

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SİNYALİZASYONSUZ KAVŞAKLARDA BOŞLUK VERİLERİNİN
ANALİZİ VE YORUMLANMASI**

Mervegöl UYSAL

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Meltem SAPLIOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2014**

© 2014 [Mervegöl UYSAL]

TEZ ONAYI

Mervegöl UYSAL tarafından hazırlanan "**Sinyalizasyonsuz Kavşaklarda Boşluk Verilerinin Analizi ve Yorumlanması**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Meltem SAPLIOĞLU

Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN

İstanbul Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mehmet SALTAN

Süleyman Demirel Üniversitesi

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Ahmet ŞAHİNER

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Mervegöl UYSAL



İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-----|
| İÇİNDEKİLER..... | i |
| ÖZET..... | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| TEŞEKKÜR..... | vi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | vii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | ix |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ..... | xi |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ..... | 5 |
| 2.1. Kavşakların Genel Tanımı, Sınıflandırılması ve Kontrol Sistemleri..... | 5 |
| 2.1.1. Eşdüzey Kavşaklar..... | 5 |
| 2.1.2. Eşdüzey Kavşak Geometrileri ve Tasarımda Gerekli Parametreler..... | 8 |
| 2.1.3. Eşdüzey Kavşak İşletmesi ve Karşılaşılan Problemler..... | 10 |
| 2.2.Boşluk Teoremi ve Değişkenleri..... | 12 |
| 2.2.1. Boşluk Kabulüne Etki Eden Faktörler..... | 14 |
| 2.2.2. Kavşak-Anayol Akım Yaklaşımında Boşluk Dağılımı ve Kavşak Etkileşimi..... | 17 |
| 3. TRAFİK AKIMLARININ MODELLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER..... | 20 |
| 3.1. Normal Dağılım..... | 23 |
| 3.2. Poisson Dağılımı..... | 24 |
| 3.3. Negatif Üssel Dağılım..... | 24 |
| 3.4. Ötelenmiş (Kaydırılmış) Negatif Üssel Dağılım..... | 26 |
| 3.4.1. Parametre Tahmini..... | 27 |
| 3.4.1.1. Momentler Metodu..... | 28 |
| 3.4.1.2. Maksimum Olabilirlik Yöntemi..... | 29 |
| 3.5. Lognormal Dağılım..... | 30 |
| 3.6. Gamma Dağılımı..... | 32 |
| 3.6.1. Parametre Tahmini..... | 33 |
| 3.6.1.1. Momentler Yöntemi..... | 33 |
| 3.6.1.2. Geliştirilmiş Momentler Yöntemi..... | 34 |
| 3.7. Cowan M3 Dağılımı..... | 35 |

| | |
|---|----|
| 3.7.1. Cowan M3 Dağılımının Parametrelerinin İncelenmesi..... | 38 |
| 3.7.1.1. Minimum Boşluk Değeri (Δ)..... | 38 |
| 3.7.1.2. Serbest Araç Oranı (\emptyset)..... | 39 |
| 3.7.1.3. ' λ ' Parametresi | 41 |
| 3.7.2. Parametre Tahmini | 42 |
| 3.7.2.1. Momentler Metodu..... | 42 |
| 3.7.2.2. En Küçük Kareler Metodu | 43 |
| 3.7.2.3. Maksimum Olabilirlik Metodu..... | 44 |
| 4.UYGUNLUK TESTLERİ..... | 45 |
| 4.1. Ki - Kare Uyum İyiliği Testi | 45 |
| 4.2. Kolmogorov- Smirnov Uyum İyiliği Testi..... | 46 |
| 4.2.1. Tek Örnek Testi İçin Kolmogorov-Smirnov Testi | 47 |
| 5.İNCELENEN KAVŞAKLARIN TANITILMASI VE ARAŞTIRMA BULGULARI..... | 49 |
| 5.1. Kavşakların Tanımlanması ve Anayol Akımlarının İncelenmesi..... | 50 |
| 5.1.1. İyaş Kavşağı | 50 |
| 5.1.2. DSİ Kavşağı | 55 |
| 5.1.3. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı | 59 |
| 5.1.4. Halıkent Kavşağı | 62 |
| 5.2. Basit İstatistiksel Parametrelerin Yorumlanması..... | 65 |
| 5.3. Kavşak Yaklaşımındaki Anayol Boşluk Zaman Verilerinin İstatistiksel Dağılımlarla İncelenmesi | 66 |
| 5.4. Uyum İyiliği Testleri Ve Sonuçları..... | 71 |
| 5.4.1. Cowan M3 Dağılımı İçin Uyum İyiliği Testlerinin Sonuçları | 72 |
| 5.4.2. Gamma Dağılımı İçin Uyum İyiliği Testlerinin Sonuçları | 74 |
| 5.4.3. Lognormal Dağılımı İçin Uyum İyiliği Testlerinin Sonuçları..... | 77 |
| 5.4.4. Negatif Üssel Dağılım İçin Uyum İyiliği Testlerinin Sonuçları..... | 79 |
| 5.4.5. Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım İçin Uyum İyiliği Testlerinin Sonuçları..... | 81 |
| 6.SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 84 |
| 7.KAYNAKLAR..... | 86 |
| EKLER..... | 90 |
| EK A. İyaş Kavşağı İstatistiksel Dağılım Grafikleri..... | 90 |

| | |
|---|-----|
| EK B. DSİ Kavşığı İstatistiksel Dağılım Grafikleri | 90 |
| EK C. Eski Güzel Sanatlar Kavşığı İstatistiksel Dağılım Grafikleri..... | 90 |
| EK D. Halıkent Kavşığı İstatistiksel Dağılım Grafikleri | 90 |
| EK A. İyaş Kavşığı İstatistiksel Dağılım Grafikleri..... | 91 |
| EK B. DSİ Kavşığı İstatistiksel Dağılım Grafikleri..... | 99 |
| EK C. Eski Güzel Sanatlar Kavşığı İstatistiksel Dağılım Grafikleri..... | 103 |
| EK D. Halıkent Kavşığı İstatistiksel Dağılım Grafikleri..... | 109 |
| ÖZGEÇMİŞ | 114 |

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SİNYALİZASYONSUZ KAVŞAKLARDA BOŞLUK VERİLERİNİN ANALİZİ VE YORUMLANMASI

Mervegül UYSAL

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Meltem SAPLIOĞLU

Denetimsiz kavşakların kapasitesinin hesaplanmasında, kavşak işletim sistemleri ve trafik güvenliği incelemelerinde araçlar arasındaki boşlukların dağılımlarının mikro ölçekte incelenmesi gereklidir.

Bu tez çalışmasında Isparta İli şehir merkezinde seçilen dört adet sinyalizasyonsuz üç kollu eşdüzey kavşak incelenmiştir. Kavşaklardan geçen araçlar arasındaki zaman cinsinden boşluklar ve kavşaklarla ilgili diğer veriler ölçülerek elde edilmiştir.

Ana yol akımındaki zaman cinsinden boşlukları değerlendirebilmek için Negatif Üssel, Ötelenmiş Negatif Üssel, Lognormal, Gama ve Cowan M3 dağılımları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre seçilen kavşaklarda, araçlar arasındaki zaman cinsinden aralık değerlerini en iyi temsil eden dağılım belirlenmeye çalışılmıştır. İncelenen dağılımlardan en başarılı sonuçlar veren dağılımların üssel dağılımlar olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kavşak akımı, Sinyalizasyonsuz kavşaklar, İstatistiksel Dağılımlar, Zaman cinsinden boşluk, Üssel dağılımlar, Trafik akım modellemesi.

2014, 114 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INTERPRETION AND ANALYSIS TIME HEADWAY DATA AT UNSIGNALIZED INTERSECTIONS

Mervegöl UYSAL

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Meltem SAPLIOĞLU

In a traffic flow, in terms of traffic safety analysis and intersections facility systems, the arrangement of the the signalized intersections, the estimation of the capacity of unsignalized intersections, analyzing the time headway distribution is very important.

In this study, as a result of the observations made in the city called Isparta, four intersections have been chosen at very important points.

Distribution of headways at these intersections are evaluated for each lane. To evaluate the time headway distribution, negative exponential, shifted negative exponential, lognormal, gamma and cowan M3 distributions have been used.

According to these results, the best statistically distribution for the time headways at these unsignalized intersections is tried to find. Exponential distributions are found to be the best statistically distributions than the others for time headways.

Keywords: Traffic Flow Modelling, Unsignalized Intersections, Statistically Distributions, Time Headway, Exponential Distributions

2014, 114 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Meltem SAPLIOĞLU'na teőekkürlerimi sunarım. Bu tez çalışmasında değerli fikirleri ile bana yardımcı olan Hocam Yrd. Doç. Dr Kemal SAPLIOĞLU'na teşekkür ederim.

Bu süre içerisinde benden desteklerini esirgemeyen, beni yalnız bırakmayan sevgili aileme ve eşim İnş. Müh. Onur UYSAL'a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

YP birimine teőekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---|-----|
| Şekil 1.1 Akış Şeması..... | 4 |
| Şekil 2.1 Dönel Kavşak | 7 |
| Şekil 2.2 Kabul Edilebilir Boşluk..... | 12 |
| Şekil 3.1. Araç Yörüngelerinin Zaman- Boşluk Diyagramı..... | 21 |
| Şekil 3.2 Negatif Üssel ve Kaydırılmış Negatif Üssel Dağılımlar | 27 |
| Şekil 3.3 Taşıtlar Arasındaki Aralıklara Uygun Akımlar | 31 |
| Şekil 5.1. İyaş Kavşağı..... | 51 |
| Şekil 5.2. İyaş Kavşağı Autocad Çizimi..... | 51 |
| Şekil 5.3. DSİ Kavşağı | 55 |
| Şekil 5.4. DSİ Kavşağı Autocad Çizimi..... | 56 |
| Şekil 5.5. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı..... | 59 |
| Şekil 5.6. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Autocad Çizimi..... | 60 |
| Şekil 5.7. Halıkent Kavşağı | 62 |
| Şekil 5.8. Halıkent Kavşağı Autocad Çizimi | 63 |
| Şekil A.1. İyaş Kavşağı Sağ Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği | 91 |
| Şekil A.2. İyaş Kavşağı Sağ Şerit Gama Dağılım Grafiği..... | 91 |
| Şekil A.3. İyaş Kavşağı Sağ Şerit Lognormal Dağılım Grafiği | 92 |
| Şekil A.4. İyaş Kavşağı Sağ Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği..... | 92 |
| Şekil A.5. İyaş Kavşağı Sağ Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği..... | 93 |
| Şekil A.6. İyaş Kavşağı Orta Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği..... | 93 |
| Şekil A.7. İyaş Kavşağı Orta Şerit Gama Dağılım Grafiği..... | 94 |
| Şekil A.8. İyaş Kavşağı Orta Şerit Lognormal Dağılım Grafiği | 94 |
| Şekil A.9. İyaş Kavşağı Orta Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği..... | 95 |
| Şekil A.10. İyaş Kavşağı Orta Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği | 95 |
| Şekil A.11. İyaş Kavşağı Sol Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği | 96 |
| Şekil A.12. İyaş Kavşağı Sol Şerit Gama Dağılım Grafiği..... | 96 |
| Şekil A.13. İyaş Kavşağı Sol Şerit Lognormal Dağılım Grafiği..... | 97 |
| Şekil A.14. İyaş Kavşağı Sol Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği | 97 |
| Şekil A.15. İyaş Kavşağı Sol Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği | 98 |
| Şekil B.1.DSİ Kavşağı Sağ Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği..... | 99 |
| Şekil B.2.DSİ Kavşağı Sağ Şerit Gama Dağılım Grafiği | 99 |
| Şekil B.3.DSİ Kavşağı Sağ Şerit Lognormal Dağılım Grafiği..... | 100 |
| Şekil B.4. DSİ Kavşağı Sağ Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği | 100 |
| Şekil B.5. DSİ Kavşağı Sağ Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği..... | 101 |
| Şekil B.6. DSİ Kavşağı Sol Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği | 101 |
| Şekil B.7. DSİ Kavşağı Sol Şerit Gama Dağılım Grafiği..... | 102 |
| Şekil B.8. DSİ Kavşağı Sol Şerit Lognormal Dağılım Grafiği..... | 102 |
| Şekil B.9. DSİ Kavşağı Sol Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği..... | 103 |
| Şekil B.10. DSİ Kavşağı Sol Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği..... | 103 |
| Şekil C.1.Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sağ Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği..... | 104 |

| | |
|---|-----|
| Şekil C.2. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sağ Şerit Gama Dağılım Grafiği..... | 104 |
| Şekil C.3. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sağ Şerit Lognormal Dağılım Grafiği..... | 105 |
| Şekil C.4. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sağ Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği. | 105 |
| Şekil C.5. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sağ Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği..... | 106 |
| Şekil C.6. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sol Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği | 106 |
| Şekil C.7. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sol Şerit Gama Dağılım Grafiği..... | 107 |
| Şekil C.8. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sol Şerit Lognormal Dağılım Grafiği..... | 107 |
| Şekil .C.9. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sol Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği. | 108 |
| Şekil C.10. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sol Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği | 108 |
| Şekil D.1. Halıkent Kavşağı Sağ Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği..... | 109 |
| Şekil D.2. Halıkent Kavşağı Sağ Şerit Gama Dağılım Grafiği..... | 109 |
| Şekil D.3. Halıkent Kavşağı Sağ Şerit Lognormal Dağılım Grafiği..... | 110 |
| Şekil D.4. Halıkent Kavşağı Sağ Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği | 110 |
| Şekil D.5. Halıkent Kavşağı Sağ Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği. | 111 |
| Şekil D.6. Halıkent Kavşağı Sol Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği..... | 111 |
| Şekil D.7. Halıkent Kavşağı Sol Şerit Gama Dağılım Grafiği..... | 112 |
| Şekil D.8. Halıkent Kavşağı Sol Şerit Lognormal Dağılım Grafiği..... | 112 |
| Şekil D.9. Halıkent Kavşağı Sol Şerit Negatif Üssel Dağılım Dağılım Grafiği..... | 113 |
| Şekil D.10. Halıkent Kavşağı Sol Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği | 113 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Çizelge 3.1. Trafik akımı içindeki serbest araç oranının belirlenmesi için kullanılan parametreler | 40 |
| Çizelge 5.1. İyaş Kavşağı İstatistiksel Verileri | 52 |
| Çizelge 5.2. İyaş Kavşağı 1 saatlik Araç Sayımları..... | 54 |
| Çizelge 5.3. DSİ Kavşağı İstatistiksel Parametreleri | 56 |
| Çizelge 5.4. DSİ Kavşağı 1 Saatlik Araç Sayımları..... | 57 |
| Çizelge 5.5. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı İstatistiksel Parametreleri | 61 |
| Çizelge 5.6. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı 1 Saatlik Araç Sayımları | 61 |
| Çizelge 5.7. Halıkent Kavşağı İstatistiksel Parametreleri | 64 |
| Çizelge 5.8. Halıkent Kavşağı 1 Saatlik Araç Sayımlar | 64 |
| Çizelge 5.9. Boşluk Verilerinin İstatistiksel Parametreleri | 67 |
| Çizelge 5.10. İstatistiksel Dağılımlar İçin Hesaplanan Parametreler..... | 69 |
| Çizelge 5.11. Cowan M3 Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 72 |
| Çizelge 5.12. Cowan M3 Dağılımı Kuyruk Akımı için Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 73 |
| Çizelge 5.13. Cowan M3 Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 73 |
| Çizelge 5.14. Cowan M3 Dağılımı Kuyruk Akımı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 74 |
| Çizelge 5.16. Gama Dağılımı Kuyruk Akımı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 75 |
| Çizelge 5.17. Gama Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 76 |
| Çizelge 5.18. Gama Dağılımı Kuyruk Akımı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 76 |
| Çizelge 5.19. Lognormal Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 77 |
| Çizelge 5.20. Lognormal Dağılımı Kuyruk Akımı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 77 |
| Çizelge 5.21. Lognormal Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 78 |
| Çizelge 5.22. Lognormal Dağılımı Kuyruk Akımı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 78 |
| Çizelge 5.23. Negatif Üssel Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 79 |
| Çizelge 5.24. Negatif Üssel Dağılımı Kuyruk Akımı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 79 |
| Çizelge 5.25. Negatif Üssel Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 80 |

| | |
|--|----|
| Çizelge 5.26. Negatif Üssel Dağılımı Kuyruk Akımı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 80 |
| Çizelge 5.27. Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 81 |
| Çizelge 5.28. Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılımı Kuyruk Akımı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 81 |
| Çizelge 5.29. Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 82 |
| Çizelge 5.30. Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılımı Kuyruk Akımı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları..... | 82 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|-------------------|---|
| D | Kolmogorov-Smirnov İstatistiği |
| $F_D(.)$ | K-S dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu |
| fg_i | Gözlenen tekrar sayısı |
| fk_i | Olasılık bağıntısından hesaplanan kuramsal tekrar sayısı |
| $F(x)$ | t süresinde x taşıt geçme olasılığı |
| K-S | Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testi |
| n | Örnek büyüklüğü |
| p | Önem olasılığı |
| $\mathbb{P}\{A\}$ | Bir A olayının olasılığı |
| s | Verilerin standart sapması |
| s^2 | Verilerin varyansı |
| t | Zaman cinsinden aralık değeri |
| u | Serbest hareket eden araçlar |
| v | Birbirini takip eden ve grup halinde hareket eden araçlar |
| q | Tüm şeritlerdeki toplam geliş akım (Araç/sn) |
| α | Şekil parametresi (Gama dağılımı için) |
| α_3 | Verilerin çarpıklığı |
| β | Ölçüm parametresi (Gama dağılımı için) |
| θ | Ölçüm parametresi (ötelenmiş negatif üssel dağılım için) |
| τ | Konum parametresi |
| λ | t süresinde geçen ortalama taşıt |
| λ | Düzeltilme katsayısı (CowanM3 dağılımı için) |
| $\Gamma(\alpha)$ | Gama fonksiyonu |
| \emptyset | Serbest hareket eden araç boşluk oranı |
| Δ | Birbirini takip eden araçlar arasındaki minimum boşluk |
| Q_c | Akım oranı (araç/saat) |
| $x_i(\omega)$ | ω . zamandaki i. aracın pozisyonu |
| $x_j(\omega)$ | ω . zamandaki j. aracın pozisyonu |
| X^2 | Ki - Kare uyum iyiliği testi |
| ω | Zaman |

