollör bağımsız olarak araç uyarmalı veya sabit zamanlı olarak çalıştırılmaktadır.

- Flash Operation

Bu manuel (elle) çalıştırma modudur ve otomatik işlem devre dışı kaldığında çalışır. Önemli yaklaşım kollarında sarı ışık, önemsizlerde ise kırmızı ışık yanıp söner.

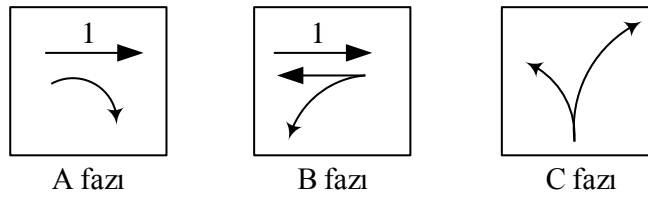
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KAVŞAKLARDA SİNYALİZASYON HESABI

Sinyalize olarak çalıştırılacak bir kavşakta; periyot süresinin, faz düzenlerinin, yeşil sürelerin, yeşillerarası sürelerin, koruma sürelerinin, yaya geçiş sürelerinin ve taşıt başına oluşan gecikme değerlerinin bulunması gerekmektedir. Literatürde yer alan İngiliz yöntemi ve Avustralya yöntemi bu bölümde incelenecektir.

3.1. Akımlar ve Fazlar

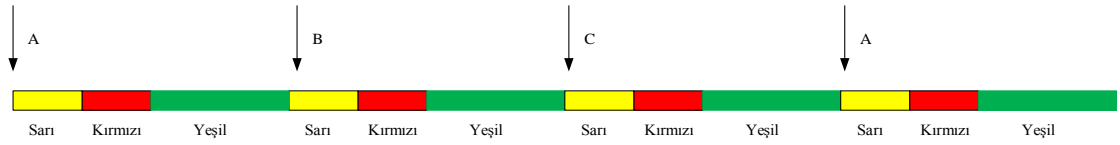
Sinyal fazı, sinyalin kumanda ettiği trafik akım sayısıdır. Bir faz, bir ya da birden çok akımın geçiş hakkı aldığı sinyal bölümüdür. Bir akım durup diğer bir akım hareket etmeye başladığında faz da değişmiştir. Bir faz, başlangıcında en az bir akımın geçiş hakkını alması ve sonunda en az bir akımın geçiş hakkının sona ermesi ile tamamlanmaktadır. Faz sisteminin seçimi kavşağın geometrisine ve dönen trafik akımlarının seviyesine göre tesbit edilmektedir. Sinyal fazı tasarımı ile beklenen akımların karşılaşması azaltılarak kazalar minimuma indirilmeye çalışılır. Bununla birlikte, gecikmeler, kuyruk uzunlukları ve durma sayıları azaltılarak kavşaktan maksimum verim alınmaya çalışılır. Akım ise kavşağa gelen her bir kuyruklardan birisidir. Tekrarlı akım iki veya daha fazla fazda geçiş hakkı alan akımdır. Aşağıdaki şekilde örnek bir faz diyagramı verilmiştir ve buradaki 1 nolu akım tekrarlı akımdır (Murat, agt,1996 ,34).



Şekil 3.1. Örnek Faz Diyagramı

3.2. Sinyal Devresi

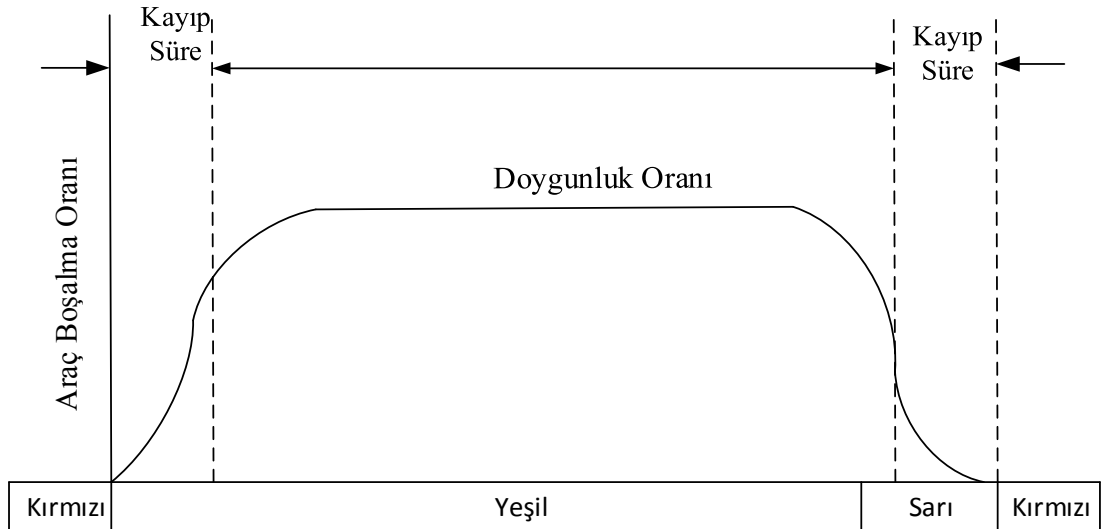
Sinyal devresi bir dizi sinyal fazının toplamından meydana gelir. Bir sinyal devresi yeşil, sarı ve kırmızı ışıkları takip etmektedir. Bir fazdaki yeşil periyodun bitişi ile takip eden fazdaki yeşil periyodun başlangıcı arasındaki süre ise; yeşillerarası süre adını almaktadır ve etkin yeşil sürenin bulunmasında önemli bir parametre olmaktadır. Aşağıdaki şekilde sinyal devre diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Sinyal Devre Diyagramı

3.3. İngiliz Yöntemi (Webster) ile Sinyalizasyon

Sinyalize olarak çalışacak bir kavşakta bir koldan geçen trafik miktarı, yeşil zamana ve yeşil ışık esnasında geçen maksimum araç sayısına bağlıdır. Webster yöntemine göre doymuş akım yeşil ışık yandığında araçların tahliye olduğu sabit orandır.



Şekil 3.3. Trafikte Doymuş Akım Grafiği

Şekil 3.3. de görüldüğü gibi, başlangıçta kuyrukta bekleyen taşıtların hareketi yavaştır. Yeşil süre başladığı zaman taşıtların normal akış hızına ulaşabilmesi için bir miktar zamana ihtiyaç vardır. Bu süreden sonra taşıtlar belli bir hızda kavşaktan boşalmaktadır. Bu orana doymuş akım denilir (Webster, 1958:3).

Kavşaktan geçen akımın kapasitesi, o akımın etkin yeşil süresinin devre süresine oranı ile doymuş akımın çarpılması ile bulunmaktadır.

$$Q = \left(\frac{g}{C}\right) S \quad (3.1)$$

Burada:

Q = Kapasite (taşıt/saat)

g = Etkin yeşil süre (saniye)

C = Devre süresi(saniye)

S = Doymuş Akım (Araç/saat)

Burada doymuş akıma etki eden birçok faktör vardır. Bunlar;

- **Yaklaşım Genişliği Etkisi:**

$$S = 160 w \quad (w = \text{feet}) \quad (3.2)$$

Burada w yaklaşım kolunun genişliğini göstermektedir.

- **Eğim Etkisi:**

Her %1 çıkış eğimi için doymuş akımın %3 azaldığı, %1 iniş eğimi için ise doymuş akımın %3 arttığı gözlenmiştir.

- **Trafik Kompozisyonu etkisi:**

Farklı araç türlerinin doymuş akıma etkisi otomobil birimi eşdeğeri ile belirlenmektedir. Aşağıda bunlar verilmiştir.

1 ağır yük taşıyan araç = 1.75 otomobil birimi

1 otobüs = 2.25 otomobil birimi

1 tramway = 2.50 otomobil birimi

1 hafif yük taşıtı	=1 otomobil birimi
1 motosiklet	=1/3 otomobil birimi
1 bisiklet	=1/6 otomobil birimi

- **Sola ve Sağa Dönen Trafığın etkisi:**

Kavşakta sola dönüşler var ise doygun akım değerinin azaltılması gerekir. Çünkü sola dönüşlerde araçlar yer işgal edeceği için kavşağın kilitlenmesine sebep olabilmektedir.

Sağa dönen akımların doygun akıma etkisi ise; dönüşlerin keskinliğine ve yaya akımına bağlıdır. Sağa dönen taşıtlar akımın % 10 undan az ise düzeltme gerekmez. %10 dan fazla ise 1 sağa dönen taşıt, 1.25 düz giden taşıta eşdeğerdir.

- **Park eden taşıtların etkisi:**

Kavşakta dur çizgisinde park varsa yol genişliği park genişliği kadar azaltılmalıdır.

- **Yöre Etkisi:**

İyi, orta ve kötü olmak üzere 3 durumda incelenmektedir(Webster, age, 1958:46).

Yöre Tanımlaması	Tanım	Doygun Akıma Etki Derecesi
İyi	Yayalar, Parketmiş taşıtlar, İyi görüş ve yeterli dönüş yarıçapı	120
Orta	Ortalama Görünüm, İyi ve kötü durumların bazı karakteristikleri	100
Kötü	Ortalama hızda düşme, Duran taşıtlar, kötü görünüm	85

Tablo 3.1. Yöre Etkisinin Doyuma Etkisi

3.3.1. Etkin Yeşil Süre ve Kayıp Zaman

Webster yöntemine göre kavşağın kapasitesi, devre içindeki kayıp sürelerin toplamına bağlıdır. Bir fazdaki toplam kayıp süre, yeşillerasarı süreden sarı ışık süresinin farkı alınarak bir fazdaki kayıp sürenin toplanması ile elde edilir. Bir fazdaki kayıp süre, başlangıç kaybı ve fazın sarı süresinin ikinci yarısının toplamıdır. Tüm fazlardaki kayıp sürelerin toplamı, toplam kayıp süreyi vermektedir. Devre süresinin geri kalan kısmı fazlara dağıtılmaktadır (Webster, age, 1958:39).

Toplam kayıp süre:

$$L = \sum(I - a) + \sum l \quad (3.3)$$

Burada:

I = Yeşillerasarı süre

a = Sarı süre

l = Bir fazdaki kayıp süre

Devre süresini fazlara dağıtabilmek için, etkin yeşil sürenin bulunması gerekir. Bu süre devre süresinden kayıp sürenin farkı alınarak bulunur. Bulunan etkin yeşil süre fazlara dağıtılır.

$$g = G - l \quad (3.4)$$

veya;

$$g = C - L \quad (3.5)$$

Burada:

g = Etkin Yeşil süre

G = Görünen yeşil süre

l = kayıp süre

C = Devre süresi

L = Toplam kayıp süre

3.3.2. Periyot Süresi ve Yeşil Sürelerin Hesabı

Devre süresi genellikle $C_{\max} \leq 120$ saniyedir. Fakat 150 saniyeye kadar kabul edilebilmektedir. Periyot süresi hesabında şeritlerin maksimum kapasitesi olan “doğgun akım”dan hareket edilir. Buna göre periyot süresi (Webster age,1958:47):

$$C = \frac{\Phi * L + 5}{1 - \sum_{i=1}^n y_i} \quad (3.6)$$

Burada:

C = Periyot süresi (saniye)

L = Kavşak kayıp süresi (saniye)

Y = Her faz içindeki maksimum akım değerinin (q), o akıma ait doğgun akım değerine (s) oranlarının toplamı.

Φ : 1.25 ile 1.98 arasında bir katsayıdır. Genellikle 3 ve daha çok fazlı devrelerde $\Phi = 1.5$ alınır.

Minimum devre süresi de aşağıdaki formülden bulunabilir

$$C_{\min} = \frac{L}{1 - Y} \quad (3.7)$$

Yeşil süre hesabı ise şöyle bulunur:

$$G_i = \frac{y_i}{Y} * (C - L) \quad (3.8)$$

G_i = i nolu akıma ait yeşil süre (saniye)

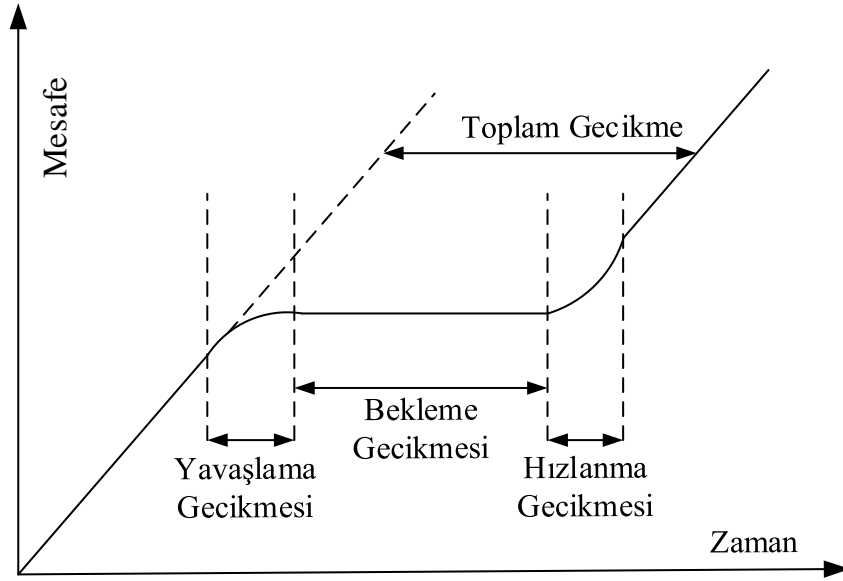
y_i = i nolu akımın maksimum akım değerinin (q), o akıma ait doğgun akım değerine (s)

oranı

Y = Her faz içindeki maksimum akım değerinin (q), o akıma ait doğgun akım değerine (s) oranlarının toplamı

3.3.3. Gecikme Hesabı

Sinyalizasyonlu kavşaklarda gecikme üç kısımdan oluşmaktadır. Sinyalizasyona yaklaşım esnasında oluşan yavaşlamadan dolayı gecikme, kırmızı ışıkta bekleme sonucu oluşan gecikme ve yeşil ışığın yanmasıyla aracın harekete başlamasıyla oluşan hızlanma aşamasındaki gecikme. Aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere bu gecikmelerin toplamı, toplam gecikmeyi vermektedir (Dion vd, 2004:122).



Şekil 3.4. Kavşaklarda Gecikme Aşamaları

Gecikme trafik optimizasyonunda ve kavşakların hizmet seviyelerinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir faktördür. Gecikme, yakıt tüketimi, sürücü memnuniyetsizleri ve seyahat süresindeki kayıp miktarı gösterdiğinden kavşak performansını gösteren önemli bir ölçüttür. Bu nedenle doğru olarak tahmin edilmesi gerekmektedir. Webster'in gecikme formülü aşağıda verilmiştir:

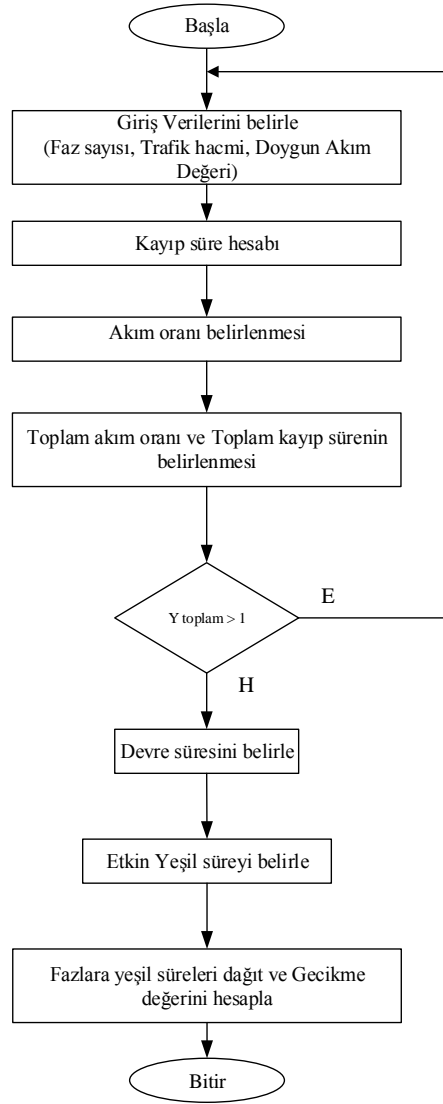
$$d = \frac{c(1-\frac{g}{c})^2}{2(1-\frac{g}{c}x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} - 0.65(\frac{c}{q^2})^{1/3}x^{(2+5(\frac{g}{c}))} \quad (3.9)$$

Modeldeki birinci terim trafik ışıklarından dolayı oluşan uniform gecikmeyi, ikinci terim araç gelişlerinin neden olduğu rastgele gecikmeyi vermektedir. Son terim ise düzeltme katsayısı olup, toplam gecikme miktarının % 5 ile % 15 arasındaki bir değere karşılık gelmektedir. Uniform gecikme kavşağa ulaşan araçların kırmızı ışık

süresince beklemesi olarak tanımlanabilir. Rastgele gecikmeyi ise kavşağa yaklaşım esnasında yapılan yavaşlamalardan veya kavşaktan ayrılırken yapılan hızlanmalardan doğan gecikme olarak tanımlamak mümkündür. Bu model kavşağa gelen akım miktarı, kavşak kapasitesinden düşük olduğu zaman çalışmaktadır. Yani doygunluk değerinin 1'den küçük olması durumunda çalışmaktadır (Akgüngör, 2004:2).

3.3.4. Webster Yöntemi Akış Diyagramı

Webster Yönteminin Akış diyagramı Şekil 3.5'deki gibi gösterilebilir. Kayıp süreler bulunduğundan sonra, akım oranları ve toplam akım oranı bulunur. Bu adımdan sonra devre süresi, yeşil süreler ve gecikme değerleri bulunabilir.



