



**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**SİNYALİZE KAVŞAKLARDA DEVRE SÜRESİNİN
ETKİSİNİN SİMÜLASYON TEKNİĞİ İLE İNCELENMESİ:
KIRIKKALE ÖRNEĞİ**

**RIDVAN CÖMERT
İNŞAAT ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Ersin KORKMAZ**

KIRIKKALE-2022



**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**SİNYALİZE KAVŞAKLARDA DEVRE SÜRESİNİN
ETKİSİNİN SİMÜLASYON TEKNİĞİ İLE İNCELENMESİ:
KIRIKKALE ÖRNEĞİ**

**RIDVAN CÖMERT
İNŞAAT ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Ersin KORKMAZ**

KIRIKKALE-2022

Rıdvan CÖMERT tarafından hazırlanan ‘SİNYALİZE KAVŞAKLARDA DEVRE SÜRESİNİN ETKİSİNİN SİMÜLASYON TEKNİĞİ İLE İNCELENMESİ: KIRIKKALE ÖRNEĞİ’ adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ersin KORKMAZ

İnşaat Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi Ziya ÇAKICI

İnşaat Anabilim Dalı, İzmir Demokrasi Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Üye: Doç. Dr. Erdem DOĞAN

İnşaat Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 12 /09 /2022

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Recep ÇALIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYANI

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Rıdvan CÖMERT

12.09.2022

ÖZET

SİNYALİZE KAVŞAKLARDA DEVRE SÜRESİNİN ETKİSİNİN SİMÜLASYON TEKNİĞİ İLE İNCELENMESİ: KIRIKKALE ÖRNEĞİ

Kırıkkale Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ersin KORKMAZ
2022, 78 sayfa

Yolların kesişim noktaları olan kavşaklar, trafik akışındaki olumsuzlukların fazlaca görüldüğü yerlerdir. Gecikme, durma, kuyruklanma, emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin fazlaca görüldüğü bu kesişim noktalarının etkinliğinin artırılması, kavşak kapasitesi ve efektif trafik akışı için önem arz etmektedir. Bu çalışmada Kırıkkale ilindeki yoğun trafiğe sahip, Millet Bulvarı üzerinde bulunan 3 kollu sinyalize kavşak ve Atatürk Bulvarı üzerinde bulunan 4 kollu sinyalize kavşak incelenmiştir. Kavşakların mevcut trafik hacmi farklı zamanlardaki ölçümler ile elde edilmiş ve çalışma kapsamında 6 farklı trafik durumu değerlendirilmiştir. Belirtilen iki farklı kavşağın her biri için diferansiyel gelişim algoritması ve Vistro optimizasyon yaklaşımları ile iki farklı devre süresi modellenmiş olup, modellenen yeni devre süreleri ile kavşakların etkinliğinin artırılacağı ortaya konulmuştur. VISSIM mikro simülasyon programı aracılığıyla 900 saniyelik ve 3600 saniyelik periyot süreleri için ayrı ayrı elde edilen önerilen modellerin performans göstergeleri, kavşaktaki mevcut devre süresi performans göstergeleri ile kıyaslanmıştır. Üç kollu sinyalize kavşak için tüm trafik durumlarında, önerilen iki model de mevcut durumdan daha iyi performans göstermiştir. Dört kollu sinyalize kavşak için ise Arama Algoritması ile oluşturulan model, tüm trafik durumlarında en iyi performansı gösterirken; Vistro ile oluşturulan model çoğunlukla mevcut durumdan kötü performans göstermiştir. Çalışma sonucunda 3 kollu sinyalize kavşak için gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, emisyon ve yakıt tüketimi değerlerinde sırasıyla %42, %58, %48, %30, %9 ve %9'a varan iyileşmeler sağlanabilmiştir. 4 kollu sinyalize kavşakta ise gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, emisyon ve yakıt tüketimi değerlerinde sırasıyla %16, %19, %19, %15, %6 ve %6'ya varan iyileşmeler elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Devre süresi, Diferansiyel gelişim algoritması, Vistro, Kırıkkale

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CYCLE LENGTH AT SIGNALIZED INTERSECTIONS BY SIMULATION TECHNIQUE: KIRIKKALE

Kırıkkale University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering,
Master's Thesis
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ersin KORKMAZ
2022, 78 pages

Junctions, which are the intersections of the roads, are the places where the negativities in the traffic flow are seen a lot. Increasing the efficiency of these intersections, where delay, stopping, queuing, emission and fuel consumption values are high, is important for intersection capacity and effective traffic flow. In this study, a 3-arm signalized intersection on Millet Boulevard and a 4-arm signalized intersection on Atatürk Boulevard, which has heavy traffic in Kırıkkale province, were examined. The current traffic volume of the intersections was obtained by measurements at different times and 6 different traffic situations were evaluated in the study. For each of the two different intersections, two different cycle lengths were modeled with the differential evolution algorithm and Vistro optimization approaches, and it was revealed that the efficiency of the intersections could be increased with the new cycle lengths. The performance indicators of the proposed models obtained separately for the period durations of 900 seconds and 3600 seconds via the VISSIM micro-simulation program were compared with the existing cycle length performance indicators at the intersection. For the 3-arm signalized intersection the two proposed models outperformed the current situation in all traffic situations. For the 4-arm signalized intersection, the model created with the Search Algorithm showed the best performance in all traffic situations, while the model created with Vistro mostly performed worse than the current situation. As a result of the study, up to 42%, 58%, 48%, 30%, 9% and 9% improvements were achieved in the delay, stopping delay, queue length, maximum queue length, emission and fuel consumption values, respectively, for the 3-arm signalized intersection. At the 4-arm signalized intersection, on the other hand, improvements of up to 16%, 19%, 19%, 15%, 6% and 6% were achieved in delay, stopping delay, queue length, maximum queue length, emission and fuel consumption values, respectively.

Key Words: Cycle length, Differential evolution algorithm, Vistro, Kırıkkale.

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan, önerilerini göstermekten kaçınmayan değerli danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Ersin KORKMAZ'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile bana sürekli destek olan İnşaat Mühendisliği bölümündeki tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Çalıőmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme de sonsuz teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1.GİRİŞ	1
1.1.Problemin Tanımı	1
1.2.Amaç	2
2.LİTERATÜR VE KAVŞAKLARDA SİNYALİZASYON	3
2.1.Literatür	3
2.2.Kavşaklar	8
2.2.1.Kavşak Türleri	8
2.2.2.Eş düzey Kavşaklar.....	8
2.2.2.1.Denetimsiz Eş düzey Kavşaklar	9
2.2.2.2.Denetimli Eş düzey Kavşaklar	9
2.3.Sinyalizasyon.....	10
2.3.1.İzole Sinyalize Sistemler	10
2.3.1.1.Sabit Zamanlı Sinyalizasyon.....	10
2.3.1.2.Trafik Uyarmalı Sinyalizasyon	11
2.3.1.3.Yaya Uyarmalı Sinyalizasyon.....	11
2.3.1.4.El ile Kumandalı Sinyalizasyon	12
2.3.2.Koordine Sinyalize Sistemler	12
2.3.3.Sinyalizasyon Temel Kavramları.....	12
2.3.4.Sinyalizasyon Hesaplama Yöntemleri	14
2.3.4.1.Webster Yöntemi ile Devre Süresi Hesabı.....	14
2.3.4.2.HCM Yöntemi ile Devre Süresi Hesabı.....	15
3.MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1.Highway Capacity Manual (HCM) Gecikme Modeli	16
3.2.PTV VISSIM Simülasyon Programı	18
3.2.1.VISSIM'in Özellikleri	22
3.3.PTV Vistro	24
3.4.Diferansiyel Gelişim Algoritması (DGA)	25

3.5.Mevcut Durum	26
3.5.1.Üç Kollu Sinyalize Kavşak.....	26
3.5.1.1.Faz Planı.....	28
3.5.1.2.Sinyal Süreleri.....	28
3.5.1.3.Araç Sayımları	29
3.5.2.Dört Kollu Sinyalize Kavşak	34
3.5.2.1.Faz Planı.....	36
3.5.2.2.Sinyal Süreleri.....	36
3.5.2.3.Araç Sayımları	37
3.6.Önerilen Modeller	42
4.BULGULAR.....	45
4.1.Üç Kollu Sinyalize Kavşak İçin Bulgular	46
4.1.1.VISSIM Aracılığı ile Simülasyon.....	46
4.1.2.Mevcut Durumun Performans Göstergeleri.....	47
4.1.3.Önerilen Modellerin Performans Göstergeleri	48
4.1.4.Mevcut ve Önerilen Modellerin Karşılaştırması	49
4.2.Dört Kollu Sinyalize Kavşak İçin Bulgular.....	53
4.2.1.VISSIM Aracılığı ile Simülasyon.....	53
4.2.2. Mevcut Durumun Performans Göstergeleri.....	54
4.2.3.Önerilen Modellerin Performans Göstergeleri	55
4.2.4.Mevcut ve Önerilen Modellerin Karşılaştırması	56
4.3.Önerilen Modellerin Başarım Oranları.....	61
5.SONUÇ.....	64
KAYNAKLAR	66
EKLER.....	69
ÖZGEÇMİŞ.....	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
3. 1. Hizmet düzeyi	18
3. 2. Kavşak kollarının geometrik özellikleri.....	28
3. 3. Üç kollu kavşağa ait 15 dakikalık araç sayımları.....	29
3. 4. Saatlik trafik akım oranları.....	31
3. 5. Ortalamalara göre oluşturulan trafik durumları	32
3. 6. Farklı trafik durumlarına göre trafik akım oranları.....	32
3. 7. Kavşak kollarının geometrik özellikleri.....	35
3. 8. Dört kollu kavşağa ait 15 dakikalık araç sayımları.....	37
3. 9. Saatlik trafik akım oranları.....	39
3. 10. Ortalamalara göre oluşturulan trafik durumları	41
3. 11. Farklı trafik durumlarına göre trafik akım oranları.....	41
3. 12. Üç kollu kavşak için önerilen modellere ait devre süreleri.....	43
3. 13. Dört kollu kavşak için önerilen modellere ait devre süreleri	44
4. 1. Mevcut durumun 900 sn periyottaki performans göstergeleri	47
4. 2. Mevcut durumun 3600 sn periyottaki performans göstergeleri	47
4. 3. Arama Algoritması'nın 900 sn periyottaki performans göstergeleri	48
4. 4. Arama Algoritması'nın 3600 sn periyottaki performans göstergeleri	48
4. 5. Vistro Modeli'nin 900 sn periyottaki performans göstergeleri.....	48
4. 6. Vistro Modeli'nin 3600 sn periyottaki performans göstergeleri.....	49
4. 7. Mevcut durumun 900 sn periyottaki performans göstergeleri	54
4. 8. Mevcut durumun 3600 sn periyottaki performans göstergeleri	54
4. 9. Arama Algoritması'nın 900 sn periyottaki performans göstergeleri	55
4. 10. Arama Algoritması'nın 3600 sn periyottaki performans göstergeleri	55
4. 11. Vistro Modeli'nin 900 sn periyottaki performans göstergeleri.....	55
4. 12. Vistro Modeli'nin 3600 sn periyottaki performans göstergeleri.....	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
2. 1. Faz diyagramı [39]	13
2. 2. Devre diyagramı [39]	14
3. 1. Araç takip modeli [41]	20
3. 2. Wiedemann74 parametreleri	21
3. 3. Wiedemann99 parametreleri	22
3. 4. Vistro arayüzü	24
3. 5. DGA temel adımları	25
3. 6. Millet Bulvarı üzerindeki 3 kollu kavşağın kuşbakışı görünümü	27
3. 7. Millet Bulvarı üzerindeki 3 kollu kavşağın harita görünümü	27
3. 8. Üç kollu sinyalize kavşak faz planı	28
3. 9. Üç kollu sinyalize kavşak devre diyagramı ve yeşil süre dağılımları	29
3. 10. Trafik akım oranlarının yönlere göre dağılımı	34
3. 11. Atatürk Bulvarı üzerindeki 4 kollu kavşağın kuşbakışı görünümü	34
3. 12. Atatürk Bulvarı üzerindeki 4 kollu kavşağın harita görünümü	35
3. 13. Dört kollu sinyalize kavşak faz planı	36
3. 14. Dört kollu sinyalize kavşak devre diyagramı ve yeşil süre dağılımları	37
3. 15. Trafik akım oranlarının yönlere göre dağılımı	42
4. 1. Üç kollu kavşak 2B görünüm	46
4. 2. Üç kollu kavşak 3B görünüm	46
4. 3. Gecikme değerleri grafiği	49
4. 4. Durma gecikmesi değerleri grafiği	50
4. 5. Kuyruk uzunluğu değerleri grafiği	50
4. 6. Maks. kuyruk uzunluğu değerleri grafiği	51
4. 7. Emisyon değerleri grafiği	52
4. 8. Yakıt tüketim değerleri grafiği	52
4. 9. Dört kollu kavşak 2B görünüm	53
4. 10. Dört kollu kavşak 3B görünüm	53
4. 11. Gecikme değerleri grafiği	56
4. 12. Durma gecikmesi değerleri grafiği	57
4. 13. Kuyruk uzunluğu değerleri grafiği	58
4. 14. Maks. kuyruk uzunluğu değerleri grafiği	59
4. 15. Emisyon değerleri grafiği	60
4. 16. Yakıt tüketim değerleri grafiği	61
4. 17. Üç kollu kavşak için önerilen modellerin başarımlar oranları	62
4. 18. Dört kollu kavşak için önerilen modellerin başarımlar oranları	63

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

a	Sarı süre
ABX	Taşıtlar arasında aranan takip mesafesi
AX	Ardışık iki taşıtın arasındaki gereken mesafe
BX	Taşıtlar arasındaki güvenli mesafe
c	Kapasite
C	Devre süresi
C_0	Optimum devre süresi
$CLDV$	Fren için tepki alanı
d	Ortalama gecikme
d_1	Üniform gecikme
d_2	Aşırı akım gecikmesi
d_3	Başlangıç kuyruklanma gecikmesi
D_n	Koldaki gecikme değeri
F	Faz değişim süresi
f_{PA}	Yeşil süredeki taşıtlar için düzeltme faktörü
ϕ	1,2-1,8 arasında değişen katsayı
g	Etkili yeşil süre
G	Yeşil süre
G_i	i fazındaki yeşil ışık süresi
I	Yeşiller arası süre
k	Gecikme parametresi
q	Trafik akımı
q_n	Koldaki trafik akımı
l	Düzeltilme faktörü
L	Toplam kayıp zaman
λ	Yeşil süre oranı
m	Toplam kol sayısı
n	Faz sayısı
$OPDV$	Tekrardan hızlanmaya başlanılan eşik
P	Yeşil sürede gelen taşıt oranı
PF	İlerleme Faktörü
r	Kırmızı süre

s	Doygun akım
SDV	Bilinçli tepkinin eşiği
SDX	En üst takip mesafesi için algı eşiği
t_s	Kayıp zaman
T	Periyot
x	Doygunluk derecesi
y	Akım oranı
x_c	Kritik doygunluk derecesi
Y	Aralık değişimi
Y_i	i fazındaki kritik akım oranı

Kısaltmalar

BM	Bulanık Mantık
DGA	Diferansiyel Gelişim Algoritması
GA	Genetik Algoritma
GH	Gerçek Hata
HCM	Highway Capacity Manual
HK	Hep Kırmızı
OGH	Ortalama Gerçek Hata
OYH	Ortalama Yüzselsel Hata
TIA	Trafik Etki Analizi
TRRL	Transportation and Road Research Laboratory
TÜK	Tüketim
UZ	Uzunluk
YH	Yüzselsel Hata

1.GİRİŞ

Ulaştırma, insanların veya eşyaların başlangıç noktasından bitiş noktasına taşınmasıdır. Ulaştırmanın amaçları arasında az maliyetli olma, kısa süreli olma ve güvenli olma kavramları bulunmaktadır. Bu kavramlar doğrultusunda mevcut sistemlerde iyileştirme yapmak amacıyla bilim adamları tarafından birçok çalışma yapılmış ve halen yapılmaya devam etmektedir.

Ülkemizde gün geçtikçe hanelerdeki araç sayısı ve ulaşım talebi artmaktadır. Bu artışa paralel olarak mevcut yolların birleşim noktaları olan kavşaklarda kapasite sorunları ortaya çıkmaktadır. Kavşaklarda yaşanan duraklamalar, sürücülerin agresif ve sabırsız davranmalarına sebep olmaktadır. Bu olumsuzluklar yayalara da yansıdığına çeşitli sorunların ortaya çıkma olasılığı artmaktadır.

Kavşakların performansı için optimum devre süresi önemli bir etkidir. Yaşanacak olumsuzlukları en aza indirmek ve trafik akışını iyileştirmek adına devre süresini optimize etmek sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Böylece kavşak performansının artırılması, kolayca başarılabilir.

1.1.Problemin Tanımı

Yol birleşim noktaları olarak tanımlanan kavşaklardaki problemlerden birisi de uygun olmayan devre süreleridir. Birçok yerleşim yerinde kavşaklardaki devre süresi güncellenmemektedir. Bu sebeple sürücüler uzun süreli gecikmeler yaşamaktadır. Kavşaklardaki kuyruk uzunluğu artışına bağlı olarak emisyon değerlerinde ve yakıt tüketimlerinde de artışlar meydana gelmekte ve bunlar kavşak performansında olumsuzluklar olarak nitelendirilmektedir. Özellikle plansız kentleşme sebebiyle kavşak geometrilerinin değiştirilememesi, optimum devre süresinin belirlenmesi konusunu ön plana çıkarmıştır. Devre süresinin optimize edilmesi konusunda birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Kullanılan optimizasyon yöntemleri bu çalışmaları birbirinden ayırmaktadır. Farklı ve güncel yöntemlerin uygulanması, optimum devre süresinin belirlenmesinde yeni yaklaşımların önünü açacaktır.

1.2.Amaç

Bu tezin amacı Kırıkkale ilindeki Atatürk ve Millet bulvarlarında bulunan yoğun trafiğe sahip 3 kollu ve 4 kollu iki adet sinyalizasyon kavşağının performansının iyileştirilmesini sağlamaktır. Kavşak performansı için gecikme, duruş sayısı, emisyon vb. gibi birçok parametre bulunmakla birlikte çalışma kapsamında ortalama gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, yakıt tüketimi ve emisyon değerleri incelenerek performans verileri elde edilecektir. Belirtilen kavşaklar için 2 farklı devre süresi geliştirilecek ve bu sürelerin kavşak performansı üzerindeki etkileri incelenecektir. Birbirinden farklı trafik durumları VISSIM programı yardımıyla simüle edilecek ve performans sonuçları değerlendirilecektir.

Yapılacak devre süreleri optimizasyonları ile ortalama gecikmenin, durma gecikmesinin, kuyruk uzunluğunun, maksimum kuyruk uzunluğunun, yakıt tüketiminin ve emisyon değerlerinin mevcut duruma göre azaltılması hedeflenmektedir. Çalışmanın sonucunda mevcut kontrol sistemleri yerine daha etkin kontrol için, optimum devre sürelerinin tayin edilmesi sağlanabilecektir. Ayrıca kavşakların farklı zamanlardaki trafik durumlarına göre farklı devre süreleriyle çalıştırılmasında etki düzeyi belirlenmeye çalışılıp, gün içinde birden fazla devre süresiyle daha verimli bir kontrol sisteminin oluşturulması hedeflenmektedir.

2.LİTERATÜR VE KAVŞAKLARDA SİNYALİZASYON

2.1.Literatür

Geçmişten günümüze sinyalize kavşakların performansı tartışma konusu olmuştur. Kavşak performanslarının iyileştirilmesi amacı, araştırmacıları birçok çalışma yapmaya yönlendirmiştir. Devre süresi kavşak performansını etkileyen en önemli etkenlerden biridir. Bu sebeple araştırmacılar, optimum devre süresinin hesaplanması konusuna önem vermişlerdir.

Webster [1], 1958 yılında devre süresinin hesaplanması adına ilk çalışmalarını yapmıştır. Bu çalışmada ana parametre olarak gecikme ele alınmış ve gecikmenin en aza indirgenmesi amacıyla devre süresi tayini yapılmıştır. Devre süresi içerisindeki toplam yeşil süre, fazların doygunluk durumuna orantılı olarak dağıtılmıştır. Ancak kavşağın mevcut kapasitesinden daha fazla araç girişinin olması durumunda bu yöntem, mantıklı sonuçlardan uzak değerler vermektedir. Durumun böyle olması sonucunda, farklı bilim adamları tarafından doygun üstü durumlar için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Highway Capacity Manual (HCM) yönteminde Webster'den farklı olarak tüm kavşak kolları değil, kritik akımların olduğu kavşak kolları ele alınmıştır. Tüm kavşak yaklaşımlarının birlikte doygunluğa ulaşması ihtimalinin düşük olması, bu yöntemin geliştirilmesine fikir vermiştir [2]. Akçelik [3], 1988 yılında HCM yöntemini kalibre etmeyi amaçlamıştır. Dr. Rahmi Akçelik'in kalibrasyon amaçlı çalışmasında, fazlardan daha çok akımların önemli olduğu belirtilmiştir. Akımlar için doygun akımın değeri ve akımların oranı belirlenerek kritik akım hesabı yapılmıştır. Devre süresinin ve yeşil ışık süresinin tayininde kritik akım değerleri kullanılmıştır. Akçelik, bu çalışmasında HCM yöntemindeki gecikmeyi revize ederek başka bir model geliştirmeye çalışmıştır. Murat [4], 1996 yılındaki çalışmasında Denizli'de iki adet kavşağı ele almış ve geleneksel yöntemler ile optimum devre süresini tayin etmiştir. İlk kavşakta Avusturalya Yöntemini kullanmış ve devre süresini 24 sn azaltmıştır. İkinci kavşakta ise Avusturalya ve HCM yöntemlerini kullanmış, ikisinde de yeni devre süresini 48 sn artırmıştır. Bu çalışma sonucunda yalnızca devre sürelerinin değil mevcut kavşakların geometrisinin de değiştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Thomas ve Uphurch [5], çalışmalarında devre süresinin ve trafik hacimlerinin taşıt gecikmelerine olan etkisini incelemişlerdir. Bu

değişkenlerin, gecikme ile doğru orantılı olarak değiştiğini ortaya koymuşlardır. Chang ve Lin [6], Webster yönteminin kapasitenin üzeri trafik akımlarında tutarsız sonuçlar verdiğini görmüş ve doygun üstü akımlar için çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada dinamik optimizasyon modeline değinmişlerdir. Kavşaktaki devre süresinin optimize edildiği modellerle, gecikme değerlerinde iyileştirmeler elde etmişlerdir. Cheng ve arkadaşları [7], HCM2000 ve Webster yöntemlerinden 3 farklı regresyon formülü üretmişler ve bu formülleri izole kavşaklar üzerinde uygulamışlardır. Amaçları ise en düşük gecikme değerini veren devre süresini elde etmek olmuştur. Çalışmada, önerilen 3 adet regresyon formülü arasından seçilen üstel tip modelin, Webster yöntemine göre daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir. Lan [8], trafik akımının kapasiteden fazla olduğu durumları ele almış ve devre süresiyle kritik akım arasındaki bağlantıyı kurmaya çalışmıştır. Bu bağlantıları referans olarak farklı bir model geliştirmiştir. Sonuç olarak mevcut duruma göre yaklaşık %1 oranında iyileştirme sağlamıştır. Cheng ve arkadaşları [9], en düşük gecikme değerini veren devre süresini tayin edebilmek amacıyla CORSIM ve Synchro5 programlarından yararlanmışlardır. Elde ettikleri sonuçların yalnızca Webster'e göre değil HCM2000'e göre de iyileşme sağladığını kanıtlamışlardır. Murat [10], 2006 yılında sinyalize kavşaklardaki gecikmenin tahmini amacıyla bulanık mantık yönteminden yararlanmışır. Çalışma kapsamında kuyruk uzunluğu, trafik hacmi ve kırmızı ışık süresi değerleri dikkate alınmıştır. BM yardımıyla gecikme tahmini yöntemi, özellikle doygun ve doygun üstü akım durumlarında geleneksel yöntemlere kıyasla başarılı sonuçlar elde etmiştir. Han ve Li [11], optimum devre süresini elde edebilmek amacıyla Monte Carlo simülasyonunu kullanmıştır. Çalışma kapsamında optimum devre süresinde, sürenin uzun veya kısa olmasının ortalama gecikme üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda çok uzun devre sürelerinin gecikme değerini azaltmadığı, kısa devre sürelerinin ise gecikme değerinde artışa sebep olduğu ortaya konulmuştur. Day ve arkadaşları [12], çalışmalarında Webster ve HCM yöntemlerini karşılaştırmış ve elde edilen devre sürelerinin birbirleri üzerindeki etkilerini, zaman dilimleri aracılığıyla yorumlamışlardır. Singh ve arkadaşları [13], trafik ağlarında güncel akıllı sistemleri denemiş ve bu sistemlerde Genetik Algoritma (GA) kullanmışlardır. Yoğun trafik ağlarında, yeşil ışık süresinin değişiminde akıllı sistemlerden yararlanmışlardır. Kullandıkları yöntemler ile geleneksel yöntemleri karşılaştırmışlar ve güncel yöntemlerin sonuçlarının daha verimli olduğunu tespit etmişlerdir. Öztürk ve arkadaşları [14], Ankara'da yapılan