1. GİRİŞ

Günümüzde nüfus artışına paralel olarak araç sayısı da artmakta, artan araç sayısının şehir içinde çeşitli problemlere sebep olduğu yaygın olarak bilinmektedir. Özellikle kavşaklarda oluşan uzun kuyruklar ve araç gecikme sürelerinin artışı yol kullanıcılarını ve çevreyi olumsuz olarak etkilemektedir. Artan araç trafiği mevcut trafik sorunlarının daha hızlı çözülmesi konusunda önemli bir baskı oluşturmaktadır. Bu baskı ile birlikte yapılan yanlış uygulamalar ne yazık ki şehir içi trafik problemlerinin içinden çıkılmaz durumlara sokmaktadır. Kavşak ve yol iyileştirmeleri için gereken parametrelerin detaylı şekilde analiz edilmemesi, uygulamada geometrik standartların birçoğunun göz ardı edilmesi, yeterli alan çalışmalarının yapılmayışı ve anlık geçici veya noktasal çözümler trafik içerisinde meydana gelen bu karmaşayı gün geçtikçe artırmaktadır. Artan bu karmaşa hava ve gürültü kirliliğine, sürücü ve yayalar üzerinde psikolojik sıkıntılara ve bununla birlikte artan kaza sayısı ile maddi manevi zararlara yol açmaktadır.

Karayolu ulaştırma sisteminin alt yapısını farklı doğrultudaki yol ağları oluşturur. Bu yolların kesişmesi ile oluşan ortak alanlar farklı noktalardaki trafik akımlarının girişim noktalarıdır. Bu alanlara genel olarak 'kavşak' adı verilir. Şehir içi yol ağlarında bulunan kavşak noktaları çatışma alanları olduğu için bu noktalarda güvenlik azalmakta ve kaza olasılıkları artmaktadır (Gedizlioğlu, 1979). Ülkemizde şehir içinde meydana gelen kazaların yarısından fazlası kavşaklarda meydana gelmektedir (Saplıoğlu, 2010). Farklı sürücülerin kavşak içerisinde manevra yaparken, farklı giriş aralıklarını kabul etmesi, buna göre aracını ve hızlarını yönlendirmesinin kavşaklara bağlanan ana ve tali yolların kapasitesi üzerindeki etkisi göz ardı edilemeyecek kadar büyüktür.

Aynı kavşakta farklı sürücülerin kavşağa giriş için kabul ettikleri aralıkların farklı uzunlukta olması doğaldır. Aynı sürücünün farklı kavşaklarda farklı uzunluktaki aralıklara girmesi de doğal karşılanabilir. Fakat araştırmalarda aynı sürücünün aynı kavşakta kısa zaman farkları ile girdiği aralıkların birbirinden farklı uzunlukta olduğu da görülmüştür (Ashwort ve Bottom, 1977).

Birbiri ardına gelen kavşak kollarında trafik akımları kavşakların geometrik özelliklerine ve işletme özelliklerine bağlı olarak önemli değişiklikler göstermektedir. Bu nedenle kavşak yaklaşımında araçlar arası boşluk değerlendirmeleri oldukça karmaşıktır. Fakat kavşak işletmesi için ve kapasite incelemeleri açısından boşluk kabulleri ve kavşağa yaklaşan araçlar arasındaki boşlukların dağılımlarının incelenmesi oldukça büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle son yıllarda konu ile ilgili yapılan çalışmalarda verilen önem ve hassasiyet artmıştır.

Boşluk kabul çalışmaları yapılırken çalışmaların yapılacağı kavşaklar ve özellikleri de oldukça iyi tespit edilmelidir. Çünkü Saplıoğlu ve Karaşahin (2010) yaptıkları çalışmada, araçlar arası zaman cinsinden boşlukların kavşak geometrisinden, yaklaşma hızından ve anayol akım dağılımından önemli ölçüde etkilendiğini göstermişlerdir.

İki yönlü dur kontrollü kavşakların kapasitesi, ağırlıklı olarak İngiliz araştırma sonuçlarına göre uygulanan ya da boşluk kabul süreci denilen amprik regresyon metodu ile analiz edilir (Kimber and Coombe, 1980). Dünyanın geriye kalan Amerika gibi bir çok ülkesi tarafından bu yöntem kullanılmıştır (Brilon vd., 1994). Bir genel araştırma için HCM (Highway Capacity Manuel) prosedürleri Kyte ve arkadaşları tarafından (1994) gerçekleştirilmiştir. İsviçre ve Almanya gibi diğer ülkeler ayrıca kendi kapasite el kitaplarını kullanmaktadır. Bu yüzden dünyada dur kontrollü kavşakların analizi için boşluk kabul teorisinin incelenmesinin gerekli bir anlayış olduğunu söylemek doğrudur (Brilion, 2002). Bu nedenle, sürücü davranışları ve çevresel koşulların etkisi ile boşluk davranışlarının her kavşak için mikro düzeyde incelenmesi, ileride yapılacak kapasite hesapları ve simülasyonlar için gerekli bir prosedürdür.

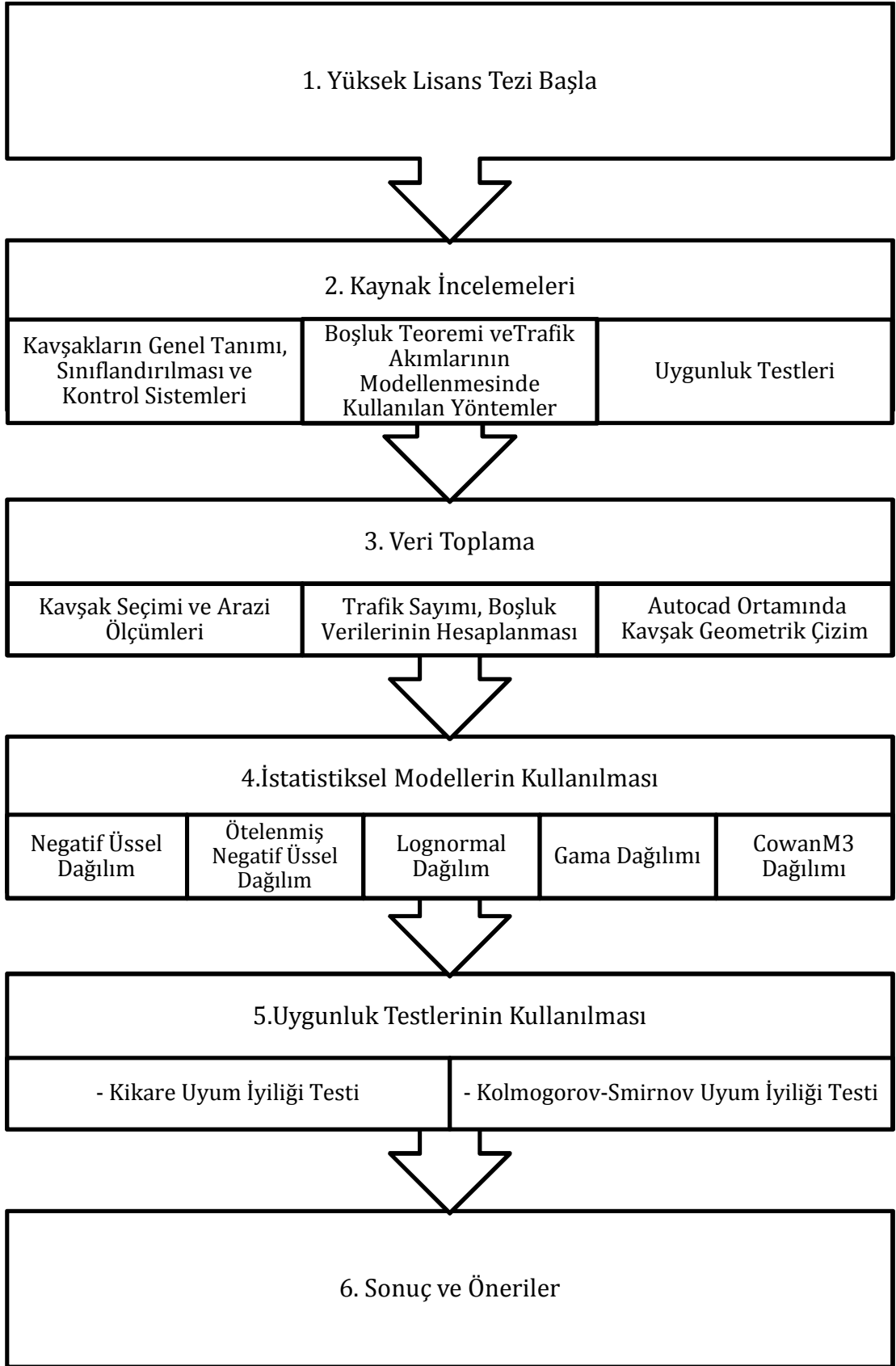
Sinyalizasyonsuz kavşak yaklaşımında trafik akımlarının kapasitesinin tahmini, dönel kavşak giriş akımları ve sinyalizasyonlu kavşaklardaki dönüşler için varış boşluklarının dağılımlarının tahmini boşluk kabul süreçlerini modellemek için temel ilkedir.

Kavşak yaklaşımında boşluk dağılımlarının doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi için bu noktalarda veri ölçümü ve arazi çalışmalarının yeterli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Günümüzde trafik ile ilgili bir çalışma yapılırken ne yazık ki noktasal incelemelerde bulunmaktadır. Oysaki bir kavşak noktası incelenirken kavşağa bağlanacak kollara gelen akımın dağılımı, bu kollarin kapasitesi, incelenen kavşak noktasından önceki ve sonraki kavşakların durumu, kavşakların geometrik özellikleri, yol yapısı gibi parametrelerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Kavşak kollarındaki hacim verilerinin ve akım verilerinin belirli zaman aralıkları ile güncellenmesinin gerekliliği de açıktır.

Bu çalışmanın amacı, şehir içi üç kollu sinyalizasyonsuz kavşaklara yaklaşan trafik akımlarının karakteristiklerini modellemek, elde edilen verileri istatistiksel yöntemlerle değerlendirmek ve akım verilerini en iyi temsil eden istatistiksel dağılımı bulmaktır. Kavşaklarda verilerin tanımlanması ve uygulaması kolay, dağılımların tespit edilmesi uzun ve zor bir süreçtir. Çünkü her kavşak farklı fiziksel özelliğe, farklı akımlara sahiptir. Her kavşağın öncesinde yakın veya uzak farklı işletme koşullarına sahip sinyal kontrollü veya kontrolsüz kavşaklar mevcuttur. Çalışmamızda tartışılan bu ve benzeri durumlar kavşak yaklaşımındaki akımların davranışını önemli ölçüde etkilemekte; farklı kavşaklar için farklı istatistiksel dağılımlar gerekli olmaktadır. Her kavşak ayrı ayrı mikro ölçekte modellenip değerlendirilmiştir.

Çalışmada Cowan tarafından geliştirilmiş olan ve dünyada özellikle dönel kavşakta dönen akımların arasında zaman cinsinden aralıkların tanımlanmasında kullanılan yöntem, çalışmamızda üç kollu sinyal kontrolsüz kavşak kollarında, yaklaşan akımların tanımlanması için kullanılmış ve diğer istatistiksel dağılımlarla karşılaştırılmıştır.

Tez çalışmasında çalışmada akış şemasında da verildiği gibi, veri toplanması, model tanımlanması, parametre tahmini ve uyum iyiliği testleri anlatılmıştır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Akış Şeması

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Çalışmada akım incelemelerinin daha iyi yorumlanabilmesi açısından ilk olarak eşdüzey kavşak geometrileri ve işletme şekilleri incelenmiştir. Daha sonra kavşak yaklaşım kollarındaki akım koşulları ve boşluk kabulleri ile akım dağılımında kullanılan yöntemler üzerine kaynak taraması gerçekleştirilmiştir.

2.1. Kavşakların Genel Tanımı, Sınıflandırılması ve Kontrol Sistemleri

Kavşaklar birden fazla yönden gelen trafik akımlarının kesiştiği, ayrıldığı, birleştiği ve örüldüğü alanlardır. Bu hareketler aynı düzlemde olursa eşdüzey veya hemzemin farklı düzlemlerde olursa alt- üst geçitli veya köprülü kavşaklar adı verilir (Tuncuk ve Karaşahin, 2005).

Türkiye’de yaygın olarak kullanılan kavşak tipi hemzemin kavşaklardır. Kavşaklar kazaların çok olduğu yol elemanlarından biridir. Düşük ve orta yoğunluklu yollarda genellikle sinyalizasyonsuz eşdüzey kavşak tasarımı tercih edilir. AASHTO’ya göre, bu tip yollar yüksek hızlı seyahate ve düşük geometriye sahiptir. Sinyalizasyonsuz kavşaklar, anayoldaki hareketlilik, aynı yönde duran ve yavaş hareket eden araçlarla devam edenler arasında hız farkının çok olması, kollardan gelen akımların çakışma noktasının fazla olması nedenleriyle de sinyalizasyonlu kavşaklardan daha tehlikeli durumlar arzedebilir (Tuncuk ve Karaşahin, 2005).

2.1.1. Eşdüzey Kavşaklar

İstatistiklere göre hemen her ülkede, kent içi ve kırsal yollarda, trafik kazalarının %40-%60’ı birden fazla yolun birleşmeleri veya kesişmeleri ile oluşan bu eşdüzey kavşaklarda meydana gelmektedir. Diğer yandan, özellikle kent içi ulaşımında, gecikmelerin %70’den fazlasının yine bu kavşaklardaki duraklamalardan ileri geldiği gözlemlerle ortaya çıkmıştır. Bu iki husus yol ve trafik mühendisliğinde eşdüzey kavşaklara özel önem verilmesinin başlıca sebepleridir (Yayla, 2004).