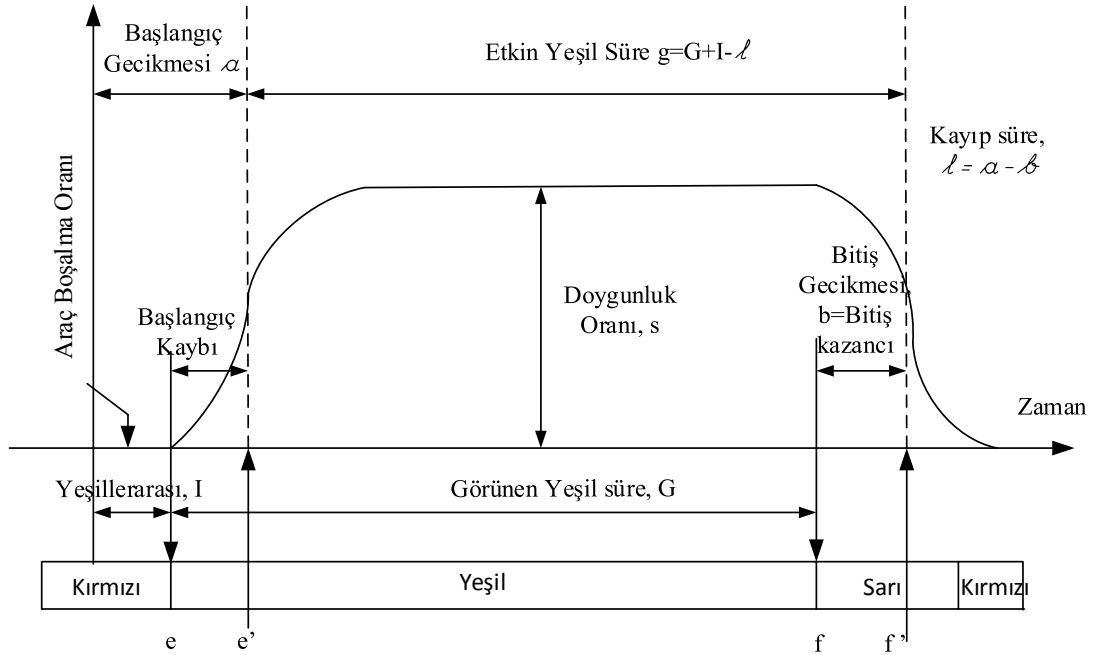
Şekil 3.5. Webster Yöntemi Akış Diyagramı

3.4. Avustralya (Akçelik) Yöntemi ile Sinyalizasyon Hesabı

Dr. Rahmi Akçelik tarafından tasarlanan model ilk olarak 1981 yılında Avustralya yol araştırma kurumu tarafından yayınlanmıştır. SIDRA adlı bir yazılım ile kullanıma sunulan yöntem Akçelik yöntemi olarak da bilinmektedir.

Akçelik yöntemi ile Webster'in yöntemi arasındaki birçok benzerlik bulunmaktadır. Bu yöntemde fazla ilgili yöntem yerine akımla ilgili yöntem kullanılmaktadır. Dolayısıyla yöntem faz kayıp zamanları yerine akım kayıp zamanları üzerinden çalışmaktadır.

3.4.1. Akım Karakteristikleri



Şekil 3.6. Akçelik Yöntemine Göre Doygun Akım Grafiği

Şekil 3.6'dan görüleceği gibi, yaklaşım kolundaki taşıtlar yeşil yandığında harekete geçerler ve sabit bir oranda kavşağa girmektedirler. Taşıtların kavşağa girdiği bu sabit oran doygun akımdır. Başlangıçta kuyruktaki taşıtların hızı yavaştır ve doygun akım değerine ulaşıncaya kadar bir kayıp oluşmaktadır. Bu kayıp yeşilin yanmasından doygun akıma geçinceye kadar oluşan kayıptır ve başlangıç kaybı (ee') olarak ifade edilmektedir. Doygun akıma ulaşıldıktan sonra, yeşil ışığın sönmesi ve sarı ışığın yanması halinde taşıtlar azalan bir oranda da olsa kavşağa girmeye devam ettiğinden

kazanç olarak değerlendirilmektedir. Bu değer son kazancı olarak ifade edilmektedir (ff').

Akım kayıp zamanı yeşillerarası süreye başlangıç gecikmesinin eklenip son kazancının çıkarılması ile bulunabilir (Akçelik, 1998:3).

$$I = I + ee' - ff \quad (3.10)$$

Akım için etkin yeşil süre, görünen yeşil süreden başlangıç kaybının çıkarılıp, bitiş kazancının eklenmesiyle bulunabilir.

$$g = G - ee' + ff' \quad (3.11)$$

Burada;

G = Görünen yeşil süre

ee' = Başlangıç kaybı

ff' = Bitiş kazancı

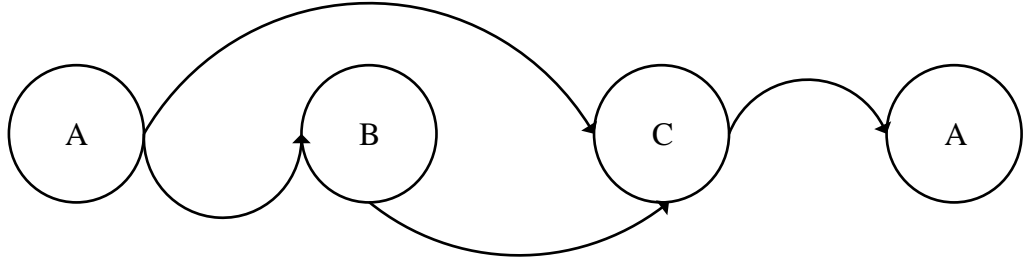
g = Etkin yeşil süre

I = Akım kayıp zamanı

I = Yeşillerarası süre

3.4.2. Kritik Akımlar

Kritik akımlar bir kavşağın kapasite ve zaman ihtiyacını belirleyen, en uzun zamanı gerektiren akımlardır. Kritik akımların en yüksek doygunluk derecesine sahip olmasından dolayı sinyalizasyonun bu akımlara göre şekil alması gerekmektedir. Her kritik akım, kapasiteyi karşılamak için yeterli zamana sahip olursa, tüm akımları yeterli kapasiteye sahip olur. Kritik akımın bulunmasında öncelikle faz değişimleri yazılır ve en uzun zamanı gerektiren akım kritik akım olarak belirlenir. Şekil 3.7 'de kritik akım arama diyagramı görülmektedir (Akçelik, agm, 1998:5).



Şekil 3.7. Kritik Akım Arama Diyagramı

Kritik akımlara bağlı olarak devre süresi;

$$C = \sum (G+I) \quad (3.12)$$

veya;

$$c = \sum (g+l) \quad (3.13)$$

olarak tanımlanabilir.

I= Yeşillerarası süre

G= Yeşil ışık süresi

3.4.3. Kapasite, Doygunluk Derecesi ve Kavşak Kayıp Zamanı

Akçelik'in yöntemine göre bir akımın kapasitesi, doygun akıma ve etkin yeşil sürenin devre süresine oranına bağlıdır. (Akçelik, agm, 1998:6).

$$Q=s \left(\frac{g}{C} \right) \quad (3.14)$$

Burada:

Q = Kapasite

s = Doygun Akım

$\frac{g}{C}$ = Akımın sahip olduğu etkin yeşil süre

Kapasite ve doyunluk derecesi hesaplarındakullanılan bir diğer parametrede yeşil zaman oranıdır. Bu oran etkin yeşil sürenin devre süresine oranıdır.

$$u = \frac{g}{C} \quad (3.15)$$

Diğer bir parametre de, akım oranıdır. Varış akımının doyun akıma oranıdır.

$$y = \frac{q}{s} \quad (3.16)$$

Akımın doyunluk derecesi de, hacmin kapasiteye oranıdır. Bu ifadede akım oranı talebi gösteren bir parametre, yeşil süre oranı da arzı gösteren bir parametredir. Buna göre doyunluk derecesi:

$$x = \frac{q}{Q} = \frac{qC}{sg} = \frac{y}{u} \quad (3.17)$$

Yeterli akım kapasitesini sağlayabilmek için;

$Q > q$ veya $X < 1$ olmalıdır.

Başka bir ifadeyle ise;

$sg > qc$ yada $u > y$ olmalıdır.

Akım kapasitesi yeşil süre oranı ile doğru orantılıdır.

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

$$U = \sum u = (C-L) / C \quad (3.18)$$

Kavşak akım oranı ise;

$$Y = \sum y \quad (3.19)$$

olarak tanımlanabilir.

Kavşak doyunluk derecesi X; yaklaşım kollarındaki akımların en büyük doyunluk derecesi şeklinde ve;

$$X = YC / (C - L) \quad (3.20)$$

olarak ifade edilir.

Avustralya yönteminde pratik doygunluk derecesi diye de bir kavram bulunmaktadır. Doygunluk derecesi 1'e yaklaştığında trafik koşulları tam kullanım koşullarına doğru ilerleyecek ve kuyruklar ve gecikmeler artacaktır. Bu sebeple kabul edilebilir bir doygunluk derecesi seçilir ve bu pratik doygunluk derecesi olarak adlandırılır. Bu seçim yapılırken trafiğin zirve saatleri esas alınabilir. Genelde pratik doygunluk derecesi $x_p = 0.9$ olarak seçilmektedir.

Bir akıma tanınan süre;

$$t = g + l \quad (3.21)$$

Şeklinde ifade edilebilir. Burada g etkin yeşil süreyi, l de kayıp sürelerin toplamını ifade eder.

Gereken akım süreleri:

$$t = uc + l \quad (3.22)$$

veya pratikte:

$$t = 100u + l \quad (3.23)$$

olarak tanımlanmıştır. Buradaki 100 katsayısı ilk anda tahmin edilen devre süresidir ve çarpım sonucunun tam sayılar elde etmesi bakımından faydalıdır. Gerekli yeşil zaman oranı, pratik doygunluk derecesine ulaşmak için hesaplanmaktadır.

$$u = \frac{y}{x_p} \quad (3.24)$$

3.4.4. Devre Süresi Hesabı

Herhangi bir akım için optimum devre süresi aşağıdaki formülle hesaplanabilir (Murat, agt,1996 ,43).

$$C_0 = \frac{(1.4+k)L+6}{1-Y} \quad (3.25)$$

Burada;

C_0 = Optimum periyot süresi (saniye)

$k =$ Duruşlardan dolayı oluşan kayıp faktörü (0-0.4)

$L =$ Kavşak kayıp süresi (saniye)

$Y =$ Her faz içindeki maksimum akım değerinin (q) o akıma ait doğgun akım değerine (s) oranlarının toplamı

$k = K/100$ duruş ceza parametresi

$k = 0.4$ (minimum yakıt tüketimi)

$k = 0.2$ (minimum fiyat)

$k = 0$ (minimum gecikme)

Pratik devre süresi formülü ise aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$C_p = \frac{L}{1-U} \quad (3.26)$$

$L =$ Saniye cinsinden kavşak kayıp süresi

$U =$ Kavşak yeşil zaman oranı

Devre süresinin tahsis edilmesinde, uygun devre süresi C_o ile C_p arasında bir değer seçilir.

3.4.5. Yeşil Süre Hesabı

Faz yeşil süreleri için ilk olarak kritik akımların etkin yeşil süreleri hesaplanır. Kritik olmayan akımların g değerleri de hesaplanmalıdır.

$$G_i = \left(\frac{C-L}{U} \right) u \quad (3.27)$$

$G_i = i$ nolu akımın yeşil ışık süresi (saniye)

$C =$ Periyot süresi (saniye)

$L =$ Kavşak kayıp süresi (saniye)

U = Her faz içindeki maksimum akımlara ait etkili yeşil süre oranlarının toplamı

$u = i$ nolu akım için etkili yeşil süre oranı

Eğer bir fazda iki tekrarsız akım varsa kritik olmayan akımın g değeri kritik akımlara bağlı olarak:

$$g = (g_c + I_c) - I \quad (3.28)$$

denklemleriyle bulunur.

Eğer kritik akım iki faz süren tekrarlı bir akım ise, bu akım bir alt devre olarak kabul edilir.

$$c^* = g_c + I_c \quad (3.29)$$

Bu durumda elde edilen toplam yeşil süre $(c^* - L^*)$ dır. Burada L^* tekrarsız akımların kayıp süreleri toplamıdır. Bu süre tekrarsız akımlara şöyle paylaşılır.

$$g = \left(\frac{c^* - L^*}{U^*} \right) u \quad (3.30)$$

Burada U^* tekrarsız akımların yeşil zaman oranları toplamıdır.

Eğer iki faz boyunca süren akım, kritik akım değil de tekrarsız akımlar kritik ise; bu tekrarlı akımın g değeri:

$$g = (\sum g_c + \sum I_c) - l \quad (3.31)$$

olarak bulunur.

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

Yeşil süre de:

$$G = (g + l) - I \quad (3.32)$$

Eşitliği ile bulunabilir.

3.4.6. Avustralya Yöntemi ile Gecikme Hesabı

Bir akımdaki araçların ortalama gecikmesini bulabilmek için önce bu akımın oluşturduğu kuyruğun uzunluğunu bulmamız gerekir (Murat, 2014:253).

Bu değer;

$$N_0 = \frac{Q T_f}{4} \left(z + \sqrt{\frac{12(x+x_0)}{Q T_f}} \right) \quad (3.33)$$

Formülü ile hesaplanabilir.

Burada:

Eğer $x_0 > x$ ise; N_0 değeri 0 olur.

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 hacim, q değerinin elde edildiği süre

$Q T_f = T_f$ süresi boyunca geçebilecek maksimum araç sayısı

$x = q/Q$ doygunluk derecesi

$z = x-1$

x_0 = kuyruğun yaklaşık olarak 0 olduğu en büyük doygunluk derecesi değeri

x_0 aşağıdaki formülle ile hesaplanır.

$$x_0 = 0.67 + \frac{s.g}{600} \quad (3.34)$$

Bu formülde:

s = araç/saniye cinsinden doygun akım

g = etkin yeşil süre

Bu denklemlerden sonra toplam gecikme bulunmaktadır.

$$D = \frac{q_c(1-u)^2}{2(1-y)} + N_0x \quad (3.35)$$

D= Toplam gecikme

q_c = her devrede gelen ortalama araç sayısı (araç/saniye cinsinden)

u= yeşil zaman oranı (g/C)

y =akım oranı (q/s)

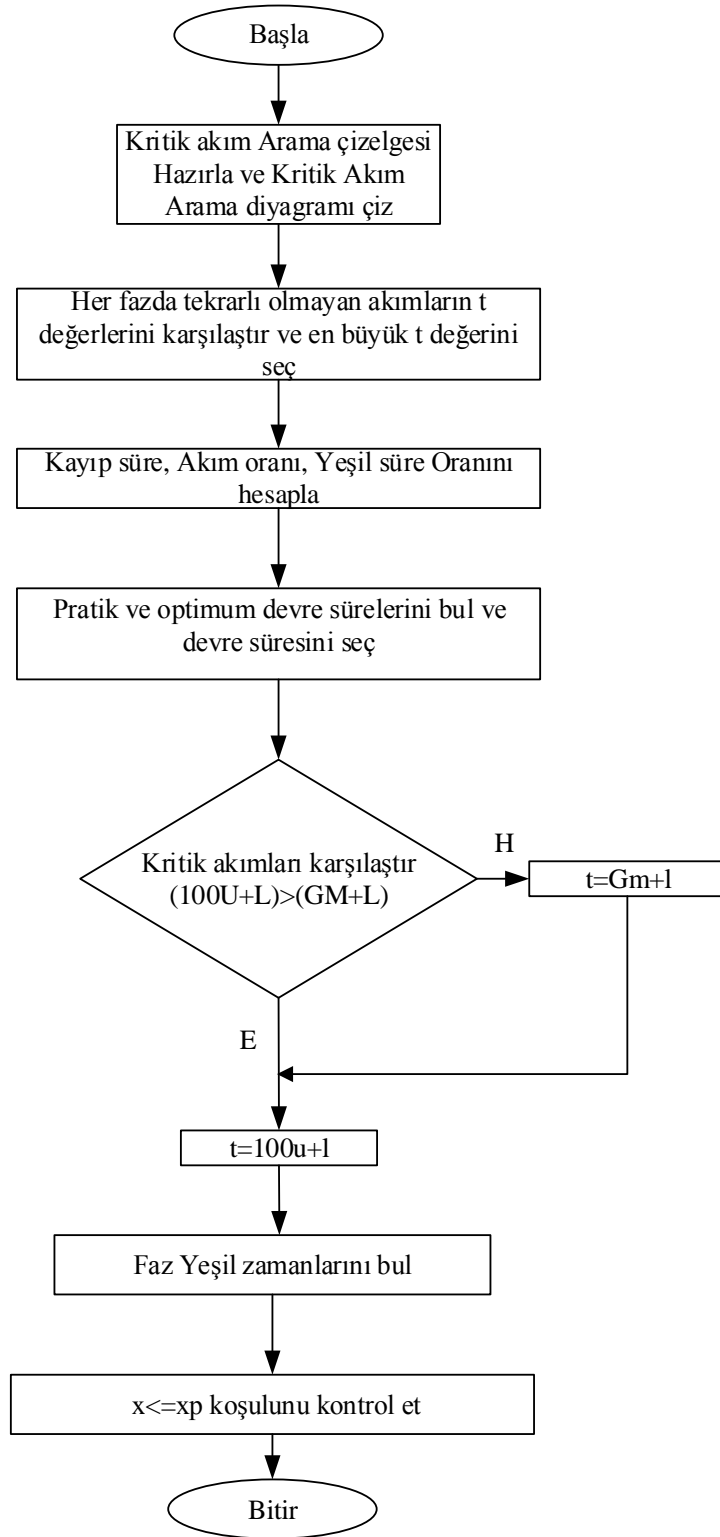
N_0 = ortalama kuyruk

Her araç için ortalama gecikme ise;

$d = D/ q$ şeklinde bulunur. (araç/saniye)

3.4.7. Avustralya Yöntemi Akış Diyagramı

Şekil 3.8' deki akış diyagramında görüldüğü gibi, kritik akım arama çizelgesi hazırlanarak kritik akım arama diyagramı çizilir. Ardından Her fazdaki tekrarlı olmayan akımların t değerleri karşılaştırılır ve en büyük t değeri seçilir. Bu adımdan sonra, kayıp süre, akım oranı ve yeşil süre oranları hesaplanır, devre süresi seçilir. Kritik akımların devre süresine bağlı olduğu durumlar kontrol edilerek faz yeşil zamanları bulunur ve $x \leq x_p$ koşulu kontrol edilir.



Şekil 3.8. Avustralya Yöntemi Akış Diyagramı

3.5. Kavşaklarda Hizmet Düzeyleri

Sinyalize kavşaklarda önemli bir kavram da hizmet düzeyidir. Hizmet düzeyleri gecikme terimiyle tanımlanmaktadır. Gecikmeye etki eden bir çok faktör olmakla birlikte, gecikmeler yerinde ölçülebilir ya da tahmin edilebilir. Hizmet düzeyleri ise A en iyi, F' de en kötü olmak üzere A'dan F'ye doğru sıralanır (Garber, 2008:460).

Hizmet düzeyleri kısaca şöyle açıklanabilir

A hizmet düzeyi, serbest akım halidir ve gecikmeler oldukça düşüktür. Araçların ilerlemesi rahatlıkla gerçekleşmektedir.

B hizmet düzeyinde ilerleme hareketi daha iyidir ve devre uzunluğu kısaltılmalıdır.