trafik sayımlarını temel alan bir sinyal zamanlaması sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen yeni model ile devre süresi belirlenmiş ve mevcuttaki durum ile kıyaslanmıştır. Mevcut duruma kıyasla devre süresinde 11 sn azalma görülürken, ortalama gecikmede ise yaklaşık 7 sn azalma görülmüştür. Ayrıca yeni elde edilen veriler Webster yöntemi ile de kıyaslanıp avantajları ve dezavantajları hakkında bilgi verilmiştir. Dağüstü [15], 2010 yılında İstanbul'daki sinyalizasyon kavşaklarının performansını artırmak amacıyla Webster Yöntemi kullanarak devre süresi tayini yapmıştır. VISSIM programı üzerinden yeni devre süreleri ile yapılan çalışmalar sonucunda kavşakların gecikme değerlerinde %4 ile %73 arasında iyileşmeler sağlandığı belirtilmiştir. Ma ve Nakamura [16], genel olan çalışmaların aksine gecikmeyi değil emisyon değerlerini baz almışlardır. Bu çalışmada ağır tonajlı araçların fazla olduğu kavşaklarda emisyon değerlerinin düşürülmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, ağır tonajlı araçların fazla olduğu trafik durumlarında devre süresinin tayin edilmesinde, emisyon değerinin referans alınmasının daha uygun olacağını ortaya koymuşlardır. Zhao ve arkadaşları [17], devre süresini tayin ederken algoritmalarından yararlanmışlardır. Hızlı aç gözlü arama algoritması adı verilen bu algoritma ile devre süresini belirleyerek çalışmalarında kullanmışlardır. Özellikle doygun üstü akımların mevcut olduğu senaryolarda, kullandıkları yöntemin verimliliğini değerlendirmişlerdir. Başkan ve Haldenbilen [18], çalışmalarında devre süresi tayini için Karınca Kolonisi Algoritmasını kullanmışlardır. Devre süresinin tayininin amacının ise taşıt gecikmelerinin en aza indirgenmesi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada, diğer problemlerin de çözümü hedeflenerek trafik mühendisliğine katkı sağlamak hedeflenmiştir. Al-Kubaisi [19], ortalama taşıt gecikmesini en aza indirmek amacıyla devre süresini optimize etmiştir. Çalışmasında OSCADY/3 programını kullanmıştır. Dört kollu kavşak üzerinde çalışma yapan Kubaisi, öncelikle tek şerit üzerinde çalışmıştır. Ardından şerit sayısını 2 ve 3 olmak üzere sırayla arttırmıştır. Senaryoların sonuçlarını ayrı ayrı değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda, gecikmeleri azaltmak için öneriler sunulmuştur. Qiao ve arkadaşları [20], kavşakları incelerken motorsuz taşıtları da göz önünde bulundurmışlardır. VISSIM programı üzerinden devre süresi optimizasyonu yapmışlar ve motorsuz taşıtların eklenmesiyle sonuçların daha tutarlı olacağını belirtmişlerdir. Dai ve arkadaşları [21] mevcut verileri, birbirinden farklı trafik akımlarının oluşturduğu senaryolara uygulamış ve devre süresi tayini yapmışlardır. Farklı durumlar oluşturulurken bir günü belirli zaman aralıklarına bölmüşler ve oluşturulan senaryoların mevcut trafikle uyumunu

incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmanın, mevcut trafik durumlarına uygun olduğunu belirtmişlerdir. Dell'Orco ve arkadaşları [22,23], çalışmalarında harmoni arama algoritmasını ve yapay arı kolonisi algoritmasını kullanmışlardır. Yeni modellerle elde ettikleri sonuçları, TRANSTY-7F programı aracılığıyla elde ettikleri sonuçlar ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada kullandıkları yeni modellerin sonuçlarının, TRANSTY-7F sonuçlarına kıyasla daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Şimşir ve arkadaşları [24] çalışmalarında, kavşak performans göstergelerinden biri olan gecikmeyi en aza indirmek amacıyla kırmızı ışık sürelerini ve kuyruk uzunluğunu dikkate almışlardır. Çalışma sonucunda gecikme değerlerini karşılaştırmışlar ve kavşaklar için uygun denetim modellerini oluşturarak çözümler önermişlerdir. Erişkin [25], 2014 yılında izole kavşaklarda devre süresini tayin etmek amacıyla Webster Yöntemi ve TRANSYT yazılımını kullanmıştır. Bu yöntemlerden farklı olarak devre süresi hesaplamasında Dönen Ufuklar Yaklaşımından yararlandığı bir model geliştirmiştir. Çalışma kapsamında, kullanılan farklı yöntemler için gecikme değerleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, Dönen Ufuklar Yaklaşımı kullanılarak elde edilen gecikme değerlerinde Webster Yöntemine göre yaklaşık %30, TRANSYT-14 yazılımına göre ise yaklaşık %3 iyileşme sağlamıştır. Kavurur [26], 2015 yılında Alanya'da D400 karayolu üzerindeki 12 kavşağı koordine etmek amacıyla devre sürelerini optimize etmiştir. Trafikteki gerekli sayımlar yapıp ortalama araç sayıları elde edilmiştir. Webster yöntemine göre yapılan hesaplamalarda her kavşağın devre süresi birbirine eşitlenmiştir. Seyahat süresi hesabı için geleneksel MAXBAND yönteminden farklı olarak MAXBAND-Dispersion modeli kullanılmıştır. 40-60 km/saat arasındaki hızlar referans alınarak yapılan çalışmanın sonucunda gereken çözüm önerileri yapılmıştır. Murat ve Çakıcı [27], meta-sezgisel algoritmaları kullanarak devre süresi tayini yapmışlardır. Çalışmada parçacık sürü optimizasyonunu, diferansiyel gelişim algoritmasını ve harmoni arama algoritmasını kullanmışlardır. Elde ettikleri devre sürelerini, Webster ile elde edilen devre süreleri ile karşılaştırmışlar ve Webster'e göre daha iyi sonuçlara ulaşıldığını ortaya koymuşlardır. Kamal ve arkadaşları [28], bir yol ağı üzerinde devre süresi ve ofset sürelerini eş zamanlı olarak çalıştırmışlar ve önsezili bir kontrol modeli geliştirmişlerdir. Kullandıkları verileri optimize etmişler ve trafik koşullarında test etmişlerdir. Sonuç olarak, kullandıkları modelin farklı durumlara uyum sağladığını vurgulamışlardır. Wu ve arkadaşları [29], Çin'de bir şehirde 50 adet kavşağın verileri üzerine çalışmışlardır. Webster yöntemini güncelleyerek devre süresi tayininde

kullanmışlardır. VISSIM programı yardımıyla sonuçlar elde etmişler ve bu sonuçları TRRL (Transportation and Road Research Laboratory) Modeli ile karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, TRRL'ye oranla daha az gecikme değeri elde etmişlerdir. Zakariya ve Rabia [30], optimum devre süresini tespit etmek amacıyla bir arama algoritması geliştirmişler ve bu bağlamda iki farklı devre süresi elde etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçları Webster yöntemi ile karşılaştırmışlar ve trafik akımının kapasiteye yaklaştığı durumlarda Webster'e oranla daha çok iyileşme sağladıklarını belirtmişlerdir. Sabar ve arkadaşları [31], çalışmalarında Genetik Algoritmanın yararlılığını tespit etmeye çalışmışlardır. Genetik algoritmanın yetersiz kaldığı alanlarda kullanılmak üzere Memetik Algoritma'yı tercih etmişlerdir. AIMSUN simülasyon programı aracılığıyla çalışmalarını yürütmüşler ve Genetik Algoritma'dan daha düşük gecikme değerleri elde etmişlerdir. Jovanovic ve arkadaşları [32], devre süresinin tayini konusunda yapay arı kolonisi algoritmasından yararlanarak yeni bir model üzerinde çalışmışlardır. Bu modelde, seyahat süresini referans olarak optimizasyon çalışmalarını yürütmüşlerdir. Elde edilen sonuçları, benzetimli tavlama yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar ile kıyaslamışlardır. Sonuç olarak arı kolonisi algoritmasının, kavşak performansını daha fazla iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Ahadi [33] 2019 yılında Afganistan'da, kavşakların koordinasyonunu sağlamak ve kavşak performanslarını iyileştirmek için kavşak geometrisinde düzenlemeler yaptıktan sonra devre süresini optimize etmiştir. SIDRA yazılımı ile devre sürelerini tayin eden Ahadi, elde ettiği verileri VISSIM programında simüle ederek performans sonuçlarını incelemiştir. Çalışma sonucunda toplam taşıt gecikmelerinde %54'e varan iyileşmeler elde etmiştir. Yiğit [34], bir karayolu üzerindeki iki kavşağı koordine etmek amacıyla, Webster Yöntemine göre devre süresi tayini yapmıştır. Çalışma kapsamında, kavşaklar için optimum devre süreleri belirlenmiş ve ofset süreleri koordine edilmiştir. VISSIM programı kullanılarak yapılan analizler sonucunda gecikme değerlerinde %15-32 arasında iyileşme sağlanmıştır. Çakıcı [35], 2020 yılında sinyalize kavşaklardaki gecikmeleri en aza indirmek amacıyla Sinyal Süresi ve Faz Planı Optimizasyon Tabanlı Denetim Modelini geliştirmiştir. Bu çalışmada sinyal süreleri ve faz planları Diferansiyel Gelişim Algoritması kullanılarak optimize edilmiştir. Belirli zamanlarla güncellenen devre süreleri ve faz planları eş zamanlı çalıştırılarak elde edilen sonuçlar, Optimum Sabit Zamanlı Denetim ve Trafik Uyarmalı Denetim modelleriyle karşılaştırılmış ve taşıt gecikmelerinde %15-45 arasında iyileştirmelerin olduğu görülmüştür. Karaoğlan [36], 2021 yılında yaptığı çalışmada bir yol ağı üzerindeki

birden fazla kavşağı koordine etmek amacıyla devre süresi optimizasyonu yapmıştır. Synchro programının kullanıldığı çalışmada farklı devre süreleri ile senaryolar oluşturulmuştur. Kavşaklar arası koordinasyon ise ofset sürelerinin kullanımıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda gecikme değerlerinde %30'a varan iyileşmelerin olduğu belirtilmiştir.

2.2.Kavşaklar

Kavşaklar basitçe, yolların birleşim noktaları olarak adlandırılabilir. Kavşakların tasarımında dikkat edilecek hususlardan bazıları kavşağın güvenli olması ve kavşak yapım maliyetinin az olmasıdır. Kavşakların tasarım amaçları ise;

- Emniyeti sağlamak
- Gereksiz duraklamaları önlemek
- Trafikte devamlılığı sağlamak olarak belirtilebilir.

Yolların birleştikleri noktalar olan kavşaklar, buldukları zeminin kotlarına göre eş düzey kavşaklar ve farklı düzeyli kavşaklar olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Bu iki kavşak tipinden hangisinin uygulanacağı, yol geometrisine ve trafik durumuna bağlı olarak belirlenmektedir.

2.2.1.Kavşak Türleri

Kavşak genelinde ortaya çıkan olumsuzlukların minimize edilmesi için kavşak tiplerine ve uygulama alanlarına hakimiyet büyük bir önem arz etmektedir. Farklı düzeyli kavşaklara kıyasla eş düzey kavşaklarda oluşan zaman kayıpları daha fazla olduğundan, bu kavşak tipi detaylı olarak incelenmelidir.

2.2.2.Eş düzey Kavşaklar

Eş düzey kavşaklar, farklı yönlerden gelen karayollarının aynı kotta birleşmesiyle oluşan kavşak tipleridir [37].

Üç adet yolun, aralarındaki açı 70-105° olacak şekilde birleşmesi çatal kavşak olarak adlandırılmaktadır. Dört adet yolun, aralarındaki açı 70-105° olacak şekilde birleşmesine ise dik kavşak adı verilmektedir [38].

Eş düzey kavşaklar, hemzemin kavşaklar olarak da adlandırılmaktadırlar ve kendi içlerinde denetimli ve denetimsiz olmak üzere 2 başlık altında incelenmektedirler.

2.2.2.1.Denetimsiz Eş düzey Kavşaklar

Denetimsiz hemzemin kavşaklar, sadece işaret levhalarının olduğu veya hiç işaret levhasının bulunmadığı kavşaklardır. Kavşaklara bağlanan yollar genellikle anayol ve tali yol olarak ikiye ayrılır. Anayoldaki trafik akışının devamlılığını sağlamak amacıyla, tali yola 'DUR' veya 'YOL VER' şeklinde işaret levhaları yerleştirilebilir. Bu kavşaklarda genelde anayolun trafik hacmi, tali yoldaki trafik hacminden yüksektir. Bu nedenle tali yoldan gelen araçların kendine bir geçiş boşluğu bulması gerekmektedir. Sürücülerin tecrübesine göre farklılık gösteren bu gibi durumlar sebebiyle oluşan kazalar, denetimsiz kavşaklarda önemli kayıplara yol açabilir.

2.2.2.2.Denetimli Eş düzey Kavşaklar

Denetimli hemzemin kavşaklarda (eş düzey kavşaklar) trafik birden fazla ışıklı işaretler veya polis yardımıyla düzenlenebilmektedir ve bu kavşaklar, sinyalize kavşak ve dönel kavşak olmak üzere iki bölümde incelenmektedirler.

Dönel kavşaklarda merkez daireseldir ve bu dairesel merkezin belirlenen noktalarından trafik akışı sağlanır. Taşıt hızlarının düşük olması dönel kavşakların özelliklerindedir. Dönel kavşakların bu özelliği, trafiğin güvenli seyretmesine de olanak sağlamaktadır. Kavşağa bağlanan yolların sayısı ve kavşağın geometrik özellikleri, dönel kavşak seçimindeki önemli etkenlerdendir.

Kavşaklara bağlanan kollardaki trafik akımları, belirli bir zaman döngüsünde farklı renkteki ışıklar ile düzenleniyorsa bu tip kavşaklara sinyalize kavşak adı verilmektedir. Bu sistemlerin amaçları taşıt ve yaya güvenliğini sağlayarak kaza oranlarını azaltmak, gecikmeleri minimize etmek olarak sıralanabilmektedir.

Sinyalize kavşak tasarımında kavşağın geometrisi, devre süresi ve faz planı terimleri öne çıkmaktadır. Tasarımların birbirinden farklı olmasını sağlayan bu değişkenlerin hesaplanması konusunda dikkatli ve özenli çalışılmalıdır.

2.3.Sinyalizasyon

Trafiğin, birden fazla ışıklı işaretçi kullanılarak yönetilmesine sinyalizasyon adı verilmektedir. Sinyalize kavşaklarda kullanılan işaretçiler 3 renkten oluşmaktadır. Kırmızı renk 'DUR' anlamına gelirken, yeşil renk 'GEÇ' anlamını taşımaktadır. Kırmızı ve yeşil renkler arasındaki bağlantıyı sağlamak amacıyla kullanılan sarı renk ise 'HAZIRLAN' anlamını ifade etmektedir.

Sinyalizasyon sistemleri izole ve koordine sistemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

2.3.1.İzole Sinyalize Sistemler

İzole sinyalize sistemler başka bir deyişle bağlantısız sinyalize sistemler olarak da adlandırılabilir. Bu sistemlerde kavşağın performansını belirleyen değişkenler, yol hattı üzerindeki diğer kavşaklardan bağımsız değerlendirilir. İzole sinyalize sistemler 4 başlıkta incelenmektedir;

- Sabit Zamanlı Sistemler
- Trafik Uyarmalı Sistemler
- Yaya Uyarmalı Sistemler
- El ile Kumandalı Sistemler

2.3.1.1.Sabit Zamanlı Sinyalizasyon

Sabit zamanlı sistemlerde geçiş hakkı veren kontrolcüler ve bunların süreleri önceden ayarlanmaktadır. Ayarlamalar yapılırken trafik hacmi göz önünde bulundurularak devre süresi ve faz planı ataması yapılır. Bu aşamada özellikle trafiğin yoğun olduğu saatler (pik saatler) dikkate alınmaktadır.

Sabit zamanlı sistemlerin, günümüzün değişken trafik durumlarında yetersiz kaldığı durumlar oluşabilmektedir. Hesaplamalarda kullanılan trafik hacminin çok altında kaldığı zaman veya çok üstüne çıkıldığı zaman, seyahat eden araçların gereğinden fazla beklemesi gibi olumsuzluklar yaşanmaktadır. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için günün veya haftanın belirli bölümlerinde sistemin değiştirilerek çalıştırılması alınacak önlemler arasında gösterilebilir.

2.3.1.2.Trafik Uyarmalı Sinyalizasyon

Kavşak yaklaşım kollarında bulunan algılayıcılar (dedektörler) yardımıyla denetlenen sistemlere trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleri adı verilir. Kullanılan algılayıcılar belirli zaman aralıklarıyla kavşak kollarındaki trafik hacmini ölçmektedirler. Bu ölçümler neticesinde sistemin faz sırasına ve/veya kollardaki yeşil sürelerine karar verilir. Ardından uygulamaya geçilir.

Trafik uyarmalı sistemler, yarı uyarmalı sistemler ve tam uyarmalı sistemler olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir.

Yarı Uyarmalı Sistemler: Bir yol ağı üzerindeki tali yolun anayola bağlandığı noktalarda, dedektörler tarafından elde edilen veriler sonucunda anayolun trafik akışının durdurulduğu ve tali yola geçiş hakkının verildiği sistemlerdir. Bu tür sistemlerde tali yoldan trafik akımı olmadığı zamanlarda, anayolda kesintisiz trafik akışı sağlanır.

Tam Uyarmalı Sistemler: Karayollarında, farklı yönlerden gelen yolların kesiştiği noktalarda dedektörler tarafından elde edilen veriler sonucunda, hangi yaklaşıma geçiş üstünlüğü verileceğinin yönetildiği sistemlerdir. Bu tür sistemlerde sabit devre süresinin aksine, değişken devre süreleri ve faz başına değişken yeşil veya kırmızı ışık süreleri uygulanarak trafikteki taşıt başına beklemenin minimuma indirilmesi amaçlanmaktadır.

2.3.1.3.Yaya Uyarmalı Sinyalizasyon

Yayaların güvenli geçişini sağlamak amacıyla, kavşaktaki yaya talebini dikkate alan sistemlere yaya uyarmalı sinyalizasyon sistemleri adı verilir. Bu sistemlerde anayoldaki trafik akışı süreklidir. Yayanın talebi bir buton veya sensör yardımıyla tespit edildiğinde anayoldaki araçlara kırmızı ışık yanmakta ve trafik akışı duraklatılmaktadır. Bu süre içerisinde yayaların geçişi sağlanır. Ardından anayolda tekrar trafik akışının devamlılığı sağlanır.

Kavşaklarda kullanılan sinyalizasyon sistemleri sadece taşıtlar için değil yayalar için de güvenliği sağlamalıdır. Yaya uyarmalı sistemlerde yayaların güvenliği sağlanmaya çalışılırken aynı zamanda trafikteki taşıtların da gecikmelerinin en aza indirgenmesi hedeflenmektedir.

2.3.1.4.El ile Kumandalı Sinyalizasyon

Kavşaktaki denetimin, kumanda yardımıyla değiştirilmesini sağlayan sistemlere el ile kumandalı sinyalizasyon sistemleri adı verilir. Bu sistemler trafiğin durumundaki değişimlere göre dışarıdan kontrol edilebilen sistemlerdir. Örneğin; izleyici sayısının çok olduğu bir futbol maçı bitiminde kalabalığın hızlı ve sorunsuz dağılabilmesi için trafik polisleri tarafından kullanılmaktadır.

2.3.2.Koordine Sinyalize Sistemler

Bir yol hattı üzerinde bulunan birden fazla kavşağın, birbiri ile bağlantılı çalıştığı sistemlere koordine sinyalize sistemler adı verilir. Trafikte oluşan yoğunluğu azaltmak, araçların gecikme sürelerini düşürmek ve mümkün olduğunca kesintisiz trafik akışı sağlamak koordine sinyalize sistemlerin amaçlarındandır.

Koordine sinyalize sistemler oluşturulurken, bulunan hat üzerindeki kavşaklar arası mesafe önem arz etmektedir. Kavşaklardaki ofset sürelerinin birbirine orantılı hale getirilmesi yardımıyla kavşakların koordine edilmesi, bu sistemlere örnek olarak gösterilebilir. Bu sistemlerde kuyruk uzunluklarının düşürülerek trafik akışının devamlılığının sağlanması da sistemin hedefleri arasındadır.

2.3.3.Sinyalizasyon Temel Kavramları

Analiz Periyodu(T): Kavşaktaki performans sonuçlarının hesaplandığı süre aralığıdır. Genellikle 3600 sn olarak alınır.

Aralık: Sinyalizasyon işaretçilerinin hepsinin sabit kaldığı zaman aralığıdır.

Aralık Değişimi(Y): Sarı ve her yöne kırmızı sürelerini içeren zaman aralığıdır.

Devre Süresi(C): Sinyalizasyon işaretçilerinin bir tam tur attığı süredir.

Doygun Akım(s): Kavşaklarda kuyruklanma olması durumunda yeşil yanan süre boyunca, sabit bir hızla kesintisiz olarak boşalan akım değeridir. Başka bir ifadeyle tek şeritlik bir yolda 1 saat içerisinde geçen araç sayısıdır.

Etkili Yeşil Süre(g): Araçlara geçiş izninin verildiği süredir.

Faz: Kavşak yaklaşım kollarındaki akımlardan birinin veya birden fazlasının geçiş izninin başlaması ve bitmesi arasındaki bölümdür.

Kayıp Zaman: Bir devre süresince, hiçbir aracın kullanamadığı süredir.

Kırmızı Süre(r): Araçlara geçiş izninin verilmediği süredir.

Sabit Zamanlı Kontrol: Devre süresi ve faz düzeninin önceden belirlenmiş ve sabit olduğu sistemlerdir.

Sarı Süre(a): Durma ve geçme arasındaki hazırlık aşamasını belirleyen süredir.

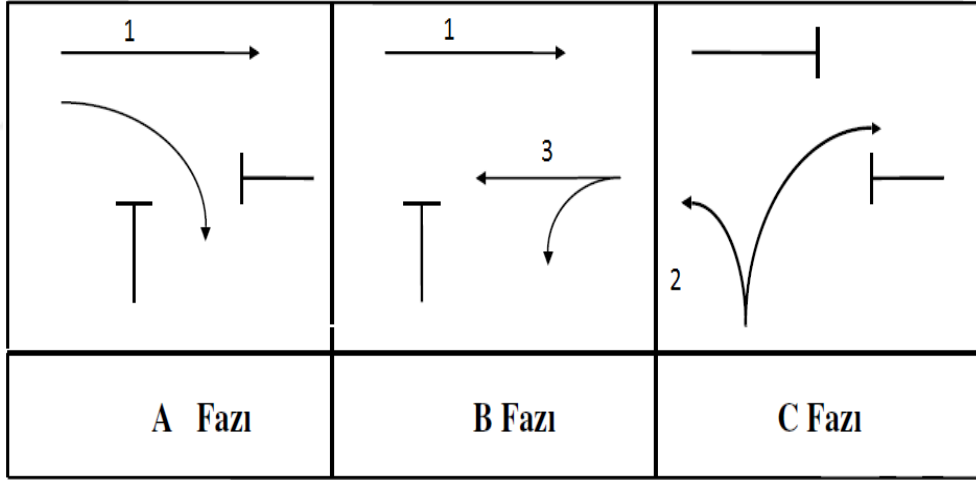
Tam Zamanlı Kontrol: Devre süresi ve faz süresi gibi değişkenlerin, algılayıcılar yardımıyla ölçülüp güncellendiği sistemlerdir.

Yarı Zamanlı Kontrol: Anayoldaki trafik akışının yalnızca talep doğrultusunda kesildiği sistemlerdir.

Yeşil Oranı(g/C): Etkili yeşil süresinin devre süresine oranıdır.

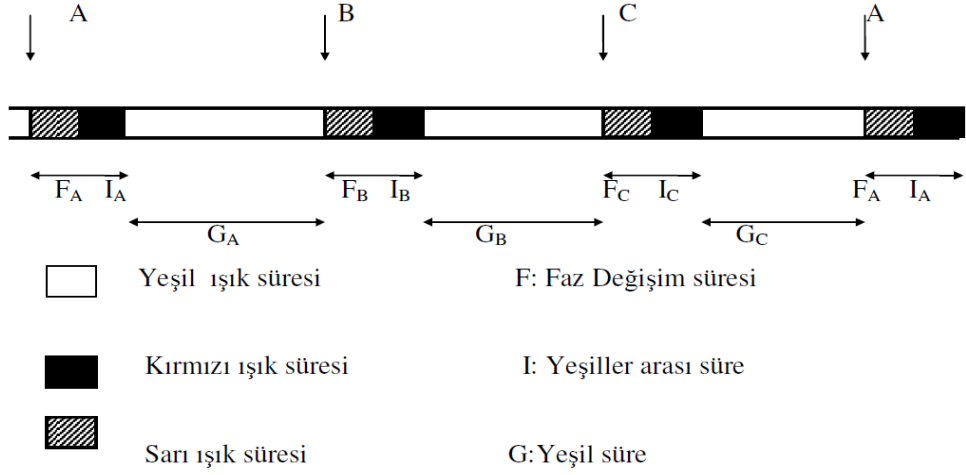
Yeşiller Arası Süre(I): Ardışık yeşil sürelerin öncekinin bitimi ile sonrakinin başlaması arasındaki süredir.

Faz Düzeni: Fazların hangi sırayla çalışacağını belirleyen diyagramdır. Diyagram örneği Şekil 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 2. 1. Faz diyagramı [39]

Devre diyagramı Şekil 2.2.'de gösterilmiş olup sinyalizasyondaki bütün süreler detaylı olarak ifade edilmiştir.



Şekil 2. 2. Devre diyagramı [39]

Bir kavşaktaki devre süresinin belirlenmesinde kullanılan matematiksel ifade Eşitlik 2.1.'de verilmiştir.

$$C = \sum_{i=1}^n G_i + t_s \quad (2.1)$$

Buradaki C devre süresi, n faz sayısı, G_i i fazındaki yeşil ışık süresi ve t_s kayıp zamandır.

2.3.4.Sinyalizasyon Hesaplama Yöntemleri

Sinyalizasyon hesaplama yöntemleri iki farklı adımda gerçekleştirilebilir. İlk olarak saha verileri toplanır. Ardından toplanan bu veriler doğrultusunda trafiğin durumuna en uygun devre süresi tayin edilmeye çalışılır. Kavşağın performansının hesaplanabilmesi için gereken taşıt ve yaya hacimleri, yolun geometrik yapısı gibi değişkenler ölçülürken gereken özen gösterilmelidir. Gereken özen gösterilmediği takdirde yapılan çalışmaların, genel olarak kavşak performansını olumsuz etkilediği söylenebilir. Günümüzde devre süresinin tayininde kullanılan en yaygın iki model Highway Capacity Manual (HCM) ve Webster Yöntemi'dir.

2.3.4.1.Webster Yöntemi ile Devre Süresi Hesabı

Webster Yöntemi'ne göre yeşil renkli işaretçiler arası süreden sarı renkli işaretçilerin süresi çıkarılarak, bir fazdaki kayıp sürelerinin toplanması ile bir fazda bulunan toplam kayıp süre hesaplanır. Bu kayıp süreler çıkarıldığında geriye kalan süreye ise faydalı süre adı verilir. Faydalı süreler de sinyalizasyon sistemdeki fazlar arasında dağıtılır. Bu dağıtımın oranında, fazlardaki ağırlıklı akımların doymuş akıma oranı kullanılır.

Webster'e göre devre süresi Eşitlik 2.2.'deki bağıntıya göre hesaplanır;

$$C_o = \frac{\phi * L + 5}{1 - \sum Y_i} \quad (2.2)$$

Burada, C_o optimum devre süresi, L toplam kayıp zaman, Y_i i fazındaki kritik akım oranı ve ϕ 1,2-1,8 arasında değişen katsayıdır.

2.3.4.2.HCM Yöntemi ile Devre Süresi Hesabı

HCM Yöntemi'nde kritik doyumluk derecesi ile devre süresi tayini yapılmaktadır. Yaklaşım kollarındaki trafik hacmi ile kapasitenin oranlanması, doyumluk derecesini verir. Doyumluk derecesinin hesaplanabilmesi için öncelikle kapasitenin hesaplanması gerekir. Kapasite hesabı Eşitlik 2.3.'te verilmiştir.

$$c = s \cdot \frac{g}{C} \quad (2.3)$$

Burada, c kapasite (taşıt/saat), s doyum akım(taşıt/saat), g yeşil süre (sn) ve C devre süresi (sn)'dir.