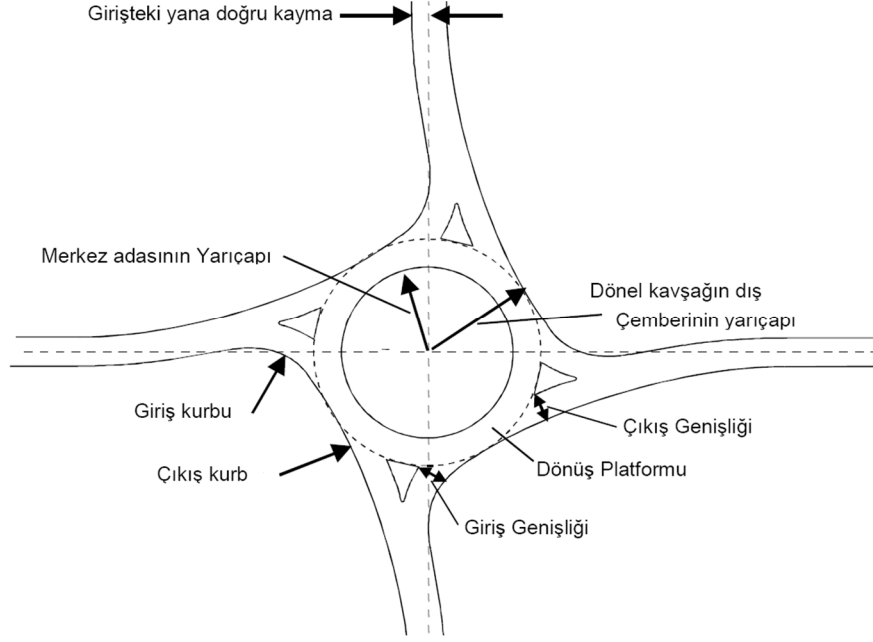
Bir yol üzerindeki kavşakların farklı düzeyli (köprülü kavşak) tipten planlanıp yapılması kaza ve gecikmelere karşı en ideal ve köklü çözüm olmakla birlikte, maddi olanakları çok yüksek ülkelerde bile bunu sağlamak zordur. Ekonomik olmadığı gibi çevreyle uyumu açısından da şehiriçinde her akım kesişimine katlı kavşak uygulaması mümkün olmayabilir. Dolayısıyla gerek kent içi yollarda gerekse kırsal yollarda kavşakların çoğunun eşdüzey tipten planlanmasında zorunluluk vardır. Sonuçta kaza ve gecikme kaynakları olan bu noktaların ayrıntılı bir etüd edilmesi, gerekli tüm verilerin doğru bir şekilde toplanması, değerlendirilmesi ve iyi şekilde planlanıp inşası gereklidir (Yayla,2004).

Eşdüzey kavşaklar, kavşağı oluşturan yolların sayısı ile bu yolların birleşme şekillerine yani geometrik durumlarına, ayrıca kavşaktaki denetim tarzına göre çeşitli tiplere ayrılırlar. Eğer dönüş açısı 70 dereceden küçükse bu tip kavşaklara eğik kavşak ya da makas tipi kavşak denir. Bu açı 70 ile 105 derece arasında ise kavşak tipi dik kavşak olarak adlandırılır. Çatal kavşaklarda 2 kol arasındaki açı 70 dereceden küçük olup aksi durumda yani açı 70 ile 105 derece arasında ise T tipi kavşak adını almaktadır.

Denetim şekillerine göre ise eşdüzey kavşaklar; denetimsiz, denetimli ve dönel kavşaklar olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Denetimsiz kavşaklardaki taşıt hareketleri burada bulunan ışiksiz trafik işaretleri ile düzenlenmiştir. Kavşağı oluşturan yollardan biri taşıdığı trafik miktarı ve geometrik standartları itibariyle anayol durumundadır ve bu yolda seyreden taşıtlar, diğer yol veya yollarda seyredenlere göre kavşakta ilk geçiş hakkına sahiptirler. Trafik güvenliği yönünden yan yol yani tali yol durumunda bulunanlarda kavşağa girişte “DUR”, “YOLVER” mesajlı trafik işaretleri bulunur (Yayla, 2004).

Denetimli kavşaklardaki taşıt hareketleri trafik polisi veya daha yaygın olmak üzere ışıklı işaretlerle düzenlenir. Işıklı işaretlerle idare edilen kavşaklarda (sinyalize kavşaklar), farklı yönlerden gelen sürücüler kavşaktaki ışığın rengine göre hareketlerine devam ederler, dururlar veya bu iki durumdan birine hazırlanırlar. Trafik polisi ile idare edilen kavşaklarda da taşıt hareketleri benzer şekilde düzenlenir (Yayla, 2004).

Kavşak ortasında etrafında trafiğin döndüğü bir ada varsa bu tip kavşaklara dönel kavşak adı verilir (Yayla, 2004) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Dönel Kavşak (Karayolu Tasarım Raporu, 2000)

Dönel kavşaklarda her yaklaşım kolundan kavşağa giren araçların kavşak içerisindeki araçlara yol vermesi gerekir. Dönel kavşaklarda kavşağa sağdan yaklaşılır ve kavşak yine sağ şeritten terkedilir. Trafik yoğunluğu veya yoldaki herhangi bir engel sebebiyle sağ şerit tıkalıysa kavşağa sol şeritten yaklaşılır ve kavşak içerisinde sol şeritte devam edilir (Karayolu Tasarım Raporu, 2000).

Dairesel veya buna benzer orta adası bulunan dönel kavşaklarda hareket sürekliliği vardır. Aynı anda bütün kollardan kavşağa taşıt girebilir ve kavşaktan bu yollara ayrılmalar olabilir. Bu tip kavşaklarda kavşak içinde hareket sürekliliği vardır. Kollardan gelen taşıtlar yavaş ve kontrollü bir hareketle, tam olarak durmaya gerek kalmaksızın orta ada etrafında hareket etmekte olan akıma katılabilirler ve belli bir örülme uzunluğu içerisinde istedikleri şeride geçerler. Dolayısıyla bu tip kavşaklarda tam olarak duruş olmasa da önemli derecede yavaşlama zorunluluğu vardır ve güvenlik artar. Ancak, işaretleme iyi yapılmaz ve sürücülerin kurallara riayet derecesi az olursa sık sık tıkanmalar, hatta kilitlemeler meydana gelebilir. Bu durumu düzeltmek için dönel kavşağa ışıklı işaret konmaktadır (Yayla, 2004).

Bir dönel kavşağın güvenli ve etkin bir biçimde işleyebilmesi için genel olarak aşağıdaki özelliklerin olması gerekir (Karayolu Tasarım Raporu, 2000):

- Dönel kavşaklar yol sisteminden kolayca ayırt edilebilir olmalıdır.
- Dönel kavşak planı kolayca görülebilir ve uygun olarak işaretlenmiş olmalıdır.
- Dönel kavşak planı sürücüleri kavşağa yavaşça girmelerini ve kavşak içerisinde yavaş bir şekilde seyir etmesi için teşvik etmelidir.
- Sürücülerin kavşağa girebilmesi ve yaya ile bisikletlilerin hareketlerini rahat bir şekilde gözlemleyebilmesi için bütün kavşak giriş noktalarında yeterli görüş uzaklığının sağlanmış olması gerekir.
- Dönel kavşağın geceleri güvenli bir şekilde işleyebilmesi için yeterli aydınlatma sağlanmış olmalıdır.

2.1.2. Eşdüzey Kavşak Geometrileri ve Tasarımda Gerekli Parametreler

Sinyalizasyonsuz eşdüzey kavşakların güvenliğinde yol geometrik özellikleri ön plana çıkmaktadır. Araçlar ve yayaların kavşakta en kısa mesafe ve sürede geçmelerinin sağlanması, sürücülerin yanal görüş mesafesini azaltarak uygun pozisyon ve hızda seyretmelerinin sağlanması, büyük araçların dönüş hareketlerinin kolaylaştırılması, kavşak alanının daralmasını sağlayacak araç/araç ve araç/yaya çakışma noktalarının daha kolay kontrol altına alınabilmesinin sağlanması ve dolayısıyla kaza oluşumunu en aza indirmek gibi önemli avantajlar elde edilmesinden dolayı dik ve dike yakın kesişmeler yapılmalıdır (Tuncuk ve Kardeşin, 2005).

Hangi tipten olursa olsun kavşak tasarlanırken; kazalara karşı güvenlik, yeterli kapasite, ekonomi, çevreye uygunluk prensipleri göz önünde tutulmalıdır. Belirlenen bu prensipler çerçevesinde,

- a. Kavşağın yol ağı içindeki önemi
- b. Mevcut trafik özellikleri
- c. Kavşağı oluşturan yolların geometrik özellikleri
- d. Yakın kavşaklarda uygulanan veya uygulanacak denetim şekilleri
- e. Sürücü ve yaya davranışları ile yayaların tasarım üzerindeki etkisi

f. Topografik durum ve çevre koşulları nazara alınması gereken önemli faktörlerdir (Yayla, 2004; Tuncuk ve Karaşahin, 2005).

a) Planlama sırasında bilinmesi zorunlu olan trafik özellikleri (Yayla, 2004);

- Kavşağa gelen trafik miktarı (YOGT olarak),
- Trafiğin gün, hafta ve yıl içinde değişim şekli,
- Trafiğin bileşimi yani otomobil, kamyon vb. taşıt cinslerinin toplam trafikteki yüzdeleri,
- Anayoldaki proje hızı,
- Her kavşak ayağından gelen trafiğin sağa ve sola dönenler ile düz geçenlerin yüzdeleri (zirve saatlerdeki),
- Kentiçi kavşaklar için kavşağın yakınında bulunan terminal, otopark, garaj vb, yerlerin durumları,
- Yine kentiçi kavşaklar için kamu yolcu taşınması yapan taşıtların miktarı ve bunlara ait tesislerin kavşağa olan mesafeleri,
- Kavşak yakınındaki yaya hareketleri,
- Daha önce meydana gelen kazaların sayısı, türü vb. hususlardaki istatistik bilgiler.

b) Planlama sırasında nazara alınacak geometrik özellikler kavşağa verilecek geometrik şekil üzerinde etkili olup bunlar (Saplıoğlu ve Karaşahin,2005);

- Kavşağa birleşen yolların sayısı,
- Kavşak ayakları arasındaki açı,
- Görüş uzunlukları,
- Bir önceki ve sondaki kavşağa olan mesafeleri,
- Kavşakta tali kolların birleşme şekilleridir.

c) Kavşakta yaya hareketleri incelenmeli ve yaya sayımları gerçekleştirilmelidir. Yaya geçidi genişlikleri yaya trafiğine ve yerel şartlara bağlı olarak 2,5-4m (yabancı kaynaklarda 2-10) olabilir (Tunç, 2004; Tuncuk ve Karaşahin, 2005).

d) Kavşak bölgesinin topoğrafik durumu; kavşaktaki görüş uzunlukları, kavşağın inşa maliyeti, kavşağa birleşen yolların eğimleri ve bunların birleşme açıları bakımından önemlidir. Kavşak tasarımında ve uygulamalarında arazinin

topoğrafyası, mevcut durumunun ölçümleri yapılmalıdır. Bu ölçümlerde hassas aletler kullanılmalı, arazi üzerindeki ağaç, direk, kulübe ve diğer engeller proje üzerine işlenmelidir. Ayrıca kavşak alanına en yakın yapı köşeleri alınmalı ve koordinatlar verilmelidir (Karaşahin ve Saplıoğlu, 2010).

2.1.3. Eşdüzey Kavşak İşletmesi ve Karşılaşılan Problemler

Eşdüzey kavşak işletmesi iki şekilde gerçekleştirilir. Eşdüzey kavşaklar denetim şekillerine göre denetimsiz ve denetimli olarak ikiye ayrılır.

1. Denetimsiz Kavşaklar;

Taşıt hareketleri ışiksiz trafik işaretleri ile düzenlenmiştir. Kavşak kollarından biri taşıdığı trafik miktarı veya geometrik standartları itibarı ile ana yol durumundadır ve bu yolda seyreden taşıtlar, diğer yol veya yollarda seyredenlere göre kavşaklarda ilk geçiş hakkına sahiptirler. Trafik güvenliği yönünden tali yol durumunda bulunan yolların kavşak yaklaşımına 'dur-yol ver' anlamında trafik işaretleri konur. Ayrıca ana yola da ana yol kabul edilen kola da ana yol levhası konulur (Yetgin, 2000).

Kavşaklarda yol ver işareti bulunan kollarda tüm sürücüler kavşak yaklaşımına geldiklerinde yavaşlamak, sağ kolda gelen araçlara yol vermek zorundadırlar. Yol ver işaretinde durmak zorunlu değildir, fakat sürücüler sağdan gelen trafik akımlarıyla karışmaktan kaçınmak için bu noktalarda durma ihtiyacı hissederler. Bu yüzden yol ver işaretleri genellikle tali yol yaklaşımlarına yerleştirilir (Gerber ve Lester, 1988).

Bir aracın kavşağa girerken durması gerektiği yaklaşımlarda kavşağa dur işareti konulur. Bu işaret sadece sürücülerin dikkat çekici bir zorluk içerisinde kaldıkları durumlarda kullanılmalıdır. Dur işaretleri sinyalizasyonlu kavşaklarda, geçiş yollarında ya da otoyollarda kullanılmamalıdır. Dur işaretinin izin verildiği noktalar, tali yolun bir anayolla kesiştiği yerler, sinyalizasyonsuz kavşaklar ve görüş kısıtı olan yerlerdir (Gerber ve Lester, 1988).

2. Denetimli Kavşaklar;

Taşıt hareketleri polisle veya daha yaygın olmak üzere ışıklı işaretlerle düzenlenir. Işıklı işaretlerle idare edilen kavşaklarda farklı yönlerden gelen sürücüler, ışığın rengine göre hareketlerine devam ederler (Yetgin, 2000).

Trafik sinyal sistemlerinin kullanılması kavşak kontrolü için oldukça etkili yollardan birisidir. Trafik sinyal sistemlerinin kullanılması farklı trafik akımlarından dolayı meydana gelen birçok trafik karmaşasını ortadan kaldıracaktır. Tüm akımlar içerisindeki araçların gecikmelerinden dolayı meydana gelen problemlerin ortadan kaldırılması için sinyalizasyon kullanılması gereklidir. Bir kavşak noktasında sinyalizasyon sisteminin kurulması için gereken en önemli faktör kavşak yaklaşımının trafik hacmidir. Diğer faktörler yaya hacmi, kaza olma olasılığıdır (Gerber ve Lester, 1988).

Eşdüzey kavşaklar tasarlanırken yetersiz ölçümler ve buna bağlı olarak kavşakların eksik işletimi çeşitli sorunlara sebep olmaktadır. Kavşak içerisinde oluşabilecek çakışmaların önlenmesi için, trafik akımlarının kavşak içindeki yörüngeleri kesin bir şekilde sınırlandırılmadığında ve kavşak içerisinde veya yaklaşımında benzin istasyonu giriş çıkışı veya otobüs durağı gibi akımı etkileyecek, güvenliği azaltacak durumlar söz konusu olduğunda kavşakta önemli problemler oluşacaktır.

Kavşak içerisinde manevra yapılırken uzun ve geniş araçların da kolayca hareketlerini gerçekleştirebilecek genişlikte olmalıdır. Köşelerde otobüs ve kamyon gibi ağır taşıtlar için 10 m, otomobiller için 5 m'lik dönüş yarıçapları yeterli sayılabilir (Yayla, 2004). Ayrıca kavşak yaklaşımı 30m içerisinde yol kenarı park kavşak işletmesi problemlerine sebep olacaktır.

Kavşaklarda meydana gelebilecek diğer bir problem de yeterli görüş mesafesinin olmamasıdır. Kavşaklarda görüşü engelleyecek herhangi bir engel bulunmaması gerekmektedir.

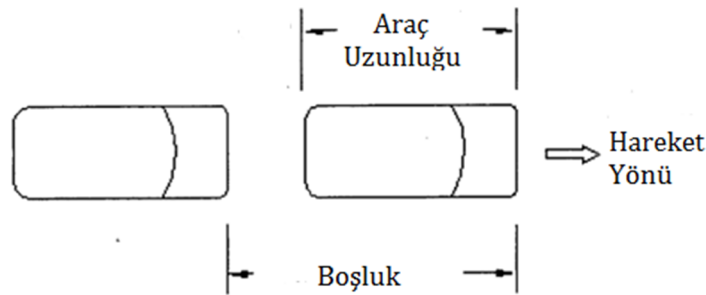
2.2.Boşluk Teoremi ve Değişkenleri

Kavşak içerisindeki tali yollardan sağa ve sola dönüşler ile ana yol ya da ana yollardan dönüşlerde trafik akımını güvenli bir şekilde geçmek ya da trafik akımı ile güvenli bir şekilde birleşmek için sürücüler birbiri ardına gelen araçlar arasında bir boşluğun olabileceğini kabul ederler.