C hizmet düzeyinde, duran araç sayısı belirginleşmiştir ama durmadan geçen araçlar da bulunmaktadır.

D hizmet düzeyinde, yetersiz ilerleme, uzun devre süresi, yüksek hacim kapasite oranı görülmektedir. Duran araçların sayısı artmıştır ve tıkanıklık gözükmeye başlamıştır.

E hizmet düzeyinde, İlerleme hareketi iyice kötüleşmiştir ve devre bozuklukları belirgin haldedir.

F hizmet düzeyinde ise, en olumsuz koşullar ifade edilmektedir. Doygunluk sınırında çalışılmaktadır.

Tablo 3.2'de Hizmet düzeylerinin gecikme ile olan ilişkisi gösterilmiştir (Yu, 2011:382).

Hizmet Düzeyi	Duruş Gecikmesi (sn)
A	≤ 10
B	$> 10-20$
C	$> 20-35$
D	$> 35-55$
E	$> 55-80$
F	> 80

Tablo 3.2. Kavşaklarda Hizmet Düzeyi

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TRAFİK SİNYAL KOORDİNASYONU

4.1. Koordinasyonla İlgili Temel Tanımlamalar

Arterlerde trafik koordinasyonu planlandığında koordinasyon çoğu zaman bir kavşaktan diğerine taşıtların sahip olduğu kütle hızı dikkate alınarak, offset (yeşil dalga) hesabı yapılmak suretiyle sağlanır. Offset (kaydırma, ayarlama) terimi koordine kavşaklar arasındaki yeşil sürelerin başlangıç zamanları arasındaki farktır. Genellikle sıfır ile periyot süresi arasında pozitif bir süre olarak ayarlanmaktadır. Genellikle sinyal koordinasyonu 1 milin altında uygulanmaktadır. Koordine sistemlerde tüm sinyaller aynı çevrim uzunluğuna sahip olmalıdır. Koordinasyon hesabında en fazla trafik yüküne maruz kavşak ana kavşak olarak seçilmekte ve bu kavşaktaki devre süresi diğer kavşakların devre sürelerinin belirlenmesinde ana faktör olarak kullanılmaktadır. Ana kavşağın devre süresi, genel devre süresi olarak tüm kavşaklara uygulanmaktadır. Trafik akımları gün boyunca değişiklik gösterdiği için farklı ana kavşak seçimi ve buna bağlı olarak genel devre sürelerinin değişimi kaçınılmaz olmaktadır (Roess vd age.,2004:684).

Trafik sinyal koordinasyonunun faydaları şöyle sıralanabilir (Gartner 2002: 657).

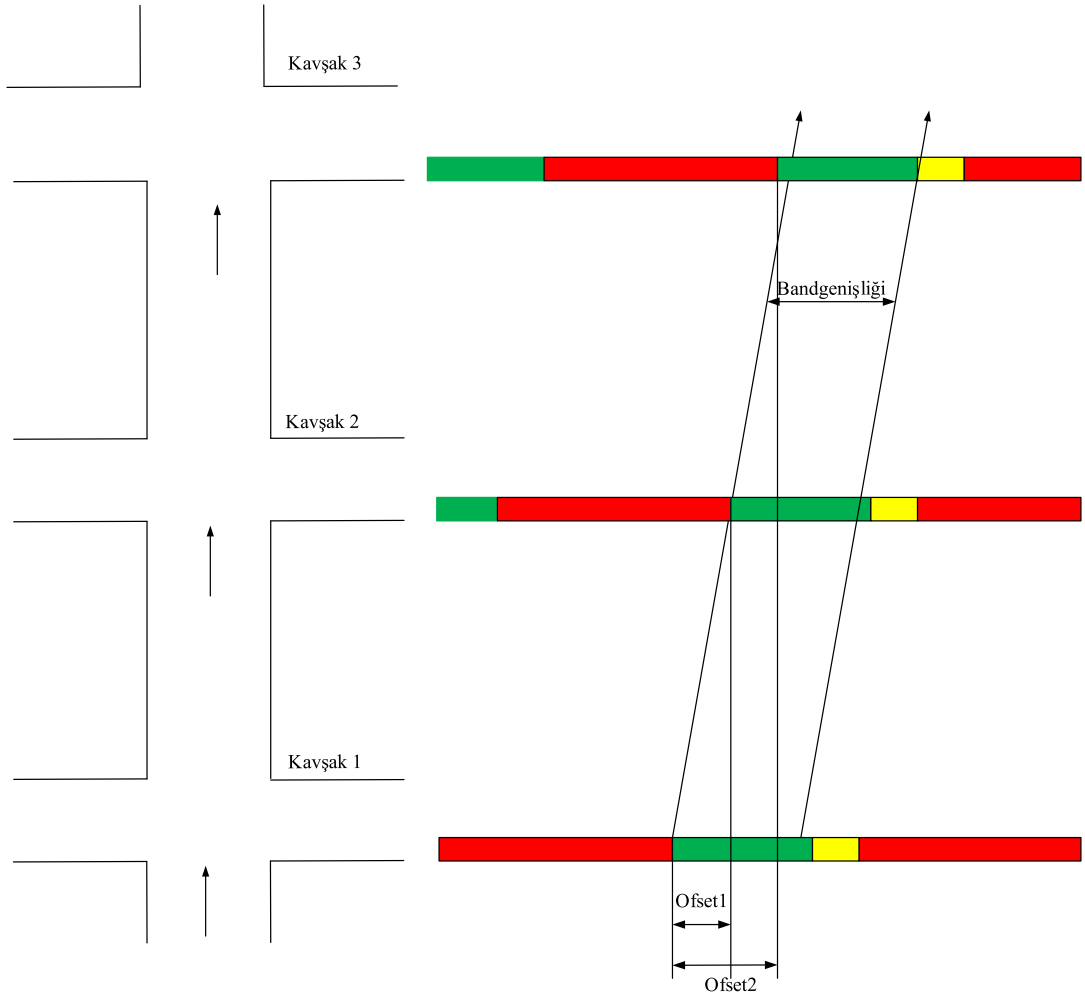
- Daha yüksek bir kalite seviyesinde trafik hizmeti verilerek durmaların sayısı azaltılır ve hız artar
- Durmaların sayısının azalmasından dolayı daha sorunsuz bir trafik akışı sağlanır ve trafik kapasitesi artar.
- Araç hızları daha düzgün bir biçimde gelişir çünkü öteki yeşile yetişmek için hızlanma ihtiyacı hissedilmez.
- Kaza sayılarında azalma oluşur çünkü kırmızı sinyal ihlalleri azaltılmıştır.
- Sürücüler alternatif küçük sokaklara sapma yerine arterde kalma eğilimindedir.

Trafik sinyal koordinasyonun olumsuz yönleri ise şöyle sıralanabilir (Can, 2005:20).

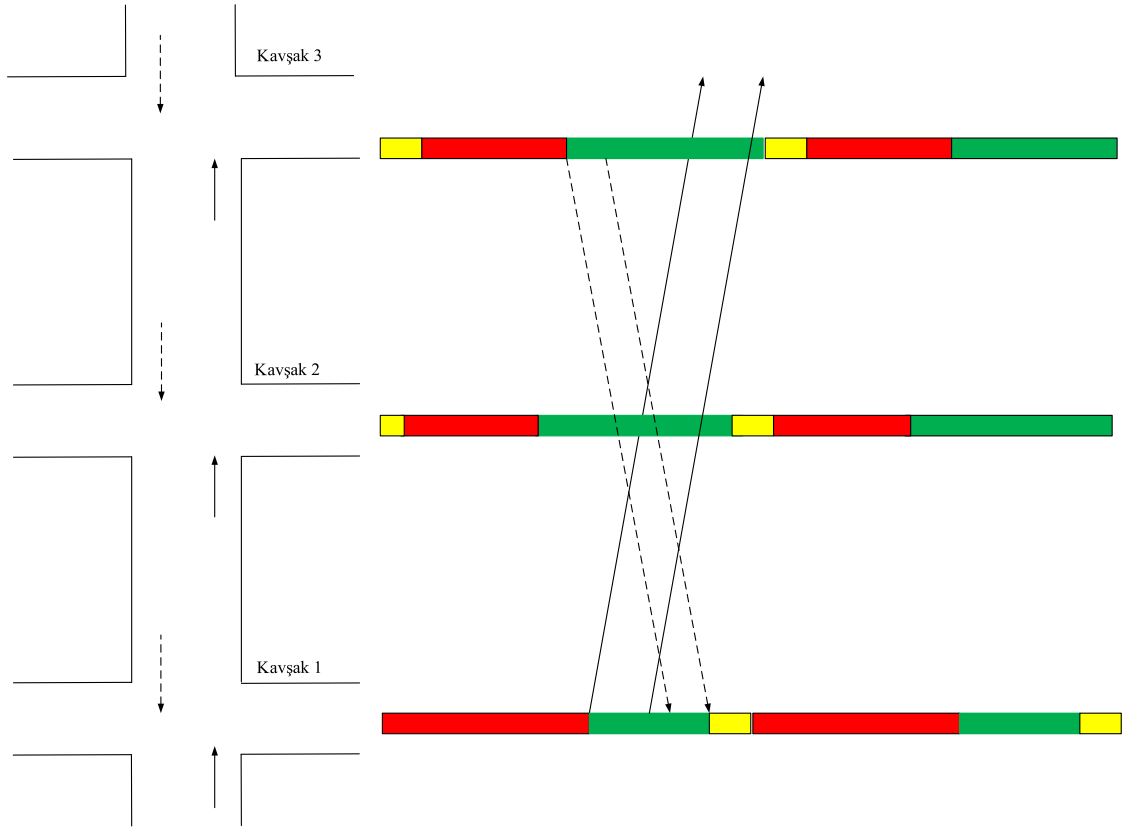
- İki yönlü sinyal koordinasyonunu sağlamak genelde zordur. Bunun için genelde bir yön ihmal edilerek tek yönlü koordinasyon uygulanır.
- Kritik kavşak arterin etkinliğini belirlemektedir. Eğer çok yüksek periyot süresi olursa bu tüm kavşağı olumsuz etkileyebilir.
- Yeşil süreye olan talep artarsa kuyruk oluşumları da artacaktır.

4.2. Zaman Mesafe Diyagramı

Şekil 8.1 ve 8.2 de görüldüğü gibi zaman ve mesafe diyagramında zaman ve bununla ilişkili sinyal süreleri yatay düzlemde çizilmektedir. Kavşaklar arası mesafeler ise düşey ekseninde çizilir. Zaman ve mesafe diyagramında çizilen herhangi bir çizginin eğimi güzergah boyunca ilerleme hızını vermektedir. Diyagramı hazırlamadan önce koordine olarak düzenlenecek kavşakların her birinin incelenmesi gerekmektedir. Sürekli hareket eden araçların bir kavşaktan diğerine hareket ederken kullanabildikleri yeşil alan miktarı bandgenişliği olarak adlandırılır (Gazis, 2002:106).



Şekil 4.1. Tek Yönlü Yollarda Bandgenişliği

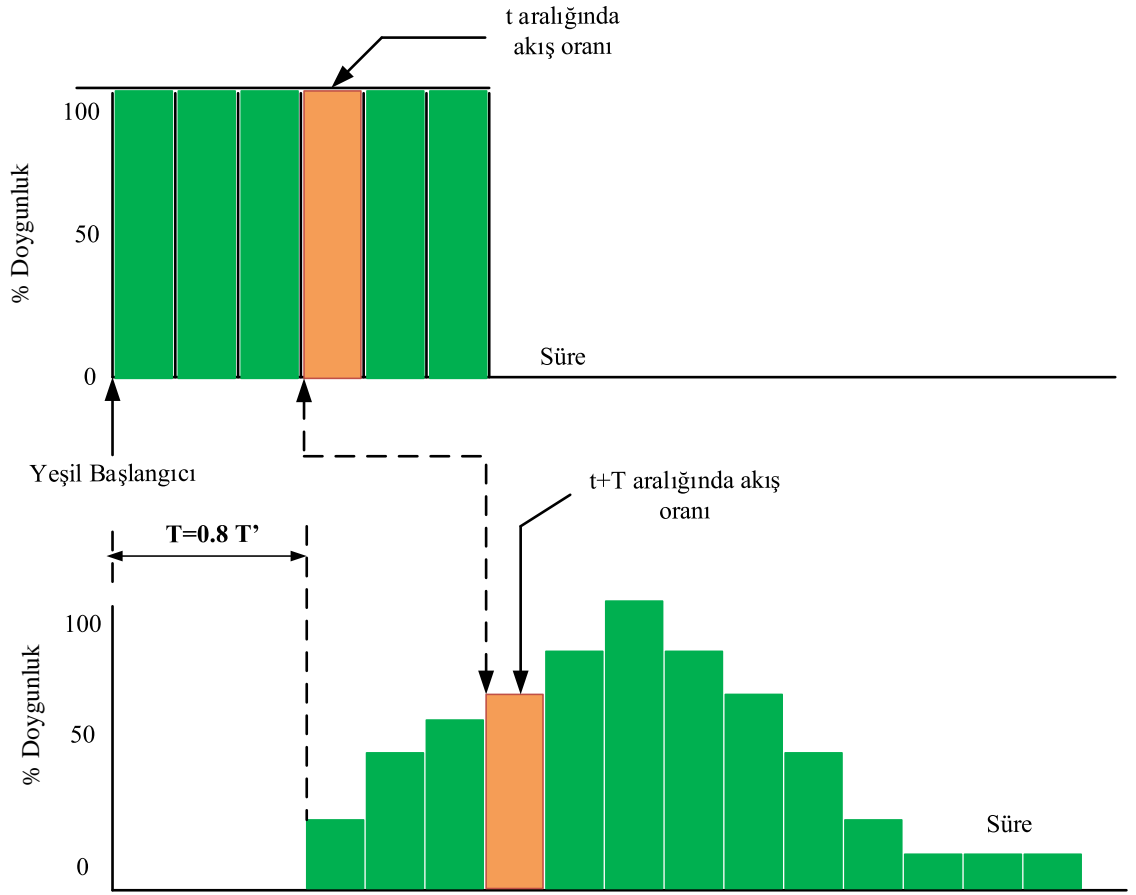


Şekil 4.2. Çift Yönlü Yollarda Bandgenişliği

4.3. Platoon Dağılımı

Trafik sinyalizasyonu ile kontrol edilen bir ulaşım ağında duruş çizgisine doğru seyahat eden taşıt kümeleri başlangıçta sinyalizasyonun yukarı yönünden boşalmaya başlayacaklardır. Bu nedenle sinyalizasyon yaklaşımlarından aşağı yönde taşıtların dağılımlarının tahmini oldukça önemlidir. Sinyalizasyondan aşağı yöndeki kümelenme dağılımlarının tahmini konusunda çok fazla miktarda araştırma yapılmıştır. Platoon dağılımının sebebi araç hızları arasındaki farktır. Çünkü sabit bir yoldaki tek bir aracın hızıyla, araçların birlikte hareket etmesi halinde oluşan hız farklı olacaktır (Yiming:2014,2).

Platoon dağılımı seyahat süresinin zamana göre bir fonksiyonudur. İki kavşak arasındaki mesafe arttıkça dağılım büyür. Şekil 4.3' den de görüleceği gibi araçlar bir kavşaktan diğerine hareket ederken doygunluk oranı da değişmektedir (FHWA ,2005:3-36).



Şekil 4.3. Platoon Dağılımı

Kümelene dağılımı aşağıdaki yineleme ilişkisi kullanılarak tahmin edilir (Farzaneh 2006:551).

$$Q_{(T+t)} = Fq_t + (1-F)Q_{(T+t-1)} \quad (4.1)$$

Burada:

$Q_{(T)}$ = Yol boyunca a noktasındaki tahmin edilen kümelenemeden .nci zaman aralığında türetilen akım miktarı

q_t =Duruş çizgisindeki başlangıç kümelenemasının t.nci zaman aralığındaki akım miktarı

F= yumuşatma faktörü

$$F = \frac{1}{1 + T\alpha} \quad (4.2)$$

$\alpha = 0.50$ ağır trafik için

$\alpha = 0.35$ normal trafik için

$\alpha = 0.25$ hafif trafik için

4.4. Arterlerde Trafik Optimizasyonu

Trafik sinyal optimizasyonu konusunda 1960 lı yıllardan itibaren geniş bir çalışma yapılmıştır. Trafik optimizasyonunda temel amaç trafik akışını maksimize etmektir. Trafik sinyal optimizasyonunda temelde 2 farklı metod kullanılmaktadır (Xianyu 2012:232). Bunlar:

- Toplam gecikmelerin minimize edilmesi
- Arter boyunca band genişliğinin maksimize edilmesidir

Trafik sinyal koordinasyonunda şu dört parametre etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Hu, 2011:62).

- Periyot süresi
- Yeşil sürelerin dağılımı
- Offset süresi
- Faz sıralaması

4.5. Maxband (Maximal Bandwidth Traffic Signal Setting Optimization Program)

Orijinal maxband offline (çevrimdışı) olarak ve fortran 77 programıyla maximum bandgenişliğini sağlayacak şekilde Little tarafından geliştirilmiştir. Maxband offset, periyot süresi, ilerleme hızı ve sola dönüş sıralamasını sağlayarak bandgenişliğini maksimize etmeye çalışır. Bunu çözebilmek içinde karma tamsayılı programlama formunu kullanır. Aşağıdaki şekilde orijinal maxband modeli gözükmektedir. S_h ve S_i iki komşu sinyalizasyon kavşağı göstermektedir. S_h dan S_i ye doğru olan yön dışarı (outbound), S_i 'den S_h 'a doğru olan yön ise içeri (inbound) olarak tanımlanabilir. Yatay

çizgiler kırmızı ve yeşil süreleri ifade ederken dikey çizgiler iki kavşak arasındaki mesafeyi ve de kırıklı çizgilerde araç yörüngesini göstermektedir (Little 1965:571).