Doyumluk derecesi hesabı Eşitlik 2.4.'te verilmiştir.

$$x = \frac{q}{c} \quad (2.4)$$

Burada, c kapasite (taşıt/saat) ve q trafik akımı (taşıt/saat)'dir.

HCM Yöntemi'nde kritik doyumluk derecesini hesaplayabilmek için kavşak yaklaşım kolları birlikte incelenir. Bir fazdaki en yüksek doyumluk derecesi, o faza ait doyumluk derecesini temsil eder. Tüm kritik hacimler beraber değerlendirilir ve kavşağın kritik doyumluk derecesi hesaplanır. Eşitlik 2.5.'te verilen bağlantıdan devre süresi tayin edilir.

$$x_c = \sum_i \left(\frac{v}{s} \right) \frac{c}{c-L} \quad (2.5)$$

Burada, x_c kritik doyumluk derecesi ve $\sum_i \left(\frac{v}{s} \right)$ kritik akım/doyum akım oranıdır.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

3.1.Highway Capacity Manual (HCM) Gecikme Modeli

Highway Capacity Manual Gecikme Modeli, temelinde zamana bağlı değişkenleri kullanır. Kavşak performanslarının hizmet düzeyini tayin etmek amacıyla kavşakların performans değerlerinden yola çıkılan bir modeldir. Hizmet düzeyini etkileyen en önemli faktör ise gecikme değeridir.

HCM'nin temelinde kavşakların mevcut geometrik özellikleri, kavşağın kapasitesi, kavşaklardaki işaretçilerin özellikleri gibi detaylar yer almaktadır. Bu gibi detayların önceden tayin edilmesi önemli olup, gecikme değerlerine etkisi de hesaplamalarda öncelikli yer almaktadır.

Belirli bir kavşaktan 1 saat içerisinde geçebilen en fazla taşıt sayısı olarak tanımlanabilen kavşak kapasitesi için değişkenler şu şekilde sıralanabilir: Devre süresi, doymun akım, yeşil ışık süresi. Kapasite hesabı Eşitlik 3.1.'de verilmiştir.

$$c = s \cdot g / C \quad (3.1)$$

Burada c kapasite (taşıt/saat), s doymun akım (taşıt/saat), g yeşil süre (sn) ve C devre süresi (sn)'dir.

HCM'de önemli olan diğer parametre doymunluk derecesidir. Doymunluk derecesi hesabı Eşitlik 3.2.'de belirtilmiştir.

$$x = \frac{q}{c} \quad (3.2)$$

Burada x doymunluk derecesi, c kapasite (taşıt/saat) ve q trafik akımı (taşıt/saat)'dir.

HCM'de bulunan bir diğer parametre olan akımlar oranı ifadesi ise Eşitlik 3.3.'te gösterilmiştir.

$$y = \frac{q}{s} \quad (3.3)$$

Burada y akımlar oranı, q trafik akım değeri ve s doymun akım değeridir.

HCM Yöntemi'nde doymunluk derecesi; akımlar oranı ve yeşil süre oranı şeklinde de ifade edilmekte olup hesabına ilişkin bağıntılar Eşitlik 3.4.'te verilmiştir.

$$x = \frac{q}{c} = q \cdot \frac{c}{sg} = \frac{y}{\lambda} \quad (3.4)$$

Burada y akımlar oranı ve λ yeşil süre oranıdır.

Kavşaklardaki trafik durumları zaman içerisinde farklılık gösterebilir. Bu farklılıklar doygun altı akım ve doygun üstü akım olmak üzere 2 şekilde ele alınır. Bu gibi farklı durumlarda gecikmenin belirlenmesinde doygunluk derecesinin 1'den fazla veya 1'den az olması önem arz etmektedir.

Doygunluk derecesi aynı zamanda kavşaklardaki kritik akım değerinin hesaplanmasında da etkili bir parametredir. Kavşaktan çıkmak isteyen araçların, yeşil süreler içerisinde kavşağı terk edebilmesi için önemli olan yeşil sürelerin hesaplanmasında doygun akım değeri kullanılır. Kavşak kollarındaki doygunluk derecelerinin en yükseğini temsil eden akım da kritik akım olarak ifade edilir.

Araç başına ortalama gecikme hesabı Eşitlik 3.5.'te verilmiştir.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (3.5)$$

Burada PF ilerleme faktörü, d ortalama gecikme, d_1 üniform gecikme, d_2 aşırı akım gecikmesi ve d_3 başlangıçtaki kuyruklanma gecikmesidir.

Gecikme hesabında kullanılan üniform gecikme, trafik sinyallerinden kaynaklanan gecikme değerlerini ifade eder.

Üniform gecikme hesabı Eşitlik 3.6.'da verilmiştir.

$$d_1 = 0,5 \frac{c(1-\lambda)^2}{1 - [\min(1, x)\lambda]} \quad (3.6)$$

Kavşaktaki sinyal işaretçisi yeşil renkte iken kavşağa giren araçların sayısının fazlaşması, durağanlığı azaltacak olup daha düzenli bir akış sağlayacaktır.

PF hesabı Eşitlik 3.7.'de verilmiştir.

$$PF = \frac{(1-P) \cdot f_{PA}}{1 - \frac{g}{c}} \quad (3.7)$$

Burada P yeşil süre içerisinde gelen taşıtların oranı, f_{PA} ise yeşil süre içerisinde gelen taşıtlar için düzeltme faktörüdür.

Aşırı akım gecikmesi olarak ifade edilen gecikme değeri, kavşağa giriş yapan rastgele veya sürekli araç sayısına bağlı değişmektedir.

Aşırı akım gecikmesi hesabı Eşitlik 3.8.'de verilmiştir.

$$d_2 = 900T \left[(x - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{8klx}{cT}} \right] \quad (3.8)$$

Burada T periyot, k gecikme parametresi ve l düzeltme faktörüdür.

Başlangıçtaki kuyruk gecikmesinin tayininde ise genellikle kavşak içerisinde kuyruklanma yoksa bu gecikme değeri '0'a eşittir.

Kavşakların performansını sınıflandırmada kullanılan hizmet düzeyleri, ortalama taşıt gecikmelerine göre farklılık göstermektedir. Hizmet düzeyleri sırasıyla A, B, C, D, E ve F olmak üzere 6 gruba ayrılmaktadır. Hizmet düzeyi ve ortalama taşıt gecikmesi arasındaki bağlantı Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3. 1. Hizmet düzeyi

Hizmet Düzeyi LOS	Araç Başına Gecikme Değeri
A	...<10
B	10<...<20
C	20<...<35
D	35<...<55
E	55<...<80
F	80<...

3.2.PTV VISSIM Simülasyon Programı

PTV VISSIM, PTV GmbH yazılım şirketinin geliştirdiği bir mikro simülasyon programıdır. Karlsruhe Üniversitesi tarafından kalibre edilen bu simülasyon programı trafikteki araçların, yayaların ve toplu taşıma sistemlerinin analizinde kullanılmaktadır [40]. Kullanıcılarına geniş çapta modelleme rahatlığı sunan program, birbirinden ayrık zamanlı ve davranış temelli çalışmaktadır.

VISSIM programı mevcut sistemlerdeki verilerin takibinin sağlanması amacıyla 2 boyutlu veya 3 boyutlu olarak çalıştırılabilmektedir. VISSIM ile yapılabilecekler; ulaşım ağlarının tasarımı, araç modellemeleri, sinyalizasyon sistemlerinin yönetimi ve veri analizi şeklinde sıralanabilmektedir.

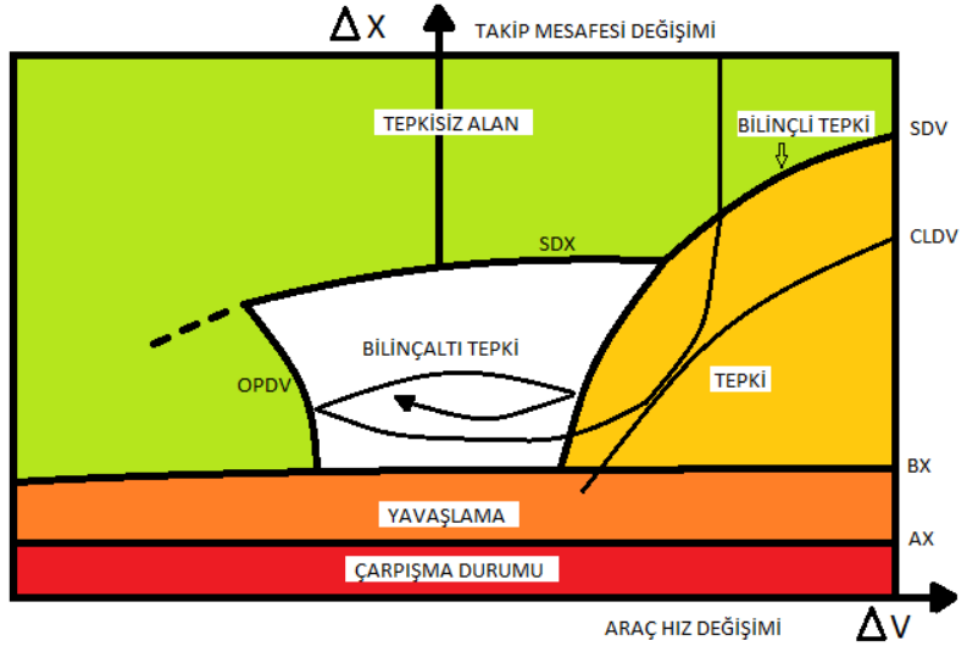
Bu program üzerinden modellemeler yapıp bu modellemeler ekranlar aracılığıyla izlenip takip edilebilir. Ayrıca belirli alanlardaki algılayıcılar tarafından elde edilen veriler de simülasyon programına aktarılabilir. Bu gibi özellikler VISSIM simülasyon programının tercih edilebilirliğini arttıran etkenlerdendir.

VISSIM, yol ağı boyunca hareket eden araçların hareketini ayarlarken hem aynı şeritteki hem de yan şeritlerdeki araçların hareketlerini de göz önünde bulundurur. Bu programın en önemli özelliklerinden birisi de durmaya hazırlanan bir aracın, duruş noktası ile arasında 100 m'den az mesafe olsa bile aracın şerit değiştirmesine izin vermesidir. Program, kendi modellemelerinde fazladan kuyruk mesafesi olmamasını da bu sayede önlemiş olur.

VISSIM'de sürücü davranışlarının belirlenmesinde üç değişken ele alınır [40].

- Araçların özellikleri: Aracın uzunluğu, aracın hızı, aracın hızlanabilme potansiyeli, aracın konumu, aracın ivmesi şeklinde sıralanabilir.
- Sürücülerin davranışları: Sürücülerin psikolojik ve fiziksel durumları, sürücülerin hafızası ve sürücülerin hızlanıp yavaşlama durumları şeklinde açıklanabilir.
- Çevresel değerler: Aynı şerit üzerindeki ve yan şeritlerdeki araçların sınır değerleri, sırada gelecek olan kavşağın değerleri ve sırada gelecek olan sinyalizasyon işaretçilerinin değerleri şeklinde belirtilebilir.

VISSIM'in temelinde sürücülerin davranışı, taşıtların hareketi, araçların birbirini takibi ve taşıtların sabit-dinamik rotası gibi modeller yer alır. Bu modellerin arasında en önemli olanlarından birisi de araç takip modelidir. Birbiri boyunca ilerleyen taşıtların aralarındaki uzaklıkları ve hız farklılıklarını temel alarak, bu taşıtlardaki sürücülerin hareket olasılıklarını tahmin eden modele araç takip modeli adı verilir. Ayrıca bu modelde VISSIM simülasyonu, araç hareketlerinin konumlanmasını değerlendirirken 0,1 ile 1 saniye arasında değişen periyotları referans alır. Wiedemann'ın araç takip modeli Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1. Araç takip modeli [41]

- AX: Ardışık iki taşıtın arasındaki gereken uzaklık
- BX: Taşıtlar arasındaki güvenli uzaklık
- ABX: Taşıtlar arasındaki aranan takip uzaklığı
- SDV: Bilinçli tepkinin eşiği
- CLDV: Fren için tepki alanı
- OPDV: Önde bulunan taşıttan geri kalındığında hızlanmaya başlanılan eşik
- SDX: En üst takip uzaklığını tayin etmek için gereken algı eşiği

Wiedemann'ın araç takip modeli 4 farklı hareket durumundan oluşmaktadır.

- Serbest Hareket: Bu harekette taşıt sürücüsü diğer araçlardan etkilenmez ve kendi belirlediği hız değerinde hareket eder.
- Yakınlaşma Hareketi: Taşıt sürücüsü, takip ettiği aracın hızına göre kendi aracının hızını ayarlama eğilimindedir. Güvenli uzaklığa ulaştığında ise aracın hızını yavaşlatır.
- Takip Hareketi: Taşıt sürücüsü, önündeki araç ile arasındaki güvenli uzaklığı sabit tutar.
- Frenleme Hareketi: Taşıt sürücüsü, öndeki araçla arasındaki güvenli uzaklığın ihlal edildiği durumlarda aniden yavaşlama hareketini yapar.

VISSIM mikro simülasyon programının merkezinde iki çeşit parametre bulunmaktadır. Özellikle yerleşim yeri merkezlerinde bulunan yollar ve kavşaklar için Wiedemann74 kullanılırken, şehirlerarası yollar ve kavşaklarda ise Wiedemann99 parametresi kullanılmaktadır [42]. Wiedemann74 ve Wiedemann99 parametreleri sırasıyla Şekil 3.2.'de ve Şekil 3.3.'de verilmiştir.

Wiedemann74'ün değişkenleri;

- Duruş mesafesi (ortalama)
- Güvenli uzaklığın ek bileşeni
- Güvenli uzaklığın çoklu bileşeni

Driving Behavior Parameter Set

No.: 1 Name: Urban (motorized)

Following Lane Change Lateral Signal Control

Look ahead distance
min.: 0.00 m
max.: 250.00 m
4 Observed vehicles

Look back distance
min.: 0.00 m
max.: 150.00 m

Temporary lack of attention
Duration: 0.00 s
Probability: 0.00 %

Smooth closeup behavior
 Standstill distance for static obstacles: 0.50 m

Car following model
Wiedemann 74

Model parameters
Average standstill distance: 2.00
Additive part of safety distance: 2.00
Multiplic. part of safety distance: 3.00

OK Cancel

Şekil 3. 2. Wiedemann74 parametreleri

Wiedemann99'un değişkenleri;

- Duruş uzaklığı
- Seyahatin süresi
- Takip Eden'in değişkeni
- Takip Eden'in giriş eşiği

- Takip Eden'in negatif eşiği
- Salınma hızının bağımlık değeri
- Salınmanın ivmesi
- Duruş ivmesi
- Hızlanış 80 Km/saat

The screenshot shows the 'Driving Behavior Parameter Set' dialog box. The 'Following' tab is selected. The 'Car following model' is set to 'Wiedemann 99'. The 'Model parameters' table is as follows:

Parameter	Value	Unit
CC0 (Standstill Distance):	1.50	m
CC1 (Headway Time):	0.90	s
CC2 ('Following' Variation):	4.00	m
CC3 (Threshold for Entering 'Following'):	-8.00	
CC4 (Negative 'Following' Threshold):	-0.35	
CC5 (Positive 'Following' Threshold):	0.35	
CC6 (Speed dependency of Oscillation):	11.44	
CC7 (Oscillation Acceleration):	0.25	m/s ²
CC8 (Standstill Acceleration):	3.50	m/s ²
CC9 (Acceleration with 80 km/h):	1.50	m/s ²

Şekil 3. 3. Wiedemann99 parametreleri

3.2.1.VISSIM'in Özellikleri

VISSIM mikro simülasyon programında yol birleşimlerinin sahip olduğu geometri ve sinyalizasyon işaretçilerinin özellikleri dikkate alınarak toplu taşıma sistemlerinin, yayaların, bisikletlilerin ve diğer motorlu taşıtların ulaşım modellemeleri yapılabilir [42]. Bu modellemeler yapılırken tercih edilen farklı yaklaşımlar da birbirinden farklı taleplerin değerlendirilmesi adına önemlidir.

- Kavşağın Geometrisi: VISSIM modellemelerinde; yolların birleşim noktası olan kavşakların kimlere hitap edeceğine, kimlerin öncelikli geçeceğine ve sinyalizasyon işaretçilerinin hangi düğüm noktalarında olacağına göre farklı tercihler yapılabilir.

- Sinyalizasyon ile Kontrol: Özellikle kavşak noktalarında karşımıza çıkan sinyalizasyon işaretçilerinin kontrolü, VISSIM programında detaylı bir şekilde yönetilebilmektedir. Bu programda sinyalizasyon kavşaklarının denetimi amacıyla çeşitli senaryolar oluşturulabilir. En karmaşık durumlarda bile doğru parametrelerle analiz mümkündür. Kavşakların yaklaşım kollarında olması gereken hız denetleyicileri de VISSIM üzerinden oluşturulabilir. Modellenen sistem birçok farklı şekilde test edilerek, gerçeğe uygunluk kontrol edilebilir.
- Çok Modlu (Multimodal) Sistemler: VISSIM programında, farklı bölgelerin yerel değişkenlerine uyum sağlayabilecek yol tercihleri, şerit tercihleri ve araç takip tercihleri yapılabilir. Bu tercihlerin tutarlı olması amacıyla VISSIM, 82 adet multimodal senaryo içermektedir [43].
- Toplu Taşıma: Toplu taşıma sistemlerinin modellenmesi için gerekli parametreler PTV Visum'da bulunmaktadır. Visum içerisinde; zaman çizelgelerini, toplu taşıma duraklarını ve bu duraklara ait hatların düzenlenebilme özelliğini barındırır. Mevcut veya yeni modellenen sistemin, yerleşim yerinde bulunan talebe uygunluğu test edilebilir. Gerektiğinde bu modeller VISSIM'e de aktarılarak yeni bir modelleme yapılabilir.
- Otoyol Trafığı: VISSIM bünyesinde bulunan mikro değişkenler ile otoyolların makro değişkenleri beraber simüle edildiğinde tutarlı sonuçlara ulaşıp farklı modellemeler yapılabilir.
- Emisyon Modellemesi: VISSIM programında VERSIT ve EnViVer adlı emisyon modelleri kullanılarak emisyon değerleri hesaplanabilir.
- Özel Bir Senaryonun Test Edilmesi: VISSIM programının otoyollarda veya şehir içi yollarda yapabildiği test işlemleri, bağımsız otomobil üreten firmalar tarafından da kullanılmaktadır. Kullanıcılar, isterlerse kendi yerleşim bölgelerindeki sınırlar içerisinde modellemelerini yapabilir. Ayrıca değişken hava koşulları da simülasyonda tercih edilebilmektedir.
- Yol Ayrım Geometrisinin Modellenmesi: Birbirinden farklı trafik durumlarına göre yol ayrım geometrisi de modellenenbilir.
- Trafığın Planlanması: Araçların park alanlarının dizaynı veya yerleşim yerlerindeki inşaat alanlarının düzenlenmesi konusunda gelişim planları modellenenbilir.

- Kapasitenin Analizi: Yolların kesiştiği kavşakların yoğunlukları, akışları gibi özelliklerinin etkileri VISSIM programı üzerinden görülebilir.
- Trafik Kontrol Sistemleri: VISSIM, trafik işaretçilerinin etkilerini inceleyerek mevcuttaki durumun etkili olup olmadığı hakkında bilgi verebilir.
- Sinyal İşaretçilerinin Yönetilmesi: VISSIM, sinyalize işaretçilere sahip kavşaklarda analiz yapılmasına olanak sağlar. Kavşaklara yaklaşırken gereken hız azaltıcı uygulamaların modellenmesi de bu program üzerinden yapılabilir.

3.3.PTV Vistro

PTV Vistro, PTV Group tarafından geliştirilen bir yazılım olup, sinyal sürelerini optimizasyonunda, çoklu senaryoların yönetilmesinde ve çözümlenen senaryoların raporlanıp tablo haline getirilmesinde kullanılabilir [44].

PTV Vistro'nun özellikleri;

- Kavşakların hizmet düzeyinin hesaplanması,
- Sinyal süresinin optimizasyonu,
- Seçenekleri değerlendirme,
- Çok modelli senaryoları yönetme,
- Rapor oluşturma.

The screenshot displays the PTV Vistro software interface. The main window shows a 3D aerial view of a road network with various traffic signals and lane markings. A 'Scenarios' panel is visible on the left, and a data table is shown at the bottom.

ID	Name	Land Use Variable	Land Use Code	Rate (1/ha)	Independent Variable	Total Generation Rate	Quantity	% In	% Out	Flow Generated	Flow In	Flow Out	Flow Turn	Analysis	Comment
1	Office Towers	Office	100	Rate	1,000 (1/ha)	1,400	100,000	11.00%	11.00%	1,400	117	1,283	1,283	+	
2	Office Bldg	Office	200	Rate	500 (1/ha)	2,700	100,000	10.00%	10.00%	2,700	18	2,682	2,682	+	
3	Residential High Density	Residential	100	Rate	100 (1/ha)	6,000	100,000	61.00%	61.00%	6,000	217	5,783	5,783	+	

Şekil 3. 4. Vistro arayüzü

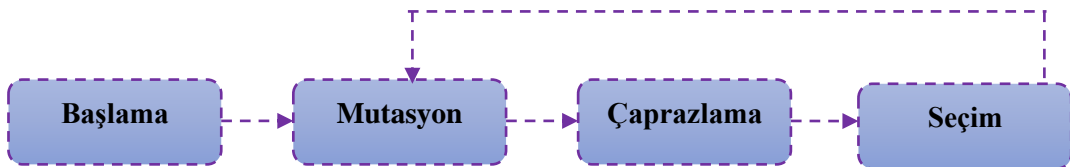
PTV Vistro'nun kullanım durumları; değerlendirmelerin gerçekleştirmesi, anayol çalışmaları, trafik etki analizi (TIA) ve ulaşım planlarını geliştirme olarak 4'e ayrılır. Bu ayrılan kullanım durumları kendi içerinde ise şu şekilde sıralanabilir;

- Kavşakların, anayolların ve ulaşım ağlarının optimize edilmesi,
- PTV Vissim'e aktarım,
- Tesislerin dzenlenip tasarlanması,
- Sinyalize işaretçilerin tanımlanması,
- Seyahat oluşumu ve trafiğin atanması,
- Bütünleşik PTV Vissim ile önceden görüntüleme,
- Verilerin girişi ve depolanması,
- PTV Visum ile entegrasyon.

3.4.Diferansiyel Gelişim Algoritması (DGA)

Popülasyon temeline dayanan optimizasyon yöntemlerinden birisi olan Diferansiyel Gelişim Algoritması (DGA), 1995 yılında Price ve Storn tarafından geliştirilmiştir[45]. Genetik Algoritma ile benzerlik göstermesine karşın DGA, vektör farklılıklarını esas almaktadır. Genetik Algoritma'da çaprazlama, karşılaştırma ve mutasyon adımlarının her biri ayrı ayrı yapılmakta olduğundan sonuçlara ulaşmak zaman almaktadır. DGA'da ise bu süre Genetik Algoritma'ya kıyasla daha kısadır. Bu algoritmanın amacı ise gerçek parametrelerin optimum değerlerini, türevi alınamayan fonksiyonlar içinde sonuca ulaştırabilmektir. Özellikle birden fazla boyutlu problemlerde DGA'nın kullanılması daha avantajlıdır.

Diferansiyel Gelişim Algoritması, 4 adımdan oluşur ve bu adımlar şekil 3.5.'te gösterilmektedir.



şekil 3. 5. DGA temel adımları

DGA'nın başlangıcında en uygun kromozomların seçimi yapılır, sonrasında ise çaprazlama ve mutasyon adımlarına geçilerek yeni bireyler oluşturulur. Oluşturulan bu yeni bireyler, mevcut bulunan kromozomlar ile kıyaslanır ve aralarından en iyi bireyler seçilerek işleme devam edilir. Sıralanan bu işlemler, istenilen değer elde edilene kadar devam eder.

Algoritmadaki değişkenlerin kullanılması ve mutasyon yapılması kısımlarında DGA, Genetik Algoritma'ya göre farklılıklar göstermektedir. Genetik Algoritma'nın mutasyon işleminde rastgelelik durumu vardır. Diferansiyel Gelişim Algoritması ise mutasyon işlemi yaparken kromozomların farklı durumlarını esas alır. Kıyaslanan iki algoritmanın adımlarının boyut farklılıkları da bu durumdan kaynaklanır.

DGA'nın daha az sayıda parametre kullanabilmesi ve minimum değerlerinin global olarak bulunabilmesi gibi özellikleri, algoritmanın avantajları olarak kabul edilebilir. Ayrıca DGA'nın kodlama aşaması, diğer algoritmalara kıyasla daha basittir.

DGA'da oluşturulan bireylerin; algoritma adımlarının devam ettiği süre boyunca yaşayabilmesi ve kendinden daha uygun vektörle yer değiştirebilmesi gibi özelliklere sahip olması, başarılı sonuçlar elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Birçok problemde başarılı sonuçlar veren DGA'nın, Gezgin Satıcı Problemi vb. problemlerde daha iyi sonuçlar verebilmesi için, yapılan çalışmaların çeşitlenmesi gerekmektedir.

3.5.Mevcut Durum

Bu çalışmada, Kırıkkale ilindeki Millet Bulvarı'nda bulunan bir adet üç kollu izole sinyalize kavşak ve Atatürk Bulvarı'nda bulunan bir adet dört kollu izole sinyalize kavşak değerlendirilmeye alınmıştır. Çalışmanın daha anlaşılabilir ifade edilmesi amacıyla üç kollu ve dört kollu kavşaklar ayrı ayrı ele alınmıştır.

3.5.1.Üç Kollu Sinyalize Kavşak

Bu bölümde Kırıkkale ilinde Millet Bulvarı üzerinde bulunan üç kollu izole sinyalize kavşak ele alınmıştır. Kavşağın konumu Şekil 3.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 3. 6. Millet Bulvarı üzerindeki 3 kollu kavşağın kuşbakışı görünümü

Şekil 3.7.'de kavşak kollarının numaraları belirtilmiştir. Mevcut durumda 1 numaralı kol Merkez-Bahşılı yönünü, 3 numaralı kol Bahşılı-Merkez yönünü ve 2 numaralı kol Arayol-Kavşak yönünü temsil etmektedir. Millet Bulvarı üzerinde bulunan 1 ve 3 kolları, 2 numaralı kola kıyasla daha fazla trafik akımına sahip olduğundan daha yoğundur.