Boşluk zaman aralığı, yapılması planlanan çalışmanın özelliğine göre iki farklı ölçüm yöntemiyle hesaplanmaktadır. Bunlardan ilki öndeki aracın ön tamponu ile takip eden aracın ön tamponu arasındaki zaman cinsinden aralık değerinin, diğeri ise öndeki aracın arka tamponu ile takip eden aracın arka tamponu arasındaki zaman cinsinden aralık değerinin hesaplanmasıdır (Ha vd., 2010; Çalışkanelli vd., 2012).

Low ve Gattis (1998) standart olmayan dur kontrollü kavşaklar üzerinde boşluk kabul teoremi ile ilgili yaptıkları bir çalışmada kabul edilebilir boşluğu (gap acceptance) bir aracın geçişi ve sonraki aracın varışı arasındaki zaman aralığı yani öndeki aracın arka tamponundan, arkadaki aracın ön tamponuna kadar olan mesafe olarak tanımlamışlardır.

Bununla birlikte kabul edilebilir boşluğun anlatımı yapılırken yine kabul edilebilir boşluğa bağlı bazı değişkenlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu değişkenleri gecikme süresi (lag acceptance), kritik boşluk (critical gap), takip aralığı (headway), sıfır boşluğu ve takip süresi (follow up time) olarak sınıflandırabiliriz (Şekil2.2).



Şekil 2.2. Kabul Edilebilir Boşluk

Gecikme süresi, bir kavşakta bulunan bir aracın tali yoldan ana yola varmak için yaptığı dönüş hareketini tamamlayıncaya kadarki zaman aralığıdır. Takip aralığı (headway) iki ardışık aracın varışları arasındaki zaman aralığıdır. Boşluk (gap) öndeki aracın ön tamponundan arkadaki aracın ön tamponuna kadar ölçüldüğünden takip aralığının farklılıkları boşluktan kaynaklanır (Low ve Gattis, 1998).

Bir kavşağa girildiğinde tüm sürücüler bir gecikmeyi (lag) ya da bir kritik boşluğu kabul edip etmeyeceğine karar verir. Eğer tali yoldaki araç ana yoldaki ilk aracın kavşağa varışından önce ana yola girerse ya da kavşaktan karşıya geçerse bir gecikme süresinin olduğu kabul edilir. Eğer tali yoldaki araç dönüş hareketini yaparken ana yoldaki ardı ardına gelen iki aracın arasına girerse ya da kavşaktan karşıya geçerse bir kritik boşluk kabul edilir ki bu boşluk oluşumunun bir şeklidir (Low ve Gattis, 1998).

Takip süresi boşluğu, ilk araç kavşaktan ayrıldıktan sonra söz konusu yaklaşımda dur çizgisine ulaşmak için ikinci aracın süresini yukarı çıkarmayı tercih eder (Low ve Gattis, 1998). HCM (1994) ise takip süresini, sürekli bir kuyruk koşulu altında arkadaki aracın ayrılışı ile birinci aracın ayrılışı arasındaki zaman aralığı olarak tanımlamıştır. Panchavati (1994), kritik boşluk ile takip süresi boşluğu arasındaki bağıntıyı aşağıdaki gibi tanımlamıştır.

$$tf = 0.6xtg \quad (2.1)$$

Burada tf takip süresi, tg ise kritik boşluk değeridir.

Sıfır boşluğu ise HCM'de (1994) kritik boşluk ile takip süresi boşluğunun toplamının yarısı olarak belirtilmiştir.

$$t_0 = \frac{tg+tf}{2} \quad (2.2)$$

Velan ve Aerde (1996), tali yol kapasitesinde takip süresi büyüklüklerini ve çeşitli kritik boşluk etkilerini test etmek için iki kollu dur kontrollü kavşak modelinin bilgisayar simülasyonunu tasarlamışlardır. Saatte 900 araçla bir anayol akımı oluşturulmuştur. 7 ve 5 saniyelik kritik boşluk büyüklüğü için tali yol hacmi sırasıyla 400 araç/saat ve 620 araç/saat bulunmuştur. Çalışmaları sonucunda doğru kritik boşluk 5 saniye olduğunda, eğer 7 saniyelik bir kritik boşluk tahmin edilirse, tali yol hacminin %55 tarafından bu değer önemsenmediği ve takip süresi 3 saniyeden 2 saniyeye düşürülürse tali yol kapasitesinin %39 arttığı görülmüştür.

Bir trafik akımında, araçlar arasındaki zaman cinsinden aralık değerlerinin dağılımı, trafik mühendisliği uygulamaları açısından önemlidir. Araçlar arasındaki aralık dağılımları simülasyon işlemleri, sinyalize kavşakların düzenlenmesi, denetimsiz kavşakların kapasitesinin belirlenmesi ve trafik güvenliği analizleri için kullanılmaktadır (Çalışkanelli vd., 2012).

2.2.1. Boşluk Kabulüne Etki Eden Faktörler

Genelde kabul edilebilir boşluk teorilerinde sürücülerin hem tutarlı hem de homojen olduğu varsayılır. Boşluk büyüklüğünün muhtemelen bağlı olduğu birçok değişken vardır. Dolayısıyla bu varsayım tam olarak doğru değildir. Boşluk teoremi ile ilgili yapılan önceki çalışmalarda kabul edilen boşluk büyüklüğünün sürücülerden sürücüye değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Yaş aralığı, cinsiyet, sürücünün psikolojik durumu ve eğitim durumunun kabul edilebilir boşluğun seçiminde ayırt edici etkenlerden olduğu gözlemlenmiştir.

Pratik amaçlar için, HCM bütün sürücülerin tutarlı kabul edilebilir boşluk davranışlarına sahip olduğunu farz eder (Low ve Gattis, 1998).

Cassidy vd. (1995), her sürücünün tutarlı kabul edilebilir boşluk davranışlarına sahip oluşu varsayımının daima doğru olmadığını savunmuştur. Onlara göre kabul edilebilir boşluk süreci algısal bir süreçtir. Oysaki her sürücü onun kendi kritik boşluk algısına sahiptir ve bu minimum kabul edilebilir boşluk değeri

kavşak şartlarına göre değişiklikler gösterebilir. Ya da bir sürücü daima tutarlı bir şekilde hareket etmeyebilir ve reddedilmiş boşluklardan daha küçük bir boşluğu kabul edebilir (Low ve Gattis, 1998).

Boşluk kabul teoremi anlatılırken sürücü davranışlarının yanı sıra kavşak ve yol durumlarını da göz önüne almak gerekmektedir. Hız aralığı, ana yoldaki şerit sayısı, kavşağın görüş mesafelerinin yeterliliği, kavşak kapasitesi ve kavşak köşe çapları ana yoldaki akım hareketleri de boşluk kabulünü etkileyen önemli faktörlerdendir. Bunların dışında yapılan çalışmalarda boşluk kabulünü gece ya da gündüz oluşu, hava koşulları, araç tipleri gibi etkenlerinde etkileyebileceği belirtilmelidir.

Wagner (1966), sürücülerin pik saatler boyunca kabul ettiği gecikme sürelerinin ve boşlukların diğer saatler boyunca kabul ettikleri gecikme süreleri ve boşluklardan daha küçük olduğunu belirtmiştir. Örneğin 6 saniyelik gecikme pik saatler içerisindeki sürücülerin neredeyse yarısı tarafından kabul edildiği, diğer saatlerdeki sürücülerin ise sadece %20'sinin kabul ettiği gözlemlenmiştir. Bu da pik saat ölçümlerinin boşluk incelemelerinde önemli olduğunu göstermektedir.

Salter (1974), kavşak kapasitesinin boşluk çalışması yapılacak kavşakların seçiminde ve boşluk çalışmalarında önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. Kavşağa yaklaşan kollarda tali yolda saatte 100 aracı ve ana yolda saatte 400 aracı geçmelidir (Rodriguez, 2006).

Herhangi bir sinyalizasyonsuz kavşağın performansı değerlendirildiğinde tali yol kapasitesinin analizi, beklenen ortalama gecikmeyi hesaplamak ve servis düzeyini hesaplamak gerekmektedir. Halen sinyalizasyonsuz kavşakların kapasitesini hesaplamak için geleneksel modeller kullanılmaktadır. Sürücüler kavşağa giriş yaparken, basitleştirilmiş bir boşluk kabul sürecinin olduğu varsayılır. Ana yol araçları arasındaki boşlukları kabul eden tali yol sürücülerini için varsayılan boşluk değeri kritik boşluk olarak adlandırılır. Sağa dönüş hareketi gibi bir hareket için ise kapasite hesaplanır (Pollatschek vd., 2002).

Rodriguez (2006), çalışmasında kavşak görüş üçgenlerinin kabul edilebilir boşluğa etkilerinden bahsetmiştir. Görüş üçgeni tali yol içerisinde duran bir sürücü için ana yol akımına giriş ya da karşıya geçiş için yeterli, bir görüş mesafesi sağlar. Bu olgu DUR ya da YOL VER kontrolü ile beraber kavşak içerisinde kullanılır. Sürücülerin kavşak içerisindeki davranışları ve kabul edeceği boşluk büyüklükleri görüş üçgenlerinin sağladığı görüş mesafesine bağlıdır. Bu nedenle anayol akımındaki araçlar arası boşluk dağılımının incelenmesi; bu görüş üçgeni içinde kalan kısmı için, daha büyük öneme sahiptir.

Dur kontrollü kavşaklarda görüş mesafesi için AASHTO politikası, tali yoldaki bir aracın sağa ya da sola dönüşü için anayol üzerinde yapacağı hızlanma hareketine dayanır ve buna bağlı olarak ana yola dönüş yapan tali yol aracını takip eden anayoldaki bir aracın yavaşlama performansı da tali yoldaki dönüş yapan araçtan etkilenir (Harwood vd., 1999)

Harwood vd. (1999), çalışmalarında şimdiki AASHTO modelindeki tutarsızlıkları tanımlamışlardır. Tali yol sürücüsü için boşluk kabul davranışına dayanan bir modelin revize edilmesini önermişlerdir. Çalışmada görüş mesafesi içerisinde kullanılacak en uygun kabul edilebilir boşluklar alan çalışması ile belirlenmiştir. Alan çalışmaları sonunda dur kontrollü kavşaklarda bir yolcu arabası için ana yol boyunca görüş mesafesi, o ana yolun tasarlandığı proje hızına göre 7,5 saniyelik sürüşte kat edilen mesafeye eşit olduğu belirtilmiştir.. Tali yollar için ise daha uzun görüş mesafeleri belirlenmiştir.

Bir kavşağa yaklaşan trafik akımı içerisinde bulunan araçların davranışları trafik mühendisliği açısından oldukça önemlidir. Kavşağa gelen araçların sayısının daha önceden tahmin edilmesi, gelişlerin hangi sıklıkta olduğunun belirlenmesi kavşak projelendirme ve düzenlemelerinde büyük önem taşımaktadır. Araçların kavşağa gelişlerinin rasgele olması nedeniyle incelemenin istatistiksel yöntemler yardımıyla yapılması gereklidir. (Çalışkanelli, 2006).

Kaynak incelemelerinden de anlaşıldığı gibi sinyalizasyonsuz kavşaklarda doğru bir şekilde boşluk hesaplamaları yapabilmek için önce seçilen kavşakların ana akımı istatistiksel tanımlanmalı ve aralar arası boşluklar olarak modellenmelidir. Kabul edilebilir boşluk hesaplamaları ve ardından kavşak kapasitelerinin hesaplanabilmesi kavşağa yaklaşan ana akımın istatistiksel olarak modellenmesi ile mümkün olmaktadır.

2.2.2. Kavşak-Anayol Akım Yaklaşımında Boşluk Dağılımı ve Kavşak Etkileşimi

Konu ile ilgili günümüze kadar yapılmış olan çalışmalarda, kapasite hesaplamaları ve kritik boşluk tahmini için ana yol akımındaki boşlukların dağılımının doğru bir şekilde tespit edilmesi gerekliliği üzerinde durulmaktadır. Bu nedenle boşluk çalışmalarına başlanmadan önce kavşak yaklaşımlarındaki trafik akımları tanımlanabilmeli, bunun için de akım, basit ve karmaşık istatistiksel yöntemlerle incelenmelidir.

Gedizlioğlu (1979), denetimsiz eşdüzey kavşaklarda yan yol sürücülerinin, anayol akımını kesip geçerlerken veya bu akıma katılırlarken, kabul ettikleri giriş aralıklarını incelemek ve ana yoldaki aralıklara dayanarak bu kavşakların pratik kapasitesini hesaplamak için yeni bir yöntem geliştirilmesi amacıyla, incelemelerde bulunmuştur. Çalışma sonucunda herhangi bir yol kesitinde akım herhangi bir sinyalizasyon ya da trafik işareti ile kesilmezse sürekli akım olup poisson dağılımı ile temsil edilebileceğini, diğer durumlarda ise akımın negatif binom ya da binom dağılımları ile temsil edilebileceği belirtilmiştir. Tali yol araçlarının arasındaki zaman cinsinden aralığı ise, normal dağılım, lognormal dağılım ve erlang dağılımı ile temsil etmenin en uygun olacağı belirtilmiştir.

Akçelik ve Chung (1994) karmaşık istatistiksel model olarak boşluk çalışmalarında kullanılan Cowan M3 modeli için bir düzenleme önermişlerdir. Çalışmalarında Cowan M1, M2 ve M3 modelleri göz önünde bulundurulmuştur. Çalışmalarının sonucunda Cowan M3 modelinin diğer modellere göre daha gerçekçi bir model olduğunu ve boşluk dağılımı için daha yaygın olarak

kullanılan ötelenmiş negatif üssel modeline göre kısa boşluklar için çok daha güçlü tahminler verdiği belirtilmiştir.

Luttinen (1996), iki şeritli-iki kollu sinyalizasyonsuz kavşaklarda ana trafik akımı içerisinde seyahat eden araçlar arasındaki zaman cinsinden boşlukların uyduğu dağılımları tespit etmiştir. Finlandiya'nın kuzey bölgesinde 9 farklı noktadan bir trafik analizörü yardımıyla araç hızlarını da tespit etmek suretiyle alan verilerini toplamıştır. Çalışma sonunda düşük akım oranlarında üssel dağılımın daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Ötelenmiş negatif üssel dağılımın neredeyse üssel dağılımla benzer sonuçlar verdiği tespit etmiştir. Gamma dağılımı kısa boşlukların olasılığını azaltır yani çok kısa boşlukları temsil etmez. Dağılımlar içerisinde 800- 1200 araç/saatlik ölçümlerde lognormal dağılım için uygulanan uyumluluk testleri en iyi sonuçları vermiştir.

Tanyel ve Varlıorpak (2000), çalışmalarında boşluk verilerini inceleyen mikroskobik modeller üzerinde durmuşlardır. Özellikle Avustralya ve İsveç'te sinyalizasyon olmayan kavşakların performansını incelenmesinde kullanılan Cowan M3 dağılımı incelenmiştir. Buna benzer olarak, İzmir'de seçilmiş bir kavşak yaklaşım kolu üzerinde çalışma yapılmıştır. Yapılan gözlemler sonucunda uzun aralık değerlerinde bu modelin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu da özellikle dağılımların kuyruk kısmının, Cowan M3 dağılımıyla daha iyi tanımlanabildiğini göstermiştir.