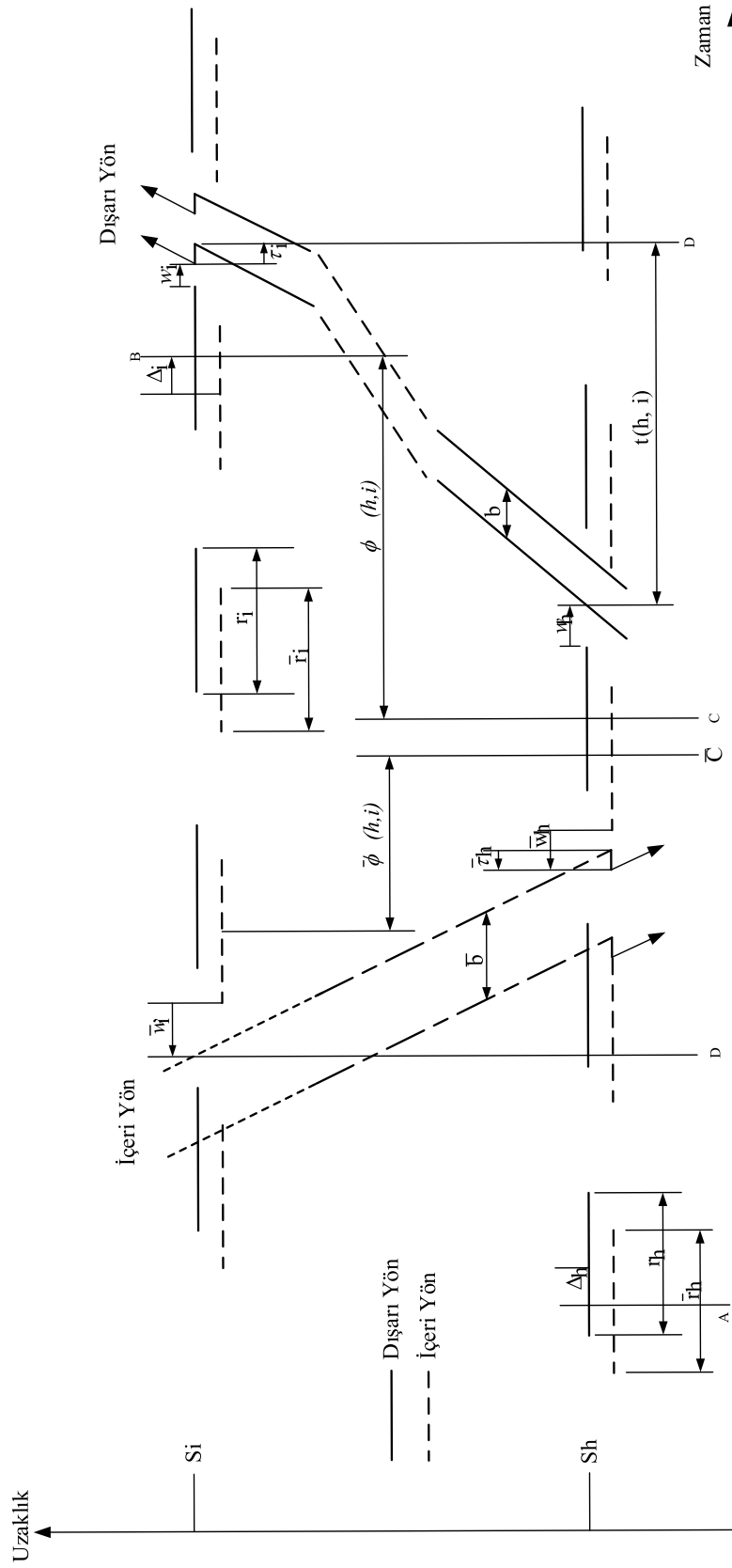
Maxbandın üstünlükleri şöyle sıralanabilir (Lin, agt,1999:17).

- Diğer metodlarla karşılaştırıldığında (gecikmeyi ve durmaların sayısını minimize eden) daha az sayıda giriş değişkeni kullanır ve görsel olarak daha çabuk anlaşılabilir.
- Başlangıç çözümüne ihtiyaç duymaz ve global optimum değerine ulaşılır.

Maxbandın zayıf yönleri ise şöyle sıralanabilir.

- Trafik akış modeli gerçekte çok geçerli değildir. (taşıtların ilerleme hızını düzgün kabul ettiği için)
- MILP (Mixed İnteger programming-Karma tamsayılı programlama) kullandığı için bilgisayarda çözüm süresi uzayabilir bazen de olanaksız çözüm kümesi oluşabilir.
- Yeşillerin fazlara dağılımını optimize etmez ve servis kalitesi (Level of Service-LOS) hakkında bir rapor oluşturmaz.

Şekil 4.4' de temel MAXBAND grafiği verilmiştir.



Şekil 4.4. Temel Maxband Grafiği

Tüm değişkenler periyot süresi birimleri içerisinde tanımlanır.

C = periyot süresi (saniye)

$b(\bar{b})$ = giden (gelen) akımın bandgenişliği (periyot)

$r_i(\bar{r}_i)$ = i. nci sinyalin kırmızı süresi (periyot)

$t(h,i)$ ($\bar{t}(h,i)$) = S_i 'den S_h 'e doğru akımın seyahat süresi (periyot)

$\Phi(h,i)$ = S_h deki kırmızı sinyalin orta noktasından S_i deki kırmızı sinyalin orta noktasına olan süre (periyot)

$\bar{\Phi}(h,i)$ = S_i deki kırmızı sinyalin orta noktasından S_h deki kırmızı sinyalin orta noktasına olan süre (periyot)

w_i = S_i sinyalinin sol tarafından yeşil bandın kırmızısına kadar geçen süre (periyot)

$\Delta_i = \bar{r}_i$ 'nin merkezinden en yakın r_i 'ye olan süre

$\tau_i(\bar{\tau}_i)$ = Kuyruk temizleme süresi

Şekil 4.4 incelendiğinde (Little, 1981:5):

$$A \text{ dan } B \text{ ye süre} = \Delta_h + \text{Tamsayı periyot} + \Phi(h,i) \quad (4.3)$$

elde edilir.

Aynı şekilde A 'dan B 'ye süre şu şekilde de ifade edilebilir:

$$A \text{ dan } B \text{ ye süre} = \text{Tamsayı periyot} - \bar{\Phi}(h,i) + \text{Diğer tamsayı periyot} + \Delta_i \quad (4.4)$$

İki sürenin eşit olduğu varsayılarak tek bir $m(h,i)$ değişkeninde birleştirilirse:

$$\Phi(h,i) + \bar{\Phi}(h,i) + \Delta_h - \Delta_i = m(h,i) \quad (4.5)$$

bulunur.

Şekilden görüleceği üzere C ve D arası incelenirse;

$$\Phi(h,i) + \frac{1}{2}r_i + w_i + \tau_i = \frac{1}{2}r_h + w_h + t(h,i) \quad (4.6)$$

\bar{C} ve \bar{D} arası incelenirse;

$$\bar{\Phi}(h,i) + \frac{1}{2}\bar{r}_i + \bar{w}_i = \frac{1}{2}\bar{r}_h + \bar{w}_h - \bar{\tau}_h + \bar{t}(h,i) \quad (4.7)$$

İki formül birleştirilirse:

$$t(h,i) + \bar{t}(h,i) + \frac{1}{2}(r_h + \bar{r}_h) + (w_h + \bar{w}_h) - \frac{1}{2}(r_i + \bar{r}_i) - (w_i + \bar{w}_i) - (\tau_i + \bar{\tau}_h) + \Delta_h - \Delta_i = m(h,i) \quad (4.8)$$

Formül basitleştirilmek istenirse;

$$t(h,j) = t(h,i) + t(i,j) \quad (4.9)$$

yazılabilir.

$h=j$ kabulü yapılırsa;

$t(i,h) = -t(h,i)$ yazılabilir.

$t(i,h) = -t(h,i)$ düşünülerek;

$$\Phi(h,j) = \Phi(h,i) + \Phi(i,j), \quad \Phi(h,i) = -\Phi(i,h) \quad (4.10)$$

$$m(h,j) = m(h,i) + m(i,j), \quad m(h,i) = -m(i,h) \quad (4.11)$$

denklemleri elde edilir.

Notasyonda kolaylık olması bakımından;

$x_i = x(i+1)$ gibi düşünülebilir.

İfadeler yerine konulacak olursa;

$$t_i + \bar{t}_i + (w_i + \bar{w}_i) - (w_{i+1} + \bar{w}_{i+1}) + \Delta_i - \Delta_{i+1} = -\frac{1}{2}(r_i + \bar{r}_i) + \frac{1}{2}(r_{i+1} + \bar{r}_{i+1}) + \bar{\tau}_i + \tau_{i+1} + m_i \quad (4.12)$$

Şekilden anlaşılacağı gibi;

$$w_i + b \leq 1 - r_i \quad (4.13)$$

$$\bar{w}_i + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_i \quad (4.14)$$

kısıtları elde edilir.

İfade edilen notasyonlar sonuç olarak aşağıdaki formlarda verilebilir (Little, agm.,1981:16).

MILP 1

$b, \bar{b}, w_i, \bar{w}_i, m_i$ bulmak için

Amaç fonksiyonu:

$$\max b \quad (4.15)$$

$$\bar{b} = b \quad (4.16)$$

$$w_i + b \leq 1 - r_i \quad i=1, \dots, n \quad (4.17)$$

$$\bar{w}_i + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_i \quad i=1, \dots, n \quad (4.18)$$

$$(w_i + \bar{w}_i) - (w_{i+1} + \bar{w}_{i+1}) + (t_i + \bar{t}_i) + \Delta_i - \Delta_{i+1} = -\left(\frac{1}{2}\right)(r_i + \bar{r}_i) + \left(\frac{1}{2}\right)(r_{i+1} + \bar{r}_{i+1}) + \bar{t}_i + \tau_{i+1} + m_i \quad i=1, \dots, n-1 \quad (4.19)$$

m_i =tamsayı

$$b, \bar{b}, w_i, \bar{w}_i, m_i \geq 0, \quad i=1, \dots, n \quad (4.20)$$

LP1 $3n$ kısıta, $2n+2$ sürekli değişkene ve $n-1$ tamsayı değişkene sahiptir.

MILP 2

$b, \bar{b}, z, \bar{w}_i, t_i, \bar{t}_i, \delta_i, \bar{\delta}_i, m_i$ bulmak için (Gartner, 1990:62)

$$\max(b + k\bar{b}) \quad (4.21)$$

$$(1-k)\bar{b} \geq (1-k)kb \quad (4.22)$$

$$w_i + b \leq 1 - r_i \quad i=1, \dots, n \quad (4.23)$$

$$\bar{w}_i + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_i \quad i=1, \dots, n \quad (4.24)$$

$$(w_i + \bar{w}_i) - (w_{i+1} + \bar{w}_{i+1}) + (t_i + \bar{t}_i) + \delta_i l_i - \bar{\delta}_i \bar{l}_i - \delta_{i+1} l_{i+1} + \bar{\delta}_{i+1} \bar{l}_{i+1} - m_i = (r_{i+1} - r_i) + (\bar{r}_i + \tau_{i+1})$$

$$i=1, \dots, n-1 \quad (4.25)$$

$$\left(\frac{d_i}{f_i} \right) z \leq t_i \leq \left(\frac{d_i}{e_i} \right) z \quad i=1, \dots, n-1 \quad (4.26)$$

$$\left(\frac{d_i}{\bar{f}_i} \right) z \leq \bar{t}_i \leq \left(\frac{d_i}{\bar{e}_i} \right) z \quad i=1, \dots, n-1 \quad (4.27)$$

$$\left(\frac{d_i}{h_i} \right) z \leq \left(\frac{d_i}{d_{i+1}} \right) t_{i+1} - t_i \leq \left(\frac{d_i}{g_i} \right) z \quad i=1, \dots, n-2 \quad (4.28)$$

$$\left(\frac{d_i}{\bar{h}_i} \right) z \leq \left(\frac{d_i}{d_{i+1}} \right) \bar{t}_{i+1} - \bar{t}_i \leq \left(\frac{d_i}{\bar{g}_i} \right) z \quad i=1, \dots, n-2 \quad (4.29)$$

Burada:

m_i = tamsayı

$\delta_i, \bar{\delta}_i$ 0,1 değişken

$k=b$ ile \bar{b} arasında verilen oran

T = periyot süresi (saniye)

$\frac{1}{h_i}, \frac{1}{g_i}, \frac{1}{\bar{h}_i}, \frac{1}{\bar{g}_i}$ giriş ve çıkış yönünde karşılıklı hızların alt ve üst sınırı

T_1, T_2 = periyot süresinin alt ve üst sınırları

Z = sinyal frekansı (periyot / saniye) periyot uzunluğunun tersi

$d(h_i)$ = sh ile Si arası uzaklık (metre)

v_i = Sh ile si arasındaki dışarı giden akımın hızı (metre /saniye)

\bar{v}_i = Sh ile si arasındaki içeri gelen akımın hızı (metre /saniye)

e_i, f_i = dışarı giden akım hızının alt ve üst sınırları (metre/saniye)

\bar{e}_i, \bar{f}_i = içeri gelen akım hızının alt ve üst sınırları (metre/saniye)

ifade etmektedir.

LP2 11n-10 sayıda kısıta, 4n+1 sürekli değişkene, 2n binary değişkene ve n-1 tamsayı değişkene sahiptir (Rekha, 1998:521).

4.6. Senkronizasyonun Bulunması

Lineer programlama değişkenleri sinyallerin senkronizasyonunda kullanılabilir Şekil incelenecek olursa senkronizasyon kolaylıkla bulunabilir (Little ,1965:17).

$\theta(h, i)$ =offset değeri

Şekil incelenecek olursa;

$$0 \leq \theta(h, i) \leq 1 \quad (4.30)$$

kısıtı ortaya çıkar.

$\theta(1, i), i = 2, \dots, n$ değeri senkronizasyon olarak adlandırılır.

İfadeyi daha sade bir şekilde ifade etmek için;

$$\text{int}[x] = \text{en büyük tamsayı} \leq x \quad (4.31)$$

$$\text{man}[x] = x - \text{int}[x] \quad (4.32)$$

kullanılır.

Örnekler verilecek olursa ;

$$\text{int}[5.2] = 5$$

$$\text{man}[5.2] = 0.2$$

$$\text{int}[-1.3] = -2$$

$$\text{man}[-1.3] = 0.75$$

$$\text{int}[5.2] = 5$$

Şekil incelenecek olursa;

$$\theta(h,i)=\text{man}[\phi(h,i)] \quad (4.33)$$

olduğu görülür.

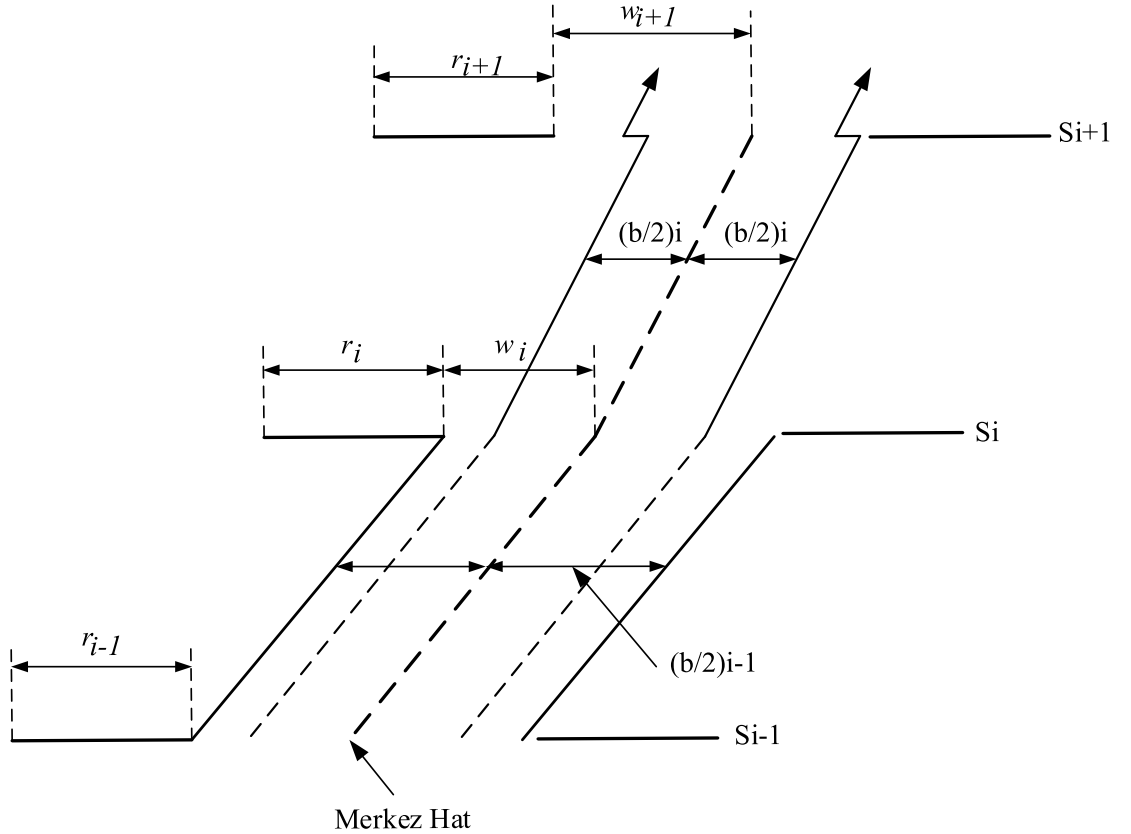
Formüllerde ifadeler yerine konulacak olursa;

$$\theta(1,i)=\text{man} \left[w_1 - w_i + \sum_{k=1}^{i-1} t_k + \frac{1}{2} (r_1 - r_i) \right] \quad (4.34)$$

elde edilir.

4.7. Multiband (An Extension of MAXBAND)

Multiband model Gartner vd. tarafından 1991 yılında geliştirilmiş olan bir modeldir. Maxbandın gelişmiş versiyonu olarak karşımıza çıkar ve maxbanddan farkı bandgenişliklerini herbir arter için esnek olarak ayarlayabilmesidir. Her iki yöndeki band genişliği toplam amaç fonksiyonunun bir oranıdır. Bu nedenle trafik koşullarındaki değişikliklere duyarlıdır (Gartner, agm, 1990:63).