Şekil 3. 7. Millet Bulvarı üzerindeki 3 kollu kavşağın harita görünümü

Şekil 3.7.'de belirtilen 1 numaralı kavşak kolundaki şerit sayısı 2 olup, şeritlerin genişliği 3,5 metredir. Ayrıca sağa dönüş için kavşağın gerisinde, 1 numaralı şeridin içerisinden bağlantı yolu verilmiştir. Bu bağlantı yolu üzerinde yalnızca yanıp sönen kırmızı sinyal işaretçisi bulunduğundan herhangi bir faz planına bağlı değildir.

2 numaralı kavşak kolundaki şerit sayısı 1 olup, şeridin genişliği 3,5 metredir.

3 numaralı kavşak kolundaki şerit sayısı 2 olup, şeritlerin genişliği 3,5 metredir. Yaklaşım kolunda sola dönüşler için herhangi bir cep bulunmamaktadır. Ayrıca yine sola dönüş için ayrı bir faz planı çalışmamaktadır.

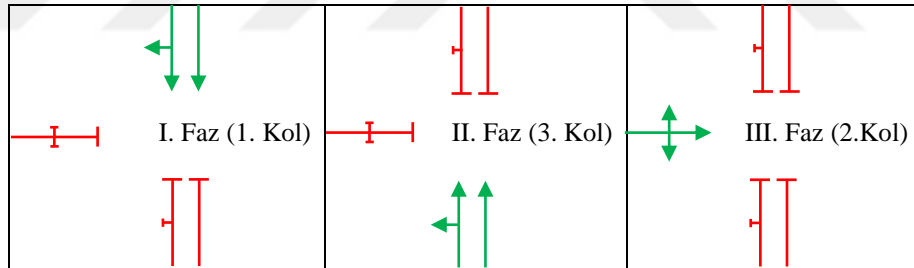
Kavşaktaki yaklaşım kollarının şerit sayıları, şeritlerin genişliği ve kol numaraları Çizelge 3.2.'de belirtilmiştir.

Çizelge 3. 2. Kavşak kollarının geometrik özellikleri

Kavşak Kol Numaraları	Giriş Şerit Sayısı	Çıkış Şerit Sayısı	Şerit Genişliği (m)
1	2	2	3,5
2	1	1	3,5
3	2	2	3,5

3.5.1.1.Faz Planı

Millet Bulvarı üzerinde bulunan izole 3 kollu kavşağın denetimi 3 fazlı olarak yapılmakta ve her kol ayrı bir fazda geçiş hakkına sahip olmaktadır. 1 numaralı yaklaşım kolu için 1 numaralı faz, 3 numaralı yaklaşım kolu için 2 numaralı faz ve 2 numaralı yaklaşım kolu için 3 numaralı faz planı geçerlidir. Mevcut durum faz planı Şekil 3.8.'de gösterilmiştir.

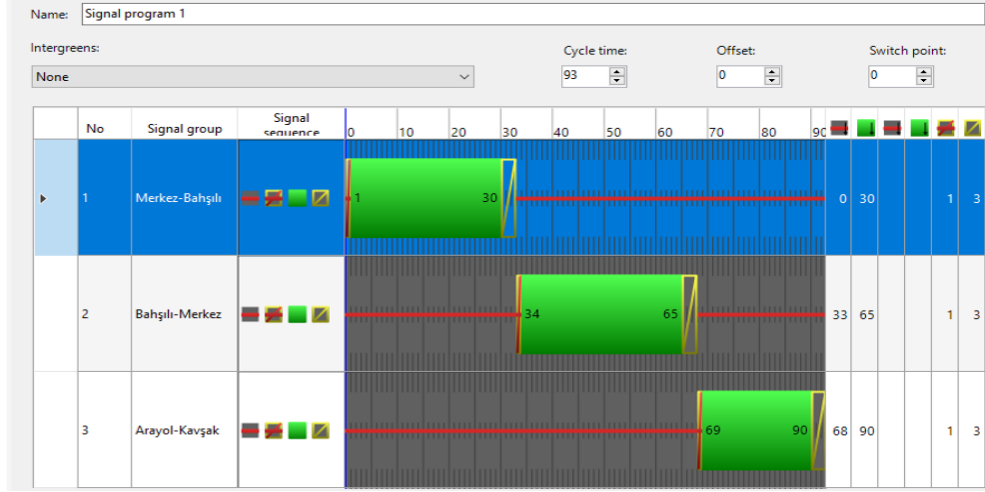


Şekil 3. 8. Üç kollü sinyalizasyon kavşak faz planı

3.5.1.2.Sinyal Süreleri

Mevcut 3 kollü sinyalizasyon kavşakta devre süresi 93 saniye olarak ölçülmüş olup, sarı ışık süresi 3 saniye ve her yöne kırmızı süre 1 saniyedir. 1 numaralı faza ait yeşil süre 29 saniye, 2 numaralı faza ait yeşil süre 31 saniye ve 3 numaralı faza ait yeşil süre 21 saniyedir.

Devre süresi ve her bir fazın süresini içeren devre diyagramı Şekil 3.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 3. 9. Üç kollu sinyalize kavşak devre diyagramı ve yeşil süre dağılımları

3.5.1.3.Araç Sayımları

Belirtilen 3 kollu sinyalize kavşağın mevcut trafik durumu hafta içi ve hafta sonu olmak üzere sabah saat 07.00-08.00 arasında, öğlen saat 12.00-13.00 arasında ve akşam saat 17.00-18.00 arasında 15'er dakikalık sayımlar yapılarak belirlenmiştir. Trafikteki araç türleri otomobil, minibüs ve kamyon olmak üzere 3 farklı şekilde sayılmıştır. 15'er dakikalık araç sayımları Çizelge 3.3.'te gösterilmektedir.

Çizelge 3. 3. Üç kollu kavşağa ait 15 dakikalık araç sayımları

15 Dakika														
HAFTA İÇİ SABAH														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	6	102	108	1	0	2	21	23	1	0	1	5	6
2	33	0	15	48	2	12	0	11	23	2	1	0	4	5
3	91	29	0	120	3	26	10	0	36	3	9	2	0	11
T	124	35	117		T	38	12	32		T	10	3	9	
HAFTA İÇİ ÖĞLEN														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	17	135	152	1	0	1	30	31	1	0	1	7	8
2	16	0	25	41	2	3	0	4	7	2	0	0	0	0
3	102	29	0	131	3	15	4	0	19	3	1	2	0	3
T	118	46	160	324	T	18	5	34		T	1	3	7	
HAFTA İÇİ AKŞAM														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	13	129	142	1	0	3	14	17	1	0	0	3	3
2	23	0	13	36	2	5	0	2	7	2	0	0	0	0
3	126	37	0	163	3	16	3	0	19	3	2	2	0	4
T	149	50	142	341	T	21	6	16		T	2	2	3	

CUMARTESİ SABAH														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	6	73	79	1	0	0	12	12	1	0	0	3	3
2	21	0	11	32	2	1	0	2	3	2	1	0	3	4
3	64	12	0	76	3	9	2	0	11	3	6	0	0	6
T	85	18	84	187	T	10	2	14		T	7	0	6	
CUMARTESİ ÖĞLEN														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	3	45	48	1	0	0	7	7	1	0	0	2	2
2	30	0	64	94	2	1	0	6	7	2	1	0	0	1
3	126	26	0	152	3	9	6	0	15	3	5	0	0	5
T	156	29	109	294	T	10	6	13		T	6	0	2	
CUMARTESİ AKŞAM														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	23	118	141	1	0	2	19	21	1	0	0	0	0
2	23	0	12	35	2	5	0	2	7	2	1	0	0	1
3	93	30	0	123	3	20	5	0	25	3	6	0	0	6
T	116	53	130	299	T	25	7	21		T	7	0	0	
PAZAR SABAH														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	7	33	40	1	0	1	7	8	1	0	0	3	3
2	12	0	4	16	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
3	25	7	0	32	3	3	3	0	6	3	2	0	0	2
T	37	14	37	88	T	3	4	7		T	2	0	3	
PAZAR ÖĞLEN														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	27	103	130	1	0	1	9	10	1	0	0	1	1
2	18	0	13	31	2	1	0	2	3	2	0	0	0	0
3	89	19	0	108	3	6	4	0	10	3	2	0	0	2
T	107	46	116	269	T	7	5	11		T	2	0	1	
PAZAR AKŞAM														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	24	92	116	1	0	3	3	6	1	0	2	6	8
2	9	0	10	19	2	2	0	1	3	2	1	0	1	2
3	87	30	0	117	3	8	2	0	10	3	1	1	0	2
T	96	54	102	252	T	10	5	4		T	2	3	7	

Çizelge 3.3.'te belirtilen 15'er dakikalık araç sayımlarının, 1 saatlik trafik akım oranlarına çevrilmiş hali Çizelge 3.4.'te verilmiştir.

Çizelge 3. 4. Saatlik trafik akım oranları

Saatlik														
HAFTA İÇİ SABAH														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	24	408	432	1	0	8	84	92	1	0	4	20	24
2	132	0	60	192	2	48	0	44	92	2	4	0	16	20
3	364	116	0	480	3	104	40	0	144	3	36	8	0	44
T	496	140	468		T	152	48	128		T	40	12	36	
HAFTA İÇİ ÖĞLEN														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	68	540	608	1	0	4	120	124	1	0	4	28	32
2	64	0	100	164	2	12	0	16	28	2	0	0	0	0
3	408	116	0	524	3	60	16	0	76	3	4	8	0	12
T	472	184	640	1296	T	72	20	136		T	4	12	28	
HAFTA İÇİ AKŞAM														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	52	516	568	1	0	12	56	68	1	0	0	12	12
2	92	0	52	144	2	20	0	8	28	2	0	0	0	0
3	504	148	0	652	3	64	12	0	76	3	8	8	0	16
T	596	200	568	1364	T	84	24	64		T	8	8	12	
CUMARTESİ SABAH														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	24	292	316	1	0	0	48	48	1	0	0	12	12
2	84	0	44	128	2	4	0	8	12	2	4	0	12	16
3	256	48	0	304	3	36	8	0	44	3	24	0	0	24
T	340	72	336	748	T	40	8	56		T	28	0	24	
CUMARTESİ ÖĞLEN														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	12	180	192	1	0	0	28	28	1	0	0	8	8
2	120	0	256	376	2	4	0	24	28	2	4	0	0	4
3	504	104	0	608	3	36	24	0	60	3	20	0	0	20
T	624	116	436	1176	T	40	24	52		T	24	0	8	
CUMARTESİ AKŞAM														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	92	472	564	1	0	8	76	84	1	0	0	0	0
2	92	0	48	140	2	20	0	8	28	2	4	0	0	4
3	372	120	0	492	3	80	20	0	100	3	24	0	0	24
T	464	212	520	1196	T	100	28	84		T	28	0	0	

PAZAR SABAH														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	28	132	160	1	0	4	28	32	1	0	0	12	12
2	48	0	16	64	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
3	100	28	0	128	3	12	12	0	24	3	8	0	0	8
T	148	56	148	352	T	12	16	28		T	8	0	12	
PAZAR ÖĞLEN														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	108	412	520	1	0	4	36	40	1	0	0	4	4
2	72	0	52	124	2	4	0	8	12	2	0	0	0	0
3	356	76	0	432	3	24	16	0	40	3	8	0	0	8
T	428	184	464	1076	T	28	20	44		T	8	0	4	
PAZAR AKŞAM														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	96	368	464	1	0	12	12	24	1	0	8	24	32
2	36	0	40	76	2	8	0	4	12	2	4	0	4	8
3	348	120	0	468	3	32	8	0	40	3	4	4	0	8
T	384	216	408	1008	T	40	20	16		T	8	12	28	

Çalışmanın bir sonraki aşamasında, farklı zamanlarda elde edilen sayımlara göre 6 farklı trafik durumu belirlenmiştir. Yapılan sayımların ortalamalarına göre oluşturulan trafik durumları Çizelge 3.5.'te verilmiştir.

Çizelge 3. 5. Ortalamalara göre oluşturulan trafik durumları

No	Yapılan Sayımlar	Oluşturulan Trafik Durumu
1	Tüm Sayımların Ortalamasına Göre	Hepsi
2	Sabah Sayımlarının Ortalamasına Göre	Hepsi Sabah
3	Öğlen Sayımlarının Ortalamasına Göre	Hepsi Öğlen
4	Akşam Sayımlarının Ortalamasına Göre	Hepsi Akşam
5	Hafta İçi Sayımlarının Ortalamasına Göre	Hepsi Hafta İçi
6	Hafta Sonu Sayımlarının Ortalamasına Göre	Hepsi Hafta Sonu

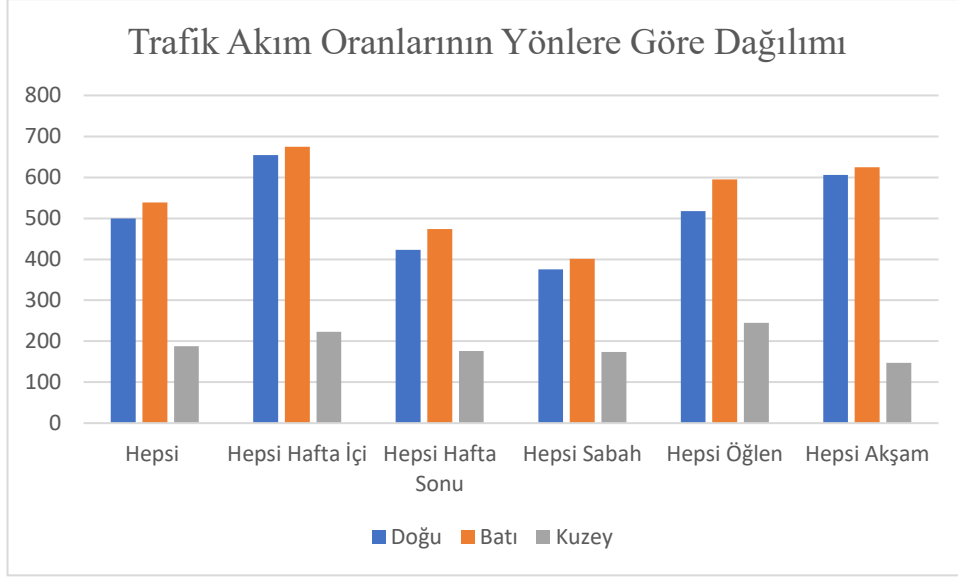
Oluşturulan farklı trafik durumlarının saatlik akım oranları Çizelge 3.6.'da yer almaktadır.

Çizelge 3. 6. Farklı trafik durumlarına göre trafik akım oranları

Hepsi														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	56	369	425	1	0	6	54	60	1	0	2	13	15
2	82	0	74	156	2	13	0	13	27	2	2	0	4	6
3	357	97	0	454	3	50	17	0	67	3	15	3	0	18
T	439	153	443	1036	T	63	23	68	154	T	17	5	17	39

Hepsi Sabah														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	25	277	303	1	0	4	53	57	1	0	1	15	16
2	88	0	40	128	2	17	0	17	35	2	3	0	9	12
3	240	64	0	304	3	51	20	0	71	3	23	3	0	25
T	328	89	317	735	T	68	24	71	163	T	25	4	24	53
Hepsi Öğlen														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	63	377	440	1	0	3	61	64	1	0	1	13	15
2	85	0	136	221	2	7	0	16	23	2	1	0	0	1
3	423	99	0	521	3	40	19	0	59	3	11	3	0	13
T	508	161	513	1183	T	47	21	77	145	T	12	4	13	29
Hepsi Akşam														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	80	452	532	1	0	11	48	59	1	0	3	12	15
2	73	0	47	120	2	16	0	7	23	2	3	0	1	4
3	408	129	0	537	3	59	13	0	72	3	12	4	0	16
T	481	209	499	1189	T	75	24	55	153	T	15	7	13	35
Hafta İçi														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	48	488	536	1	0	8	87	95	1	0	3	20	23
2	96	0	71	167	2	27	0	23	49	2	1	0	5	7
3	425	127	0	552	3	76	23	0	99	3	16	8	0	24
T	521	175	559	1255	T	103	31	109	243	T	17	11	25	53
Hafta Sonu														
OTOMOBİL					MİNİBÜS					KAMYON				
0	1	2	3	T	0	1	2	3	T	0	1	2	3	T
1	0	60	309	369	1	0	5	38	43	1	0	1	10	11
2	75	0	76	151	2	7	0	9	15	2	3	0	3	5
3	323	83	0	405	3	37	15	0	51	3	15	1	0	15
T	398	143	385	926	T	43	19	47	109	T	17	2	13	32

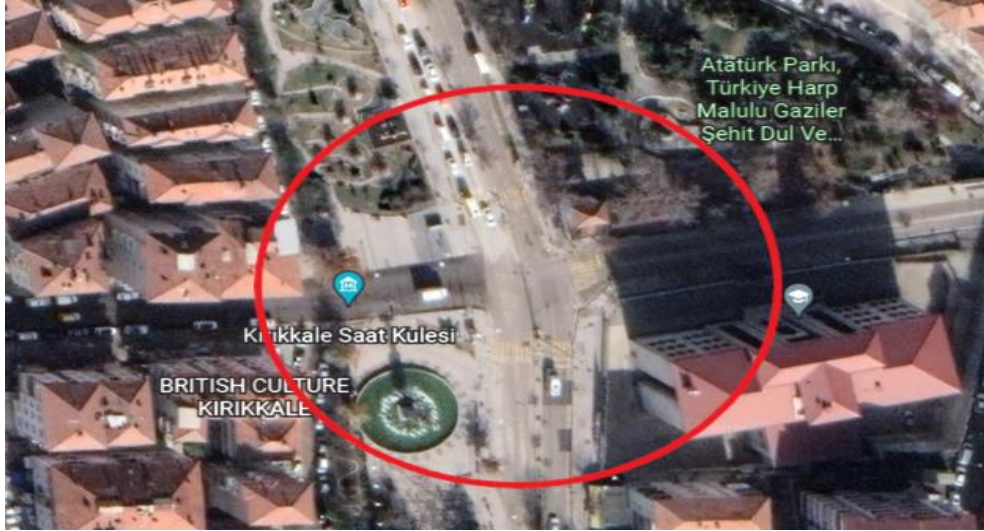
Sonuç olarak farklı zamanlarda farklı kavşak kollarında bulunan trafik akım oranlarının, yönlere göre dağılımı Şekil 3.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 3. 10. Trafik akım oranlarının yönlere göre dağılımı

3.5.2.Dört Kollu Sinyalize Kavşak

Bu bölümde Kırıkkale ilinde Atatürk Bulvarı üzerinde bulunan dört kollu izole sinyalize kavşak ele alınmıştır. Kavşağın konumu Şekil 3.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 11. Atatürk Bulvarı üzerindeki 4 kollu kavşağın kuşbakışı görünümü

Şekil 3.12.'de kavşak kollarının numaraları belirtilmiştir. Mevcut durumda 1 numaralı kol Maraş-Atatürk Bulvarı yönünü, 2 numaralı kol Çarşı-Saat Kulesi yönünü, 3 numaralı kol Atatürk Bulvarı-Maraş yönünü ve 4 numaralı kol Saat Kulesi-Çarşı yönünü temsil etmektedir. Atatürk Bulvarı üzerinde bulunan 1 ve 3 kolları, 2 ve 4 numaralı kollara kıyasla daha fazla trafik akımına sahip olduğundan daha yoğundur.



Şekil 3. 12. Atatürk Bulvarı üzerindeki 4 kollu kavşağın harita görünümü

Şekil 3.12.'de belirtilen 1 numaralı kavşak kolundaki şerit sayısı 2 olup, şeritlerin genişliği 3,5 metredir. Yaklaşım kolunda sola dönüşler için herhangi bir cep bulunmamaktadır. Ayrıca yine sola dönüş için ayrı bir faz planı bulunmamaktadır.

2 numaralı kavşak kolundaki şerit sayısı 1 olup, şeridin genişliği 3,5 metredir.

3 numaralı kavşak kolundaki şerit sayısı 2 olup, şeritlerin genişliği 3,5 metredir. Yaklaşım kolunda sola dönüşler için herhangi bir cep bulunmamaktadır. Ayrıca yine sola dönüş için ayrı bir faz planı bulunmamaktadır.

4 numaralı kavşak kolundaki şerit sayısı 2 olup, şeritlerin genişliği 3,5 metredir.

1,3 ve 4 numaralı kavşak kollarında trafik akımları tek şerit olarak gelmekte olup, kavşağa yakın kısımlarda kollar 1 şeritten 2 şeride çıkmaktadır. Bu sebeple bu kollarla kuyruklanma oluşumları gözlenmektedir.

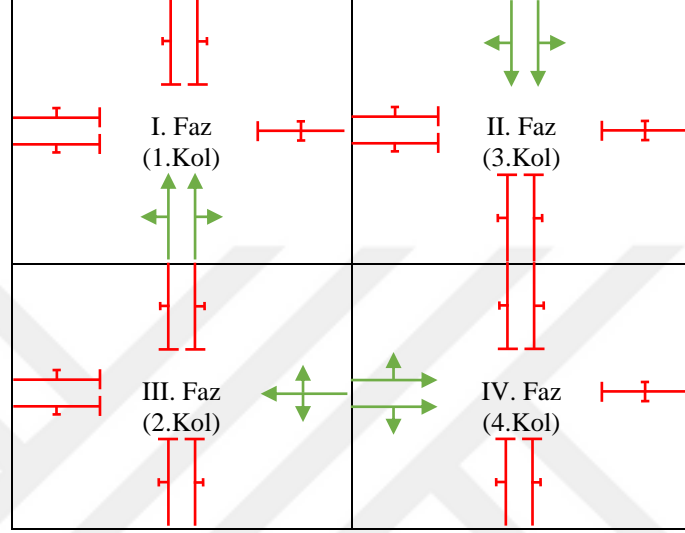
Kavşaktaki yaklaşım kollarının şerit sayıları, şerit genişliği ve kol numaraları Çizelge 3.7.'de belirtilmiştir.

Çizelge 3. 7. Kavşak kollarının geometrik özellikleri

Kavşak Kol Numaraları	Giriş Şerit Sayısı	Çıkış Şerit Sayısı	Şerit Genişliği (m)
1	2	2	3,5
2	1	1	3,5
3	2	2	3,5
4	2	1	3,5

3.5.2.1.Faz Planı

Atatürk Bulvarı üzerinde bulunan izole 4 kollu kavşağın sinyal denetimi 4 fazlı olarak çalışmakta ve her kol ayrı bir fazda geçiş hakkına sahip olmaktadır. 1 numaralı yaklaşım kolu için 1 numaralı faz, 3 numaralı yaklaşım kolu için 2 numaralı faz, 2 numaralı yaklaşım kolu için 3 numaralı faz ve 4 numaralı yaklaşım kolu için 4 numaralı faz planı geçerlidir. Mevcut faz planı Şekil 3.13.'te gösterilmiştir.

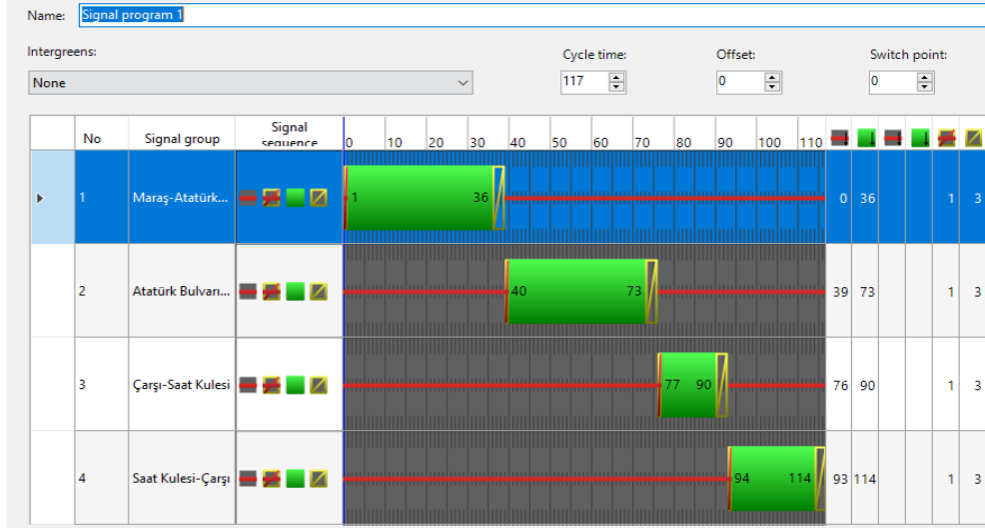


Şekil 3. 13. Dört kollü sinyalize kavşak faz planı

3.5.2.2.Sinyal Süreleri

Mevcut 4 kollü sinyalize kavşakta devre süresi 117 saniye olarak ölçülmüş olup, sarı ışık süresi 3 saniye ve her yöne kırmızı süresi 1 saniyedir. 1 numaralı faza ait yeşil süre 35 saniye, 2 numaralı faza ait yeşil süre 33 saniye, 3 numaralı faza ait yeşil süre 13 saniye ve 4 numaralı faza ait yeşil süre 20 saniyedir.

Devre süresi ve her bir fazın sinyal sürelerini içeren devre diyagramı Şekil 3.14.'te gösterilmiştir.