Chen vd. (2007), çalışmalarında şehir içi yollarda tipik boşluk dağılım modellerinin işletimi üzerinde karşılaştırmalı bir çalışma sunmuşlardır. Çalışmada 6 boşluk modeli ile çalışılmıştır. Bu modellerden ikisi basit, dördü karmaşık istatistiksel modellerdir. Veriler sabah, öğle ve akşam saatlerinde toplanmıştır ve bu zaman dilimlerine göre incelenmiştir. Çalışmada Cowan M4 modeli ile gamma dağılımı birleştirilmiştir. Bunların yanı sıra verilerin dağılıma uygunluğunu tespit etmek için KS testi ve Q-Q plot testleri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda lognormal dağılımın verilere en uyumlu dağılım olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışkanelli vd. (2012) İzmir kent merkezinde 6 farklı noktada veriler elde etmişlerdir. Toplanan zaman cinsinden aralıklar, araç sayıları ve araç türlerine bağlı olarak sınıflandırılmış ve trafik akımının özelliklerini belirlemek amacıyla kullanılabilir bazı istatistiksel dağılımlardan faydalanılmıştır. Çalışmada negatif üssel dağılım, lognormal dağılım ve Cowan M3 dağılımı incelenmiştir. Gözlemler sabah akşam pik saatlerde bir veya 2 saatlik video çekimleri olarak toplanmıştır. Gözlemlerden şerit bazında araç sayıları, araç kompozisyonları ve araçlar arasındaki zaman cinsinden takip aralık değeri elde edilmiştir. Her şeritteki farklı araç türlerine ait zaman cinsinden aralık değerleri birleştirilerek elde edilmiştir. Sonuç olarak negatif üssel dağılımın, lognormal dağılıma göre trafik akımını tanımlamada daha başarılı sonuçlar verdiği ve negatif üssel dağılımın gerek parametre azlığı gerekse uygulama kolaylığı açısından benzetim işlemleri için daha uygun olacağı tespit edilmiştir. Sinyalize bir arterde yan yol katılımı için bir analiz yapılması durumunda Cowan M3 dağılımının kullanılmasının daha uygun olacağı öngörülmüştür. Bunun yanı sıra hesap kolaylığı açısından negatif üssel dağılımın da aynı analiz için kullanılacağı öne sürülmüştür.

Geçmiş çalışmalarda elde edilen bu farklı sonuçların sebepleri; araştırma yapılan kavşak noktalarının farklı bölgelerde olması, bu bölgelerdeki yolların geometrik özellikleri, sürücülerin davranışlarındaki farklılıklar olabileceği düşünülmektedir.

3. TRAFİK AKIMLARININ MODELLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

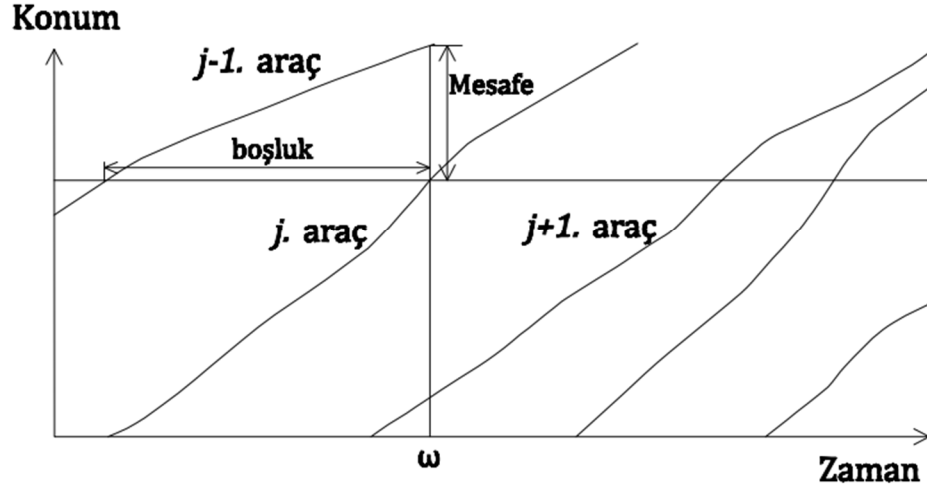
Trafik akımlarının modellenmesinde iki ana modelleme tekniği kullanılmaktadır.

1. Makroskobik Modeller
2. Mikroskobik Modeller

Makroskobik model, trafiğin genel karakteristikleri olan hız (v), yoğunluk (k) ve hacme (q) bağlı olarak tanımlanmasıdır. Bu şekilde bir tanımlamada, akım bir bütün olarak ele alınır ve belirli zaman aralıklarında araç sayımları, hız ölçümleri veya yoğunluk ölçümleri yapılarak trafik akımı tanımlanmaya çalışılır (Tanyel, 2001).

Mikroskobik modelde ise, yol üzerindeki taşıtların hareketleri tanımlanmaktadır (Luttinen, 1996). Bu modelde, her aracın ayrı ayrı davranışları ele alınmakta ve taşıt hareketinin bazı genel karakteristikleri incelenmektedir. Trafik hacminin düşük olduğu durumlar dışında her taşıtın hareketi, önündeki araçla sınırlanmaktadır. Bu sınırlamalar, araç hareketlerinin temel karakteristikleriyle ilgili olduğundan, araç takibi teorisi kullanılarak incelenebilir (Inose ve Hamada, 1975; Çalışkanelli, 2006).

Bir şerit üzerindeki araçların hareketi zaman-boşluk diyagramı ile gösterilebilir (Şekil 3.1). Araçlar arasında ki mesafe uygun bir konum için, uygun bir mesafe için ya da bir dinamik model için çalışılabilir.



Şekil 3.1. Araç Yörüngelerinin Zaman- Boşluk Diyagramı

ω anındaki bir j. aracın pozisyonu $x_j(\omega)$ olur. Gözlemlenen x noktasından geçen aracın anlık zamanı ise aşağıda verildiği gibi olur.

$$\omega_j(x) = \{ \omega \mid x_j(\omega) = x \} \quad (3.1)$$

Dolayısıyla x noktasında bulunan j. aracın zaman cinsinden boşluğu aşağıdaki denklemle ifade edilebilir (Luttinen, 1996) .

$$t_i(x) = \omega_j(x) - \omega_{j-1}(x) \quad (3.2)$$

Trafik mühendisliği açısından önemli bir yaklaşım olan mikroskobik modellerde farklı sürücü davranışları ile hareket eden araçlar ayrı ayrı incelenmektedir. Farklı sürücü davranışları, çok sayıda etkili parametreyi incelemeyi gerektirmektedir. İncelenmesi gereken parametreler arasında en önemlisi, birbirini takip eden taşıtlar arasındaki aralıktır.

Birbirini takip eden araçlar arasındaki aralık ise ikiye ayrılmaktadır:

1. Mesafe cinsinden aralık
2. Zaman cinsinden aralık

Mesafe cinsinden aralık (s), 'i' aracının ön tamponu ile arkasındaki 'i+1' aracının ön tamponu arasındaki mesafedir. Zaman cinsinden aralık (t) ise, 'i' aracının ön tamponunun belli bir noktayı geçtiği anla 'i+1' aracının ön tamponunun aynı noktayı geçtiği an arasındaki zaman farkıdır. Zaman cinsinden aralık değeri, mesafe cinsinden aralık değerine oranla çalışmalarda daha fazla dikkate alınmaktadır.

Taşıtların kavşağa geliş düzenlerinin, bir yol kesitinden geçiş düzenlerinden farksız olduğu ve benzer modeller ile temsil edilebileceği açıktır. Ancak uygulamada kavşağı oluşturan yollara birbirinden değişik önem dereceleri vermek zorunluluğu bulunması, incelemeyi doğrudan etkilemektedir (Gedizlioğlu, 1979).

Trafik akımı araştırmalarında olayın tekrar etme şansı aranır. Bu araştırma da deneysel ve kuramsal yöntemlerle yapılabilir. Deneysel araştırmada bütünden belirli bir örnekleme ile veriler toplanır. Bu verilere uygun eğri ve bağıntılar tespit edilir, gelecekte olayların bu olasılık yasalarına uygun olacağı kabul edilir. Kuramsal yöntemde ise, olaylar olasılık yasasına göre bir matematiksel model ile temsil edilir. Tahmin edilen modele uygunluğunu göstermek için deneysel yöntemlerden yararlanır. Deneyden elde edilen veriler belirli bir örneklemeyle toplanmış olduğu için bunların tam bir eğri üstüne düşmesi beklenemez. Bu nedenle verilerin eğriye uygunluk dereceleri çeşitli uygunluk ve önem testleri ile saptanır (Gedizlioğlu, 1979).

Yapılan çalışmalarda hem makroskobik hem de mikroskobik modellerde bazı istatistiksel incelemelerin yapılması zorunlu görülmüştür (Tanyel ve Varlıorpak, 2000). Genellikle makroskobik modellerde, Poisson, Binom veya Negatif Binom dağılımları kullanılırken; mikroskobik modellerde, Negatif Üssel, Ötelenmiş Negatif Üssel, Gamma, Erlang, Lognormal gibi dağılımlar kullanılmaktadır.

3.1. Normal Dağılım

Pratikte uygulamalarda karşılaşılan rastgele değişkenlerin büyük bir çoğunluğunun normal dağılıma uyduğu bilinmektedir. Normal dağılımın fonksiyonu aşağıdaki gibidir (Bayazıt ve Oğuz, 1994).

$$f(t) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} * (-(x-\bar{t})^2/2s_t^2) \quad (3.3)$$

Normal dağılımın iki parametresinden \bar{t} rastgele değişkenin ortalaması, s ise standart sapmasıdır. Normal dağılım simetrik olduğundan çarpıklık katsayısı sıfırdır. Standart değişken boyutsuz olup ortalaması sıfır ve standart sapması 1'e eşittir. Normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu \bar{t} çevresinde simetrik bir çan eğrisi şeklindedir (Bayazıt ve Oğuz, 1994).

Normal dağılımın eklenik dağılım fonksiyonunun ifadesi analitik olarak hesap edilemez. Ancak sayısal integresyon yöntemiyle hesaplanarak çizelge haline getirilmiştir. Tek bir çizelge hazırlayabilmek için önce rastgele değişkenler aşağıdaki dönüşümle standart değişken haline getirilirler.

$$Z = \frac{t-\bar{t}_t}{s_t} \quad (3.4)$$

t : Standart bir rassal değişken

\bar{t}_t : Verilerin ortalaması

s_t : Verilerin standart sapması

Standart değişken boyutsuz olup ortalaması 1, standart sapması 0' a eşittir. Z'nin pozitif değerleri için hesaplanmış olduğu için Z'nin verilen bir pozitif değeri aşması olasılığını ($F_1(z)$) gösterir. Z'nin negatif değerleri için Z'nin bu değerden küçük kalma olasılığı $F(z) = 1 - F_1(z)$, z'nin negatif değerleri için, $f(z)$ orjine göre simetrik olduğundan $F(z) = F_1(|z|)$ şeklinde hesaplanır (Bayazıt ve Oğuz, 1994).

Çarpıklık, dağılımın şekli hakkında önemli bilgiler verir. Normal dağılım gibi simetrik dağılımlarda çarpıklık sıfıra eşittir. Boşluk dağılım verilerindeki gibi örneklerde yani veriler düşük değerlerde yoğunlaşmışsa çarpıklık pozitif bir

değer alır. Düşük hıza sahip akımlarda çarpıklık 2'ye yakın bir değer alır. Bu negatif üssel dağılımın çarpıklığına karşılık gelir. Yüksek hacimlerde çarpıklık artar (Luttinen, 1996).

3.2. Poisson Dağılımı

Poisson dağılımı verilen bir zaman aralığında, kavşağa gelen çok sayıda varışın modellenmesinde kullanılmaktadır. Bu varışların olma olasılığının zamana bağlı olmadığı ve kısa bekleme süresiyle orantılı olduğu bilinmektedir. Bir başka deyişle poisson dağılımının ortalaması (λ) gözlem periyodu için geçen zamanın uzunluğu t ile orantılı olduğu farzedilir. Poisson dağılımının olasılık fonksiyonu aşağıdaki gibidir (Spiegelman vd., 2011).

$$F(x) = \frac{\exp(-\lambda) * \lambda^x}{x!} \quad (3.5)$$

Yukarıda ki denklemde $F(x)$; t süresinde x taşıt geçme olasılığı, λ ; t süresinde geçen ortalama taşıt, x ; taşıt sayısı olarak tanımlanmıştır.

Poisson dağılımının ortalaması varyansına eşittir. Bu durumda bir dağılıma uygunluğu aranan verilerin varyansı ortalamasından çok büyük ya da çok küçük olursa Poisson dağılım bu verileri temsil edemez. Taşıtların gelişleri için, dağılımı aranan yol kesitinden önce serbest akım söz konusu ise verilerin Poisson dağılımına uygun olduğu görülür Buna karşılık incelenen kavşak akımı daha önce bir sinyalizasyonlu kavşaktan çıkmış ise veya benzeri bir durumla akım incelenen kavşağa girmeden önce kesintiye uğramışsa dağılım poisson dağılımına uymayacaktır (Gedizlioğlu, 1979).

3.3. Negatif Üssel Dağılım

Trafik akım teorisinde negatif üssel dağılım Adams (1936)'tan beri kullanılmaktadır. Bu dağılım önceki aracın varış zamanına bağlı olmaksızın, rastgele varış zamanlarına bağlıdır. Küçük bir zaman aralığı içerisinde bir aracın varış zamanı sabittir (Troutbeck, 1999). Eğer araçlar istedikleri hızda ve birbirinden bağımsız bir şekilde akım içerisinde hareket ediyorlarsa bu hareket

poisson dağılımına ve aralarındaki boşluklarda negatif üssel dağılıma uyar (Lutinen, 1996).

Önceki çalışmalarda, oldukça zayıf varsayımlar altında keyfi bir zaman aralığı içerisinde (hiçbir araç birbiriyle etkileşim içinde olmadığı durumlarda) asimptotik bir şekilde zamanın sonsuzluğa bir eğilimi olarak poisson dağılımı olacağı belirtilmiştir. Bu yüzden boşluklar asimptotik bir şekilde üssel dağılım olacaktır (Lutinen, 2003).

Negatif üssel dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonları aşağıdaki gibidir.

$$f(t) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda t}, & t \geq 0 \\ 0, & \text{Diğerleri} \end{cases} \quad (3.6)$$

Burada λ konum parametresidir. Beklenen boşluk konum parametresinin tersine eşittir. Ayrıca konum parametresi akım oranına da eşittir (Lutinen, 2003).

Negatif üssel dağılım tüm serbest varışlar arasındaki zaman aralığının dağılımıdır. Hesaplama süreci poisson dağılımının devamıdır. Bu durum, düşük trafik hacmindeki poisson meyili olarakta isimlendirilir. Bununla birlikte düşük hacimli trafik akımlarında negatif üssel dağılımın olasılık fonksiyonu yüksektir ve dağılım fonksiyonu aşamalı bir şekilde yükselir (Lutinen, 2003). Bir başka deyişle rastgele gelişlerin olduğu serbest akımlı düşük hacimlerde uygun bir aralık tahmini verir fakat çok kısa zaman aralıklarına sahip akımlarda olması gerekenden çok büyük aralıklar tahmin edecektir. Bu nedenle kısa boşluklar en büyük olasılık yoğunluğuna sahip olacaktır ve akım oranı arttıkça model daha bozuk, uyumsuz bir hal alacaktır. Bu nedenle Troutbeck (1999) ve Gedizlioğlu (1979), negatif üssel dağılımın kısa boşlukların olasılıklarını çok fazla değerler ile tahmin ettiğini ve çok kısa boşlukların dağılımını belirlemek için negatif üssel dağılımın gerçekçi bir dağılım olmadığını belirtmiştir. Aynı şekilde Lutinen (1996) negatif üssel dağılımın çok kısa aralıkları aşırı bir şekilde tahmin ettiğini, amprik boşluk dağılımına yakın boşlukların frekansını azalttığını ve yine çok büyük boşlukların olasılığını da çok fazla değerde tahmin ettiğini söylemiştir.

Dağılımın tek parametresi trafik hacmidir. Bu dağılımın avantajlarından birisi Laplace dönüşümünün basit oluşudur. Bu yüzden çoğunlukla karmaşık dağılımların yerine tercih edilir. Karışıklık bölgesi içerisindeki sürüşlerden ziyade serbest araçların boşluklarının tanımlanması için üssel dağılım kullanılabilir (Luttinen, 2003). Dağılımın değişkenlerinin üssel oluşu çok etkilidir ancak negatif üssel dağılım için kullanılan boşluk verilerindeki kısa boşlukların frekansı çok büyüktür. Bu da dağılım için dezavantaj oluşturur. Dağılımın boşluk değerleri için karşılaşılan diğer bir olumsuz yanı da kümelenmiş araç gruplarını tanımlayamamasıdır. Burada aşırı derecede kısa boşluklar en yüksek olasılık yoğunluğuna sahiptir. Bu yüzden negatif üssel dağılım düşük yoğunluklu trafik şartları için kullanılır. Akım oranı düşük ya da hacmi 500 araç/saatten düşük akımlar için kullanılmasının uygun olduğu önerilir. Sonuç olarak negatif üssel dağılım düşük ve serbest akım koşulunda daha sağlıklı sonuç vermektedir (Luttinen, 1996).