Şekil 4.5. Multiband Grafiği

Şekil 4.5’den de görüleceği üzere formülasyon şöyle oluşturulabilir.

b =giden yöndeki band genişliği

\bar{b} =gelen yöndeki band genişliği

w_i =Giden yönde kırmızının sağından bandgenişliğinin merkezine olan uzaklık

\bar{w}_i =Gelen yönde kırmızının sağından bandgenişliğinin merkezine olan uzaklık

$$w_i + (1/2) b_i \leq 1 - r_i \quad (4.35)$$

$$w_i - (1/2) b_i \geq 0 \quad (4.36)$$

$$(1/2) b_i \leq w_i \leq (1 - r_i) - (1/2) b_i \quad (4.37)$$

$$(1/2) b_i \leq w_{i+1} \leq (1 - r_{i+1}) - (1/2) b_i \quad (4.38)$$

$$(1/2) \bar{b}_i \leq \bar{w}_i \leq (1 - \bar{r}_i) - (1/2) \bar{b}_i \quad (4.39)$$

$$(1/2) \bar{b}_i \leq \bar{w}_{i+1} \leq (1 - \bar{r}_{i+1}) - (1/2) \bar{b}_i \quad (4.40)$$

$$(1 - k_i) \bar{b}_i \geq (1 - k_i) k_i b_i \quad (4.41)$$

$$\text{MAX } B = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} (a_i b_i + \bar{a}_i \bar{b}_i) \quad (4.42)$$

$$a_i = \left(\frac{v_i}{s_i} \right)^\rho \quad (4.43)$$

$$\bar{a}_i = \left(\frac{\bar{v}_i}{\bar{s}_i} \right)^\rho \quad (4.44)$$

$a_i(\bar{a}_i)$ =her iki yönde spesifik link ağırlıkları

$v_i(\bar{v}_i)$ =i yönündeki hacim

$s_i(\bar{s}_i)$ =i yönündeki doygunluk oranı

ρ =üstel katsayı (0,1,2,3,4 kullanılabilir)

$$\sum_{i=1}^{n-1} a_i = n-1 \quad (4.45)$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} \bar{a}_i = n-1 \quad (4.46)$$

Sonuç olarak ifade etmek gerekirse;

MILP 3

$b_i, \bar{b}_i, z_i, w_i, \bar{w}_i, t, \bar{t}, \delta_i, \bar{\delta}_i, m_i$ bulmak için;

$$\text{MAX } B = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} (a_i b_i + \bar{a}_i \bar{b}_i) \quad (4.47)$$

$$\left(\frac{1}{2}\right) k_i \geq (1-k_i)k_i b_i \quad (4.48)$$

$$\frac{1}{c_2} \leq z \leq \frac{1}{c_1} \quad (4.49)$$

$$\left(\frac{1}{2}\right) b_i \leq w_i \leq (1-r_i) - \left(\frac{1}{2}\right) b_i \quad (4.50)$$

$$\left(\frac{1}{2}\right) b_i \leq w_{i+1} \leq (1-r_{i+1}) - \left(\frac{1}{2}\right) b_i \quad (4.51)$$

$$\left(\frac{1}{2}\right) \bar{b}_i \leq \bar{w}_i \leq (1-\bar{r}_i) - \left(\frac{1}{2}\right) \bar{b}_i \quad (4.52)$$

$$\left(\frac{1}{2}\right) \bar{b}_i \leq \bar{w}_{i+1} \leq (1-\bar{r}_i) - \left(\frac{1}{2}\right) \bar{b}_i \quad (4.53)$$

$$(w_i + \bar{w}_i) - (w_{i+1} + \bar{w}_{i+1}) + (t_i + \bar{t}_i) + \delta_i l_i + \bar{\delta}_i \bar{l}_i + \delta_{i+1} l_{i+1} + \bar{\delta}_{i+1} \bar{l}_{i+1} - m_i = (r_{i+1} - r_i) + (\bar{r}_i + \tau_i) \quad (4.54)$$

$$\left(\frac{d_i}{f_i}\right) z \leq t_i \leq \left(\frac{d_i}{e_i}\right) z \quad (4.55)$$

$$\left(\frac{\bar{d}_i}{\bar{f}_i}\right) z \leq \bar{t}_i \leq \left(\frac{\bar{d}_i}{\bar{e}_i}\right) z \quad (4.56)$$

$$\left(\frac{d_i}{h_i}\right) z \leq \left(\frac{d_i}{d_{i+1}}\right) t_{i+1} - t_i \leq \left(\frac{d_i}{g_i}\right) z \quad (4.57)$$

$$\left(\frac{\bar{d}_i}{\bar{h}_i}\right) z \leq \left(\frac{\bar{d}_i}{\bar{d}_{i+1}}\right) \bar{t}_{i+1} - \bar{t}_i \leq \left(\frac{\bar{d}_i}{\bar{g}_i}\right) z \quad (4.58)$$

$$b_i, \bar{b}_i, z_i, w_i, \bar{w}_i, t, \bar{t} \geq 0 \quad (4.59)$$

m_i tamsayı

$\delta_i, \bar{\delta}_i$ 0-1 binary değişkenler

MILP 3 18n-20 kısıta sahip ve 6n-3 sürekli değişkene, 2n binary değişkene ve n-1 sınırsız tamsayı değişkene sahiptir (Zhang, 2015:518).

4.8. MAXBAND Dispersion Yöntemiyle Trafik Optimizasyonu

Maxband modeli bandgenişliği optimizasyonunda tüm araçların aynı hızda gittiğini kabul etmektedir. Gerçekte trafik akımının dağılımı farklıdır ve farklı araç performanslarına bağlıdır. Bu modelde geleneksel maxband modeline ilave olarak araç hızlarının platoon dağılımına uyduğu varsayılarak model geliştirilmiştir ve MAXBAND-Dispersion model adıyla anılmaktadır. Geleneksel modelle arasındaki temel fark kavşaklar arasındaki seyahat süresinin hesaplama farkıdır. Model şöyle tanımlanabilir (Lu, 2008:86).

$$b_i, \bar{b}_i, w_i, \bar{w}_i, m_i \text{ bulmak için} \quad (4.60)$$

$$\max b+k\bar{b} \quad (4.61)$$

$$w_1+b \leq 1-r_i \quad (4.62)$$

$$\bar{w}_i+\bar{b} \leq 1-\bar{r}_i \quad (4.63)$$

$$(w_i+\bar{w}_i)-(w_{i+1}+\bar{w}_{i+1})+(t_i+\bar{t}_i)+\Delta_i+\Delta_{i+1}=-\frac{1}{2}(r_i+\bar{r}_i)+\frac{1}{2}(r_{i+1}+\bar{r}_{i+1})+(\bar{t}_i+\tau_{i+1})+m_i \quad (4.64)$$

$$t_i(\bar{t}_i)=\sum_{i=1}^n T_i F(1-F)^{(T_i-t)} \quad (4.65)$$

$$F=\frac{1}{1+0.35t} \quad (4.66)$$

t =seyahat süresi

m_i =tamsayı

$$b_i, \bar{b}_i, w_i, \bar{w}_i \geq 0$$

Bu karma tamsayılı model $3n$ kısıta, $2n+2$ sürekli değişkene, $n-1$ sınırsız tamsayı değişkene sahiptir.

k = giden ve gelen bandgenişliği oranı

r_i =Giden yönündeki kırmızı süre

\bar{r}_i =Gelen yönündeki kırmızı süre

b_i =Giden yönündeki bandgenişliği

\bar{b}_i =Gelen yönündeki bandgenişliği

w_i =Giden yöndeki kırmızı sinyalin sağından yeşil bandın soluna kadar olan mesafe

\bar{w}_i =Gelen yöndeki kırmızı sinyalin solundan yeşil bandın sağına kadar olan mesafe

t_i =kavşak i den kavşak $i+1$ 'e kadar olan seyahat süresi

\bar{t}_i =kavşak $i+1$ den kavşak i 'ye kadar olan seyahat süresi

$\Delta_i = r_i$ 'nin merkezinden en yakın r_i 'ye olan mesafe

$\tau_i(\bar{\tau}_i)$ = Kuyruk temizlenmesi için gerekli süre

Bu yöntemin şöyle özetlenebilir. Önce tüm kavşaklardaki trafik verilerine göre her bir kavşak için kırmızı ve yeşil süreler hesaplanır. Sonra en büyük devre süresine sahip kavşaktaki periyot değeri tüm kavşaklara uygulanır. Dolayısıyla diğer tüm kavşaklardaki kırmızı ve yeşil süreler de bununla orantılı biçimde değişir. Kavşaklar arasındaki mesafe de dikkate alınarak, en yüksek ve en düşük araç hızlarının da bilinmesi ile platoon dağılımına göre iki kavşak arasındaki süre hesaplanır. Ardından Karma tamsayılı modele göre band genişlikleri ve ofset değerleri hesaplanır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

UYGULAMA

5.1. Alanya Çevreyolu

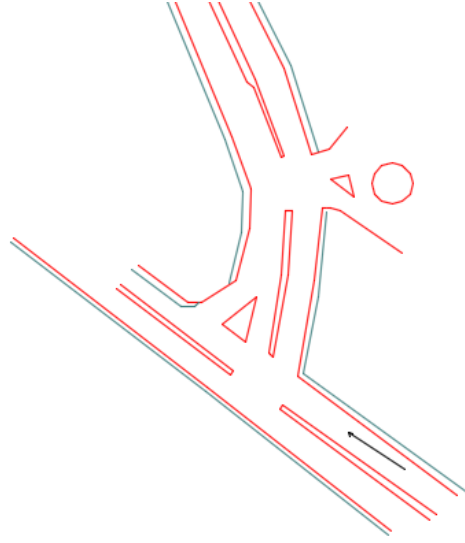
Şekil 5.1’de optimizasyonu yapılan arter verilmiştir. İlerleyen kısımlarda ise Herbir kavşak için trafik sayımları ve faz planları verilerek periyot sürelerinin hesabı verilmiştir. Trafik sayımları yapılırken, herbir taşıt sayımı otomobil eşdeğer birimine çevrilmiştir. Doygun Akım değerleri 1700 olarak kabul edilmiştir. Faz planları ise olması gereken koordinasyona göre yeniden düzenlenmiştir. Koordinasyon hesabı bu planlara göre yapılmıştır. Aşağıda kavşaklar arası mesafeler verilmiştir.

Kavşak 1 TOSMUR- Kavşak 2 OBAGÖL arası	= 767 m
Kavşak 2 OBAGÖL- Kavşak 3 METRO arası	= 1025 m
Kavşak 3 METRO- Kavşak 4 ALANYUM arası	= 585 m
Kavşak 4 ALANYUM- Kavşak 5 SANAYİ arası	= 700 m
Kavşak 5 SANAYİ- Kavşak 6 HASTANE arası	= 750 m
Kavşak 6 HASTANE- Kavşak 7 TİCARET LİSESİ arası	= 710 m
Kavşak 7 TİCARET LİSESİ- Kavşak 8 E.KAHVECİOĞLU arası	= 730 m
Kavşak 8 E. KAHVECİOĞLU- Kavşak 9 YAYLAYOLU arası	= 607 m
Kavşak 9 YAYLAYOLU- Kavşak 10 TELEKOM arası	= 1045 m
Kavşak 10 TELEKOM- Kavşak 11 KIZLARPINARI arası	= 1210 m
Kavşak 11 KIZLARPINARI- Kavşak 12 DİNEK arası	= 540 m

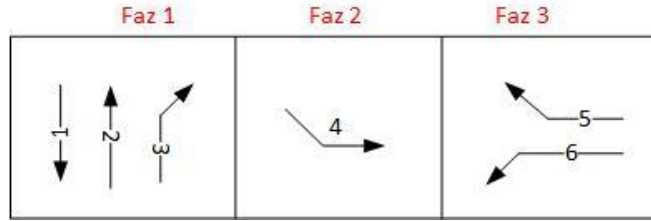


Şekil 5.1. Alanya Cevreyolu Sinyalizasyonu Yapılan Arter Cizini

5.2. Tosmur Kavşağı



Şekil 5.2. Tosmur Kavşağı Geometrik Durumu

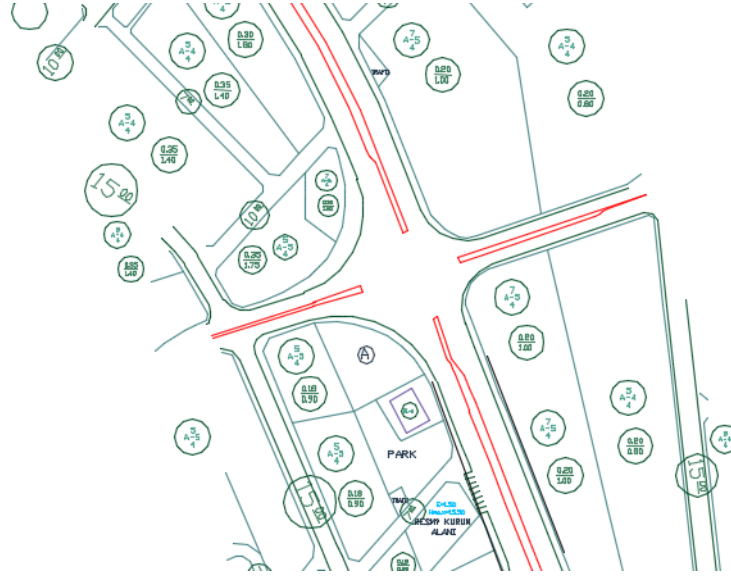


Şekil 5.3. Tosmur Kavşağı Faz Planı

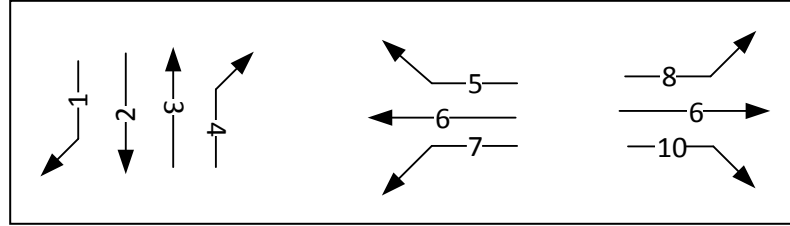
Akım Sayım Değerleri			Yeşil	Kırmızı	Sarı	Gecikme	Periyot	
Faz 1	Faz 2	Faz 3	Faz 1	16	35	3	16,5873	54
331	269	242	Faz 2	12	39	3	19,3765	
391		250	Faz 3	11	40	3	19,9337	
98								

Tablo 5.1. Tosmur Kavşağı Trafik Akım Değerleri,Sürelerin Dağılımı

5.3. Obagöl Kavşağı



Şekil 5.4. Obagöl Kavşağı Geometrik Durumu

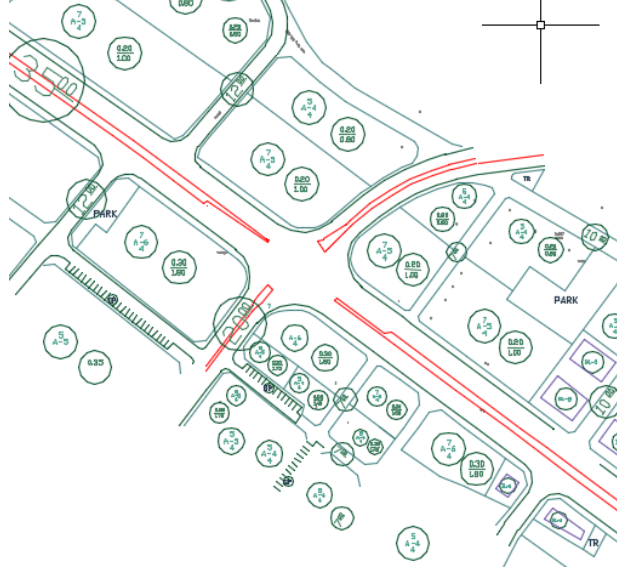


Şekil 5.5. Obagöl Kavşağı Faz Planları

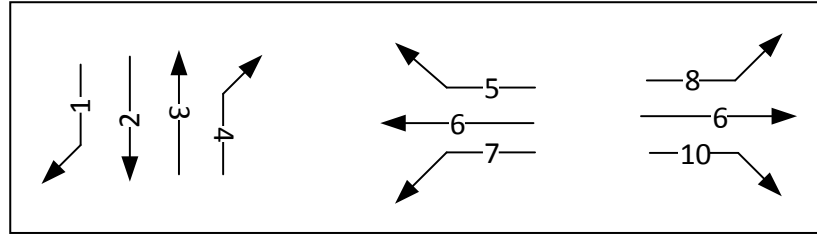
Akım Sayım Değerleri				Yeşil	Kırmızı	Sarı	Gecikme	Periyot
		Faz Şekil 1.1 Alanya Çevreyolu						
Faz 1	Faz 2	3	Faz 1	33	32	3	17,6084	
73	293	224	Faz 2	11	54	3	17,0849	
240	32	28	Faz 3	9	56	3	18,9552	
262	43	17						
45								51

Tablo 5.2. Obagöl Kavşağı Trafik Akım Değerleri,Sürelerin Dağılımı

5.4. Metro Kavşağı



Şekil 5.6. Metro Kavşağı Geometrik Durumu

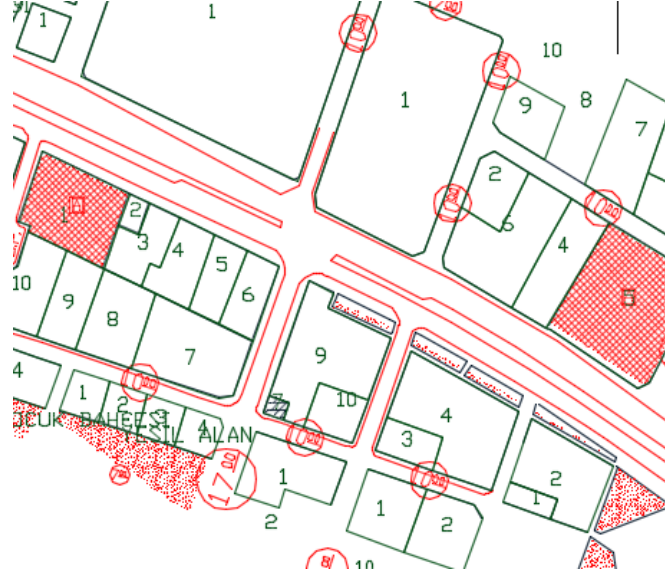


Şekil 5.7. Metro Kavşağı Faz Planları

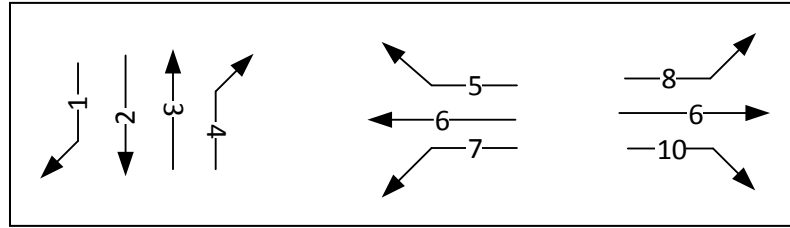
Akım Sayım Değerleri			Yeşil	Kırmızı	Sarı	Gecikme	Periyot
Faz 1	Faz 2	Faz 3	Faz 1	10	32	3	15,5258
73	238	181	Faz 2	12	30	3	14,3516
178	36	19	Faz 3	8	34	3	17,0021
211	51	24					
54							45