Şekil 3. 14. Dört kollu sinyalize kavşak devre diyagramı ve yeşil süre dağılımları

3.5.2.3. Araç Sayımları

Belirtilen 4 kollu sinyalize kavşağın mevcut trafik durumu hafta içi ve hafta sonu olmak üzere sabah saat 07.00-08.00 arasında, öğlen saat 12.00-13.00 arasında ve akşam saat 17.00-18.00 arasında 15'er dakikalık sayımlar yapılarak belirlenmiştir. Trafikteki araç türleri otomobil, minibüs ve kamyon olmak üzere 3 farklı şekilde sayılmıştır. 15'er dakikalık araç sayımları Çizelge 3.8.'de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 8. Dört kollu kavşağa ait 15 dakikalık araç sayımları

15 Dakika																	
HAFTA İÇİ SABAH																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	16	56	10	82	1	0	2	14	3	19	1	0	0	0	0	0
2	21	0	2	14	37	2	2	0	0	2	4	2	0	0	0	2	2
3	90	31	0	6	127	3	18	4	0	1	23	3	0	0	0	0	0
4	9	35	16	0	60	4	0	2	2	0	4	4	0	0	0	0	0
T	120	82	74	30		T	20	8	16	6		T	0	0	0	2	
HAFTA İÇİ ÖĞLEN																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	23	74	18	115	1	0	1	8	1	10	1	0	0	1	0	1
2	21	0	1	17	39	2	1	0	0	4	5	2	0	0	0	0	0
3	87	14	0	29	130	3	7	2	0	0	9	3	2	0	0	0	2
4	11	32	22	0	65	4	1	0	2	0	3	4	0	0	1	0	1
T	119	69	97	64		T	9	3	10	5		T	2	0	2	0	

HAFTA İÇİ AKŞAM																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	24	118	20	162	1	0	3	17	2	22	1	0	0	1	0	1
2	16	0	5	29	50	2	1	0	0	3	4	2	0	0	0	0	0
3	63	38	0	12	113	3	20	2	0	2	24	3	1	0	0	0	1
4	8	39	23	0	70	4	2	3	6	0	11	4	0	0	0	0	0
T	87	101	146	61		T	23	8	23	7		T	1	0	1	0	
CUMARTESİ SABAH																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	7	29	11	47	1	0	1	8	4	13	1	0	1	1	0	2
2	5	0	2	13	20	2	0	0	0	2	2	2	1	0	0	1	2
3	47	27	0	5	79	3	9	2	0	0	11	3	4	1	0	1	6
4	10	27	15	0	52	4	1	2	2	0	5	4	0	0	0	0	0
T	62	61	46	29		T	10	5	10	6		T	5	2	1	2	
CUMARTESİ ÖĞLEN																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	20	75	11	106	1	0	1	5	1	7	1	0	0	0	0	0
2	22	0	2	15	39	2	3	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0
3	66	26	0	12	104	3	5	1	0	2	8	3	1	0	0	1	2
4	16	26	20	0	62	4	1	2	1	0	4	4	0	1	0	0	1
T	104	72	97	38		T	9	4	6	3		T	1	1	0	1	
CUMARTESİ AKŞAM																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	15	117	31	163	1	0	0	13	1	14	1	0	0	1	0	1
2	31	0	6	21	58	2	1	0	0	3	4	2	0	0	0	2	2
3	53	35	0	11	99	3	8	2	0	1	11	3	1	0	0	1	2
4	12	25	20	0	57	4	4	3	1	0	8	4	0	0	0	0	0
T	96	75	143	63		T	13	5	14	5		T	1	0	1	3	
PAZAR SABAH																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	9	30	3	42	1	0	0	5	1	6	1	0	0	0	0	0
2	7	0	1	6	14	2	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0
3	24	13	0	6	43	3	2	0	0	1	3	3	0	0	0	0	0
4	3	8	9	0	20	4	1	1	1	0	3	4	0	0	1	0	1
T	34	30	40	15		T	3	1	6	3		T	0	0	1	0	
PAZAR ÖĞLEN																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	14	70	14	98	1	0	1	4	1	6	1	0	0	0	0	0
2	13	0	1	18	32	2	2	0	0	2	4	2	0	0	0	0	0
3	49	30	0	11	90	3	4	1	0	0	5	3	1	0	0	0	1
4	15	36	10	0	61	4	0	1	2	0	3	4	0	0	0	0	0
T	77	80	81	43		T	6	3	6	3		T	1	0	0	0	

PAZAR AKŞAM																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	15	80	21	116	1	0	1	7	3	11	1	0	0	0	0	0
2	12	0	3	23	38	2	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0
3	59	28	0	13	100	3	6	3	0	2	11	3	0	0	0	0	0
4	8	18	18	0	44	4	0	1	2	0	3	4	0	0	1	0	1
T	79	61	101	57		T	6	5	9	7		T	0	0	1	0	

Çizelge 3.8.'de belirtilen 15'er dakikalık araç sayımlarının, 1 saatlik trafik akım oranlarına çevrilmiş hali Çizelge 3.9.'da verilmiştir.

Çizelge 3. 9. Saatlik trafik akım oranları

Saatlik																	
HAFTA İÇİ SABAH																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	64	224	40	328	1	0	8	56	12	76	1	0	0	0	0	0
2	84	0	8	56	148	2	8	0	0	8	16	2	0	0	0	8	8
3	360	124	0	24	508	3	72	16	0	4	92	3	0	0	0	0	0
4	36	140	64	0	240	4	0	8	8	0	16	4	0	0	0	0	0
T	480	328	296	120		T	80	32	64	24		T	0	0	0	8	
HAFTA İÇİ ÖĞLEN																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	92	296	72	460	1	0	4	32	4	40	1	0	0	4	0	4
2	84	0	4	68	156	2	4	0	0	16	20	2	0	0	0	0	0
3	348	56	0	116	520	3	28	8	0	0	36	3	8	0	0	0	8
4	44	128	88	0	260	4	4	0	8	0	12	4	0	0	4	0	4
T	476	276	388	256		T	36	12	40	20		T	8	0	8	0	
HAFTA İÇİ AKŞAM																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	96	472	80	648	1	0	12	68	8	88	1	0	0	4	0	4
2	64	0	20	116	200	2	4	0	0	12	16	2	0	0	0	0	0
3	252	152	0	48	452	3	80	8	0	8	96	3	4	0	0	0	4
4	32	156	92	0	280	4	8	12	24	0	44	4	0	0	0	0	0
T	348	404	584	244		T	92	32	92	28		T	4	0	4	0	
CUMARTESİ SABAH																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	28	116	44	188	1	0	4	32	16	52	1	0	4	4	0	8
2	20	0	8	52	80	2	0	0	0	8	8	2	4	0	0	4	8
3	188	108	0	20	316	3	36	8	0	0	44	3	16	4	0	4	24
4	40	108	60	0	208	4	4	8	8	0	20	4	0	0	0	0	0
T	248	244	184	116		T	40	20	40	24		T	20	8	4	8	

CUMARTESİ ÖĞLEN																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	80	300	44	424	1	0	4	20	4	28	1	0	0	0	0	0
2	88	0	8	60	156	2	12	0	0	0	12	2	0	0	0	0	0
3	264	104	0	48	416	3	20	4	0	8	32	3	4	0	0	4	8
4	64	104	80	0	248	4	4	8	4	0	16	4	0	4	0	0	4
T	416	288	388	152		T	36	16	24	12		T	4	4	0	4	
CUMARTESİ AKŞAM																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	60	468	124	652	1	0	0	52	4	56	1	0	0	4	0	4
2	124	0	24	84	232	2	4	0	0	12	16	2	0	0	0	8	8
3	212	140	0	44	396	3	32	8	0	4	44	3	4	0	0	4	8
4	48	100	80	0	228	4	16	12	4	0	32	4	0	0	0	0	0
T	384	300	572	252		T	52	20	56	20		T	4	0	4	12	
PAZAR SABAH																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	36	120	12	168	1	0	0	20	4	24	1	0	0	0	0	0
2	28	0	4	24	56	2	0	0	0	4	4	2	0	0	0	0	0
3	96	52	0	24	172	3	8	0	0	4	12	3	0	0	0	0	0
4	12	32	36	0	80	4	4	4	4	0	12	4	0	0	4	0	4
T	136	120	160	60		T	12	4	24	12		T	0	0	4	0	
PAZAR ÖĞLEN																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	56	280	56	392	1	0	4	16	4	24	1	0	0	0	0	0
2	52	0	4	72	128	2	8	0	0	8	16	2	0	0	0	0	0
3	196	120	0	44	360	3	16	4	0	0	20	3	4	0	0	0	4
4	60	144	40	0	244	4	0	4	8	0	12	4	0	0	0	0	0
T	308	320	324	172		T	24	12	24	12		T	4	0	0	0	
PAZAR AKŞAM																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	60	320	84	464	1	0	4	28	12	44	1	0	0	0	0	0
2	48	0	12	92	152	2	0	0	0	8	8	2	0	0	0	0	0
3	236	112	0	52	400	3	24	12	0	8	44	3	0	0	0	0	0
4	32	72	72	0	176	4	0	4	8	0	12	4	0	0	4	0	4
T	316	244	404	228		T	24	20	36	28		T	0	0	4	0	

Farklı zamanlarda elde edilen sayımlara göre 6 farklı trafik durumu belirlenmiştir. Yapılan sayımların ortalamalarına göre oluşturulan trafik durumları Çizelge 3.10.'da verilmiştir.

Çizelge 3. 10. Ortalamalara göre oluşturulan trafik durumları

No	Yapılan Sayımlar	Oluşturulan Trafik Durumu
1	Tüm Sayımların Ortalamasına Göre	Hepsi
2	Sabah Sayımlarının Ortalamasına Göre	Hepsi Sabah
3	Öğlen Sayımlarının Ortalamasına Göre	Hepsi Öğlen
4	Akşam Sayımlarının Ortalamasına Göre	Hepsi Akşam
5	Hafta İçi Sayımlarının Ortalamasına Göre	Hepsi Hafta İçi
6	Hafta Sonu Sayımlarının Ortalamasına Göre	Hepsi Hafta Sonu

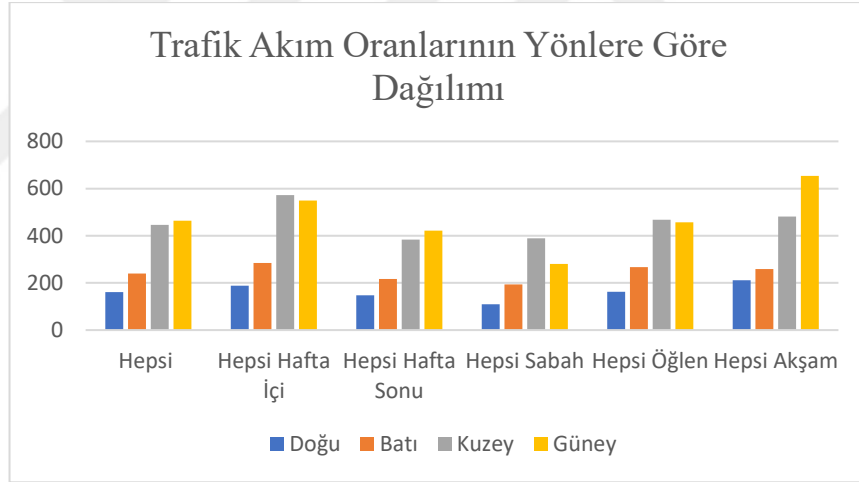
Oluşturulan farklı trafik durumlarının saatlik akım oranları Çizelge 3.11.'de yer almaktadır.

Çizelge 3. 11. Farklı trafik durumlarına göre trafik akım oranları

Hepsi																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	64	288	62	414	1	0	4	36	8	48	1	0	0	2	0	2
2	66	0	10	69	145	2	4	0	0	8	13	2	0	0	0	2	3
3	239	108	0	47	393	3	35	8	0	4	47	3	4	0	0	1	6
4	41	109	68	0	218	4	4	7	8	0	20	4	0	0	1	0	2
T	346	280	367	178	1171	T	44	19	44	20	127	T	5	1	3	4	13
Hepsi Sabah																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	43	153	32	228	1	0	4	36	11	51	1	0	1	1	0	3
2	44	0	7	44	95	2	3	0	0	7	9	2	1	0	0	4	5
3	215	95	0	23	332	3	39	8	0	3	49	3	5	1	0	1	8
4	29	93	53	0	176	4	3	7	7	0	16	4	0	0	1	0	1
T	288	231	213	99	831	T	44	19	43	20	125	T	7	3	3	5	17
Hepsi Öğlen																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	76	292	57	425	1	0	4	23	4	31	1	0	0	1	0	1
2	75	0	5	67	147	2	8	0	0	8	16	2	0	0	0	0	0
3	269	93	0	69	432	3	21	5	0	3	29	3	5	0	0	1	7
4	56	125	69	0	251	4	3	4	7	0	13	4	0	1	1	0	3
T	400	295	367	193	1255	T	32	13	29	15	89	T	5	1	3	1	11
Hepsi Akşam																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	72	420	96	588	1	0	5	49	8	63	1	0	0	3	0	3
2	79	0	19	97	195	2	3	0	0	11	13	2	0	0	0	3	3
3	233	135	0	48	416	3	45	9	0	7	61	3	3	0	0	1	4
4	37	109	81	0	228	4	8	9	12	0	29	4	0	0	1	0	1
T	349	316	520	241	1427	T	56	24	61	25	167	T	3	0	4	4	11

Hafta İçi																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	84	331	64	479	1	0	8	52	8	68	1	0	0	3	0	3
2	77	0	11	80	168	2	5	0	0	12	17	2	0	0	0	3	3
3	320	111	0	63	493	3	60	11	0	4	75	3	4	0	0	0	4
4	37	141	81	0	260	4	4	7	13	0	24	4	0	0	1	0	1
T	435	336	423	207	1400	T	69	25	65	24	184	T	4	0	4	3	11
Hafta Sonu																	
OTOMOBİL						MİNİBÜS						KAMYON					
0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T	0	1	2	3	4	T
1	0	53	267	61	381	1	0	3	28	7	38	1	0	1	1	0	2
2	60	0	10	64	134	2	4	0	0	7	11	2	1	0	0	2	3
3	199	106	0	39	343	3	23	6	0	4	33	3	5	1	0	2	7
4	43	93	61	0	197	4	5	7	6	0	17	4	0	1	1	0	2
T	301	253	339	163	1056	T	31	15	34	18	99	T	5	2	3	4	14

Sonuç olarak farklı zamanlarda farklı kavşak kollarında bulunan trafik akım oranlarının, yönlere göre dağılımı Şekil 3.15.'te gösterilmiştir.



Şekil 3. 15. Trafik akım oranlarının yönlere göre dağılımı

3.6.Önerilen Modeller

Millet Bulvarı ve Atatürk Bulvarı üzerinde mevcut iki adet kavşağın performans değerlerini iyileştirmek amacıyla, her bir kavşak için 2 farklı devre süresi önerilmiştir. Önerilen modeller oluşturulurken, sinyalizasyon kavşaklarının faz planlarında herhangi bir değişiklik yapılmamış olup yalnızca devre süreleri optimize edilmiştir. Optimize edilen devre sürelerinden 1 tanesi arama algoritması, 1 tanesi de Vistro programı aracılığıyla elde edilmiştir. Elde edilen devre süreleri, bir sonraki adımda mevcut durum ile kıyaslanacaktır.

Arama algoritmasında kavşakların farklı trafik özelliklerine göre optimizasyon yapılabilmektedir. Burada amaç fonksiyonu olarak HCM gecikme bağıntısı kullanılmış olup, en düşük gecikme değerlerini veren yeşil sürelerin belirlenmesi sağlanabilmektedir. HCM gecikme bağıntısında üniform, aşırı akım ve başlangıç kuyruk gecikmeleri olmak üzere üç bileşen bulunmaktadır. Başlangıç kuyruk gecikmesi analiz başlamadan önceki kuyruk gecikmesi olduğu için analiz başlangıcında bu değer '0' alınır. HCM gecikme bağıntısı ve bileşenleri Eşitlik 3.5.'te ve Eşitlik 3.8.'de verilmiştir.

Algoritmanın amaç fonksiyonu olarak ise her koldaki gecikme değerinin toplamını minimize etmek kullanılmakta olup, ifadesi Eşitlik 3.9. ile verilmiştir.

$$\text{Min } F(x) = \sum_{n=1}^m \frac{D_n}{q_n} \quad (3.9)$$

Burada D_n koldaki gecikme değeri, q_n koldaki trafik akımı ve m kavşaktaki toplam kol sayısıdır.

Üç kollu sinyalize kavşak için önerilen devre sürelerine ait yeşil ışık sürelerinin dağılımı Çizelge 3.12.'de verilmiştir. Verilen çizelgede 'Y' ifadesi yeşil ışık süresini, 'S' ifadesi sarı ışık süresini ve 'HK' ifadesi hep kırmızı süresini ifade etmektedir. Kullanılan ifadelere ait sürelerin her biri saniye cinsinden gösterilmiştir.

Çizelge 3. 12. Üç kollu kavşak için önerilen modellere ait devre süreleri

HEPSİ										
	Devre Süresi	I. Faz			II. Faz			III. Faz		
		Y	S	HK	Y	S	HK	Y	S	HK
Arama Algoritması	42	10	3	1	10	3	1	10	3	1
Vistro	60	16	3	1	17	3	1	15	3	1
HEPSİ SABAH										
Arama Algoritması	42	10	3	1	10	3	1	10	3	1
Vistro	60	16	3	1	16	3	1	16	3	1
HEPSİ ÖĞLEN										
Arama Algoritması	43	10	3	1	11	3	1	10	3	1
Vistro	60	15	3	1	17	3	1	16	3	1
HEPSİ AKŞAM										
Arama Algoritması	48	13	3	1	13	3	1	10	3	1
Vistro	70	21	3	1	22	3	1	15	3	1
HEPSİ HAFTA İÇİ										
Arama Algoritması	43	10	3	1	11	3	1	10	3	1
Vistro	70	20	3	1	21	3	1	17	3	1
HEPSİ HAFTA SONU										
Arama Algoritması	42	10	3	1	10	3	1	10	3	1
Vistro	60	16	3	1	17	3	1	15	3	1

Dört kollu sinyalize kavşak için önerilen devre sürelerine ait yeşil ışık sürelerinin dağılımı Çizelge 3.13.'te verilmiştir.

Çizelge 3. 13. Dört kollu kavşak için önerilen modellere ait devre süreleri

HEPSİ													
	Devre Süresi	I. Faz			II. Faz			III. Faz			IV. Faz		
		Y	S	HK	Y	S	HK	Y	S	HK	Y	S	HK
Arama Algoritması	93	27	3	1	26	3	1	10	3	1	14	3	1
Vistro	80	17	3	1	16	3	1	15	3	1	16	3	1
HEPSİ SABAH													
Arama Algoritması	74	16	3	1	21	3	1	10	3	1	11	3	1
Vistro	77	15	3	1	16	3	1	15	3	1	15	3	1
HEPSİ ÖĞLEN													
Arama Algoritması	96	27	3	1	27	3	1	10	3	1	16	3	1
Vistro	87	18	3	1	19	3	1	15	3	1	19	3	1
HEPSİ AKŞAM													
Arama Algoritması	129	46	3	1	34	3	1	15	3	1	18	3	1
Vistro	87	22	3	1	17	3	1	15	3	1	17	3	1
HEPSİ HAFTA İÇİ													
Arama Algoritması	124	37	3	1	39	3	1	13	3	1	19	3	1
Vistro	94	21	3	1	22	3	1	15	3	1	20	3	1
HEPSİ HAFTA SONU													
Arama Algoritması	85	24	3	1	22	3	1	10	3	1	13	3	1
Vistro	77	15	3	1	16	3	1	15	3	1	15	3	1

4.BULGULAR

Bu bölümde önerilen devre süresi modellerinin, mevcuttaki kavşakların performanslarına etkisi araştırılmıştır. Araştırma kapsamında ilk olarak mevcut kavşaklar, VISSIM programı aracılığıyla simüle edilerek ve performans değerleri elde edilmiştir. Sonraki adımda ise önerilen modeller, VISSIM programı kullanılarak test edilmiştir. Son olarak da önerilen modellerden elde edilen performans değerleri ile mevcut durumdaki performans değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalarda kriter olarak gerçek hata (GH), yüzdesel hata (YH), ortalama gerçek hata (OGH) ve ortalama yüzdesel hata (OYH) kullanılmıştır. Performans kriterlerinin hesaplama yöntemleri Eşitlik 4.1.'de, Eşitlik 4.2.'de, Eşitlik 4.3.'te ve Eşitlik 4.4.'te verilmiştir.

$$GH = G_{Mevcut} - G_{Model} \quad (4.1)$$

$$OGH = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (G_{Mevcut} - G_{Model}) \quad (4.2)$$

$$YH = \frac{(G_{Mevcut} - G_{Model})}{G_{Mevcut}} * 100 \quad (4.3)$$

$$OYH = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{(G_{Mevcut} - G_{Model})}{G_{Mevcut}} * 100 \quad (4.4)$$

Bu eşitliklerde 'G' ifadesi; gecikme, durma gecikmesi, emisyon, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu ve yakıt tüketimi performans değerlerini temsil etmektedir.

Çalışma boyunca hem üç kollu hem de dört kollu kavşakların periyotları, 900 saniye ve 3600 saniye olarak iki farklı şekilde oluşturulmuştur. Ayrıca her bir periyot için simülasyonun 'Çekirdek Numaraları' sırasıyla 11, 21 ve 31 olarak seçilmiştir. Çekirdek numaralarının 3 farklı şekilde seçilmesinin sebebi ise farklı trafik durumlarının da değerlendirmeye alınarak daha tutarlı hesap yapılmasının sağlanmasıdır.

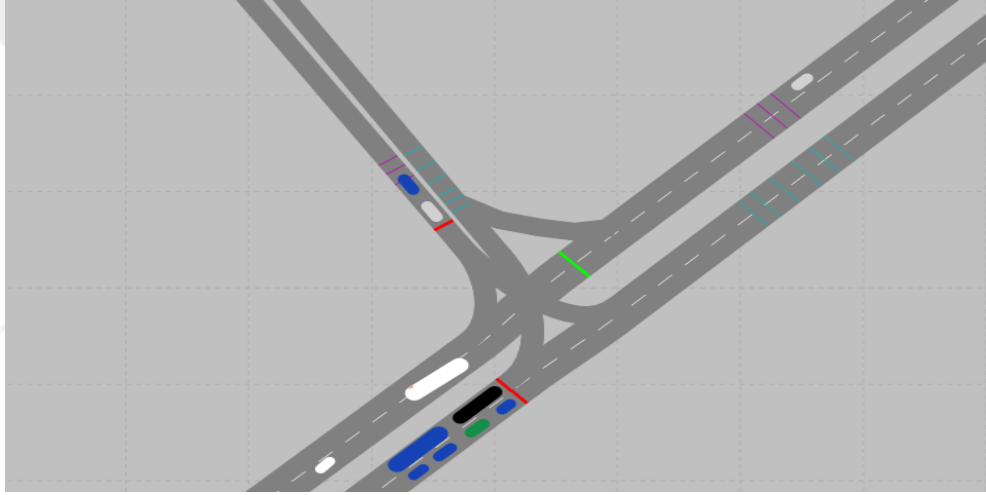
Karşılaştırılan performans değerlerinin daha iyi irdelenebilmesi amacıyla, üç ve dört kollu kavşaklar ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

4.1.Üç Kollu Sinyalize Kavşak İçin Bulgular

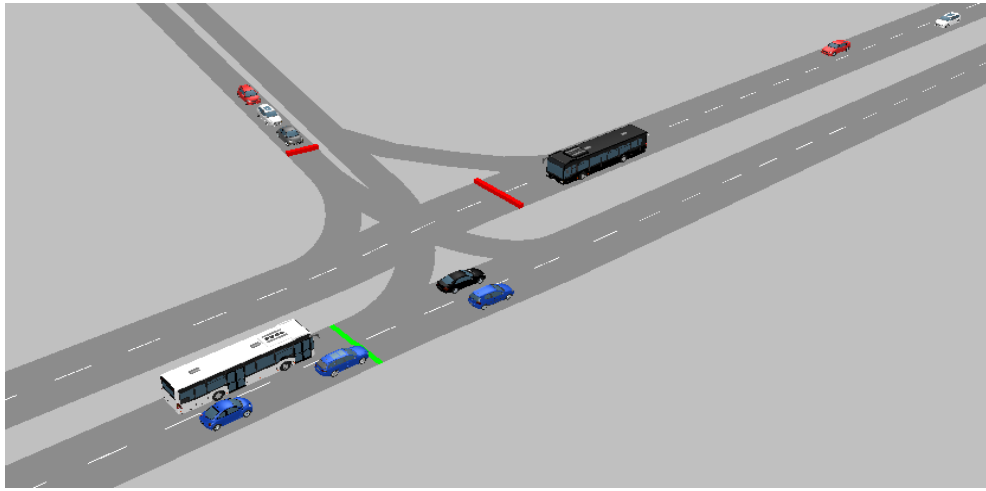
Bu bölümde Millet Bulvarı üzerinde bulunan 3 kollu izole sinyalize kavşak değerlendirilmiştir.

4.1.1.VISSIM Aracılığı ile Simülasyon

Mevcut 3 kollu izole sinyalize kavşak, VISSIM programı aracılığıyla simülasyon ortamına aktarılmıştır. Bahsi geçen kavşağın, simülasyon ortamındaki 2 boyutlu görüntüsü Şekil 4.1.'de, 3 boyutlu görüntüsü ise Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 4. 1. Üç kollu kavşak 2B görünüm



Şekil 4. 2. Üç kollu kavşak 3B görünüm

Simülasyon ortamına aktarılan kavşak için, VISSIM üzerinden seçilen alan içerisindeki araç giriş çıkışlarının tek noktadan takip edilebilmesi ve kavşağın denetim analizinin gerçekleştirilebilmesi amacıyla ‘Node’ oluşturularak performans değerleri elde edilmiştir. Bu performans değerleri elde edilirken 900 saniye ve 3600 saniyelik periyotlar kullanılmıştır.

Simülasyona aktarılacak trafik verileri hafta içi ve hafta sonu olmak üzere farklı günlerde incelenmiş olup; her biri için sabah saatlerinde, öğle saatlerinde ve akşam saatlerinde trafik sayımları yapılmıştır. Kavşağın performans verileri incelenirken toplamda 6 farklı trafik durumu kullanılmıştır. Bu durumlar; hepsi birlikte, hepsi sabah, hepsi öğlen, hepsi akşam, hepsi hafta içi ve hepsi hafta sonudur.

Performans verileri aktarılırken önce 900 saniyelik, sonra da 3600 saniyelik periyotlar kullanılmıştır.

4.1.2.Mevcut Durumun Performans Göstergeleri

Üç kollu sinyalize kavşağın mevcut durumuna ait performans göstergeleri Çizelge 4.1.’de ve Çizelge 4.2.’de verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Mevcut durumun 900 sn periyottaki performans göstergeleri

	MODEL	GECİKME	DURMA GECİKMESİ	KUYRUK UZ.	MAKS. KUYRUK UZ.	EMİSYON	YAKIT TÜK.
Hepsi	Mevcut Durum	25,20	18,24	8,86	74,59	503,97	7,21
Hepsi Sabah	Mevcut Durum	25,46	18,15	7,83	95,38	399,77	5,72
Hepsi Öğlen	Mevcut Durum	25,17	18,37	9,69	81,64	551,32	7,89
Hepsi Akşam	Mevcut Durum	24,64	17,58	9,29	78,31	559,02	8,00
Hepsi Hafta İçi	Mevcut Durum	27,17	19,49	12,76	114,68	635,81	9,10
Hepsi Hafta Sonu	Mevcut Durum	23,59	17,17	6,98	70,44	420,52	6,02

Çizelge 4. 2. Mevcut durumun 3600 sn periyottaki performans göstergeleri

	MODEL	GECİKME	DURMA GECİKMESİ	KUYRUK UZ.	MAKS. KUYRUK UZ.	EMİSYON	YAKIT TÜK.
Hepsi	Mevcut Durum	25,23	18,09	9,27	85,92	2225,95	31,84
Hepsi Sabah	Mevcut Durum	26,13	18,89	8,06	84,06	1735,24	24,82
Hepsi Öğlen	Mevcut Durum	26,13	19,01	10,79	96,44	2467,91	35,31
Hepsi Akşam	Mevcut Durum	25,49	18,32	10,14	99,28	2429,24	34,75
Hepsi Hafta İçi	Mevcut Durum	28,04	19,93	13,68	120,91	2878,18	41,18
Hepsi Hafta Sonu	Mevcut Durum	24,90	18,15	7,80	93,54	1860,40	26,62

4.1.3.Önerilen Modellerin Performans Göstergeleri

Üç kollu sinyalize kavşağın, Arama Algoritması ile oluşturulan modeline ait performans göstergeleri Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4.'te verilmiş olup; Vistro ile oluşturulan modeline ait performans göstergeleri ise Çizelge 4.5. ve Çizelge 4.6.'da gösterilmiştir.