3.4. Ötelenmiş (Kaydırılmış) Negatif Üssel Dağılım

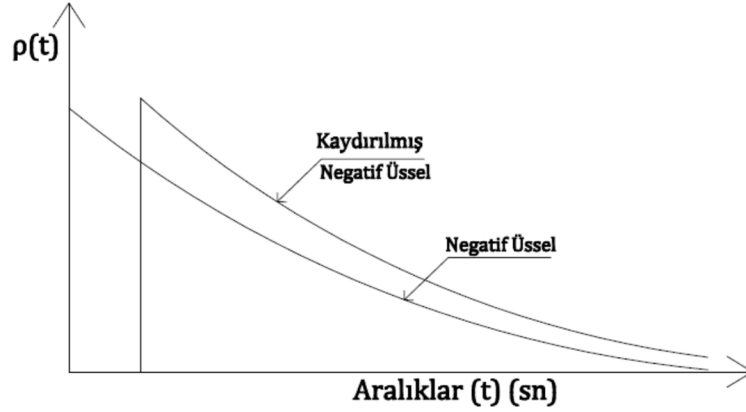
Negatif üssel dağılımın yetersizliğinin üstesinden gelebilmek için araştırmacılar 2 değişik yöntem geliştirmişlerdir. Bunlardan birincisi araçlar arasındaki aralık belirli bir değerden daha kısa ise bunun artık bir aralık olmadığı varsayılmıştır. Özellikle kavşaklarda tali yol taşıtlarının ana yol akımında bulacakları aralıklar açısından bakıldığında, ana yol akımındaki aralıklardan, tali yol taşıtlarının giremeyeceği kadar kısa olanlar tali yol taşıtları için aralık olarak değerlendirilemeyecektir (Gedizlioğlu, 1979). Araştırmacılar bu eksikliği gidermek amacıyla akım içerisinde oluşan en kısa boşluğu ortalama boşluktan çıkararak negatif üssel dağılım eğrisini sağa doğru kaydırmış ve ötelenmiş negatif üssel dağılımı elde etmişlerdir. Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$f(t) = \begin{cases} \theta e^{-\theta(t-\tau)}, & t \geq \tau \\ 0, & \text{Diğerleri} \end{cases} \quad (3.7)$$

Burada τ konum parametresi ve θ ölçüm parametresi olarak adlandırılır. Bu dağılım için kullanılan konum parametresi veriler içerisinde tespit edilen en

küçük boşluk değeridir. Ötelenmiş negatif üssel dağılımda, negatif üssel dağılımdan farklı olarak küçük boşluklarında tahmini kolaylaştırmak için konum parametresi kadar dağılım sağa kaydırılır. Ölçüm parametresi ise birim zamanda geçen ortalama taşıt sayısı olarak adlandırılır ki daha önce negatif üssel dağılım anlatılırken q ile gösterilmiştir.

Dağılım fonksiyonunun şekli negatif üssel dağılımın şekli ile çok benzerdir (Şekil3.2). Fakat minimum boşluktan daha küçük değerlerin olasılığı değersizdir. Minimum boşluğun fonksiyonu negatif üssel dağılımdan daha dik bir şekilde yükseldikten sonra asimptotik olarak birime yaklaşır. Model karmaşa bölgelerini temsil edemez bununla birlikte, yoğunluk sadece minimum boşluktan daha büyük boşluklarda daha yüksektir (Luttinen, 2003). Bu da dağılımın negatif üssel dağılımdan, küçük aralıklı boşlukları tanımlama açısından, daha iyi olduğunu fakat akımın daha yüksek olduğu kesimlerde araç gruplarını tanımlayamadığını göstermektedir.



Şekil 3.2 Negatif Üssel ve Kaydırılmış Negatif Üssel Dağılımlar

3.4.1. Parametre Tahmini

Veri toplanması sonucunda elde edilen boşluk değerlerini hangi istatistiksel modelin daha iyi temsil edebileceğini belirlemek için parametre tahmini yapılmaktadır. Her dağılımın kendi içerisinde eldeki veriler yardımıyla bulunan bazı parametreleri vardır. Bu parametreler ölçüm parametresi, konum parametresi ve şekil parametresi olarak tanımlanmaktadır. Bu üç parametre istatistik dağılımlar değiştikçe farklı sembollerle gösterilirler.

3.4.1.1. Momentler Metodu

Bu dağılım için tahmin edilmesi gereken 2 parametre vardır. Bu parametreleri tahmin edebilmek için ortalama ve varyans, örnek büyüklüğünün ortalama ve varyansına eşitlenerek momentler metodu uygulanabilir. Momentler metoduna göre;

$$\bar{t} = \tilde{\tau} + \frac{1}{\tilde{\theta}} \quad (3.8)$$

$$s^2 = \frac{1}{\tilde{\theta}^2} \quad (3.9)$$

Burada $\tilde{\tau}$ konum parametresi ve $\tilde{\theta}$ ölçüm parametresi olarak adlandırılır. \bar{t} verilerin ortalaması ve s^2 verilerin varyansıdır.

Yukarıdaki formül çiftinin çözülmesiyle momentler tahmin metodundan parametreler 3.9 ve 3.10 formülleri ile elde edilir.

$$\tilde{\tau} = \bar{t} - s \quad (3.10)$$

$$\tilde{\theta} = \frac{1}{n} = \frac{1}{\bar{t} - \tilde{\tau}} \quad (3.11)$$

Burada n örnek büyüklüğü değeridir.

Momentler metodu ile yapılan bu tahminler sonucunda tahmin için konum parametresi sıfıra eşit olarak alınır, dağılım negatif üssel dağılıma döner ve daha uygun sonuç elde edilmiş olur; fakat, eğer örnek varyasyon katsayısı birden büyükse örnek standart sapması (s) da örnek ortalamasından (\bar{t}) büyük olacaktır. Bu durumda ($\tilde{\tau} < 0$) konum parametresi tahmini mümkün olmaz. Momentler metodunda en iyi tahmin, $\tau = 0$ olduğu andaki negatif üssel dağılıma yaklaşıldığı andaki tahmindir (Luttinen, 1996).

Cohen ve Whitten (1988) tahmin sırasında sıklıkla karşılaşılan ($\tau < 0$) bu eksikliği gidermek amacıyla geliştirilmiş momentler metodunu önermişlerdir. Geliştirilmiş momentler metodu aşağıdaki gibidir.

$$f(t_{(1)} | \tau, n\theta) = \begin{cases} n\theta e^{-n\theta(t_{(1)} - \tau)}, & t_{(1)} \geq \tau \\ 0, & \text{diğerleri} \end{cases} \quad (3.12)$$

$$E(T_{(1)}) = \tau + \frac{1}{n\theta} \quad (3.13)$$

Geliştirilmiş momentler metoduna göre eşitliklerin tahmini aşağıda verildiği gibidir.

$$E(T) = \bar{t} = \tilde{\tau} + \frac{1}{\tilde{\theta}} \quad (3.14)$$

$$E(T_{(1)}) = t_{(1)} = \tilde{\tau} + 1/n\tilde{\theta} \quad (3.15)$$

Yukarıdaki formüllerde $E(T_{(1)})$ T sıradan değişkeni için istatistik dağılımının beklenen değeridir.

Geliştirilmiş momentler metodu aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\tilde{\tau} = \frac{nt_{(1)} - \bar{t}}{n-1} \quad (3.16)$$

$$\tilde{\theta} = \frac{1}{\bar{t} - \tilde{\tau}} \quad (3.17)$$

n : Örnek büyüklük değeri

Cohen ve Whitten (1988)' e göre, bu denklemler hem tarafsız doğrusal tahmin fonksiyonlarıdır, hem de minimum tarafsız varyans fonksiyonlarıdır. Bu yüzden bu fonksiyonlar parametre tahminlerinde tercih edilirler. Konum parametresinin (τ) tahminleri hacimle ilişkili değildir.

3.4.1.2. Maksimum Olabilirlik Yöntemi

Ötelenmiş üssel dağılım için olabilirlik fonksiyonu ve logaritması aşağıda verildiği gibidir.

$$L(\tau, \theta) = \theta^n e^{-\sum_{j=1}^n \theta(t_j - \tau)} \quad t_{(1)} \geq \tau \quad (3.18)$$

$$\ln L(\tau, \theta) = \begin{cases} n \ln \theta^n - \sum_{j=1}^n \theta(t_j - \tau), & t_{(1)} \geq \tau \\ -\infty, & \text{diğerleri} \end{cases} \quad (3.19)$$

Uygun bir θ için, mümkün olan en büyük değerde τ seçilerek olabilirlik fonksiyonu maksimize edilir.

$$f(t_i|\tau, \theta) > 0 \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (3.20)$$

$$\tau = \min\{t_1, \dots, t_n\} = t_{(1)}. \quad (3.21)$$

Eğer konum parametresi, tahmin edilen τ bilinirse, aşağıdaki çözümden ölçüm parametresi θ tahmin edilebilir (Dudewicz ve Mishra, 1988; Luttinen, 1996).

$$(\partial L(\hat{\tau}, \hat{\theta}))/\partial \hat{\theta} = \frac{n}{\hat{\theta}} - \sum_{i=1}^n (t_i - \hat{\tau}) = 0 \quad (3.22)$$

Yukarıdaki denklemin çözümünden aşağıdaki formül elde edilir.

$$\hat{\theta} = \frac{1}{\bar{t} - \hat{\tau}} \quad (3.23)$$

Bu denklemlerde \bar{t} ; örnek boşluklarının ortalaması, $\hat{\theta}$ maksimum olabilirlik fonksiyonu için tahmin parametresidir.

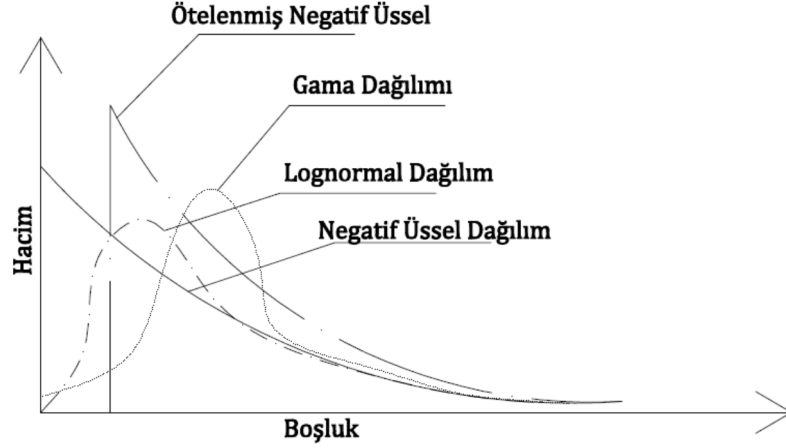
$\mathbb{P}\{T \leq t_{(1)}\} = F(t_{(1)}|\hat{\theta}, \hat{\tau})$ olasılığının sifıra eşit olmasından dolayı, maksimum olabilirlik tahmin modeli için yapılan uyum iyiliği testleri kötü sonuçlar verir. Yani boşluk-zaman değişkeninin örneğin ilk düzen istatistiğinden küçük olması olasılığı, ilk örnek düzenine bağlı konum parametresinin ve ölçüm parametresi için maksimum olabilirlik tahmin metodunun tahmininin bir fonksiyonudur.

Üssel ve ötelenmiş üssel dağılımlarda karşılaşılan ana problem, çok küçük boşlukların bulunması ve bunların tanımlanma zorluğudur. Minimum boşluk için uygun eşik, araç takip aralığı dinamiği ile ilişkili olmayan basitleştirilmiş bir çözüm ile çalışılmasıdır. Boşluk dağılımı, ötelenmiş üssel dağılım ile boşluk incelemelerinde genel olarak tam ifadeyi vermemesinin yanında, düşük hacimli akımlarda üssel dağılıma göre daha iyi sonuç verdiği için uygulanabilmektedir.

3.5. Lognormal Dağılım

X rastgele değişkenine $Y = \ln X$ şeklinde logaritmik bir dönüşüm uygulandığında dönüştürülmüş Y değişkeninin dağılımı normal ise X'in dağılımına lognormal dağılım denir (Bayazit ve Oğuz, 1994). Şimdiye kadar incelenmiş olan taşıtlar arasındaki aralıkları temsil etmek için seçilen tüm eğrilerin, negatif üssel

dağılım dışında hepsi, orjinden başlayıp, aralık boyutundaki küçük artımlarla olasılığı hızla artan, orjine yakın bir noktada en büyük değerine ulaştıktan sonra sağa doğru uzayan kuyruğa sahip, simetrik olmayan eğrilerdir. Bu ortak özelliği göz önünde tutan Tolle, aralıkların lognormal dağılımla da temsil edilebileceğini kabul etmiştir (Tolle, 1971; Gedizlioğlu, 1979).



Şekil 3.3. Taşıtlar Arasındaki Aralıklara Uygun Akımlar (Gedizlioğlu, 1979).

Lognormal dağılımın başlıca avantajlarından birisi negatif bir dağılım olmayışıdır. Dağılımın bilinmesi gereken 2 parametresi vardır. Bu parametreler gözlemlenen verilerden elde edilebilen ortalama ve varyanstır. Ölçümlerden elde edilecek n tane aralık için $t_i, i = 1, 2, \dots, n$, ise bu verileri temsil edebilecek lognormal dağılımın parametreleri aşağıdaki gibi bulunabilir (Gedizlioğlu, 1979).

$$\bar{t} = \frac{1}{n} * \sum_1^n \ln(t_i) \quad (3.24)$$

$$s^2 = \frac{1}{n} * \sum_1^n (\ln(t_i) - \bar{t})^2 \quad (3.25)$$

\bar{t} verilerin ortalaması ve s^2 verilerin varyansıdır.

Parametreleri bilinen bir lognormal dağılımın olasılık fonksiyonu ise aşağıda verildiği gibidir.

$$f(t) = \frac{1}{s * \sqrt{2\pi}} * e^{-(\ln(t) - \bar{t})^2 / 2s^2} \quad (t > 0) \quad (3.26)$$

\bar{t} verilerin ortalaması ve s^2 verilerin varyansı, s standart sapması olarak bilinmektedir.

Lognormal dağılımda, olasılık fonksiyonu özellikle yüksek akım (800-1200 araç/saat) oranlarında amprik yoğunluk fonksiyonu ile benzer bir şekil alır. Dağılımın varyasyon katsayısı azaldıkça, mod ortalamaya doğru yaklaşır. Lognormal dağılım takip boşlukları için çok cazip bir modeldir. Ancak yapılan çalışmalarda araç boşlukları için iki önemli eksiklik gösterilmiştir. Birincisi, bu dağılım için uyumluluk testleri uygulanabilir olmadığını göstermektedir. İkincisi, Laplace dönüşümü olmadığı için matematiksel analizde bazı sorunlar meydana gelebilmektedir. Eğer nümerik ya da Monte Carlo yöntemlerini kullanmak gerekiyorsa, bu yöntemlerden birini kullanmak iyi bir ilerlemenin yanı sıra boşluk dağılımları için de daha uygun olabilir (Luttinen, 1996).

3.6. Gamma Dağılımı

Ötelenmiş üssel dağılımda, çok kısa boşlukların oluşturduğu problemleri ortadan kaldırmak için bir τ sabiti, rastgele bir üssel değişken olarak eklenmiştir. (Luttinen, 1996). Buna bezer şekilde gama dağılımında da α gibi bir üssel yardımcı parametre eklenerek, bu defa, kısa ayrılış aralıklarının olasılığının düşürülmesine yardımcı olunmuştur.