Tablo 5.3. Metro Kavşağı Trafik Akım Değerleri,Sürelerin Dağılımı

5.5. Alanyum Kavşağı



Şekil 5.8. Alanyum Kavşağı Geometrik Durumu

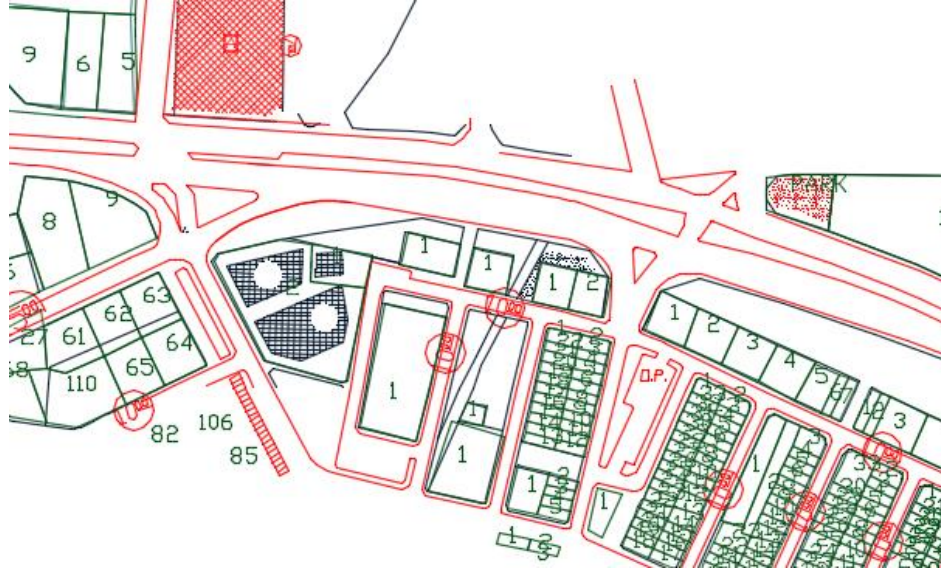


Şekil 5.9. Alanyum Kavşağı Faz Planları

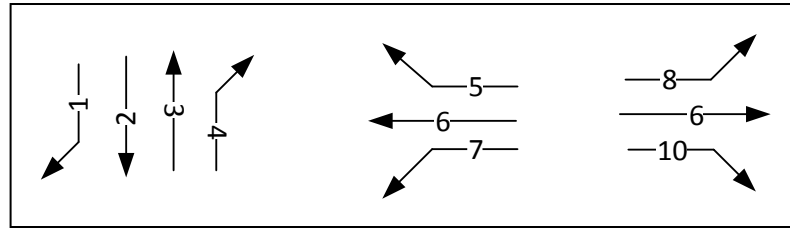
Akım Sayım Değerleri				Yeşil	Kırmızı	Sarı	Gecikme	Periyot
Faz 1	Faz 2	Faz 3	Faz 1	21	54	3	27,4124	78
81	272	458	Faz 2	15	60	3	30,2342	
411	51	193	Faz 3	26	49	3	23,6962	
368	67	78						
20								

Tablo 5.4. Alanyum Kavşağı Trafik Akım Değerleri,Sürelerin Dağılımı

5.6. Sanayi Kavşağı



Şekil 5.10. Sanayi Kavşağı Geometrik Durumu



Şekil 5.11. Sanayi Kavşağı Faz Planları

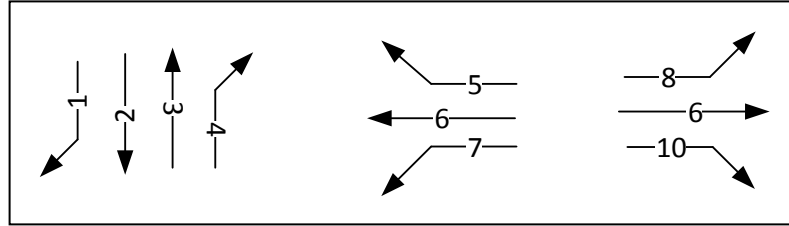
Akım Sayım Değerleri				Yeşil	Kırmızı	Sarı	Gecikme	Periyot
Faz 1	Faz 2	Faz 3	Faz 1	23	49	3	23,6913	75
77	305	364	Faz 2	17	55	3	27,2907	
256	101	77	Faz 3	20	52	3	25,6261	
408	143	24						
87								

Tablo 5.5. Sanayi Kavşağı Trafik Akım Değerleri,Sürelerin Dağılımı

5.7. Hastane Kavşağı



Şekil 5.12. Hastane Kavşağı Geometrik Durumu



Şekil 5.13. Hastane Kavşağı Faz Planları

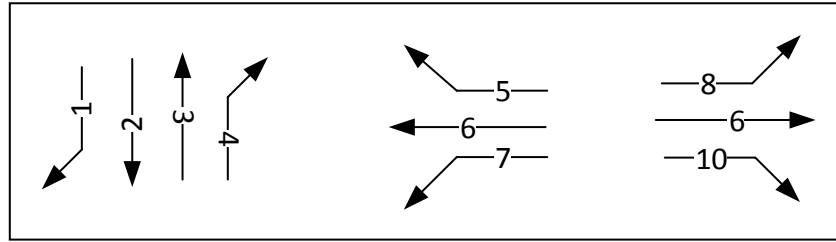
Akım Sayım Değerleri			Yeşil	Kırmızı	Sarı	Gecikme	Periyot
Faz 1	Faz 2	Faz 3	Faz 1	42	65	3	35,8395
73	186	523	Faz 2	13	94	3	57,567
704	446	165	Faz 3	39	68	3	33,0560
565	18	17					
45							110

Tablo 5.6. Hastane Kavşağı Trafik Akım Değerleri,Sürelerin Dağılımı

5.8. Ticaret Lisesi Kavşağı



Şekil 5.14. Ticaret Lisesi Kavşağı Geometrik Durumu



Şekil 5.15. Ticaret Lisesi Kavşağı Faz Planları

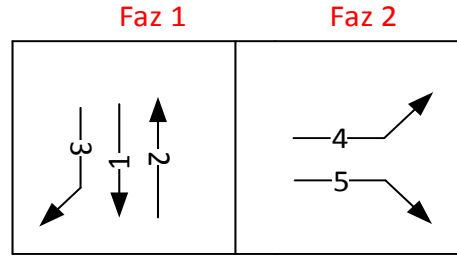
Akım Sayım Değerleri			Yeşil	Kırmızı	Sarı	Gecikme	Periyot
Faz 1	Faz 2	Faz 3	Faz 1	27	59	3	30,5771
74	173	575	Faz 2	10	76	3	43,4251
506	335	166	Faz 3	36	50	3	23,8187
426	13	19					
24							89

Tablo 5.7. Ticaret Lisesi Trafik Akım Değerleri,Sürelerin Dağılımı

5.9. E. Kahvecioğlu Kavşacı



Şekil 5.16. E. Kahvecioğlu Kavşacı Geometrik Durumu

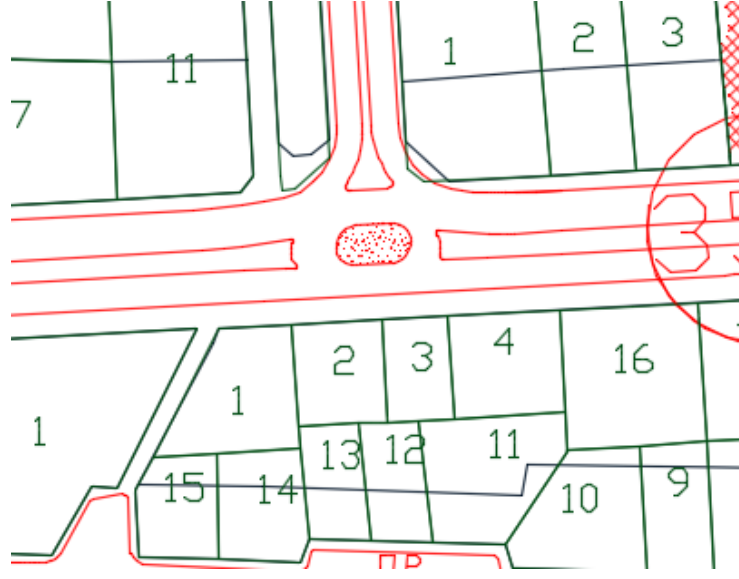


Şekil 5.17. E. Kahvecioğlu Kavşacı Faz Planları

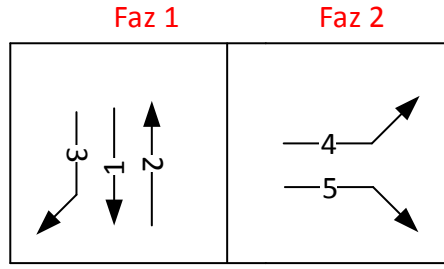
Akım Sayım Değerleri			Yeşil	Kırmızı	Sarı	Gecikme	Periyot	
Faz 1	Faz 2		Faz 1	30	36	3	18,7023	69
603	605		Faz 2	29	37	3	17,9734	
701	436							
135								

Tablo 5.8. E. Kahvecioğlu Kavşacı Trafik Akım Değerleri,Sürelerin Dağılımı

5.10. Yaylayolu Kavşağı



Şekil 5.18. Yaylayolu Kavşağı Geometrik Durumu

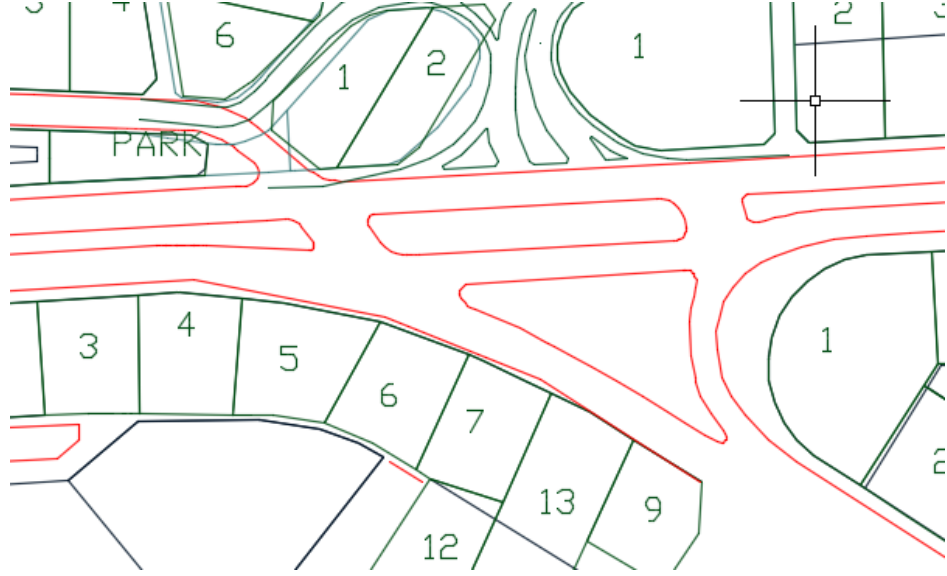


Şekil 5.19. Yaylayolu Kavşağı Faz Planları

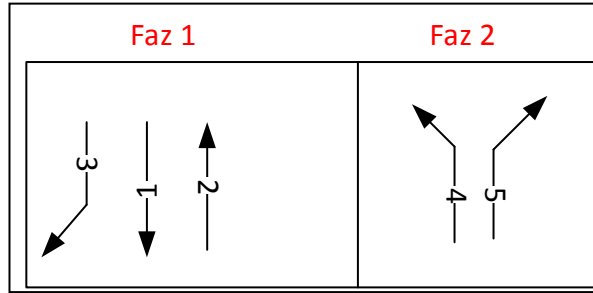
Akım Sayım Değerleri		Yeşil	Kırmızı	Sarı	Gecikme	Periyot
Faz 1	Faz 2	Faz 1	Faz 2			70
618	599	31	36	3	17,0473	
594	305	29	38	3	18,5118	
108						

Tablo 5.9. Yaylayolu Kavşağı Trafik Akım Değerleri,Sürelerin Dağılımı

5.11. Telekom Kavşağı



Şekil 5.20. Telekom Kavşağı Geometrik Durumu

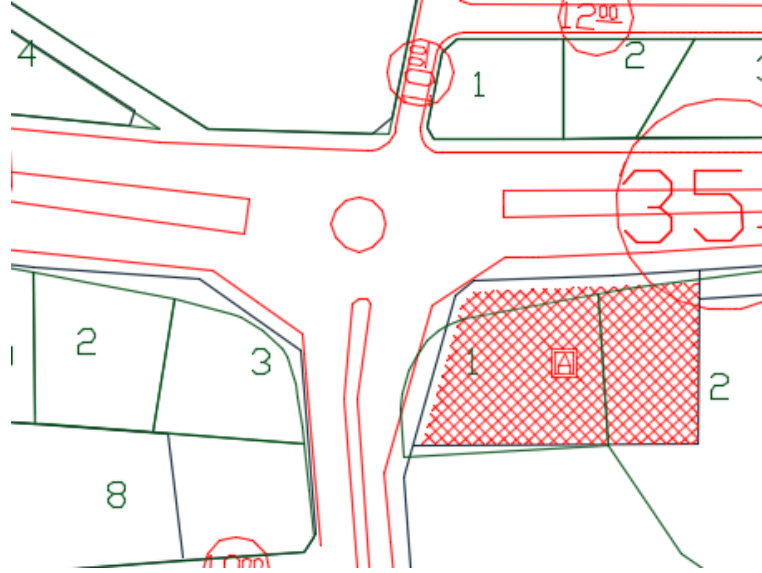


Şekil 5.21. Telekom Kavşağı Faz Planları

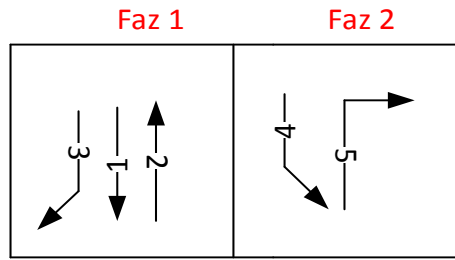
Akım Sayım Değerleri			Yeşil	Kırmızı	Sarı	Gecikme	Periyot
Faz 1	Faz 2	Faz 1	36	50	3	24,4207	89
603	716	Faz 2	43	43	3	20,5094	
378	426						
87							

Tablo 5.10. Telekom Kavşağı Trafik Akım Değerleri,Sürelerin Dağılımı

5.12. Kızlar Pınarı Kavşağı



Şekil 5.22. Kızlar Pınarı Kavşağı Geometrik Durumu

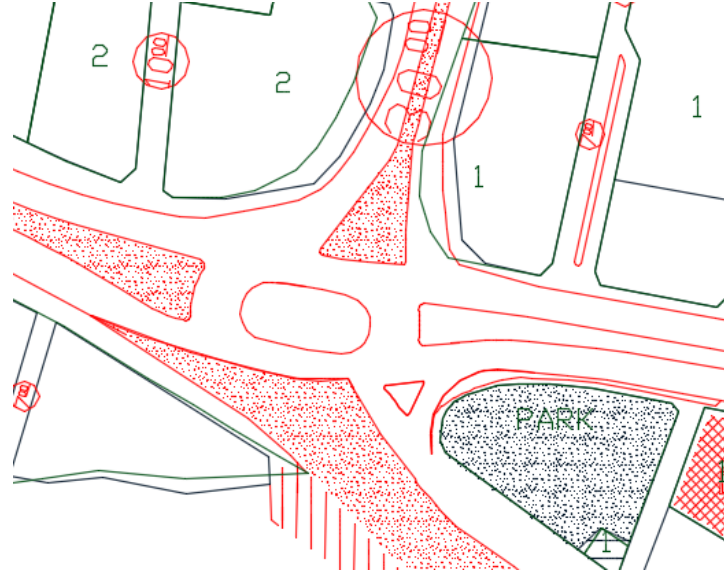


Şekil 5.23. Kızlar Pınarı Kavşağı Faz Planları

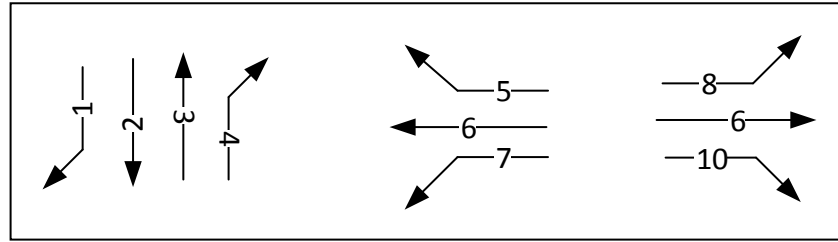
Akım Sayım Değerleri			Yeşil	Kırmızı	Sarı	Gecikme	Periyot
Faz 1	Faz 2		Faz 1	25	34	3	18,8579
551	603		Faz 2	27	32	3	15,2880
704	446						
105							
							62

Tablo 5.11. Kızlar Pınarı Trafik Akım Değerleri,Sürelerin Dağılımı

5.13. Dinek Kavşağı



Şekil 5.24. Dinek Kavşağı Geometrik Durumu



Şekil 5.25. Dinek Kavşağı Faz Planları

Akım Sayım Değerleri			Yeşil	Kırmızı	Sarı	Gecikme	Periyot
Faz 1	Faz 2	Faz 3	Faz 1	34	44	3	20,601
81	138	411	Faz 2	8	70	3	35,706
503	51	193	Faz 3	24	54	3	26,416
576	67	78					
20							81

Tablo 5.12. Dinek Kavşağı Trafik Akım Değerleri, Sürelerin Dağılımı

5.14. Platoon Dağılımına Göre Kavşaklar Arası Süre Hesabı

Platoon dağılımı hesabı yapılarak kavşaklar arasındaki süre aşağıdaki gibi bulunmuştur. Dağılımda $\alpha = 0.35$ alınmıştır.

Kavşak 1 TOSMUR- Kavşak 2 OBAGÖL arası	= 48 saniye
Kavşak 2 OBAGÖL- Kavşak 3 METRO arası	= 63 saniye
Kavşak 3 METRO- Kavşak 4 ALANYUM arası	= 37 saniye
Kavşak 4 ALANYUM- Kavşak 5 SANAYİ arası	= 44 saniye
Kavşak 5 SANAYİ- Kavşak 6 HASTANE arası	= 47 saniye
Kavşak 6 HASTANE- Kavşak 7 TİCARET LİSESİ arası	= 45 saniye
Kavşak 7 TİCARET LİSESİ- Kavşak 8 E.KAHVECİOĞLU arası	= 46 saniye
Kavşak 8 E. KAHVECİOĞLU- Kavşak 9 YAYLAYOLU arası	= 38 saniye
Kavşak 9 YAYLAYOLU- Kavşak 10 TELEKOM arası	= 65 saniye
Kavşak 10 TELEKOM- Kavşak 11 KIZLARPINARI arası	= 75 saniye
Kavşak 11 KIZLARPINARI- Kavşak 12 DİNEK arası	= 34 saniye

5.15. Koordinasyon Hesabı İçin Ortak Devre Süresi ve Yeşil-Kırmızı Sürelerin Buna Göre Dağılımı

Hesaplamalar sonucu bulunan periyot periyot süreleri ve koordinasyon sonucu oluşacak periyot süreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Buna göre en uzun devre periyodu Hastane kavşağında bulunmakta ve bu süre tüm kavşaklardaki periyotlara uygulanmalıdır. Dolayısıyla diğer kavşaklardaki yeşil ve kırmızı süreler de bununla orantılı olarak değişecektir. Aşağıdaki tabloda hesaplanan değerler gösterilmiştir.