Çizelge 4. 3. Arama Algoritması'nın 900 sn periyottaki performans göstergeleri

	MODEL	GECİKME	DURMA GECİKMESİ	KUYRUK UZ.	MAKS. KUYRUK UZ.	EMİSYON	YAKIT TÜK.
Hepsi	Arama Algoritması	14,02	7,19	4,50	54,59	463,53	6,63
Hepsi Sabah	Arama Algoritması	14,33	7,22	3,77	59,09	371,63	5,32
Hepsi Öğlen	Arama Algoritması	13,94	7,25	4,55	50,67	505,18	7,23
Hepsi Akşam	Arama Algoritması	15,44	8,53	5,29	62,15	510,83	7,31
Hepsi Hafta İçi	Arama Algoritması	16,86	8,92	7,28	69,67	593,84	8,50
Hepsi Hafta Sonu	Arama Algoritması	13,70	7,24	3,71	53,30	386,63	5,53

Çizelge 4. 4. Arama Algoritması'nın 3600 sn periyottaki performans göstergeleri

	MODEL	GECİKME	DURMA GECİKMESİ	KUYRUK UZ.	MAKS. KUYRUK UZ.	EMİSYON	YAKIT TÜK.
Hepsi	Arama Algoritması	14,55	7,45	4,68	72,48	2034,06	29,10
Hepsi Sabah	Arama Algoritması	14,60	7,53	3,91	72,15	1574,16	22,52
Hepsi Öğlen	Arama Algoritması	15,21	8,08	5,48	59,61	2244,92	32,12
Hepsi Akşam	Arama Algoritması	15,48	8,53	5,45	72,08	2210,67	31,63
Hepsi Hafta İçi	Arama Algoritması	18,97	10,21	8,32	94,27	2715,82	38,85
Hepsi Hafta Sonu	Arama Algoritması	14,07	7,49	3,84	67,72	1680,86	24,05

Çizelge 4. 5. Vistro Modeli'nin 900 sn periyottaki performans göstergeleri

	MODEL	GECİKME	DURMA GECİKMESİ	KUYRUK UZ.	MAKS. KUYRUK UZ.	EMİSYON	YAKIT TÜK.
Hepsi	Vistro	17,24	10,56	5,46	53,49	479,09	6,85
Hepsi Sabah	Vistro	18,30	11,27	5,23	62,74	382,64	5,47
Hepsi Öğlen	Vistro	17,61	10,86	5,98	50,77	521,20	7,46
Hepsi Akşam	Vistro	19,49	12,73	7,25	58,66	532,69	7,62
Hepsi Hafta İçi	Vistro	22,33	14,35	10,02	96,69	620,79	8,88
Hepsi Hafta Sonu	Vistro	17,16	10,93	4,73	45,29	400,02	5,72

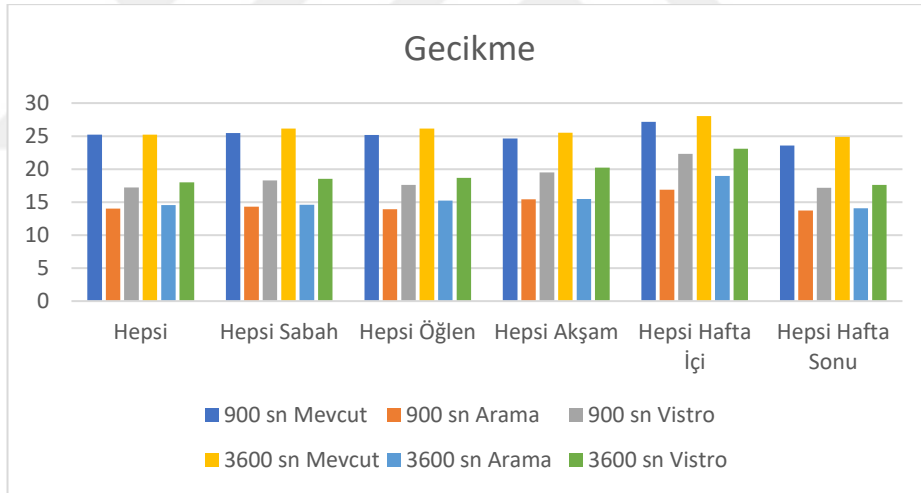
Çizelge 4. 6. Vistro Modeli'nin 3600 sn periyottaki performans göstergeleri

	MODEL	GEÇİKME	DURMA GEÇİKMESİ	KUYRUK UZ.	MAKS. KUYRUK UZ.	EMİSYON	YAKIT TÜK.
Hepsi	Vistro	18,00	11,01	6,13	74,04	2094,32	29,96
Hepsi Sabah	Vistro	18,51	11,53	5,03	54,21	1634,11	23,38
Hepsi Öğlen	Vistro	18,65	11,63	6,95	71,07	2317,87	33,16
Hepsi Akşam	Vistro	20,21	13,11	7,68	80,08	2318,74	33,17
Hepsi Hafta İçi	Vistro	23,07	14,95	10,84	109,37	2753,36	39,39
Hepsi Hafta Sonu	Vistro	17,59	11,20	5,12	64,22	1735,76	24,83

4.1.4. Mevcut ve Önerilen Modellerin Karşılaştırması

Mevcut ve önerilen modellerin gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, emisyon ve yakıt tüketim değerlerine ait performans kriterleri 'EKLER' bölümünde detaylı gösterilmiştir (Bkz. Ek-A, Ek-B).

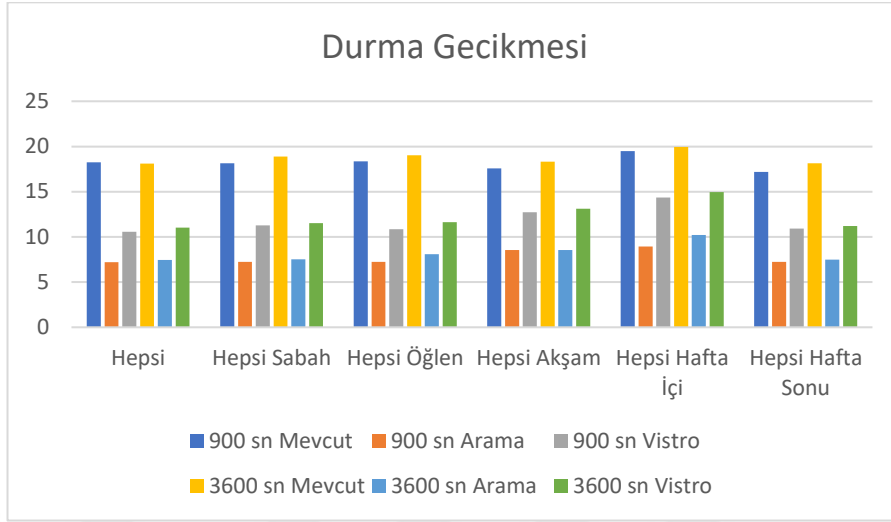
Mevcut ve önerilen modellerin gecikme değerlerine ait performans göstergelerinin grafiği Şekil 4.3.'te verilmiştir.



Şekil 4. 3. Gecikme değerleri grafiği

Uygulanan farklı trafik durumlarının tamamında, önerilen her iki modelin de mevcut duruma kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. 900 saniyelik periyotta Arama Algoritması, gecikme değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 10,6 sn ve %41,89 oranında iyileşmeler elde etmiştir. Arama Algoritması 3600 saniyelik periyotta ise, gecikme değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 10,39 sn ve %40,31 oranında performans artışı sağlamıştır.

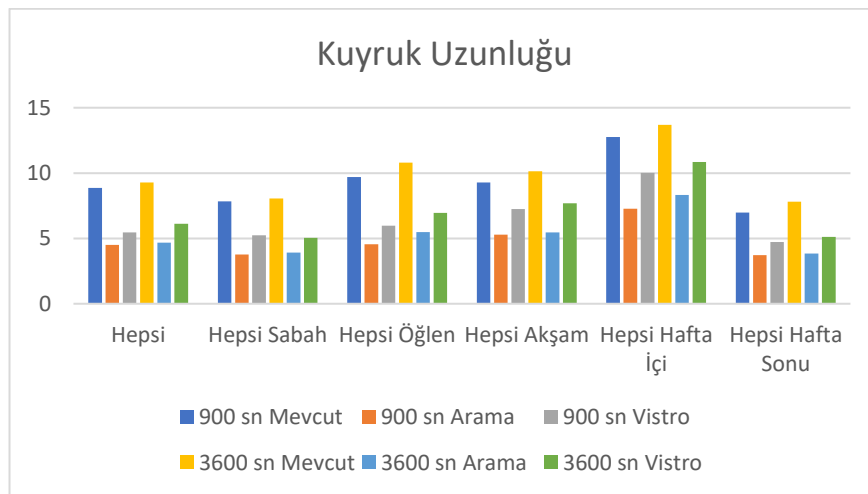
Mevcut ve önerilen modellerin durma gecikmesi değerlerine ait performans göstergelerinin grafiği Şekil 4.4.'te verilmiştir.



Şekil 4. 4. Durma gecikmesi değerleri grafiği

Uygulanan farklı trafik durumlarının tamamında, önerilen her iki modelin de mevcut duruma kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. 900 saniyelik periyotta Arama Algoritması, durma gecikmesi değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 10,57 sn ve %57,74 oranında iyileşmeler elde etmiştir. Arama Algoritması 3600 saniyelik periyotta ise, durma gecikmesi değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 10,39 sn ve %55,96 oranında performans artışı sağlamıştır.

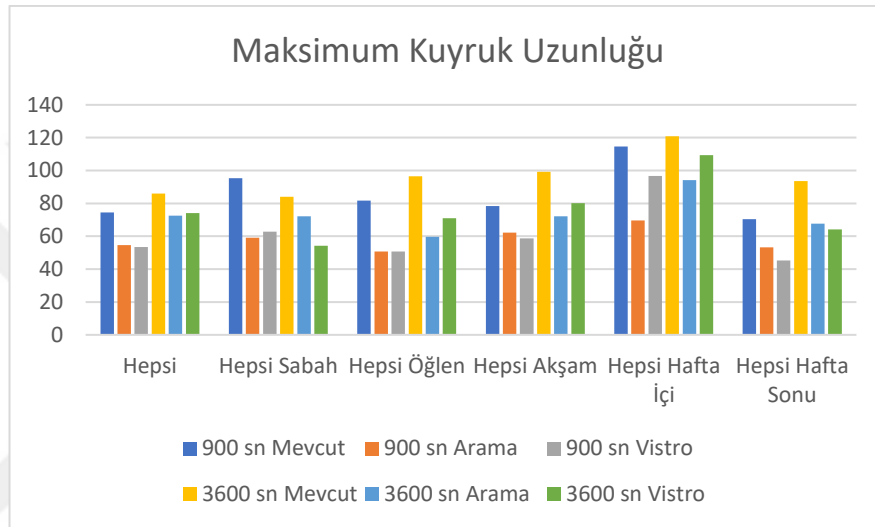
Mevcut ve önerilen modellerin kuyruk uzunluğu değerlerine ait performans göstergelerinin grafiği Şekil 4.5.'te verilmiştir.



Şekil 4. 5. Kuyruk uzunluğu değerleri grafiği

Uygulanan farklı trafik durumlarının tamamında, önerilen her iki modelin de mevcut duruma kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. 900 saniyelik periyotta Arama Algoritması, kuyruk uzunluğu değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 4,42 m ve %48,07 oranında iyileşmeler elde etmiştir. Arama Algoritması 3600 saniyelik periyotta ise, kuyruk uzunluğu değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 4,64 m ve %47,79 oranında performans artışı sağlamıştır.

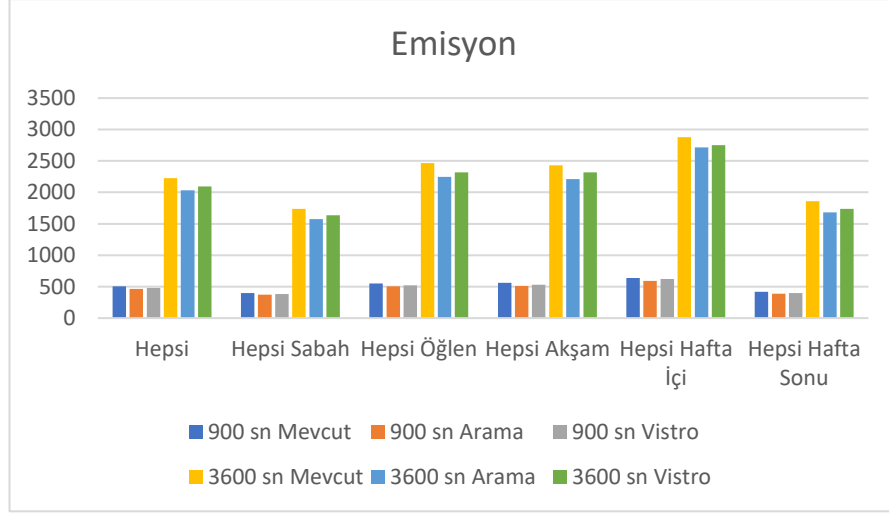
Mevcut ve önerilen modellerin maksimum kuyruk uzunluğu değerlerine ait performans göstergelerinin grafiği Şekil 4.6.'da verilmiştir.



Şekil 4. 6. Maks. kuyruk uzunluğu değerleri grafiği

Uygulanan farklı trafik durumlarının tamamında, önerilen her iki modelin de mevcut duruma kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. 900 saniyelik periyotta Arama Algoritması, maksimum kuyruk uzunluğu değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 25,71 m ve %29,78 oranında iyileşmeler elde etmiştir. Arama Algoritması 3600 saniyelik periyotta ise, maksimum kuyruk uzunluğu değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 25,53 m ve %25,87 oranında performans artışı sağlamıştır.

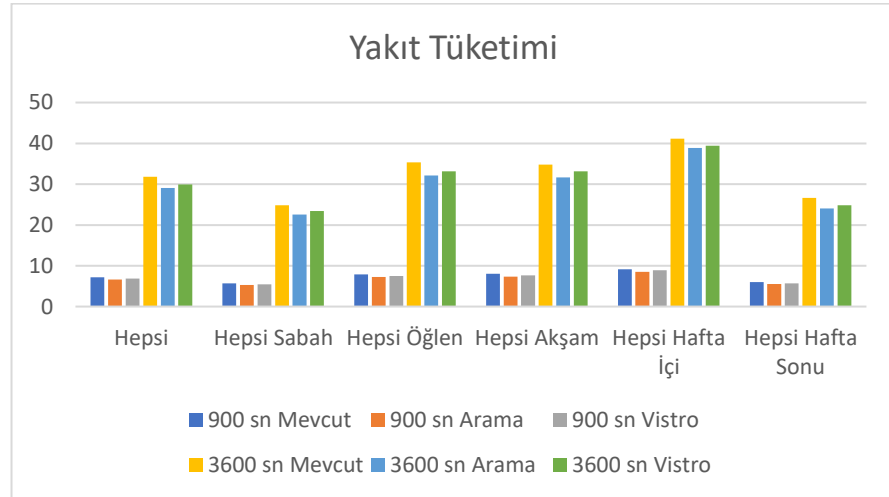
Mevcut ve önerilen modellerin emisyon değerlerine ait performans göstergelerinin grafiği Şekil 4.7.'de verilmiştir.



Şekil 4. 7. Emisyon değerleri grafiği

Uygulanan farklı trafik durumlarının tamamında, önerilen her iki modelin de mevcut duruma kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. 900 saniyelik periyotta Arama Algoritması, emisyon değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 39,79 g ve %7,79 oranında iyileşmeler elde etmiştir. Arama Algoritması 3600 saniyelik periyotta ise, emisyon değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 189,41 g ve %8,54 oranında performans artışı sağlamıştır.

Mevcut ve önerilen modellerin yakıt tüketim değerlerine ait performans göstergelerinin grafiği Şekil 4.8.'de verilmiştir.



Şekil 4. 8. Yakıt tüketim değerleri grafiği

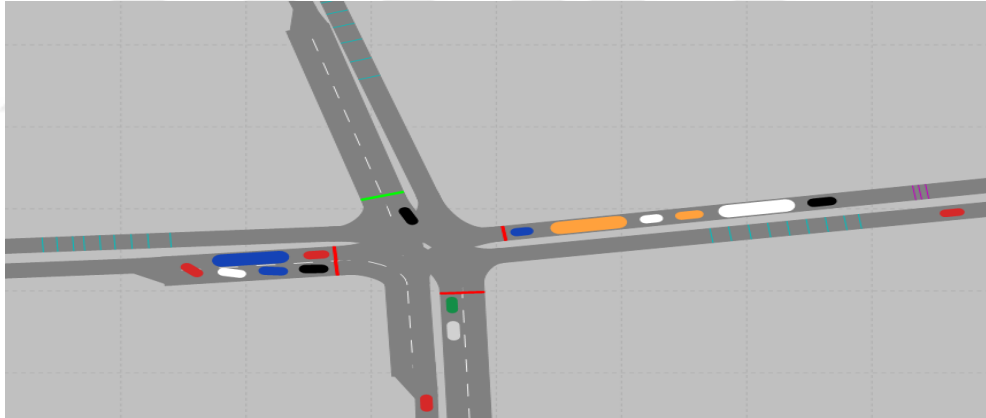
Uygulanan farklı trafik durumlarının tamamında, önerilen her iki modelin de mevcut duruma kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. 900 saniyelik periyotta Arama Algoritması, yakıt tüketim değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 0,57 galon ve %7,78 oranında iyileşmeler elde etmiştir. Arama Algoritması 3600 saniyelik periyotta ise, yakıt tüketim değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 2,71 galon ve %8,54 oranında performans artışı sağlamıştır.

4.2.Dört Kollu Sinyalize Kavşak İçin Bulgular

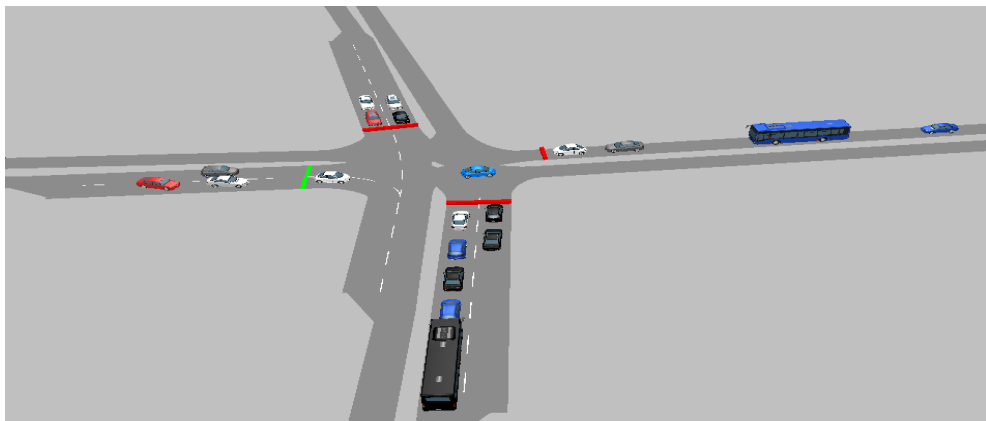
Bu bölümde Atatürk Bulvarı üzerinde bulunan 4 kollu izole sinyalize kavşak değerlendirilmiştir.

4.2.1.VISSIM Aracılığı ile Simülasyon

Mevcut 4 kollu izole sinyalize kavşak, VISSIM programı aracılığıyla simülasyon ortamına aktarılmıştır. Bahsi geçen kavşağın, simülasyon ortamındaki 2 boyutlu görüntüsü Şekil 4.9.'da, 3 boyutlu görüntüsü ise Şekil 4.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 4. 9. Dört kollu kavşak 2B görünüm



Şekil 4. 10. Dört kollu kavşak 3B görünüm

Simülasyon ortamına aktarılan kavşak için, VISSIM üzerinden seçilen alan içerisindeki araç giriş çıkışlarının tek noktadan takip edilebilmesi ve kavşağın denetim analizinin gerçekleştirilebilmesi amacıyla ‘Node’ oluşturularak performans değerleri elde edilmiştir. Bu performans değerleri elde edilirken 900 saniye ve 3600 saniyelik periyotlar kullanılmıştır.

Simülasyona aktarılacak trafik verileri hafta içi ve hafta sonu olmak üzere farklı günlerde incelenmiş olup; her biri için sabah saatlerinde, öğle saatlerinde ve akşam saatlerinde trafik sayımları yapılmıştır. Kavşağın performans verileri incelenirken toplamda 6 farklı trafik durumu kullanılmıştır. Bu durumlar; hepsi birlikte, hepsi sabah, hepsi öğlen, hepsi akşam, hepsi hafta içi ve hepsi hafta sonudur.

Performans verileri aktarılırken önce 900 saniyelik, sonra da 3600 saniyelik periyotlar kullanılmıştır.

4.2.2. Mevcut Durumun Performans Göstergeleri

Dört kollu sinyalize kavşağın mevcut durumuna ait performans göstergeleri Çizelge 4.7.’de ve Çizelge 4.8.’de verilmiştir.

Çizelge 4. 7. Mevcut durumun 900 sn periyottaki performans göstergeleri

	MODEL	GECİKME	DURMA GECİKMESİ	KUYRUK UZ.	MAKS. KUYRUK UZ.	EMİSYON	YAKIT TÜK.
Hepsi	Mevcut Durum	41,89	33,27	22,43	124,63	560,19	8,01
Hepsi Sabah	Mevcut Durum	38,88	30,62	16,10	126,51	405,71	5,80
Hepsi Öğlen	Mevcut Durum	40,67	32,50	21,70	123,58	545,92	7,81
Hepsi Akşam	Mevcut Durum	57,99	46,54	45,17	222,42	771,61	11,04
Hepsi Hafta İçi	Mevcut Durum	54,24	43,14	42,17	210,45	706,75	10,11
Hepsi Hafta Sonu	Mevcut Durum	42,13	33,93	20,29	121,07	475,65	6,80

Çizelge 4. 8. Mevcut durumun 3600 sn periyottaki performans göstergeleri

	MODEL	GECİKME	DURMA GECİKMESİ	KUYRUK UZ.	MAKS. KUYRUK UZ.	EMİSYON	YAKIT TÜK.
Hepsi	Mevcut Durum	43,64	34,63	25,27	191,31	2503,69	35,82
Hepsi Sabah	Mevcut Durum	40,23	31,86	16,48	147,72	1764,60	25,24
Hepsi Öğlen	Mevcut Durum	43,89	34,98	24,98	174,67	2475,61	35,42
Hepsi Akşam	Mevcut Durum	78,24	63,79	69,00	292,94	4064,23	58,14
Hepsi Hafta İçi	Mevcut Durum	72,40	58,49	63,92	315,63	3769,37	53,93
Hepsi Hafta Sonu	Mevcut Durum	42,23	33,72	20,98	149,87	2097,89	30,01

4.2.3.Önerilen Modellerin Performans Göstergeleri

Dört kollu sinyalize kavşağın, Arama Algoritması ile oluşturulan modeline ait performans göstergeleri Çizelge 4.9. ve Çizelge 4.10.'da verilmiş olup; Vistro ile oluşturulan modeline ait performans göstergeleri ise Çizelge 4.11. ve Çizelge 4.12.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 9. Arama Algoritması'nın 900 sn periyottaki performans göstergeleri

	MODEL	GECİKME	DURMA GECİKMESİ	KUYRUK UZ.	MAKS. KUYRUK UZ.	EMİSYON	YAKIT TÜK.
Hepsi	Arama Algoritması	36,98	28,05	19,69	119,31	545,38	7,80
Hepsi Sabah	Arama Algoritması	28,16	19,92	10,21	89,76	367,81	5,26
Hepsi Öğlen	Arama Algoritması	37,94	29,35	19,99	102,67	531,39	7,60
Hepsi Akşam	Arama Algoritması	55,67	45,49	41,06	201,97	737,51	10,55
Hepsi Hafta İçi	Arama Algoritması	52,80	42,51	39,01	206,19	680,67	9,74
Hepsi Hafta Sonu	Arama Algoritması	30,72	22,75	13,62	92,66	430,12	6,15

Çizelge 4. 10. Arama Algoritması'nın 3600 sn periyottaki performans göstergeleri

	MODEL	GECİKME	DURMA GECİKMESİ	KUYRUK UZ.	MAKS. KUYRUK UZ.	EMİSYON	YAKIT TÜK.
Hepsi	Arama Algoritması	38,07	28,81	21,21	157,62	2423,39	34,67
Hepsi Sabah	Arama Algoritması	28,55	20,07	10,73	121,19	1613,26	23,08
Hepsi Öğlen	Arama Algoritması	40,60	31,49	22,54	146,38	2439,76	34,90
Hepsi Akşam	Arama Algoritması	69,59	57,23	60,72	358,86	3848,63	55,06
Hepsi Hafta İçi	Arama Algoritması	65,77	53,43	55,94	307,81	3526,89	50,46
Hepsi Hafta Sonu	Arama Algoritması	32,69	24,13	15,31	127,50	1938,12	27,73

Çizelge 4. 11. Vistro Modeli'nin 900 sn periyottaki performans göstergeleri

	MODEL	GECİKME	DURMA GECİKMESİ	KUYRUK UZ.	MAKS. KUYRUK UZ.	EMİSYON	YAKIT TÜK.
Hepsi	Vistro	41,11	30,82	24,46	167,76	563,05	8,05
Hepsi Sabah	Vistro	36,44	26,70	15,63	117,43	412,68	5,90
Hepsi Öğlen	Vistro	38,71	29,58	20,21	131,23	540,03	7,73
Hepsi Akşam	Vistro	64,60	49,62	57,97	280,97	808,46	11,57
Hepsi Hafta İçi	Vistro	62,87	48,75	53,10	269,05	783,09	11,20
Hepsi Hafta Sonu	Vistro	36,96	27,45	17,11	117,30	481,99	6,90

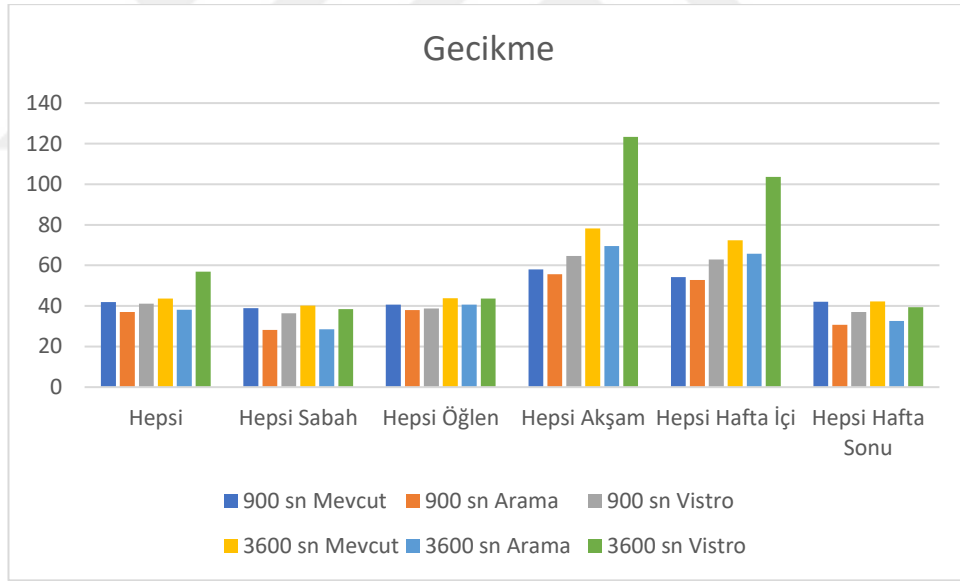
Çizelge 4. 12. Vistro Modeli'nin 3600 sn periyottaki performans göstergeleri

	MODEL	GECİKME	DURMA GECİKMESİ	KUYRUK UZ.	MAKS. KUYRUK UZ.	EMİSYON	YAKIT TÜK.
Hepsi	Vistro	56,94	43,33	37,97	271,04	3032,13	43,38
Hepsi Sabah	Vistro	38,47	28,29	16,67	163,66	1829,88	26,18
Hepsi Öğlen	Vistro	43,67	33,44	25,08	197,67	2557,13	36,58
Hepsi Akşam	Vistro	123,39	96,20	122,40	395,56	5903,31	84,45
Hepsi Hafta İçi	Vistro	103,62	82,42	95,36	338,55	4833,85	69,15
Hepsi Hafta Sonu	Vistro	39,46	29,26	19,83	171,30	2155,30	30,83

4.2.4.Mevcut ve Önerilen Modellerin Karşılaştırması

Mevcut ve önerilen modellerin gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, emisyon ve yakıt tüketim değerlerine ait performans kriterleri 'EKLER' bölümünde detaylı gösterilmiştir (Bkz. Ek-C, Ek-D).