Merkez limit teoremine göre bir rastgele değişkeni etkileyen çok sayıdaki etkenlerin etkileri bu etkenlerin kareleriyle artıyorsa değişkenin dağılımı gamma dağılımına yaklaşır. Gamma dağılımının bir özelliği de gamma dağılımına uyan değişkenlerin toplamının da gamma dağılımına uymasındır. Gamma dağılımının da lognormal dağılım gibi sadece değişkenin pozitif değerleri için tanımlanmış ve pozitif çarpık bir dağılım olması pratikte çok kullanılmasına yol açmıştır. Ancak sadece bir parametresi olması gamma dağılımının gözlenmiş frekans dağılımlarına uydurulmasını güçleştirdiği için iki ve üç parametrelili gamma dağılımları da tanımlanmıştır (Bayazit ve Oğuz, 1994). Tek parametrelili gamma dağılımının olasılık fonksiyonu aşağıda verildiği gibidir.

$$f(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} * t^{\alpha-1} * e^{-t} \quad (3.27)$$

Burada $\Gamma(\alpha)$, α 'nın pozitif değerleri için, $\Gamma(\alpha) = \int_{\alpha}^{\infty} t^{\alpha-1} * e^{-t} dt$ şeklinde tanımlanmış gamma fonksiyonudur. Luttinen (1996)'e göre faktöriyel fonksiyonun genelleştirilmiş halidir ve gamma fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\Gamma(\alpha) = (\alpha - 1)! \quad (3.28)$$

Gamma dağılımının şekil parametresi olan α parametresinin değerinin büyümesiyle gamma dağılımı normal dağılıma yaklaşır (Bayazıt ve Oğuz, 1994).

İki (formül 3.21) ve üç (formül 3.22) parametrelili gamma dağılım fonksiyonları aşağıda verilmiştir.

$$f(t) = \frac{\beta^{\alpha}}{(\alpha-1)!} * t^{\alpha-1} * e^{-\beta t} \quad (3.29)$$

Burada α şekil parametresi ve β ölçüm parametresidir. $\alpha=1$ için bu dağılım üssel dağılıma dönüşür. Dağılımın çarpıklık katsayısını gözlenmiş örnekten hesaplanan değer de kullanılmasıyla 3 parametrelili gamma dağılımı kullanılır (Bayazıt ve Oğuz, 1994).

$$f(t) = \frac{\beta^{\alpha}}{(\alpha-1)!} * (t - \tau)^{\alpha-1} * e^{-\beta(t)} \quad (3.30)$$

Yukarıda verilen denklemde τ , konum parametresi, β ölçüm parametresi ve α şekil parametresidir.

3.6.1. Parametre Tahmini

3.6.1.1. Momentler Yöntemi

Yaygın olarak kullanılan 2 parametrelili gamma dağılımının parametrelerini momentler yöntemi ile tahmin etmek için gözlenen verilerin ortalaması ve

varyansından yararlanır. 2 parametrelili gamma dağılımının parametre tahmin eşitlikleri aşağıda verildiği gibidir.

$$\bar{t} = \frac{\alpha}{\beta} \quad (3.31)$$

$$s^2 = \frac{\alpha}{\beta^2} \quad (3.32)$$

Eğer 3 parametrelili gamma dağılımı momentler yöntemi ile çözülmek istenirse parametre tahmini için aşağıdaki eşitliklerden yararlanır.

$$\bar{t} = \tilde{t} + \frac{\tilde{\alpha}}{\tilde{\beta}} \quad (3.33)$$

$$s^2 = \frac{\tilde{\alpha}}{\tilde{\beta}^2} \quad (3.34)$$

$$\alpha_3 = \frac{2}{\sqrt{\tilde{\alpha}}} \quad (3.35)$$

α 'nın tahmini çarpıklığın karesi ile doğru orantılıdır ve konum parametresinden bağımsızdır. Bu durum sonuçlarda ciddi hatalar olmasına sebep olmaktadır (Bowman ve Shenton, 1988; Luttinen, 1996). Tahmin edilen konum parametresi örnek gözlemlerinin en küçüğünden büyük olmalıdır, aksi takdirde uygun görülmez (Cohen ve Whitten, 1988).

Momentler metodu, dağılımların normale yakın olması durumu dışında parametre tahmininde yetersiz bir yöntemdir (Greenwood ve Durand, 1960; Luttinen, 1996). Boşluk dağılımları pozitif bir şekilde çarpık olup normal dağılıma benzemez. Önceki çalışmalarda gamma dağılımı için momentler yönteminin zayıf bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır (Luttinen, 1996).

3.6.1.2. Geliştirilmiş Momentler Yöntemi

Gamma dağılımı için momentler yönteminin bu yetersizliğini ortadan kaldırmak için Cohen ve Whitten (1988) geliştirilmiş momentler yöntemini önermişlerdir. Çünkü bu yöntem hesaplanması kolay ve uygulanabilir bir yöntemdir. Geliştirilmiş momentler metodu için eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$\tilde{\beta} = \frac{2}{s\alpha_3} \quad \tilde{\tau} = \bar{t} - \frac{2s}{\alpha_3} \quad \tilde{\alpha} = \frac{4}{\alpha_3^2} \quad (3.36)$$

Konum parametresi τ' nun gözlenmiş en küçük gözlem değerinden daha büyük olduğu durumlarda bu parametre tahmin edilemez (Cohen ve Whitten 1988). Eğer gözlenmiş örnek büyüklüğü çok genişse, konum parametresi gözlenen en küçük değer (t_1) olarak alınabilir. Konum parametresi bulunduktan sonra şekil ve ölçüm parametresi aşağıdaki eşitliklerden tahmin edilebilir.

$$\beta = \frac{s^2}{\bar{t} - t_1} \quad \alpha = \frac{(\bar{t} - t_1)^2}{s^2} \quad (3.37)$$

Gamma dağılımında $\alpha > 1$ durumunda, yoğunluk fonksiyonu çan eğrisi şekli elde edilir. Bu da kısa boşluklarda düşük olasılık verir. Varyasyon katsayısı birden az değer alır. Sonuç olarak biçim parametresi çoğu örnekte birden aşağı bir değer olarak tahmin edilir. Şekil parametresi bire eşit olduğunda ($\alpha=1$) dağılım negatif üssel dağılıma, konum parametresi τ sıfırdan büyük ($\tau > 0$) olduğunda dağılım ötelenmiş negatif üssel dağılıma dönüşür. Bu nedenle gama dağılımı düşük trafik akım koşulları için düzeltilmiş bir dağılımdır (Luttinen, 1996).

Gama dağılımı negatif üssel dağılıma göre daha karmaşık çözüme sahiptir. Yoğunluk fonksiyonu ise şekil parametresi (α) birden büyük olduğu zaman caziptir fakat mod çevresinde yığılma olduğunda yetersiz kalır. Eğer akım oranı yüksek ise, araçların çoğu takip durumundadır ve boşluklar mod çevresinde yoğunlaşmıştır. Bir başka deyişle, çan eğrisine benzeyen ilgili boşluk dağılımı büyük α değerini alan gama dağılımındadır. Fakat, akım oranı yükseldikçe boşluk dağılımı daha çarpık hal alır, oysaki gama dağılımının çarpıklığı daha büyük bir α değeri için azalır. Trafik akım çalışmalarında uyum iyiliği testleri gama dağılımını desteklememesine rağmen, sadece çok düşük ve çok yüksek akımlarda kullanılabilir. Özellikle yüksek hacimlerde gama dağılımı daha yaygındır (Luttinen, 1996).

3.7. Cowan M3 Dağılımı

Cowan (1975) boşluk dağılımını incelerken trafik akımının iki bileşenini içerdiğini tanımlamıştır. Bu bileşenler; akım içerisinde bazı araçların sabit bir boşluğu (Δ) izlediği ve diğer araçların birbirinden bağımsız olarak hareket

etmesidir (Sullivan ve Troutbeck, 1995). Zaman cinsinden aralık değerini (t) aşağıdaki şekilde ifade etmektedir.

$$t = u + v \quad (3.38)$$

Burada u serbest hareket eden araçları, v ise birbirini takip eden ve grup halinde hareket eden araçlar arasındaki aralık değerlerini ifade etmektedir. Sinyalizasyonsuz kavşaklarda birbirini 4 saniyeden daha büyük bir boşlukla takip eden araçlar serbest hareket eden araçlar, 2 saniye ya da daha küçük bir boşlukla hareket eden araçların ise grup halinde hareket eden araçlar olarak kabul edilmiştir (Troutbeck, 1997).

Dawson ve Chimini (1968) bir aracın serbest bir şekilde hareket ettiğini anlayabilmek için 3 özelliğe sahip olması gerektiğini belirtmiştir (Luttinen, 1996; Tanyel ve Yayla, 2003; Çalışkanelli, 2006).

- 1) Yeterli sürede bir boşluk
- 2) Serbest hareket eden aracın yörünge değiştirmeden geçebilmesi
- 3) Öndeki araç pozitif bir hız farklılığı ile dönüş yapsa bile onu takip eden serbest araç birimden bağımsız bir şekilde hareketine devam etmesidir.

Grup halinde hareket eden ve serbest hareket eden araçların karışıklığını tanımlamak boşluk dağılımı için mantıksal bir adımdır. Taşıt grubu içerisindeki boşluk bir sabit (Δ) kabul edilirse ve serbest araçların boşlukları ötelenmiş negatif üssel dağılımı takip ettiği düşünülür. Buna göre, dağılım için Cowan M3 dağılımının uygunluğu incelenebilir (Luttinen, 2003). Bir başka deyişle, daha önce akımda grup halinde hareket eden araçların akım oranı sıfır olduğunda, dağılımın ötelenmiş negatif üssel dağılıma uygunluk gösterdiği söylenmişti; Cowan M3 dağılımında ise grup halinde hareket eden araçların öndeki araçların arkasında bir Δ aralığı ile dizildiği kabul edilir. Buna göre, eğer grup halinde hareket eden araçlar arası boşluklar sabit bir Δ , serbest araçlar da ötelenmiş negatif üssel dağılımda olduğu gözüne alınırsa, Cowan M3 dağılımı uygunluğu incelenmelidir.

Cowan M3 kümülatif dağılım fonksiyonu aşağıda gösterildiği gibidir (Akçelik ve Chung, 1994)

$$F(t) = \begin{cases} 0, & t < \Delta \\ 1 - \emptyset e^{-\lambda(t-\Delta)} & t \geq \Delta \end{cases} \quad (3.39)$$

Burada \emptyset serbest hareket eden araç boşluk oranı, λ ölçüm parametresidir. Tanyel ve Varlıorpak (2000), λ 'yı düzeltme katsayısı olarak tanımlamışlardır. Δ ise birbirini takip eden araçlar (gruplanmış araçlar) arasındaki minimum boşluğun zaman cinsinden değeridir.

λ değeri aşağıdaki bağıntıdan bulunabilir (Akçelik ve Chung, 1994) .

$$\lambda = \frac{q\emptyset}{1-\Delta q} \quad (3.40)$$

Burada Δ bağlı araçlar arasındaki minimum varış boşlukları(saniye), \emptyset serbest araç oranı, λ düzeltme katsayısı ve q tüm şeritlerdeki toplam geliş akımıdır (araç/sn).

Cowan M3 dağılımı iki aşamalı zaman cinsinden aralık modelidir. Zaman cinsinden takip aralığı, ötelenmiş negatif üssel formülüyle hesaplanabilmektedir. Bu modelde, zaman cinsinden aralık değerinin serbest bileşeni, karışık bir dağılım olarak tanımlanmaktadır. Dağılımın ilk kısmı t olasılığı ile sifıra eşittir ve ikinci kısmı ise negatif üssel dağılıma eşittir. Cowan, bu dağılımın trafik modellemesinde özel bir uygulamasının olabileceğini öne sürmüştür. M3 dağılımında $(1-\emptyset)$ oranındaki araçların, öndeki araçların arkasında bir Δ aralığı ile dizildiğini kabul etmektedir. Bu araçlar, grup halinde hareket ediyor kabul edilebilirler. Akım içindeki diğer araçlar ise serbest bir şekilde ve Δ aralığından daha büyük zaman cinsinden aralıklarla hareket etmektedirler ve serbest hareket eden araçlar olarak tanımlanmaktadır. Bu, yoldaki bir seri grup ve aralık olarak tanımlanabilmesini sağlamaktadır. Grup halinde hareket eden araçların akım içindeki oranı sıfır olduğunda ise model ötelenmiş negatif üssel dağılıma indirgenmektedir (Sullivan ve Troutbeck, 1994; Çalışkanelli, 2006).

3.7.1. Cowan M3 Dağılımının Parametrelerinin İncelenmesi

Cowan M3 dağılımında, parametreler farklı uygulamalarda farklı ve çok çeşitli değerler almıştır. Özellikle ' λ ' parametresi trafik mühendisliği açısından tam olarak tanımlanamamış, ölçüm parametresi veya düzeltme katsayısı olarak isimlendirilmiştir. Bununla birlikte, serbest araç oranı olarak tanımlanan ' \emptyset ' katsayısının değişik bağıntılarının hesaplanabilmesi, bu dağılımın araştırılmasında büyük önem taşımaktadır (Çalışkanelli, 2006). Akçelik ve Chung (1994), dağılımı ' \emptyset ' katsayısına bağlı olarak iki farklı şekilde tanımlamışlardır ve bu konuya bölüm 3.7.1.2. Serbest Araç Oranı başlığı altında değinilmiştir.

3.7.1.1. Minimum Boşluk Değeri (Δ)

Minimum boşluk değeri (Δ) dağılımın uygunluğu açısından büyük önem taşıyan bir parametredir. Troutbeck (1991) ve Hangring (1998) bu değer için sabit tutularak diğer parametrelerin rahatlıkla hesaplanabileceğini belirtmişlerdir (Çalışkanelli, 2006).

Çoğu sinyalizasyonsuz kavşakların kapasite hesaplarında, Δ değerinin 2 saniyeden büyük olması gerçekçi olmadığı, analizlerde bu değer 1,5-1,8 veya 2 saniye olarak kabul edildiği söylenmiştir. Yine geçmiş çalışmalarda minimum boşluk değeri 0,5 saniye ile 2,5 saniye arasında değiştiği görülmektedir (Akçelik ve Chung, 1994; Hangring, 1998; Çalışkanelli, 2006).

Her şeritte ayrı bir ' Δ ' değerinin bulunabileceği açıktır. Ancak bazı çalışmalarda birden fazla şerit (çoğunlukla 2 şerit), tek bir şeritmiş gibi düşünülerek hesap yapılmaktadır. Bu yaklaşım kapasite hesaplarında büyük kolaylıklar sağlamasına rağmen; yanlış sonuçlar elde edilmesine yol açabilir (Tanyel, 2001). Luttinen (1999) ve Akçelik (1994) ' Δ ' için sabit bir değer seçilmesinin daha uygun olacağını belirtmişlerdir ve trafik şartları için farklı ' Δ ' değerlerinin belirlenmesi gerektiğini savunmuşlardır. Çalışkanelli (2006), ' Δ ' değerinin gözlenmiş bir değer olmadığını savunmuş, diğer parametreler gibi, gözlenen dağılımların ortalama, varyans ve çarpıklık katsayıları kullanılarak gözlenen dağılımı en iyi ifade eden ' Δ ' değerinin hesaplanması gerekliliğini söylemiştir.

Han ve Wang (2009) ise yukarıdaki bilgiler ışığında çalışmalarında ‘ Δ ’ değerini söz konusu gözlemlerinden elde etmişlerdir.

3.7.1.2. Serbest Araç Oranı (\emptyset)

‘ \emptyset ’ Cowan M3 dağılımını etkileyen en önemli parametrelerden birisidir. Bu değer hesaplanabilmesindeki en önemli sorun hangi araçların serbest hangi araçların birbirine bağımlı olarak hareketinin tespitinin zorluğudur (Tanyel ve Yayla, 2003).

Troutbeck (1997), 2 saniyeden daha küçük aralıklarda, araçların büyük olasılıkla grup halinde hareket ettiklerini, 4 saniyeden daha büyük aralıklarda ise, araçların serbest olarak kabul edilebileceklerini belirtmiştir.

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda bu parametreyle ilgili farklı formüller geliştirilmiştir. İlk olarak Tanner (1962) serbest araç oranını bulurken aşağıdaki formülden yararlanmıştır.

$$\emptyset = 1 - \Delta q_c \quad (3.41)$$

Yukarıdaki denklemde \emptyset serbest araç oranı, Δ bağlı araçlar arasındaki minimum varış boşluklarıdır.