	Koordinasyon Öncesi		Koordinasyon Sonrası			
	Periyot	Kayıp süre	Periyot	g11	r11	r11/C
Tosmur Kavşağı	54	15	110	37	73	0,664
Obagöl Kavşağı	51	15	110	32	78	0,7090
Metro Kavşağı	45	15	110	30	80	0,7272
Alanyum Kavşağı	78	15	110	32	78	0,7090
Sanayi Kavşağı	75	15	110	36	74	0,6727
Hastane kavşağı	110	15	110	42	68	0,6181
Ticaret Lisesi Kavşağı	89	15	110	34	76	0,6909
E. Kahvecioğlu Kavşağı	69	10	110	50	60	0,5454
Yaylayolu Kavşağı	70	10	110	51	59	0,5363
Telekom Kavşağı	89	10	110	46	64	0,5818
Kızlarpınarı Kavşağı	62	10	110	48	62	0,5636
Dinek Kavşağı	81	15	110	49	61	0,5545

Tablo 5.13. Koordinasyona Göre Sürelerin Dağılımı

5.16. Koordinasyonda Kullanılan Periyot İçin Sürelerin Dağılımı

Aşağıdaki tabloda, ortak devre süresi olan 110 saniyeye göre her bir kavşak için koordinasyondaki faz planına göre yeşil sürelerin dağılımı gösterilmiştir.

KAVŞAK ADI	PERİYOT	Yeşil	Kırmızı	Sarı
1-TOSMUR	110	37	70	3
2-OBAGÖL	110	32	75	3
3-METRO	110	30	77	3
4-ALANYUM	110	32	75	3
5-SANAYİ	110	36	71	3
6-HASTANE	110	42	65	3
7-TİCARET LİSESİ	110	34	73	3
8-E. KAHVECİOĞLU	110	50	57	3
9-YAYLAYOLU	110	51	56	3
10-TELEKOM	110	46	61	3
11-KIZLARPINARI	110	48	59	3
12-DİNEK	110	49	58	3

Tablo 5.14. Koordinasyonda Kullanılan Periyot için Sürelerin Dağılımı

5.17. Tosmur Obagöl Kavşağı Arası Koordinasyon Hesabı

MAXBAND-Dispersion modeline göre Tosmur-Obagöl Kavşakları arasındaki model ve çözümü aşağıda verilmiştir. Bu kavşaklar arasındaki hesapta alanya ve Mersin yönlerindeki trafik sinyallerinin aynı fazda olacağı varsayılarak Δ_i değerleri 0 alınmıştır.

$$\max(b + 0.8 \bar{b})$$

$$\bar{b} \geq 0.8 b$$

$$w_1 + b \leq 1 - r_{11}$$

$$w_1 + b \leq 1 - 0,664 = 0.336$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{11}$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - 0,664 = 0.336$$

$$w_2 + b \leq 1 - r_{21}$$

$$w_2 + b \leq 1 - 0,7090 = 0.291$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{21}$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - 0,7090 = 0.291$$

$$(w_1 + \bar{w}_1) - (w_2 + \bar{w}_2) + (38 + 38) / 110 =$$

$$-1/2 (0,664 + 0,664) + 1/2 (0,7090 + 0,7090) + 4/110 + m_1$$

b1	b1 süresi	b2	b2 süresi		
0.2574	28.3167	0.2059	22.6533		
w1	w2	w11	w12	m1	ofset
0.07857	0	0.13006	0	1	56.62

Tablo 5.15. Tosmur Obagöl Arası Koordinasyon Hesabı

5.18. Obagöl –Metro Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı

MAXBAND-Dispersion modeline göre Tosmur-Obagöl Kavşakları arasındaki model ve çözümü aşağıda verilmiştir. Bu kavşaklar arasındaki hesapta alanya ve Mersin yönlerindeki trafik sinyallerinin aynı fazda olacağı varsayılarak Δ_i değerleri 0 alınmıştır.

$$\max(b+0.8 \bar{b})$$

$$\bar{b} \geq 0.8 b$$

$$w_1 + b \leq 1 - r_{11}$$

$$w_1 + b \leq 1 - 0,7090 = 0,291$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{11}$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - 0,7090 = 0,291$$

$$w_2 + b \leq 1 - r_{21}$$

$$w_2 + b \leq 1 - 0,7272 = 0,2728$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{21}$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - 0,7272 = 0,2728$$

$$(w_1 + \bar{w}_1) - (w_2 + \bar{w}_2) + (38+38)/110 =$$

$$-1/2 (0,7090+0,7090) + 1/2(0,7272+0,7272) + 4/110 + m_1$$

b1	b1 süresi	b2	b2 süresi		
0.2526	27.7878	0.2020	22.2302		
w1	w2	w11	w12	m1	offset
0	0.020	0	0.0707	1	62.96

Tablo 5.16. Obagöl Metro Arası Koordinasyon Hesabı

5.19. Metro –Alanyum Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı

MAXBAND-Dispersion modeline göre Tosmur-Obagöl Kavşakları arasındaki model ve çözümü aşağıda verilmiştir. Bu kavşaklar arasındaki hesapta alanya ve Mersin yönlerindeki trafik sinyallerinin aynı fazda olacağı varsayılarak Δ_i değerleri 0 alınmıştır.

$$\max(b + 0.8 \bar{b})$$

$$\bar{b} \geq 0.8 b$$

$$w_1 + b \leq 1 - r_{11}$$

$$w_1 + b \leq 1 - 0,7272 = 0,2728$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{11}$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - 0,7272 = 0,2728$$

$$w_2 + b \leq 1 - r_{21}$$

$$w_2 + b \leq 1 - 0,7090 = 0,291$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{21}$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - 0,7090 = 0,291$$

$$(w_1 + \bar{w}_1) - (w_2 + \bar{w}_2) + (31 + 31) / 110 =$$

$$-1/2 (0,7272 + 0,7272) + 1/2 (0,7090 + 0,7090) + 4/110 + m_1$$

b1	b1 süresi	b2	b2 süresi		
0.1112	12.2322	0.08896	9.7857		
w1	w2	w11	w12	m1	offset
0.1615	0	0.1838	0	1	54,7576

Tablo 5.17. Metro-Alanyum Arası Koordinasyon Hesabı

5.20. Alanyum-Sanayi Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı

MAXBAND-Dispersion modeline göre Tosmur-Obagöl Kavşakları arasındaki model ve çözümü aşağıda verilmiştir. Bu kavşaklar arasındaki hesapta alanya ve Mersin yönlerindeki trafik sinyallerinin aynı fazda olacağı varsayılarak Δ_i değerleri 0 alınmıştır.

$$\max(b + 0.8 \bar{b})$$

$$\bar{b} \geq 0.8 b$$

$$w_1 + b \leq 1 - r_{11}$$

$$w_1 + b \leq 1 - 0,7090 = 0,291$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{11}$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - 0,7090 = 0,291$$

$$w_2 + b \leq 1 - r_{21}$$

$$w_2 + b \leq 1 - 0,6727 = 0,3273$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{21}$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - 0,6727 = 0,3273$$

$$(w_1 + \bar{w}_1) - (w_2 + \bar{w}_2) + (37 + 37) / 110 =$$

$$-1/2 (0,7090 + 0,7090) + 1/2 (0,6727 + 0,6727) + 4/110 + m_1$$

b1	b1 süresi	b2	b2 süresi		
0.2121	23.3406	0.1697	18.6724		
w1	w2	w11	w12	m1	offset
0.0788	0	0,1215	0	1	52,6513

Tablo 5.18. Alanyum-Sanayi Arası Koordinasyon Hesabı

5.21. Sanayi –Hastane Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı

MAXBAND-Dispersion modeline göre Tosmur-Obagöl Kavşakları arasındaki model ve çözümü aşağıda verilmiştir. Bu kavşaklar arasındaki hesapta alanya ve Mersin yönlerindeki trafik sinyallerinin farklı fazlarda olacağı varsayılarak Δ_i değerleri 10 alınmıştır.

$$\max(b + 0.8 \bar{b})$$

$$\bar{b} \geq 0.8 b$$

$$w_1 + b \leq 1 - r_{11}$$

$$w_1 + b \leq 1 - 0,6727 = 0,3273$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{11}$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - 0,6727 = 0,3273$$

$$w_2 + b \leq 1 - r_{21}$$

$$w_2 + b \leq 1 - 0,6181 = 0,3819$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{21}$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - 0,6181 = 0,3819$$

$$(w_1 + \bar{w}_1) - (w_2 + \bar{w}_2) + (30 + 30) / 110 + \Delta_i =$$

$$-1/2 (0,6727 + 0,6727) + 1/2 (0,6181 + 0,6181) + 4 / 110 + m_1$$

b1	b1 süresi	b2	b2 süresi		
0.1717	18.8956	0.1374	15.1164		
w1	w2	w11	w12	m1	ofset
0.1555	0	0,1898	0	1	62.0893

Tablo 5.19. Sanayi-Hastane Arası Koordinasyon Hesabı

5.22. Hastane - Ticaret Lisesi Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı

MAXBAND-Dispersion modeline göre Tosmur-Obagöl Kavşakları arasındaki model ve çözümü aşağıda verilmiştir. Bu kavşaklar arasındaki hesapta alanya ve Mersin yönlerindeki trafik sinyallerinin farklı fazlarda olacağı varsayılarak Δ_i değerleri 10 alınmıştır.

$$\max(b + 0.8 \bar{b})$$

$$\bar{b} \geq 0.8 b$$

$$w_1 + b \leq 1 - r_{11}$$

$$w_1 + b \leq 1 - 0,6181 = 0,3819$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{11}$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - 0,6181 = 0,3819$$

$$w_2 + b \leq 1 - r_{21}$$

$$w_2 + b \leq 1 - 0,6909 = 0,3091$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{21}$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - 0,6909 = 0,3091$$

$$(w_1 + \bar{w}_1) - (w_2 + \bar{w}_2) + (30 + 30) / 110 + \Delta_i =$$

$$-1/2 (0,6181 + 0,6181) + 1/2 (0,6909 + 0,6909) + 4/110 + m_1$$

b1	b1 süresi	b2	b2 süresi		
0.1616	17.7833	0.1293	14.2267		
w1	w2	w11	w12	m1	ofset
0.2202	0	0.2525	0	1	69.2075

Tablo 5.20. Hastane-Ticaret Lisesi Arası Koordinasyon Hesabı

5.23. Ticaret Lisesi - Kahvecioğlu Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı

MAXBAND-Dispersion modeline göre Tosmur-Obagöl Kavşakları arasındaki model ve çözümü aşağıda verilmiştir. Bu kavşaklar arasındaki hesapta alanya ve Mersin yönlerindeki trafik sinyallerinin aynı fazda olacağı varsayılarak Δ_i değerleri 0 alınmıştır.

$$\max(b + 0.8 \bar{b})$$

$$\bar{b} \geq 0.8 b$$

$$w_1 + b \leq 1 - r_{11}$$

$$w_1 + b \leq 1 - 0,6909 = 0,3091$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{11}$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - 0,6909 = 0,3091$$

$$w_2 + b \leq 1 - r_{21}$$

$$w_2 + b \leq 1 - 0,5454 = 0,4546$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{21}$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - 0,5454 = 0,4546$$

$$(w_1 + \bar{w}_1) - (w_2 + \bar{w}_2) + (70 + 70) / 110 = -1/2$$

$$(0,6181 + 0,6181) + 1/2(0,6909 + 0,6909) + 4/110 + m_1$$

b1	b1 süresi	b2	b2 süresi		
0.3091	34.001	0.2546	28.006		
w1	w2	w11	w12	m1	ofset
0	0	0.0545	0.2202	1	45.9818

Tablo 5.21. Ticaret Lisesi- Kahvecioğlu Arası Koordinasyon Hesabı

5.24. Kahvecioğlu – Yaylayolu Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı

MAXBAND-Dispersion modeline göre Tosmur-Obagöl Kavşakları arasındaki model ve çözümü aşağıda verilmiştir. Bu kavşaklar arasındaki hesapta alanya ve Mersin yönlerindeki trafik sinyallerinin aynı fazda olacağı varsayılarak Δ_i değerleri 0 alınmıştır.

$$\max(b + 0.8 \bar{b})$$

$$\bar{b} \geq 0.8 b$$

$$w_1 + b \leq 1 - r_{11}$$

$$w_1 + b \leq 1 - 0,5454 = 0,4546$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{11}$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - 0,5454 = 0,4546$$

$$w_2 + b \leq 1 - r_{21}$$

$$w_2 + b \leq 1 - 0,5363 = 0,4637$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{21}$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - 0,5363 = 0,4637$$

$$(w_1 + \bar{w}_1) - (w_2 + \bar{w}_2) + (23 + 23)/110 = -1/2$$

$$(0,5454 + 0,5454) + 1/2(0,5363 + 0,5363) + 4/110 + m_1$$

b1	b1 süresi	b2	b2 süresi		
0.3182	35.0072	0.2545	28.0058		
w1	w2	w11	w12	m1	offset
0.1363	0	0.2000	0	1	52.9806

Tablo 5.22. Kahvecioğlu – Yaylayolu Arası Koordinasyon Hesabı

5.25.Yaylayolu-Telekom Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı

MAXBAND-Dispersion modeline göre Tosmur-Obagöl Kavşakları arasındaki model ve çözümü aşağıda verilmiştir. Bu kavşaklar arasındaki hesapta alanya ve Mersin yönlerindeki trafik sinyallerinin aynı fazda olacağı varsayılarak Δ_i değerleri 0 alınmıştır.

$$\max(b + 0.8 \bar{b})$$

$$\bar{b} \geq 0.8 b$$

$$w_1 + b \leq 1 - r_{11}$$

$$w_1 + b \leq 1 - 0,5363 = 0,4637$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{11}$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - 0,5363 = 0,4637$$

$$w_2 + b \leq 1 - r_{21}$$

$$w_2 + b \leq 1 - 0,5818 = 0,4182$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{21}$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - 0,5818 = 0,4182$$

$$(w_1 + \bar{w}_1) - (w_2 + \bar{w}_2) + (23 + 23)/110 = -1/2$$

$$(0,5363 + 0,5363) + 1/2(0,4637 + 0,4637) + 4/110 + m_1$$

b1	b1 süresi	b2	b2 süresi		
0.4091	45.005	0.3273	36.004		
w1	w2	w11	w12	m1	offset
0	0.0090	0	0.0908	1	64.9728

Tablo 5.23. Yaylayolu- Telekom Arası Koordinasyon Hesabı

5.26. Telekom - Kızılarpınarı Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı

MAXBAND-Dispersion modeline göre Tosmur-Obagöl Kavşakları arasındaki model ve çözümü aşağıda verilmiştir. Bu kavşaklar arasındaki hesapta alanya ve Mersin yönlerindeki trafik sinyallerinin aynı fazda olacağı varsayılarak Δ_i değerleri 0 alınmıştır.

$$\max(b + 0.8 \bar{b})$$

$$\bar{b} \geq 0.8 b$$

$$w_1 + b \leq 1 - r_{11}$$

$$w_1 + b \leq 1 - 0,5818 = 0,4182$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{11}$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - 0,5818 = 0,4182$$

$$w_2 + b \leq 1 - r_{21}$$

$$w_2 + b \leq 1 - 0,5636 = 0,4364$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{21}$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - 0,5636 = 0,4364$$

$$(w_1 + \bar{w}_1) - (w_2 + \bar{w}_2) + (58 + 58) / 110 = -1/2$$

$$(0,5818 + 0,5818) + 1/2(0,5636 + 0,5636) + 4/110 + m_1$$

b1	b1 süresi	b2	b2 süresi		
0.2929	32.2256	0.2343	25.7804		
w1	w2	w11	w12	m1	offset
0	0.1434	0	0.2020	1	74.8384

Tablo 5.24. Telekom-Kızılarpınarı Arası Koordinasyon Hesabı

5.27. Kızlarpınarı – Dinek Kavşaklar Arası Koordinasyon Hesabı

MAXBAND-Dispersion modeline göre Tosmur-Obagöl Kavşakları arasındaki model ve çözümü aşağıda verilmiştir. Bu kavşaklar arasındaki hesapta alanya ve Mersin yönlerindeki trafik sinyallerinin aynı fazda olacağı varsayılarak Δ_i değerleri 0 alınmıştır.

$$\max(b + 0.8 \bar{b})$$

$$\bar{b} \geq 0.8 b$$

$$w_1 + b \leq 1 - r_{11}$$

$$w_1 + b \leq 1 - 0,5636 = 0,4364$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{11}$$

$$\bar{w}_1 + \bar{b} \leq 1 - 0,5636 = 0,4364$$

$$w_2 + b \leq 1 - r_{21}$$

$$w_2 + b \leq 1 - 0,5545 = 0,4455$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - \bar{r}_{21}$$

$$\bar{w}_2 + \bar{b} \leq 1 - 0,5545 = 0,4455$$

$$(w_1 + \bar{w}_1) - (w_2 + \bar{w}_2) + (29 + 29) / 110 = -1/2$$

$$(0,5636 + 0,5636) + 1/2(0,5545 + 0,5545) + 4/110 + m_1$$

b1	b1 süresi	b2	b2 süresi		
0.2576	28.3383	0.2060	22.6707		
w1	w2	w11	w12	m1	ofset
0.1787	0	0.2303	0	1	53.6475

Tablo 5.25. Kızlarpınarı Dinek Arası Koordinasyon Hesabı

5.28. Kavşaklar Arası Ofset ve Bandgenişliklerinin Özeti

Aşağıdaki tabloda, hesaplanan bandgenişlikleri ve ofset değerleri gösterilmiştir.