Mevcut ve önerilen modellerin gecikme değerlerine ait performans göstergelerinin grafiği Şekil 4.11.'de verilmiştir.



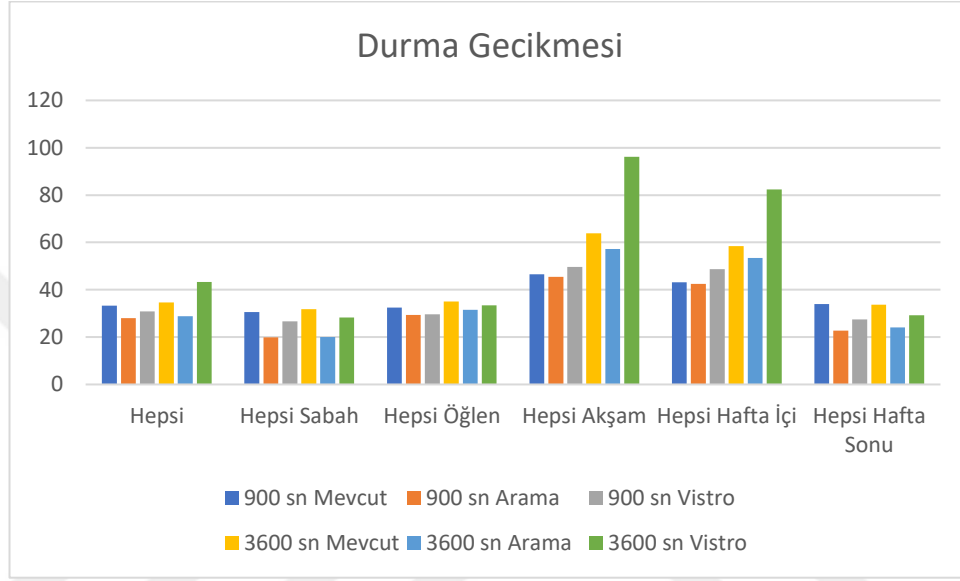
Şekil 4. 11. Gecikme değerleri grafiği

Uygulanan 900 saniyelik periyotta; akşam ve hafta içi trafik durumlarında Vistro'nun, mevcuda göre iyileşme elde edemediği tespit edilmiştir. Ayrıca Vistro 3600 saniyelik periyotta; hepsi, akşam ve hafta içi trafik durumlarında da iyileşme sağlayamamıştır. Oluşturulan tüm trafik durumlarında ise en iyi performansı Arama Algoritması göstermiştir.

900 saniyelik periyotta Arama Algoritması, gecikme değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 5,59 sn ve %13,29 oranında iyileşmeler elde etmiştir.

Arama Algoritması 3600 saniyelik periyotta ise, gecikme değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 7,56 sn ve %15,34 oranında performans artışı sağlamıştır.

Mevcut ve önerilen modellerin durma gecikmesi değerlerine ait performans göstergelerinin grafiği Şekil 4.12.'de verilmiştir.



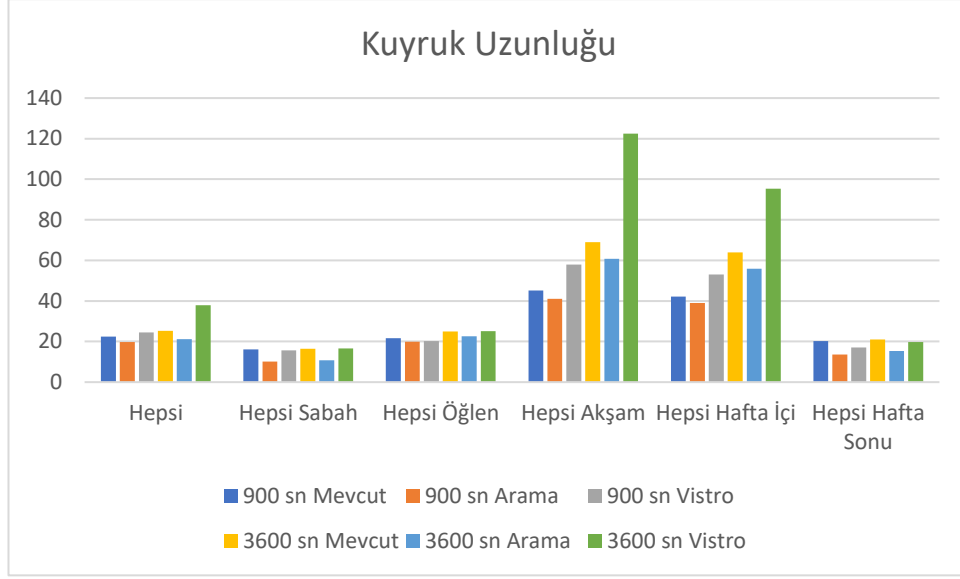
Şekil 4. 12. Durma gecikmesi değerleri grafiği

Uygulanan 900 saniyelik periyotta; akşam ve hafta içi trafik durumlarında Vistro'nun, mevcuda göre iyileşme elde edemediği tespit edilmiştir. Ayrıca Vistro 3600 saniyelik periyotta; hepsi, akşam ve hafta içi trafik durumlarında da iyileşme sağlayamamıştır. Oluşturulan tüm trafik durumlarında ise en iyi performansı Arama Algoritması göstermiştir.

900 saniyelik periyotta Arama Algoritması, durma gecikmesi değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 5,32 sn ve %16,16 oranında iyileşmeler elde etmiştir.

Arama Algoritması 3600 saniyelik periyotta ise, durma gecikmesi değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 7,05 sn ve %18,53 oranında performans artışı sağlamıştır.

Mevcut ve önerilen modellerin kuyruk uzunluğu değerlerine ait performans göstergelerinin grafiği Şekil 4.13.'te verilmiştir.



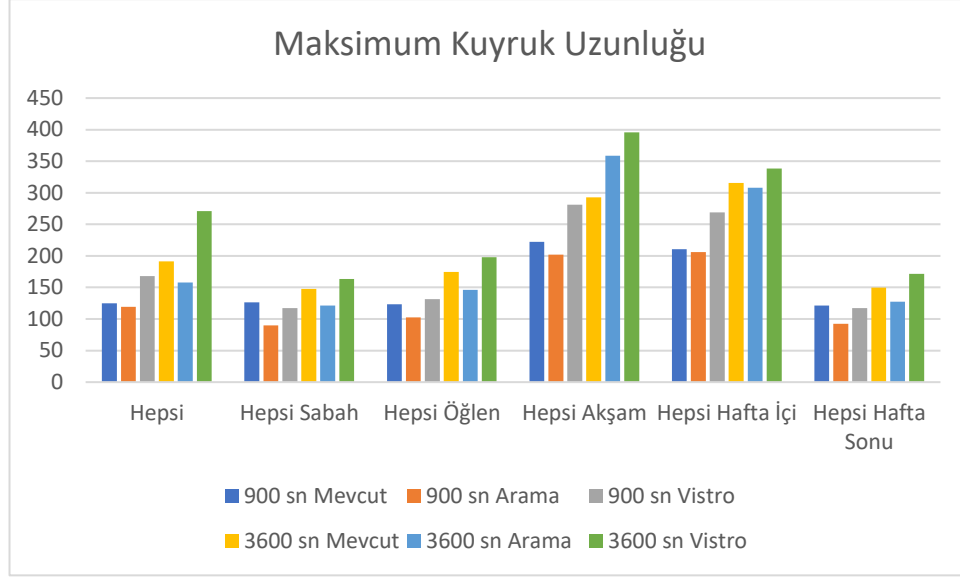
Şekil 4. 13. Kuyruk uzunluğu değerleri grafiği

Uygulanan 900 saniyelik periyotta; hepsi, akşam ve hafta içi trafik durumlarında Vistro'nun, mevcuda göre iyileşme elde edemediği tespit edilmiştir. Ayrıca Vistro 3600 saniyelik periyotta; hepsi, sabah, akşam ve hafta içi trafik durumlarında da iyileşme sağlayamamıştır. Oluşturulan tüm trafik durumlarında ise en iyi performansı Arama Algoritması göstermiştir.

900 saniyelik periyotta Arama Algoritması, kuyruk uzunluğu değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 4,05 m ve %17,69 oranında iyileşmeler elde etmiştir.

Arama Algoritması 3600 saniyelik periyotta ise, kuyruk uzunluğu değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 5,70 m ve %18,73 oranında performans artışı sağlamıştır.

Mevcut ve önerilen modellerin maksimum kuyruk uzunluğu değerlerine ait performans göstergelerinin grafiği Şekil 4.14.'te verilmiştir.



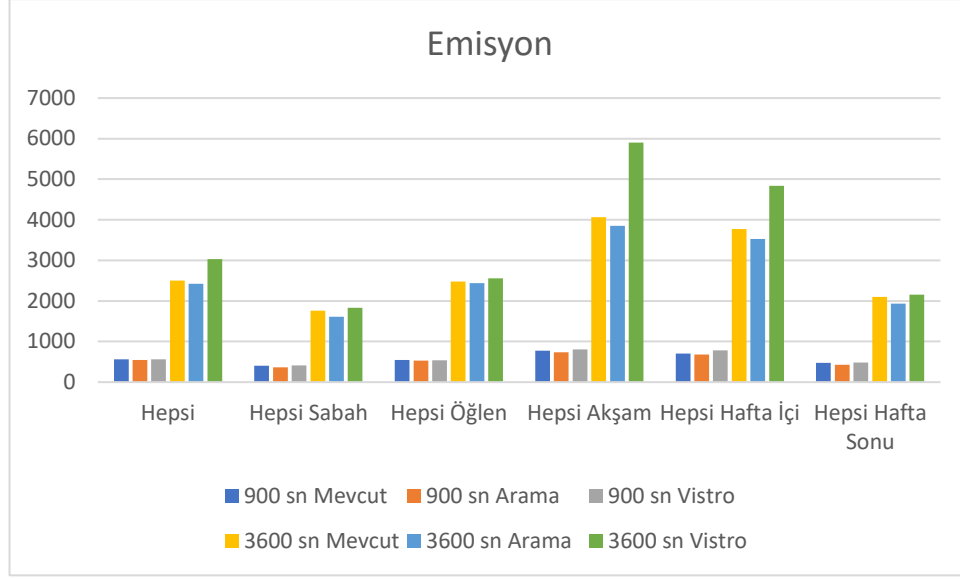
Şekil 4. 14. Maks. kuyruk uzunluğu değerleri grafiği

Uygulanan 900 saniyelik periyotta; hepsi, öğle, akşam ve hafta içi trafik durumlarında Vistro'nun, mevcuda göre iyileşme elde edemediği tespit edilmiştir. Ayrıca Vistro 3600 saniyelik periyotta, hiçbir trafik durumunda iyileşme sağlayamamıştır. Oluşturulan, bir trafik durumu hariç (hepsi akşam-3600 saniye) diğer tüm trafik durumlarında ise en iyi performansı Arama Algoritması göstermiştir.

900 saniyelik periyotta Arama Algoritması, maksimum kuyruk uzunluğu değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 19,35 m ve %14,15 oranında iyileşmeler elde etmiştir.

Arama Algoritması 3600 saniyelik periyotta ise, maksimum kuyruk uzunluğu değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 8,79 m ve %7,78 oranında performans artışı sağlamıştır.

Mevcut ve önerilen modellerin emisyon değerlerine ait performans göstergelerinin grafiği Şekil 4.15.'te verilmiştir.



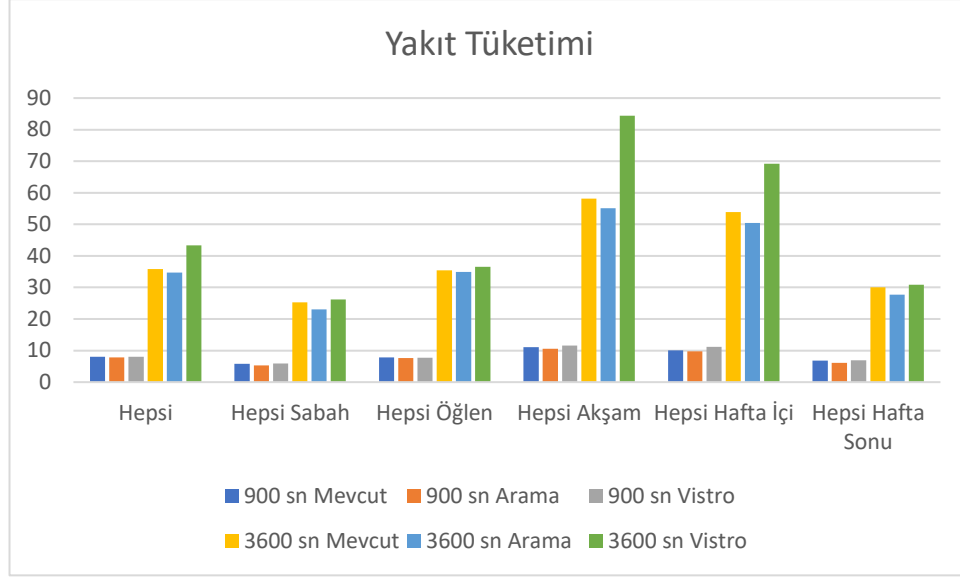
Şekil 4. 15. Emisyon değerleri grafiği

Uygulanan 900 saniyelik periyotta; hepsi, sabah, akşam, hafta içi ve hafta sonu trafik durumlarında Vistro'nun, mevcuda göre iyileşme elde edemediği tespit edilmiştir. Ayrıca Vistro 3600 saniyelik periyotta, hiçbir trafik durumunda iyileşme sağlayamamıştır. Oluşturulan tüm trafik durumlarında ise en iyi performansı Arama Algoritması göstermiştir.

900 saniyelik periyotta Arama Algoritması, emisyon değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 28,82 g ve %5,39 oranında iyileşmeler elde etmiştir.

Arama Algoritması 3600 saniyelik periyotta ise, emisyon değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 147,56 g ve %5,43 oranında performans artışı sağlamıştır.

Mevcut ve önerilen modellerin yakıt tüketim değerlerine ait performans göstergelerinin grafiği Şekil 4.16.'da verilmiştir.



Şekil 4. 16. Yakıt tüketim değerleri grafiği

Uygulanan 900 saniyelik periyotta; hepsi, sabah, akşam, hafta içi ve hafta sonu trafik durumlarında Vistro'nun, mevcuda göre iyileşme elde edemediği tespit edilmiştir. Ayrıca Vistro 3600 saniyelik periyotta, hiçbir trafik durumunda iyileşme sağlayamamıştır. Oluşturulan tüm trafik durumlarında ise en iyi performansı Arama Algoritması göstermiştir.

900 saniyelik periyotta Arama Algoritması, yakıt tüketim değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 0,41 galon ve %5,39 oranında iyileşmeler elde etmiştir.

Arama Algoritması 3600 saniyelik periyotta ise, yakıt tüketim değerlerinde OGH ve OYH bakımından sırasıyla 2,11 galon ve %5,43 oranında performans artışı sağlamıştır.

4.3.Önerilen Modellerin Başarım Oranları

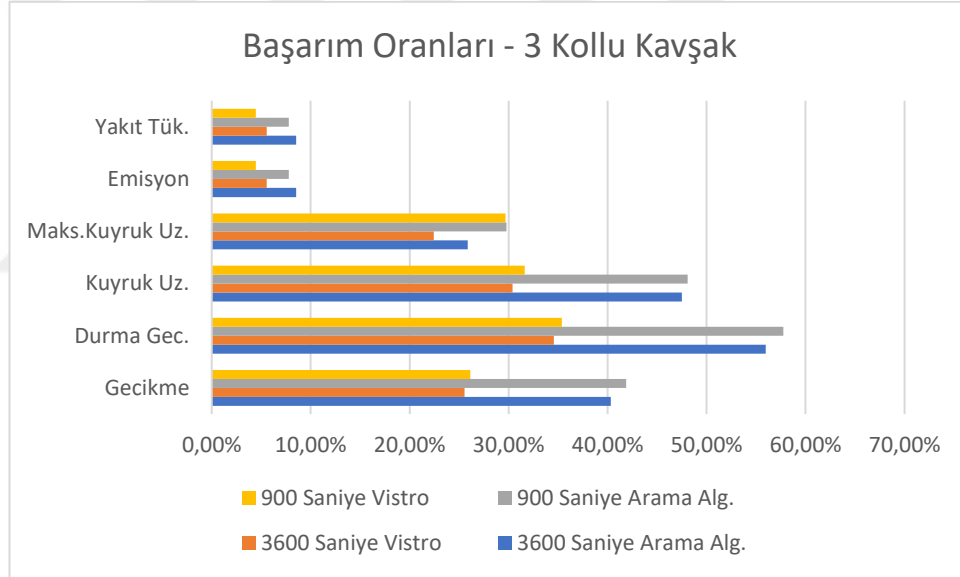
Üç kollu sinyalizasyon kavşak için önerilen iki farklı devre süresi modelinin de 900 ve 3600 saniyelik periyot dilimlerinde, kavşağın performansını artırdığı tespit edilmiştir. En iyi sonuçlar ise Arama Algoritması'nın kullanıldığı model ile elde edilmiştir.

Arama Algoritması modelinde 900 saniyelik periyotta; gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, emisyon ve yakıt tüketimi değerlerinin sırasıyla %41,89, %57,74, %48,07, %29,78, %7,79 ve %7,78 oranlarında azaltıldığı görülmüştür. Ayrıca en yüksek trafik hacminin bulunduğu hafta içi trafik durumunda Arama Algoritması; gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk

uzunluğu, emisyon ve yakıt tüketimi değerlerinde sırasıyla %37,95, %54,23, %42,90, %39,25, %6,60 ve %6,60 oranlarında iyileşmeler elde etmiştir.

Arama Algoritması modelinde 3600 saniyelik periyotta ise; gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, emisyon ve yakıt tüketimi değerlerinin sırasıyla %40,31, %55,96, %47,49, %25,87, %8,54 ve %8,54 oranlarında azaltıldığı görülmüştür. Ayrıca en yüksek trafik hacminin bulunduğu hafta içi trafik durumunda Arama Algoritması; gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, emisyon ve yakıt tüketimi değerlerinde sırasıyla %32,35, %48,74, %39,23, %22,04, %5,64 ve %5,64 oranlarında iyileşmeler elde etmiştir.

Önerilen modellerin, 3 kollu kavşağın performans göstergelerindeki ortalama başarımları Şekil 4.17.'de verilmiştir.



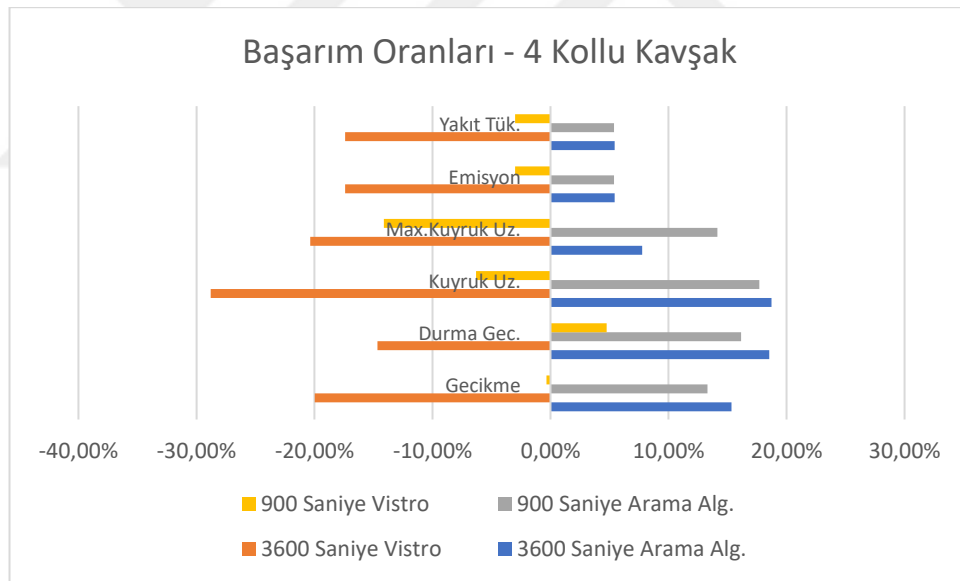
Şekil 4. 17. Üç kollu kavşak için önerilen modellerin başarımları

Dört kollü sinyalizasyon kavşak için önerilen iki farklı devre süresi modelinin de 900 ve 3600 saniyelik periyot dilimlerinde, mevcut durumu iyileştirdiği ve kötüleştirdiği senaryolar ortaya çıkmıştır. Bu senaryolarda Arama Algoritması, 1 durum (maks. kuyruk uzunluğu, hepsi akşam, 3600 saniye) hariç her durumda en iyi performansı gösterirken; Vistro, birçok durumda iyileşme elde edememiştir.

Arama Algoritması modelinde 900 saniyelik periyotta; gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, emisyon ve yakıt tüketimi değerlerinin sırasıyla %13,29, %16,16, %17,69, %14,15, %5,39 ve %5,39 oranlarında azaltıldığı

görülmüştür. Ayrıca en yüksek trafik hacminin bulunduğu akşam trafik durumunda Arama Algoritması; gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, emisyon ve yakıt tüketimi değerlerinde sırasıyla %4,00, %2,26, %9,12, %9,19, %4,42 ve %4,42 oranlarında iyileşmeler elde etmiştir.

Arama Algoritması modelinde 3600 saniyelik periyotta ise; gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, emisyon ve yakıt tüketimi değerlerinin sırasıyla %15,34, %18,53, %18,73, %7,78, %5,43 ve %5,43 oranlarında azaltıldığı görülmüştür. Ayrıca en yüksek trafik hacminin bulunduğu akşam trafik durumunda Arama Algoritması; gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, emisyon ve yakıt tüketimi değerlerinde sırasıyla %11,06, %10,28, %12,03, %5,31 ve %5,31 oranlarında iyileşmeler elde etmiştir. İstisna olarak akşam trafik durumunun maksimum kuyruk uzunluğu değerinde, en iyi performansı mevcut model göstermiştir. Önerilen modellerin, 4 kollu kavşağın performans göstergelerindeki ortalama başarımları Şekil 4.18.'de verilmiştir.



Şekil 4. 18. Dört kollu kavşak için önerilen modellerin başarımları

5.SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, farklı devre sürelerinin kavşakların performansına olan etkileri değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler yapılırken 900 saniyelik ve 3600 saniyelik iki farklı periyot kullanılmıştır. Analizler 3 kollu ve 4 kollu kavşak modelleri için ayrı ayrı yapılmıştır.

Farklı trafik durumları ile oluşturulan modellerde, Arama Algoritması ile oluşturulan modelin en iyi sonuçları elde ettiği görülmüştür. Vistro ile oluşturulan model ise, 3 kollu kavşakta mevcut duruma göre daha iyi sonuçlar vermesine rağmen 4 kollu kavşakta mevcut duruma kıyasla birçok senaryoda iyileşme sağlayamamıştır.

Yapılan çalışmada, Millet Bulvarı üzerinde bulunan 3 kollu kavşağın gecikme değerlerinde yaklaşık %42, durma gecikmesi değerlerinde yaklaşık %58, kuyruk uzunluğu değerlerinde yaklaşık %48, maksimum kuyruk uzunluğu değerlerinde yaklaşık %30, emisyon değerlerinde yaklaşık %9 ve yakıt tüketimi değerlerinde yaklaşık %9 azalma görülmüş olup; Atatürk Bulvarı üzerinde bulunan 4 kollu kavşağın gecikme değerlerinde yaklaşık %16, durma gecikmesi değerlerinde yaklaşık %19, kuyruk uzunluğu değerlerinde yaklaşık %19, maksimum kuyruk uzunluğu değerlerinde yaklaşık %15, emisyon değerlerinde yaklaşık %6 ve yakıt tüketimi değerlerinde yaklaşık %6 azalma tespit edilmiştir.

Elde edilen veriler doğrultusunda her iki kavşak için de Arama Algoritması'nın kullanıldığı modelin tercih edilmesi uygun görülmüştür. Ayrıca çalışmada ele alınan yoğun ve trafiğin değişken olduğu kavşakların etkinliğini artırabilmek amacıyla; haftanın farklı günlerinde ve bu günlerin farklı saatlerinde değişken devre sürelerinin uygulanmasının, kavşağın performansını artıracığı düşünülmektedir.

Millet Bulvarı üzerindeki 3 kollu kavşağın gün içerisinde sabah 07.00-09.00 saatleri arasında 42 saniyelik, öğlen 11.00-13.00 saatleri arasında 43 saniyelik ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında 48 saniyelik devre süreleri ile çalıştırılmasının; gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, emisyon ve yakıt tüketim değerlerini azaltacağı ortaya konmuştur.