	Ofset (sn)	Antalya Yönünde Bandgenişliği (sn)	Mersin Yönünde Bandgenişliği (sn)
Tosmur Obagöl	56.62	28.31	22.65
Obagöl Metro	62.96	27.78	22.23
Metro Alanyum	54.75	12.23	9.78
Alanyum Sanayi	52.65	23.34	18.67
Sanayi Hastane	62.08	18.89	15.11
Hastane Ticaret Lisesi	69.20	17.78	14.22
Ticaret Lisesi- E. Kahvecioğlu	45.98	34.01	28.00
E. Kahvecioğlu Yaylayolu	52.98	35.00	28.00
Yaylayolu Telekom	64.97	45.00	36.00
Telekom Kızlarpınarı	74.83	32.22	25.78
Kızlarpınarı Dinek	53.64	28.33	22.67

Tablo 5.26. Koordinasyon İçin Hesaplanan Ofset ve Band Genişliği Değerleri

SONUÇ

Taşıt sayısının sürekli arttığı ve buna bağlı olarak şehirlerdeki trafiğin sıklığı düşünülürse, şehiriçi trafiği çözülmesi gereken önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte trafikteki zaman ve ekonomik kayıplarında da oldukça büyük boyutlara ulaşması şehiriçi trafiğin kontrolünün önemini arzetmektedir.

Literatürde trafik problemleri, girdi ve çıktı sayısının fazlalığı ve tahmin modellerine gerek duyduğundan zor problem kategorisine girmektedir. Problem, Karma tamsayıli lineer olarak (MILP) modellenmiş ve çözülmüştür.

Bu çalışmada MAXBAND-Dispersion yöntemi ile Alanya'daki D-400 arterindeki 12 kavşak optimize edilmiştir. Trafik sayımları gerçekleştirilmiş ve gün içi trafiğin akşam saatlerindeki ortalamalar alınarak taşıt birimine çevrilmiştir. Trafik sayım değerlerine göre herbir kavşak için kırmızı ve yeşil sürelerin hesaplanması Webster yöntemi ile yapılmıştır. Bu aşamadan sonra en uzun periyod süresine sahip kavşağın devre süresi 110 saniye olarak hesaplanmış ve bu periyot süresi tüm kavşaklara uygulanmıştır. Bu periyod değeri için diğer 11 kavşaktaki yeşil ve kırmızı sürelerde tekrar hesaplanmıştır. Klasik MAXBAND yönteminden farklı olarak, seyahat süresi hesabı için Platoon dağılımı kullanılarak 40-60 km/saat hız aralığı için dağılım hesaplanarak MAXBAND-Dispersion modeliyle problem çözülmüştür.

Problem, 12 kavşaktaki faz planları verildiği şekilde gerçekleştirildiği takdirde çözüme uygun hale gelmektedir. Problemin çözümü sonucu 9.78 saniye ile 45 saniye arasında bir bandgenişliği oluşturularak araçların kırmızıya takılmadan ilerleyebileceği bir çözüm önerisi getirilmiştir. Bu şekilde toplam seyahat süresi ve durmaların sayısı da azalacaktır.

Trafik optimizasyonunda; ya bandgenişliğini maksimize eden ya da gecikme ve durma sayılarını minimize eden yöntemler kullanılmaktadır. Günümüzde artan araç sayısı ve yollardaki hacim kapasite oranının artması yeni tür tekniklerin kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bilgisayar sistemlerinin de gittikçe gelişmesi problemlerin çözümüne oldukça yardımcı olabilecektir. Her iki optimizasyon yöntemini birlikte çalışabileceği modeller (hibrit) geliştirilebilirse problemde daha optimum çözümler üretilebilir.

Bununla birlikte trafikteki verilerin daha verimli alınabilmesi, ışık sürelerinin tek bir merkezden yönetilebilmesi için şehiriçi trafik kontrol merkezlerinin kurulması kaçınılmaz olmaktadır. Günün değişik saatlerinde uygulanan değişik 3-4 tane trafik planları yerine o anki trafik sayımlarına uygun sürelerin uyarlanması oldukça faydalı olacaktır. Bunun gerçekleştirilebilmesi için trafiğin şehiriçi trafik kontrol merkezlerinin kurulması oldukça faydalı olacaktır.

Literatür incelendiğinde her ülkenin kendine özgü bir trafik yazılımı ve modeli geliştirdiği görülebilir. Ülkemiz trafik şartları incelendiğinde bizim de ülkemiz şartlarına uygun bir model geliştirmemiz gerektiği açıktır.

KAYNAKÇA

- Akçelik, Rahmi, "Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis", Australian Road Research Board, ARR No:123, 1998,1-102
- Almasri, E., "A New Offset Optimization Method for Signalized Urban Road Networks", Doktora Tezi, Hannover University, 2006
- Akgüngör, A.P., "Sinyalize Kavşaklarda gecikme tahminin matematiksel modellenmesi I:Farklı çözümlene süreleri için zamana bağlı yeni bir gecikme modeli", Teknoloji Dergisi, Cilt 7, 2004,369-379
- Can Oğuz, "Development of a control strategy for urban traffic management system of İstanbul", Doktora tezi, Marmara Üniversitesi fen Bilimleri enstitüsü, 2005
- Ceylan, H., Bell, M. G. H., "Traffic Signal Timing Optimisation Based on Genetic Algorithm Approach, Including Drivers Routing", Transportation Research Part B, 2004, 329-342
- Davol, Angus.P., "Modelling of Traffic Signal Control and Transit Signal Priority Strategies in a Microscopic Simulation Laboratory" Massachusetts İnstitute of Technology, 2001
- Dion Fracois, Rakha Hesham, Kang Youn-Soo, "Comparison of delay estimates at under-saturated and over-saturated pre-timed signalized intersections", Transportation Research Part B 38,2004,99-122
- Dotoli Mariagrazia- Fanti Maria Pia- Meloni Carlo, "A Signal timing plan formulation for urban traffic control", Control Engineering Practice, 2006,1297-1311
- Farzaneh, M. Ve Rakha, H., "Procedure for Calibrating TRANSYT Platoon Dispersion Model", Journal of Transportation Engineering, 2006, 548-554
- FHWA, "Traffic Control Systems Handbook", Federal Highway Administration Office of Transportation Management, 2005
- Garber Nicholas, Hoel Lester, "Traffic & Highway Engineering, Fourth Edition", Cengage Learning, 2008
- Gartner, N.H.,Stamatiadis, C., " Arterial-based control of traffic flow in urban grid networks", Mathematical and computer modelling, 2002, syf 657-671
- Gartner N.H.- S. F. Assman, F. Lasaga, and D. L. Hou, "A multi-band approach to arterial traffic signal optimization," Transp. Res. B, Methodol.,vol. 25, no. 1,1990, 55-74
- Gazis Denos, " Traffic Theory", Springer Science & Business Media, 2002
- Hamilton vd, "The evolution of urban traffic control: Changing policy and technology", Transportation Planning and Technology, 2012, 24-43

- HCM, "Traffic Control Systems Handbook", Federal Highway Administration Office of Transportation Management, Washington, D.C., 2010
- How SCATS Works, <http://www.scats.com.au/how-scats-works.html>, (6-4-2015)
- How SCOOT Works, <http://www.scootutc.com/HowSCOOTWorks.php?menu=Overview>, (12-6-2015)
- Hu Peifeng vd., "Variable-Bandwidth Progression Optimization in traffic Operation", Journal of transportation Systems Engineering and Information Technology, 2011, 61-72
- Jiajia He-Zaien Hou, "Ant colony algorithm for traffic signal timing optimization", Advances in Engineering software, 2012, 14-18
- Kai Lu, Xu Jianmin, LI Lin, "Two-Way Bandwidth Maximization Model with Proration Impact Factor for Unbalanced Bandwidth Demands", ASCE Journal of Transportation Engineering, 2012, 119-127
- Katwijk R.T. van, "Multi-Agent Look-Ahead Traffic-Adaptive Control", Doktora Tezi, Delft Teknik Üniversitesi, 2008
- Kurzhanskiy Alex Varaiya A.Pravin, "Traffic Management: An Outlook", Economics of Transportation, 2015, 1-7
- Little, J. C., "The synchronization of traffic signals by mixed-integer linear programming", Operations Research, v. 14, 1965, 568-594
- Little, J. D. C., Kelson, M. D. - Gartner, N. H., "MAXBAND: A Versalite Program for Setting Signals on Arteries and Triangular Networks," Transportation Research Record 795, Transportation Research Board, National Research Council, Washington (1981).
- Li Jing-Quan, "Bandwidth Synchronization Under Progression Time Uncertainty", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2014, 749-759
- Lin Liang-Tay- Tung Li-Wei- Ku Hsin Chuan, "Synchronized Signal Control Model for Maximizing Progression along an Arterial", Journal of Transportation Engineering, 2010, 727-735
- Lin, S.M., "Formulation and evaluation of a methodology for Network-Wide Signal optimization", University of Florida, 1999, Doktora Tezi
- Lu Shoufeng, Liu Ximin, Dai Shiqiang, "Revised MAXBAND Model for Bandwidth Optimization of Traffic Flow Dispersion", ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management, 2008, 85-89
- Mannering Fred L, "Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis", Wiley Press, 2008

- Murat, Y.Ş; “Denizli Şehiriçi Kavşaklarındaki Trafik Akımlarının Bilgisayarla İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1996
- Murat, Y.Ş., Kutluhan, S., Çakıcı, Z, “Investigation of Cyclic Vehicle Queue and Delay Relationship for Isolated Signalized Intersections “,Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 111, 5 February 2014, Pages 252–261
- Öztürk, E.A., “Sinyalize kavşaklarda Periyot süresinin modellenmesi:Ankara Örneği”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, 2004
- Papageorgiou Markos vd, “Review of Road Traffic Control Strategies”, Proceedings of the IEEE, Issue 12, 2003,2043-2067
- Papageorgiou, M. vd., “Chapter 11 ITS and Traffic Management Review”, Handbooks in Operations Research and Management Science, Volume 14, 2007, Pages 715-774
- Rekha s. Pillai-Ajay Rathi K. - Cohen Stephen L., “ A Restricted Brach and Bound Approach for generating maximum bandwidth signal timing plans for traffic networks “, transportation research Part B. Vol 32, no:8, 1998,517-529
- Roess Roger P.- Prassas Elena S.- McShane William R.,”Traffic Engineering (3rd Edition), Prentice Hall, 2004
- The SCOOT Urban Traffic Control System, <http://ocw.nctu.edu.tw/course/sc011/2012-08-22.pdf>, (12-6-2015)
- The SCATS Adaptive Traffic System, <http://ocw.nctu.edu.tw/course/sc011/2012-08-21.pdf> (6-4-2015)
- Tunç Argun, “Trafik Mühendisliği ve uygulamaları”, Asil yayın Dağıtım, 2003
- Yang, Xianfeng- Cheng Yao- Gang-Len Chang, “A Multipath progression model for Synchronization of arterial traffic signals”, Transportation Research Part C, 2015,93-111
- Yiheng Feng, “A Real time adaptive signal control in a connected vehicle environment”, Transportation Research Part C, 2015, 460-473
- Yiming Bie, Zhiyuan Liu, Yan Li,Yulong Pei, “Development of a New Platoon Dispersion Model considering Turning Vehicles in Urban Road Environment”, Advances in Mechanical Engineering, 2014, 1-8
- Yu Quan vd,” Control type styles option research of intersection based on LOS”, 2011 Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, 2011, 380-383
- Webster, V.F., “Traffic signal settings. Road Research Technical Paper No. 39”, Road Research Laboratory London, United Kingdom,1958

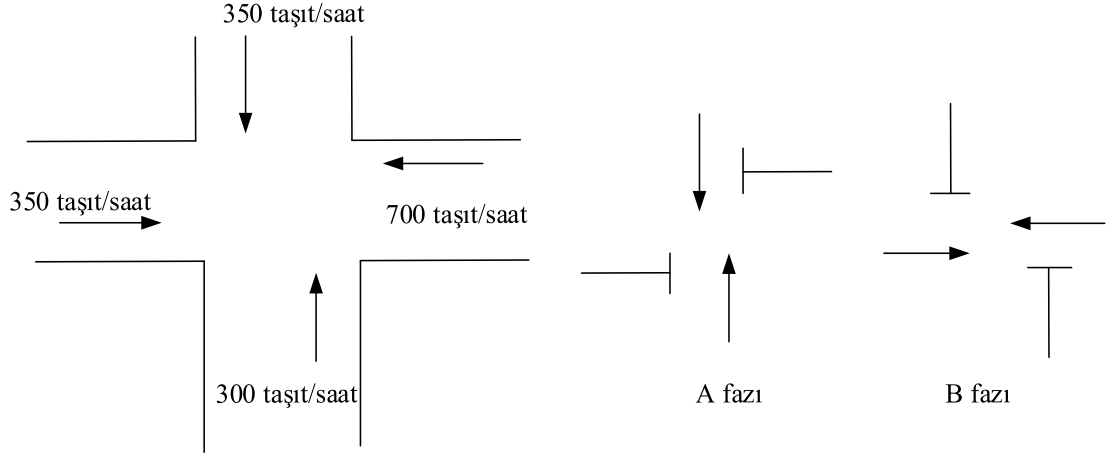
Xianyu, Wu, Zong Tian, Peifeng Hu, Zhenzhou Yuan,"Optimization of coordinated arterials based on group partition method" 8th International Conference on Traffic and Transportation Studies, 2012, 232-244

Zhang Chao vd.,"AM-Band: An Asymmetrical Multi-Band Model for arterial traffic signal coordination", Transportation Research Part C, 2015,515-531

Zhang Chao vd.,"AM-Band: An Asymmetrical Multi-Band Model for arterial traffic signal coordination", Transportation Research Part C, 2015,515-531

EKLER

EK 1 WEBSTER HESABI ÖRNEĞİ



Yukarıdaki kavşak verilerine göre Doymuş Akım değeri 1850 taşıt/saattir. Faz diyagramına göre Periyot süresi ve yeşil kırmızı sürelerin dağılımı aşağıda verildiği gibi hesaplanabilir.

Herbir kol için doymuşluk oranları;

$$y_1 = 700/1850 = 0.38$$

$$y_2 = 350/1850 = 0.19$$

$$y_3 = 300/1850 = 0.16$$

$$y_4 = 750/1850 = 0.40$$

I. Faz için maksimum doymuşluk oranı = 0.19

II. Faz için maksimum doymuşluk oranı = 0.40

Toplam doymuşluk oranı ise;

$$y_t = 0.19 + 0.40 = 0.59$$

Kavşaktaki kayıp süre = $4 \times 2 = 8$ saniye

$$D = \frac{1.5L+5}{1-y_t} = \frac{1.5*8+5}{1-0.59} = 41 \text{ saniye}$$

Faz yeşil süreleri ise;

$$g_1 = \frac{y_1}{y_t} (D-L) = \frac{0.19}{0.59} (41-8) = 10.6 \cong 11 \text{ saniye}$$

$$g_2 = \frac{y_2}{y_t} (D-L) = \frac{0.40}{0.59} (41-8) \cong 22 \text{ saniye}$$

EK 2 PLATOON DAĞILIMI ÖRNEĞİ

Minimum hız=35 km/saat

Maksimum hız= 60 km/saat olsun

İki kavşak arası mesafe=340 metre

k = 0.8 olsun

En hızlı aracın seyahat süresi;

$$F = \frac{340 \text{ metre}}{60 \text{ km/saat}} = 20 \text{ saniye}$$

$$F = \frac{1}{1+0.35*20} = 0.125$$

$$t_{12} = \sum_{T=20}^{35} 0.125 (0.875)^{(T_i-20)}$$

t_{12} =22 saniye

EK 3 PLATOON DAĞILIMI EKCRAN GÖRÜNTÜLERİ

platoon

Minimum HIZ	Maksimum HIZ	Kavsaklararası UZAKLIK
55	77	500 metre
En HIZLI Aracın Seyahat Süresi	En YAVAS Aracın Seyahat Süresi	
23 saniye	33 saniye	
HESAPLA	F Degeri	PLATOON Dağılim Süresi
	0.110497	25 saniye

EK 4 MAXBAND-Dispersion PROGRAMI EKCRAN GÖRÜNTÜLERİ

guidetemplate0

b katsayı	b' katsayı	b	b'	HESAPLAMA			
1	0.8	0.156414	0.125131				
r1	r2	b süresi	b' süresi				
0.664	0.7090	17.2056	13.7644				
r1'	r2'	w1	w2	w1	w2		
0.664	0.7090	0.179586	0	0.210869	0		
ti1'	ti1	w11 süresi	w12 süresi	w21 süresi	w22 süresi		
38	38	19.7544	0	23.1956	0		
tao1	c	m1	ofset1				
2	110	1	57.7363				

EK 4 WEBSTER PROGRAMI EKLAN GÖRÜNTÜLERİ

alikalururwebsterhesp1

1	598	DOYGUN AKIM	Fi	Faz Sayısı	HESAPLA	
2	561	1700	1.5	3		
3	98	Yesillerarası	Sari	Heryonkirmizi	KayıpSüre	Periyot C
4	186	5	3	2	15	89.2176
5	392	BaslangicGecikmesi	1.FazDoygunluk	2.FazDoygunluk	3.FazDoygunluk	DoygunluklarToplamı
6	258	3	0.351765	0.109412	0.230588	0.691765
		BitisGecikmesi	1.Faz YESIL SURE	2.Faz YESIL SURE	3.Faz YESIL SURE	
		2	38	11	25	

ÖZGEÇMİŞ

- Adı ve Soyadı : Ali KAVURUR
- Doğum Yeri ve Yılı : Burdur 1972
- Medeni Hali : Evli
- Lisans Öğrenimi : Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, 1994
- Yüksek Lisans Öğrenimi : Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1999
- Yabancı Dili : İngilizce (ÜDS 57.5)
- İş Deneyimi : 1994-1999 Milli Eğitim Bakanlığı
1999- Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler
Meslek Yüksekokulu
- Çalışmaları : Ulusal kuruluşlarca desteklenen projede görev alma
- 1- M. Cengiz KAYACAN, Ş.Abdurrahman Çelik, Oğuz COLAK, Fatih TAYLAN, Sinan İLKAZ, Ecir U. KÜÇÜKSİLLE, Ali KAVURUR, Mehmet ALBAYRAK, Abdülkadir ÇAKIR " Konvansiyonel Dokuma Makinalarının Bilgisayarlı Dokuma Makinalarına Dönüşümü", başlıklı DPT projesi (Proje No: 2000K120430).
- 2- M. Cengiz KAYACAN, Ş.Abdurrahman Çelik, Oğuz COLAK, Fatih TAYLAN, Sinan İLKAZ, M. Mahir SOFU, Ecir U. KÜÇÜKSİLLE, Ali KAVURUR, Mustafa BIÇAKLI, " Bilgisayar Destekli İmalat Sistemleri İçin Robot Tasarımı ve İmalatı", başlıklı SDÜ araştırma fonu altyapı projesi (Proje No: 2002/8).