Atatürk Bulvarı üzerindeki 4 kollu kavşağın ise gün içerisinde sabah 07.00-09.00 saatleri arasında 74 saniyelik, öğlen 11.00-13.00 saatleri arasında 96 saniyelik ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında 129 saniyelik devre süreleri ile çalıştırılmasının;

gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, emisyon ve yakıt tüketim değerlerini azaltacağı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak sinyalize kavşakların devre süresinin tayini yapılırken, sinyalize denetim yapılacak yerel bölgenin trafik durumlarına dikkat edilmesinin; gecikme, durma gecikmesi, kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, emisyon ve yakıt tüketimi değerlerini azaltarak kavşak performanslarını arttıracakđı ortaya konulmuştur. Kavşakların farklı zamanlarda farklı devre süreleri ile çalıştırılmasının da kavşağın performansına katkı sağlayacağı, çalışmadaki verilerle elde edilmiştir. Çalışmada göz önünde bulundurulan kavşakların Arama Algoritması ile oluşturulan model doğrultusunda çalıştırılması, kavşakların performansını olumlu yönde etkileyecektir.



KAYNAKLAR

- [1] Webster, F.V. (1958). Traffic signal settings, *Road Research Technical*, Road Research Laboratory.
- [2] Administration F. H. (1985). Highway Capacity Manual, *Special report 209, Transportation Research Board*, Washington DC.
- [3] Akcelik, R. (1988). The highway capacity manual delay formula for signalized intersections, *ITE Journal*, 3(58), 23–27.
- [4] Murat, Y.Ş. (1996). Denizli şehirçi kavşaklarındaki trafik akımlarının bilgisayarla incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.
- [5] Thomas, G.B., & Upchurch, J.E. (1998). Effect of non-optimal cycle lengths and traffic volumes on progression, *ITE Journal*, 68, 38–44.
- [6] Chang, T.H., & Lin, J.T. (2000). Optimal signal timing for an oversaturated intersection, *Transportation Research Part B: Methodological*, 34(6), 471–491.
- [7] Cheng, D., Messer, C.J., Tian, Z.Z., & Liu, J. (2003). Modification of Webster's minimum delay cycle length equation based on HCM 2000, *Paper Submitted to the Transportation Research Board for Presentation and Publication at the 2003, Annual Meeting in Washington DC*.
- [8] Lan, C.J. (2004). New optimal cycle length formulation for pretimed signals at isolated intersections, *Journal of Transportation Engineering*, 130(5), 637–647.
- [9] Cheng, D., Tian, Z.Z., & Messer, C.J. (2005). Development of an improved cycle length model over the highway capacity manual 2000 quick estimation method, *Journal of Transportation Engineering*, 131(12), 890-897.
- [10] Murat, Y.Ş. (2006). Sinyalize kavşaklardaki taşıt gecikmelerinin bulanık mantık ile modellenmesi, *Teknik Dergi*, 17(83), 3903–3916.
- [11] Han, L.D., & Li, J.M. (2007). Short or long—Which is better? Probabilistic approach to cycle length optimization, *Transportation Research Record*, 150–157.
- [12] Day, C.M., & Bullock, D.M., & Sturdevant, J. (2009). Cycle-length performance measures: revisiting and extending Fundamentals, *Transportation Research Record*, 2128(1), 48–57.
- [13] Singh, L., Tripathi, S., & Arora, H. (2009). Time optimization for traffic signal control using genetic algorithm, *International Journal of Recent Trends in Engineering*, 2(2), 4-6.
- [14] Öztürk, E., Çubuk, M., & Hatipoğlu, S. (2009). Ankara için Bir Sinyal Zamanlaması Modeli: Besevler Kavsağı Örneği, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 49–57.
- [15] Dağüstü, H.Ş. (2010). Trafik yönetiminde kavşak trafiğinin kontrolü için bir sinyal zamanlama modeli, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- [16] Ma, D., & Nakamura, H. (2010). Cycle length optimization at isolated signalized intersections from the viewpoint of emission, *Traffic and*

Transportation Studies 2010, 275–284.

- [17] Zhao, L., Peng, X., Li, L., & Li, Z. (2010). A fast signal timing algorithm for individual oversaturated intersections, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 12(1), 280–283.
- [18] Baskan, O., Haldenbilen, S. (2011). Ant colony optimization approach for optimizing traffic signal timings, *Ant colony optimization-methods and applications*, 205-220.
- [19] Al-Kubaisi, M.I. (2012). Optimum Cycle Time Prediction for Signalized Intersections at Baghdad City, *Çankaya Üniversitesi Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 9(2).
- [20] Qiao, J.G., Hu, P., & Yu, D. (2013). Optimization of Signal Timing for the Mixed Traffic Flow in Vissim Simulation Environment, *Applied Mechanics and Materials (Vol. 253, pp. 1726-1730)*, Trans Tech Publications Ltd.
- [21] Dai, L.L., Sun, Z.L., Liu, D.B., & Li, Y. (2013). An Improved Method of Traffic Control Period Division for Intersection Based on Signal Cycle Calculation, *Applied Mechanics and Materials (Vol. 253, pp. 1731-1735)*, Trans Tech Publications Ltd.
- [22] Dell’Orco, M., Baskan, O., & Marinelli, M. (2013). A Harmony Search Algorithm approach for optimizing traffic signal timings, *Promet-Traffic&Transportation*, 25(4), 349–358.
- [23] Dell’Orco, M., Başkan, Ö., & Marinelli, M. (2014). Artificial bee colony-based algorithm for optimising traffic signal timings, *Soft Computing in Industrial Applications (pp. 327-337)*, Springer, Cham.
- [24] Şimşir, F., Özkaynak, E., & Ekmekçi, D. (2013). Kavşaklarda Trafik Sinyalizasyon Sisteminin Modellemesi ve Benzetimi, *Akademik Bilişim*.
- [25] Erişkin, E. (2014). Kentiçi sinyalizasyonlu kavşakların dönen ufuklar yaklaşımı ile optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
- [26] Kavurur, A. (2015). Arterlerde trafik optimizasyonu ve bir uygulama, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
- [27] Murat, Y.Ş., & Çakıcı, Z. (2015). Sezgisel Optimizasyon Algoritmalarının Taşıt Gecikmesi Problemi Üzerine Uygulaması, *Altyapı Sempozyumu*, Trabzon.
- [28] Kamal, M., Samad, A., Imura, J., Hayakawa, T., Ohata, A., & Aihara, K. (2015). Traffic signal control of a road network using MILP in the MPC framework, *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 13(2), 107–118.
- [29] Wu, Y., Lu, J., Chen, H., & Yang, H. (2015). Development of an optimization traffic signal cycle length model for signalized intersections in China, *Mathematical Problems in Engineering*.
- [30] Zakariya, A.Y., & Rabia, S.I. (2016). Estimating the minimum delay optimal cycle length based on a time-dependent delay formula, *Alexandria Engineering Journal*, 55(3), 2509–2514.
- [31] Sabar, N.R., Chung, E., Tsubota, T., de Almeida, P.E.M. (2017). A memetic algorithm for real world multi-intersection traffic signal optimisation problems,

Engineering Applications of Artificial Intelligence, 63, 45–53.

- [32] Jovanović, A., Nikolić, M., & Teodorović, D. (2017). Area-wide urban traffic control: A Bee Colony Optimization approach., *Transp Research Part C: Emerging Technologies*, 77, 329–350.
- [33] Ahadi, S. (2019). VISSIM Yazılımı kullanılarak Mezar-ı Şerif (Afganistan) örnek çalışması içerikli kavşak gecikme analizleri, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.
- [34] Yiğit, H.İ. (2019). Koordine sinyalizasyon kavşaklarda gecikme modellemesi: Ulus Bulvarı örneği Denizli, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.
- [35] Çakıcı, Z. (2020). Sinyalizasyon kavşaklar için optimizasyon tabanlı trafik yönetim modeli, Doktora Tezi, *Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.
- [36] Karaoğlan, M.E. (2021). Koordine sinyalizasyon kavşaklarda optimizasyon, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.
- [37] Camcı, A.A. (2019). Kavşak tasarımında trafik simülasyon tekniklerinin kullanımı ve Sakarya için uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.
- [38] Tuncuk, M., & Karaşahin, M. (2005). Şehir içi eş düzey kavşak geometrilerinin ve kazalara etkilerinin incelenmesi, *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Antalya*, 470, 483.
- [39] Korkmaz, E. (2016). Yapay zekâ teknikleri kullanılarak sinyalizasyon kavşaklarda gecikme modelleri, Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale.
- [40] <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/products/ptv-vissim/use-cases/>
- [41] Barceló, J. (Ed.). (2010). *Fundamentals of traffic simulation* (Vol. 145, p. 439). New York: Springer.
- [42] Yavuz, S. (2019). Çiçek tozlaşması algoritması ile devre süresi modellerinin geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale.
- [43] Yılmaz, Ö. (2019). Yapay arı kolonisi algoritması ile devre süresi modellerinin geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale.
- [44] <https://www.myptv.com/en/mobility-software/traffic-engineering-software-ptv-vistro>
- [45] Storn, R., Price, K. (1997). Differential evolution—a simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces, *Journal of Global Optimization*, 341–359.

EKLER

EK-A Üç kollu kavşağın 900 saniyelik periyottaki performans kriterleri

Çizelge A.1. Farklı modellerin gecikme değerleri ve GH-YH sonuçları

GECİKME - 900 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	25,19	26,13	25,17	24,64	27,17	23,59	
Arama Alg.	14,02	14,33	13,94	15,44	16,86	13,70	
Vistro	17,24	18,52	17,61	19,49	22,32	17,16	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut							
Arama Alg.	11,17	11,80	11,23	9,20	10,31	9,89	10,60
Vistro	7,95	7,61	7,56	5,15	4,85	6,43	6,59
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut							
Arama Alg.	44,34	45,16	44,62	37,34	37,95	41,92	41,89
Vistro	31,56	29,12	30,04	20,90	17,85	27,26	26,12

Çizelge A.2. Farklı modellerin durma gecikmesi değerleri ve GH-YH sonuçları

DURMA GECİKMESİ - 900 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	18,25	18,89	18,37	17,58	19,49	17,17	
Arama Alg.	7,19	7,22	7,25	8,53	8,92	7,24	
Vistro	10,56	11,53	10,86	12,73	14,35	10,93	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	11,06	11,67	11,12	9,05	10,57	9,93	10,57
Vistro	7,69	7,36	7,51	4,85	5,14	6,24	6,47
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	60,60	61,78	60,53	51,48	54,23	57,83	57,74
Vistro	42,14	38,96	40,88	27,59	26,37	36,34	35,38

Çizelge A.3. Farklı modellerin kuyruk uzunluğu değerleri ve GH-YH sonuçları

KUYRUK UZUNLUĞU - 900 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	8,86	8,06	9,69	9,29	12,75	6,98	
Arama Alg.	4,50	3,77	4,55	5,28	7,28	3,71	
Vistro	5,46	5,03	5,98	7,25	10,03	4,73	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	4,36	4,29	5,14	4,01	5,47	3,27	4,42
Vistro	3,40	3,03	3,71	2,04	2,72	2,25	2,86
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	49,21	53,23	53,04	43,16	42,90	46,85	48,07
Vistro	38,37	37,59	38,29	21,96	21,33	32,23	31,63

Çizelge A.4. Farklı modellerin maks. kuyruk uz. değerleri ve GH-YH sonuçları

MAKS. KUYRUK UZUNLUĞU - 900 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	74,59	84,06	81,64	78,31	114,69	70,44	
Arama Alg.	54,59	59,09	50,67	62,15	69,67	53,30	
Vistro	53,49	54,21	50,77	58,66	96,69	45,29	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	20,00	24,97	30,97	16,16	45,02	17,14	25,71
Vistro	21,10	29,85	30,87	19,65	18,00	25,15	24,10
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	26,81	29,70	37,93	20,64	39,25	24,33	29,78
Vistro	28,29	35,51	37,81	25,09	15,69	35,70	29,68

Çizelge A.5. Farklı modellerin emisyon değerleri ve GH-YH sonuçları

EMİSYON - 900 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	503,97	399,77	551,32	559,02	635,81	420,52	
Arama Alg.	463,53	371,63	505,18	510,83	593,84	386,63	
Vistro	479,09	382,64	521,20	532,69	620,79	400,02	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	40,44	28,14	46,14	48,19	41,97	33,89	39,79
Vistro	24,88	17,13	30,12	26,33	15,03	20,50	22,33
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	8,02	7,04	8,37	8,62	6,60	8,06	7,79
Vistro	4,94	4,28	5,46	4,71	2,36	4,88	4,44

Çizelge A.6. Farklı modellerin yakıt tüketim değerleri ve GH-YH sonuçları

YAKIT TÜKETİMİ - 900 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	7,21	5,72	7,89	8,00	9,10	6,02	
Arama Alg.	6,63	5,32	7,23	7,31	8,50	5,53	
Vistro	6,85	5,47	7,46	7,62	8,88	5,72	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	0,58	0,40	0,66	0,69	0,60	0,49	0,57
Vistro	0,36	0,25	0,43	0,38	0,22	0,29	0,32
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	8,03	7,03	8,37	8,62	6,60	8,06	7,78
Vistro	4,94	4,28	5,46	4,70	2,36	4,87	4,44

EK-B Üç kollu kavşağın 3600 saniyelik periyottaki performans kriterleri

Çizelge B.1. Farklı modellerin gecikme değerleri ve GH-YH sonuçları

GECİKME - 3600 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	25,23	25,46	26,13	25,49	28,04	24,90	
Arama Alg.	14,55	14,60	15,21	15,48	18,97	14,08	
Vistro	18,00	18,30	18,65	20,21	23,07	17,59	
GH						OGH	
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	10,68	10,86	10,92	10,01	9,07	10,82	10,39
Vistro	7,23	7,16	7,48	5,28	4,97	7,31	6,57
YH						OYH	
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	42,33	42,66	41,79	39,27	32,35	43,45	40,31
Vistro	28,66	28,12	28,63	20,71	17,72	29,36	25,53

Çizelge B.2. Farklı modellerin durma gecikmesi değerleri ve GH-YH sonuçları

DURMA GECİKMESİ- 3600 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	18,09	18,15	19,01	18,32	19,92	18,15	
Arama Alg.	7,45	7,53	8,08	8,53	10,21	7,49	
Vistro	11,01	11,27	11,63	13,11	14,96	11,20	
GH						OGH	
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	10,64	10,62	10,93	9,79	9,71	10,66	10,39
Vistro	7,08	6,88	7,38	5,21	4,96	6,95	6,41
YH						OYH	
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	58,82	58,51	57,50	53,44	48,74	58,73	55,96
Vistro	39,14	37,91	38,82	28,44	24,90	38,29	34,58

Çizelge B.3. Farklı modellerin kuyruk uzunluğu değerleri ve GH-YH sonuçları

KUYRUK UZUNLUĞU- 3600 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	9,27	7,83	10,79	10,15	13,69	7,80	
Arama Alg.	4,68	3,91	5,48	5,45	8,32	3,85	
Vistro	6,13	5,23	6,95	7,67	10,84	5,12	
GH						OGH	
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	4,59	3,92	5,31	4,70	5,37	3,95	4,64
Vistro	3,14	2,60	3,84	2,48	2,85	2,68	2,93
YH						OYH	
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	49,51	50,06	49,21	46,31	39,23	50,64	47,49
Vistro	33,87	33,21	35,59	24,43	20,82	34,36	30,38

Çizelge B.4. Farklı modellerin maks. kuyruk uz. değerleri ve GH-YH sonuçları

MAKS. KUYRUK UZUNLUĞU- 3600 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	85,92	95,38	96,44	99,29	120,92	93,55	
Arama Alg.	72,48	72,15	59,61	72,08	94,27	67,72	
Vistro	74,04	62,74	71,07	80,08	109,37	64,22	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	13,44	23,23	36,83	27,21	26,65	25,83	25,53
Vistro	11,88	32,64	25,37	19,21	11,55	29,33	21,66
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	15,64	24,36	38,19	27,40	22,04	27,61	25,87
Vistro	13,83	34,22	26,31	19,35	9,55	31,35	22,43

Çizelge B.5. Farklı modellerin emisyon değerleri ve GH-YH sonuçları

EMİSYON - 3600 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	2225,95	1735,24	2467,91	2429,24	2878,18	1860,40	
Arama Alg.	2034,06	1574,16	2244,92	2210,67	2715,82	1680,86	
Vistro	2094,32	1634,11	2317,87	2318,74	2753,36	1735,76	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	191,89	161,08	222,99	218,57	162,36	179,54	189,41
Vistro	131,64	101,13	150,04	110,50	124,83	124,64	123,80
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	8,62	9,28	9,04	9,00	5,64	9,65	8,54
Vistro	5,91	5,83	6,08	4,55	4,34	6,70	5,57

Çizelge B.6. Farklı modellerin yakıt tüketim değerleri ve GH-YH sonuçları

YAKIT TÜKETİMİ - 3600 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	31,85	24,83	35,31	34,75	41,18	26,62	
Arama Alg.	29,10	22,52	32,12	31,63	38,85	24,05	
Vistro	29,96	23,38	33,16	33,17	39,39	24,83	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	2,75	2,31	3,19	3,13	2,32	2,57	2,71
Vistro	1,88	1,45	2,15	1,58	1,79	1,78	1,77
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	8,62	9,28	9,04	9,00	5,64	9,65	8,54
Vistro	5,91	5,83	6,08	4,55	4,34	6,70	5,57

EK-C Dört kollu kavşağın 900 saniyelik periyottaki performans kriterleri

Çizelge C.1. Mevcut-Önerilen modellerin gecikme, GH-YH değerleri

GECİKME - 900 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	41,89	38,88	40,67	57,99	54,24	42,13	
Arama Alg.	36,98	28,16	37,94	55,67	52,80	30,72	
Vistro	41,11	36,44	38,71	64,60	62,87	36,96	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	4,91	10,72	2,73	2,32	1,44	11,41	5,59
Vistro	0,78	2,44	1,96	-6,61	-8,63	5,17	-0,81
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	11,72	27,57	6,71	4,00	2,65	27,08	13,29
Vistro	1,86	6,28	4,82	-11,40	-15,91	12,27	-0,35

Çizelge C.2. Mevcut-Önerilen modellerin durma gecikmesi, GH-YH değerleri

DURMA GECİKMESİ - 900 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	33,27	30,62	32,50	46,54	43,13	33,93	
Arama Alg.	28,05	19,92	29,35	45,49	42,51	22,75	
Vistro	30,82	26,70	29,58	49,62	48,76	27,45	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	5,22	10,70	3,15	1,05	0,62	11,18	5,32
Vistro	2,45	3,92	2,92	-3,08	-5,63	6,48	1,18
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	15,69	34,94	9,69	2,26	1,44	32,95	16,16
Vistro	7,36	12,80	8,98	-6,62	-13,05	19,10	4,76

Çizelge C.3. Mevcut-Önerilen modellerin kuyruk uzunluğu, GH-YH değerleri

KUYRUK UZUNLUĞU - 900 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	22,43	16,10	21,70	45,17	42,17	20,29	
Arama Alg.	19,70	10,21	19,99	41,05	39,01	13,62	
Vistro	24,46	15,64	20,21	57,97	53,10	17,11	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	2,73	5,89	1,71	4,12	3,16	6,67	4,05
Vistro	-2,03	0,46	1,49	-12,80	-10,93	3,18	-3,44
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	12,17	36,58	7,88	9,12	7,49	32,87	17,69
Vistro	-9,05	2,86	6,87	-28,34	-25,92	15,67	-6,32

Çizelge C.4. Mevcut-Önerilen modellerin maks. kuyruk uz. ve GH-YH değerleri

MAKS. KUYRUK UZUNLUĞU - 900 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	124,64	126,51	123,58	222,42	210,45	121,07	
Arama Alg.	119,31	89,76	102,67	201,97	206,19	92,66	
Vistro	167,76	117,43	131,22	280,97	269,05	117,30	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	5,33	36,75	20,91	20,45	4,26	28,41	19,35
Vistro	-43,12	9,08	-7,64	-58,55	-58,60	3,77	-25,84
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	4,28	29,05	16,92	9,19	2,02	23,47	14,15
Vistro	-34,60	7,18	-6,18	-26,32	-27,85	3,11	-14,11

Çizelge C.5. Mevcut-Önerilen modellerin emisyon, GH-YH değerleri

EMİSYON - 900 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	560,19	405,71	545,92	771,61	706,75	475,65	
Arama Alg.	545,38	367,82	531,39	737,51	680,67	430,12	
Vistro	563,05	412,68	540,03	808,46	783,09	481,99	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	14,81	37,89	14,54	34,10	26,08	45,53	28,82
Vistro	-2,86	-6,97	5,89	-36,85	-76,33	-6,34	-20,58
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	2,64	9,34	2,66	4,42	3,69	9,57	5,39
Vistro	-0,51	-1,72	1,08	-4,78	-10,80	-1,33	-3,01

Çizelge C.6. Mevcut-Önerilen modellerin yakıt tüketimi, GH-YH değerleri

YAKIT TÜKETİMİ - 900 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	8,01	5,80	7,81	11,04	10,11	6,81	
Arama Alg.	7,80	5,26	7,60	10,55	9,74	6,15	
Vistro	8,06	5,90	7,73	11,57	11,20	6,90	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	0,21	0,54	0,21	0,49	0,37	0,65	0,41
Vistro	-0,04	-0,10	0,08	-0,53	-1,09	-0,09	-0,29
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	2,65	9,34	2,66	4,42	3,69	9,58	5,39
Vistro	-0,51	-1,72	1,08	-4,77	-10,80	-1,32	-3,01

EK-D Dört kollu kavşağın 3600 saniyelik periyottaki performans kriterleri

Çizelge D.1. Mevcut-Önerilen modellerin gecikme, GH-YH değerleri

GECİKME - 3600 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	43,64	40,22	43,89	78,24	72,40	42,22	
Arama Alg.	38,07	28,55	40,60	69,59	65,77	32,69	
Vistro	56,94	38,47	43,67	123,39	103,62	39,46	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	5,57	11,67	3,29	8,65	6,63	9,53	7,56
Vistro	-13,30	1,75	0,22	-45,15	-31,22	2,76	-14,16
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	12,76	29,02	7,50	11,06	9,16	22,57	15,34
Vistro	-30,48	4,35	0,50	-57,71	-43,12	6,54	-19,99

Çizelge D.2. Mevcut-Önerilen modellerin durma gecikmesi, GH-YH değerleri

DURMA GECİKMESİ- 3600 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	34,63	31,86	34,98	63,79	58,49	33,72	
Arama Alg.	28,81	20,07	31,49	57,23	53,43	24,13	
Vistro	43,33	28,29	33,44	96,20	82,42	29,26	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	5,82	11,79	3,49	6,56	5,06	9,59	7,05
Vistro	-8,70	3,57	1,54	-32,41	-23,93	4,46	-9,25
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	16,81	37,01	9,98	10,28	8,65	28,44	18,53
Vistro	-25,12	11,21	4,40	-50,81	-40,91	13,23	-14,67

Çizelge D.3. Mevcut-Önerilen modellerin kuyruk uzunluğu, GH-YH değerleri

KUYRUK UZUNLUĞU- 3600 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	25,27	16,49	24,98	69,01	63,92	20,98	
Arama Alg.	21,21	10,72	22,54	60,71	55,94	15,31	
Vistro	37,96	16,67	25,08	122,40	95,36	19,83	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	4,06	5,77	2,44	8,30	7,98	5,67	5,70
Vistro	-12,69	-0,18	-0,10	-53,39	-31,44	1,15	-16,11
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	16,07	34,99	9,77	12,03	12,48	27,03	18,73
Vistro	-50,22	-1,09	-0,40	-77,37	-49,19	5,48	-28,80

Çizelge D.4. Mevcut-Önerilen modellerin maks. kuyruk uz. ve GH-YH değerleri

MAKS. KUYRUK UZUNLUĞU- 3600 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	191,31	147,72	174,66	292,93	315,62	149,87	
Arama Alg.	157,62	121,19	146,38	358,86	307,81	127,50	
Vistro	271,03	163,66	197,67	395,56	338,55	171,29	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	33,69	26,53	28,28	-65,93	7,81	22,37	8,79
Vistro	-79,72	-15,94	-23,01	-102,63	-22,93	-21,42	-44,28
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	17,61	17,96	16,19	-22,51	2,47	14,93	7,78
Vistro	-41,67	-10,79	-13,17	-35,04	-7,27	-14,29	-20,37

Çizelge D.5. Mevcut-Önerilen modellerin emisyon, GH-YH değerleri

EMİSYON - 3600 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	2503,69	1764,60	2475,61	4064,24	3769,37	2097,89	
Arama Alg.	2423,39	1613,26	2439,76	3848,63	3526,89	1938,12	
Vistro	3032,13	1829,88	2557,13	5903,31	4833,85	2155,30	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	80,30	151,35	35,86	215,61	242,48	159,77	147,56
Vistro	-528,44	-65,28	-81,51	-1839,07	-1064,48	-57,41	-606,03
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	3,21	8,58	1,45	5,31	6,43	7,62	5,43
Vistro	-21,11	-3,70	-3,29	-45,25	-28,24	-2,74	-17,39

Çizelge D.6. Mevcut-Önerilen modellerin yakıt tüketim, GH-YH değerleri

YAKIT TÜKETİMİ - 3600 Saniye							
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Mevcut	35,82	25,25	35,42	58,14	53,93	30,01	
Arama Alg.	34,67	23,08	34,90	55,06	50,46	27,73	
Vistro	43,38	26,18	36,58	84,45	69,15	30,83	
GH							OGH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	1,15	2,17	0,51	3,09	3,47	2,29	2,11
Vistro	-7,56	-0,93	-1,17	-26,31	-15,23	-0,82	-8,67
YH							OYH
	Hepsi Birlikte	Sabah	Öğle	Akşam	Hafta İçi	Hafta Sonu	
Arama Alg.	3,21	8,58	1,45	5,31	6,43	7,62	5,43
Vistro	-21,11	-3,70	-3,30	-45,25	-28,24	-2,74	-17,39

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Rıdvan Cömert

Doğum Tarihi :

Yabancı Dil :

Eğitim Durumu :

Lisans : Kırıkkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği

Yüksek Lisans :

Çalıştığı Kurum ve Yıl :

Yayımları (SCI) :

Yayımları (Diğer) : Cömert, R., Korkmaz, E., "Sinyalize Kavşaklarda Devre Süresinin Etkisinin Simülasyon Tekniği ile İncelenmesi: Kırıkkale Örneği " 9. Uluslararası Bilimsel Çalışmalar Kongresi (UBCAK), Türkiye

Araştırma Alanları : Trafik Mühendisliği, Sinyalizasyon, Ulaştırma