Akçelik (1998) daha sonra serbest hareket eden araç boşluk oranını aşağıdaki formülle hesaplamıştır.

$$\emptyset = 0.75(1 - \Delta q_c) \quad (3.42)$$

Akçelik ve Chung (1994) ise, serbest araç oranının bir üssel eğriye uyduğunu öne sürmüşlerdir.

$$\alpha = e^{-b\Delta q_c} \quad (3.43)$$

Burada 'b' gruplanma model parametresidir. Kesintisiz akımlar ve dönel kavşaklar için 'b' değerleri ve bağıntılar, Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Trafik akımı içindeki serbest araç oranının belirlenmesi için kullanılan parametreler (Çalışkanelli, 2006)

| Toplam Şerit Sayısı | Kesintisiz Trafik Akımları | | | Dönel Akımlar | | |
|---------------------|----------------------------|-----|--------------|---------------|-----|-------------|
| | Δ | B | α | Δ | B | α |
| 1 | 1,5 | 0,6 | $e^{-0,9q}$ | 2 | 2,5 | e^{-5q} |
| 2 | 0,5 | 0,5 | $e^{-0,25q}$ | 1,2 | 2,5 | e^{-3q} |
| >2 | 0,5 | 0,8 | $e^{-0,4q}$ | 1,0 | 2,5 | $e^{-2,5q}$ |

Tanner ve Akçelik'in Cowan M3 modellerinin ikisi de artan akım oranı ile birlikte bağlı araç oranlarının da arttığını varsayar. Her iki yazar da çok düşük akımlarda hiç bağıllığın olmadığını ($\emptyset = 1$) tahmin etmişlerdir. Tanner $q=1/\Delta$ olduğunda, $\emptyset = 0$ olduğunu kabul ederken, Akçelik yüksek akımlarda \emptyset değerinin sıfır olmadığını kabul eder.

Akçelik'in modeli parametre değerlerini tek şeritli durumlarda $\Delta=2$ saniye ve $b=1.5$, iki şeritli durumlarda $\Delta=1$ ve $b=1$ ve çok şeritli durumlarda $\Delta=0,5$ ve $b=1$ olarak kabul eder. Tek şeritli durumlarda bağıllık faktörü $b= 1,5$ olduğunda Tanner'in modelinin bir yaklaşımı elde edilir. Çok şeritli durumlar için bağıllık faktörü tüm şeritler tek bir akım olarak düşünülerek elde edilir (Akçelik, 1994). Sullivan ve Troutbeck (1997) akım oranı ile serbest araç oranı arasında lineer bir ilişki olacağından bahsetmişlerdir ve ' \emptyset ' için aşağıdaki formülü kullanmışlardır.

$$\emptyset = 0.8 - 0.0005\left(\frac{Q_c}{n}\right) \quad (3.44)$$

Burada Q_c akım oranı (araç/saat) ve n ise şerit sayısıdır.

Brilon ise bu parametrenin hesabı için farklı bir formül önermiştir (Sullivan ve Troutbeck, 1997).

$$\emptyset = e^{-A\Delta q_c} \quad (3.45)$$

Burada A, 6 ile 9 arasında seçilen bir değerdir.

Hangring (1996,1998) farklı Δ değerleri için farklı formüller önermiştir.

$$\emptyset = 0,914 - 1,549q_c \quad \Delta = 1,5 \text{ sn} \quad (3.46)$$

$$\emptyset = 0,910 - 1,156q_c \quad \Delta = 1,8 \text{ sn} \quad (3.47)$$

Çalışkanelli (2006) serbest akımdaki araçlar arası boşluk oranı için yapılan hesaplamaların ülkeden ülkeye farklılık göstermesi sürücü davranış özelliklerindeki farklılıklardan oluştuğu gerçeğini ortaya koymuştur. Fakat ülkemiz için bu değer ayrıca hesaplanmamıştır.

3.7.1.3. 'λ' Parametresi

Bu parametre farklı çalışmalarda farklı şekilde tanımlanan bir parametredir. Tanner (1962), serbest hareket eden araçların boşluk oranının, doğrusal bir şekilde değiştiğini kabul etmektedir. Eğer Tanner'ın bağıntısının, ideal bir değer verdiği kabul edilir ve bu bağıntının genelde bir üst sınır oluşturduğu göz önünde bulundurulursa 'λ' parametresi, "serbest araç boşluk oranı değişiminin, ana akım üzerindeki etkisi" olarak tanımlanabilir (Çalışkanelli, 2006).

Troutbeck (1991), 'λ' katsayısını, bir azaltma faktörü olarak tanımlamıştır. Akçelik ve Chung (1994) ise bu parametrenin bir model parametresi olduğunu belirtmişlerdir. 'λ' parametresinin hesap formülü formül 3.31'de verilmişti.

3.7.2. Parametre Tahmini

Cowan M3 dağılımının parametrelerini hesaplamak için 3 yöntem kullanılır. Bunlar momentler metodu, en küçük kareler yöntemi ve maksimum olabilirlik metodudur. Hangring (2002), bu üç yöntemin normal bir şekilde gerçekçi sonuçlar sağladığını ve uygulamasının oldukça kolay olduğunu belirtmiştir (Hangring, 2002; Han ve Wang, 2009).

3.7.2.1. Momentler Metodu

Momentler yönteminde, ortalama zaman cinsinden aralık değeri ile zaman cinsinden aralık değerlerinin varyansı ve çarpıklık katsayıları kullanılmaktadır. Ortalama zaman cinsinden aralık (μ), trafik akımının tersi olarak kabul edilmektedir. Bu aşağıdaki formül yardımıyla daha detaylı bir şekilde açıklanabilir:

$$\bar{t} = \frac{1}{q} = \int_0^{\infty} tf(t)dt \quad (3.48)$$

Yukarıdaki ifadenin integrali alınarak, ortalama zaman cinsinden aralık aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\bar{t} = \Delta + \frac{\theta}{\lambda} \quad (3.49)$$

Gözlem verilerinin ikinci momenti alınarak, zaman cinsinden aralık değerlerinin varyansı bulunabilir (Çalışkanelli, 2006):

$$s^2 = \frac{\theta(2-\theta)}{\lambda^2} \quad (3.50)$$

Çarpıklık katsayısı için ise aşağıdaki bağıntı verilmiştir (Luttinen, 1999) :

$$\alpha_3(t) = \frac{2[3-\theta(3-\theta)]}{\sqrt{\theta(2-\theta)^3}} \quad (3.51)$$

Luttinen (1999), bu yöntemin etkili bir tahmin yöntemi olduğunu ' \emptyset ' ve ' λ ' için iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Fakat bu yöntemin ' Δ ' tahmini için kullanılmaması gerektiğini söylemiştir. Luttinen (1999) ve Akçelik (1994) farklı trafik şartları için farklı ' Δ ' değerleri belirlenmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

3.7.2.2. En Küçük Kareler Metodu

Sullivan ve Troutbeck (1994), araçların birbirlerini 4 saniyeden büyük aralıklarla takip etmesi durumunda araçların birbirlerinden bağımsız hareket ettiklerini belirtmişlerdir. Dağılımın kuyruk kısmının tanımlanmasında bu tanımdan yararlanmışlardır. Hangring (1996) ise araçların birbirinden bağımsız hareket edebilmeleri için gerekli minimum boşluğu 3 saniye olarak tanımlamıştır.

Eğer araçlar arasındaki boşluk (t) yukarıda bahsedilen değerlerden büyük olursa Cowan M3 dağılımının olasılık fonksiyonu aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$F(t) = 1 - \emptyset e^{-\lambda(t-\Delta)} = 1 - \gamma e^{-\lambda t} \quad (3.52)$$

Burada $\gamma = \emptyset e^{\lambda \Delta}$ olarak yazılabilir. Eğer gözlenen ve tahmin edilen kümülatif dağılımlar arasındaki farkın karelerinin toplamı ' J ' ile tanımlanırsa bu durumda; $J = \sum_i \{F(t_i) - H(t_i)\}^2$ (3.53) bağıntısı ile ifade edilebilir.

Burada $H(t_i)$ gözlenen, $F(t_i)$ tahmin edilen kümülatif dağılımlardır. ' J ' değeri;

$$\gamma = \frac{\sum_i \{1 - H(t_i)\} e^{-\lambda \Delta}}{\sum_i e^{-\lambda \Delta_i}} \quad (3.54)$$

olduğunda minimum değerini alabilir (Troutbeck, 1997; Çalışkanelli, 2006).

' γ ' değeri belirlendikten sonra ' \emptyset ' ve ' Δ ' değerleri aşağıdaki bağıntılardan yararlanılarak hesaplanabilir.

$$\emptyset e^{-\emptyset} = \gamma e^{-\lambda/q} \quad (3.55)$$

$$\Delta = \frac{1}{q} - \frac{\emptyset}{\lambda} \quad (3.56)$$

3.7.2.3. Maksimum Olabilirlik Metodu

Maksimum olabilirlik yöntemine göre parametrelerin tahmini aşağıdaki prosedüre göre yapılmıştır. Cowan M3 dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanabilmektedir.

$$f(t) = (1 - \emptyset) \quad t = \Delta \quad (3.57)$$

$$f(t) = \emptyset \lambda e^{-\lambda(t-\Delta)} \quad t > \Delta \quad (3.58)$$

Olabilirlik fonksiyonu (l), yukarıdaki fonksiyonların da ışığında aşağıdaki şekilde elde edilebilir.

$$l = \prod_{t=\Delta} (1 - \emptyset) \prod_{t>\Delta} \emptyset \lambda e^{-\lambda(t-\Delta)} \quad (3.59)$$

Logaritmik olabilirlik fonksiyonu ise aşağıdaki gibi bulunur.

$$l = \sum_{t=\Delta} (\ln(1 - \emptyset)) + \sum_{t>\Delta} (\ln \lambda + \ln \emptyset - \lambda(t_i - \Delta)) \quad (3.60)$$

$$\frac{\partial l}{\partial \lambda} = 0 \quad (3.61)$$

$$\lambda = \frac{1}{\sum_{t>\Delta} t_i/n - \Delta} \quad (3.62)$$

Burada Δ değerinin sabit tutulması gerekmektedir. Bunun nedeni, parametreler içinde trafik hacmine en az bağımlı olan parametrenin Δ olduğu görülmektedir. Çalışmalar Δ değerinin 1,5 saniye ile 2,5 saniye arasında değiştiğini göstermektedir (Hangring, 1998). Bu değer Avustralya Kapasite Analiz Modeli SIDRA'da ve İsveç Kapasite Analiz Modeli CAPCAL'da 1.8 saniye olarak hesaplara katılmaktadır (Akçelik, 1998; Statens, 1995; Tanyel ve Varlıorpak, 2000).

4.UYGUNLUK TESTLERİ

4.1. Ki - Kare Uyum İyiliği Testi

Ki-Kare dağılımı ilk olarak 1900'lü yıllarda Pearson tarafından ortaya atılmıştır (Aytaç 1999; Bircan vd., 2003).

Ki-Kare dağılımı oldukça yaygın olarak ve birçok maksatla kullanılan bir dağılımdır. Çoğu araştırmada çeşitli kategorilere giren deneklerin, nesnelerin veya cevapların sayısı ile ilgilenilir. Meselâ, bir grup insan belli bir anketin sorularına verdikleri cevaplara göre sınıflandırılabilirler. Araştırmacı belli bir tip cevabın diğerlerine kıyasla daha sık ortaya çıkıp çıkmayacağını belirlemek isteyebilir. Bu gibi durumlarda ve özellikle de sayımla belirlenen kalitatif özelliklerle ilgili testlerde daha ziyade Ki-Kare testi kullanılır. Ki-Kare dağılımı; uygunluk, bağımsızlık, varyans, homojenlik ve bağımlı grupların testinde oldukça sık kullanılır (Kartal 1998; Bircan vd., 2003).

Ki-Kare; aritmetik ortalaması sıfır ve varyansı bir olan normal bölünmeli bir ana kütlede her biri diğerinden bağımsız olarak seçilen n birimli bir örnekleme ait değerlerin karelerinin toplamı demektir (Aytaç 1998; Bircan vd., 2003).

Gözlemlerden elde ettiğimiz veriler k adet kümeye ayrılmış, her kümede gözlenen tekrar sayısı ' $f g_i$ ' ve olasılık bağıntısından hesaplanan kuramsal tekrar sayısı ' $f k_i$ ' ise,

$$X^2 = \sum_1^k (f g_i - f k_i)^2 / f k_i \quad (4.1)$$

4.1 bağıntısı ile ki-kare sayısı bulunur. Bu verilerin dağılım bağıntısından olan sapmaları ile ilgili bir istatistiksel sayıdır ve asimptotik olarak ki-kare dağılımındadır. Bu dağılımın serbestlik derecesi, $n=k-1-r$ ile hesaplanır. Burada r verilerden hesaplanan dağılım parametresinin miktarıdır. Verilerin bir güvenlik sınırında X_{kr}^2 kritik Ki - Kare sayısı istatistik kitaplarında verilmiştir. Yukarıda verilen bağıntı yardımıyla verilerle dağılım arasında yeni bir ki- kare değeri hesaplanır. Ve hesaplanan değer ile çizelgeden bulunan değer kıyaslanır.

Eğer bulunan hesap değeri tablodan bulunan kritik değerden daha küçükse dağılım ile veriler arasında uygunluk kabul edilir. Tersine bir durumda ise uygun olmadığına karar verilir (Gedizlioğlu, 1979).

Testten daha güvenilir sonuç almak için şu iki durum dikkate alınmalıdır.

- 1) İki kategori varsa her bir beklenen frekans 10 veya daha büyük olmalıdır.
- 2) Kategori sayısı ikiden fazla ise ($r > 2$) her bir beklenen frekans beş veya daha büyük olmalıdır (Kartal 1998; Bircan vd., 2003).

Ki-Kare testi yaparken, çok sık yapılan yanlış kullanma hatalarından birisi küçük beklenen frekanslarla çalışılmasıdır. Küçük bir beklenen frekansın bulunan Ki - Kare değerine etkisi büyük olacaktır. Frekans küçüldükçe Ki - Kare sayısı büyüyecektir. Bu durum sıfır hipotezinin reddedilme olasılığını artırır (Bircan vd., 2003).

4.2. Kolmogorov- Smirnov Uyum İyiliği Testi

Kolmogorov-Smirnov testi, Kolmogorov tarafından 1933 yılında önerilmiştir. Kolmogorov, tek örnek için uyum iyiliği testini önermiştir. 1939 yılında ise bir Rus matematikçisi olan Smirnov tarafından iki bağımsız örnek için uyum iyiliği testi geliştirilmiştir. Kolmogorov ve Smirnov testi benzerlik nedeniyle, uygulamada, Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testleri olarak bilinirler (Bircan vd., 2003).

χ^2 testinin uygulanabilmesi için beklenen frekansların 5'den büyük olması istenir. Kolmogorov-Smirnov testi böyle bir şartta dayanmadığı için kolayca uygulanabilmektedir. Ki-Kare testinde beklenen frekansların 5'ten büyük olması için ya örneklerin büyük hacimli olması gerekir (bu masraflı bir iştir), ya da sınıflar birleştirilmek suretiyle beklenen frekansların 5'den büyük olması sağlanır. Bu durumda ise bilgi kaybı söz konusudur. Oysa Kolmogorov-Smirnov testinde beklenen frekanslar için bir alt limit söz konusu değildir (Kartal 1998; Bircan vd.,2003).

4.2.1. Tek Örnek Testi İçin Kolmogorov-Smirnov Testi

n gözlemlenmiş bir örnek için $\{t_1, \dots, t_n\}$ amprik yoğunluk fonksiyonu (EDF) t 'den daha büyük olmayan gözlemlerin oranını verir.

$$F_n(t) = \left\{ \frac{j}{n} \mid t_{(j)} \leq t < t_{(j+1)} \right\}, \quad j = 1, \dots, n \quad (4.2)$$

Eğer $\{t_1, \dots, t_n\}, F(t|\theta)$ ' den çizilirse EDF $F(t|\theta)$ 'ye yaklaşır (Dudewicz ve Mishra, 1988).

$$\lim_{n \rightarrow \infty} F_n(t) = F(t|\theta) \quad (4.3)$$

$F(t|\theta)$ tarafından üretilen bir sıradan örneğin $F_n(t)$ 'nin EDF olması için dağılımların yeteri kadar benzer olması sıfır hipotezidir.

$$H_0: F_n(t) \sim F(t|\theta) \quad (4.4)$$

EDF ve önerilen dağılımın arasındaki uyumsuzluğu ölçülmesi yoluyla uyum iyiliği testinin yapılması mümkündür. Böyle bir istatistik EDF istatistiği olarak adlandırılır (Stephens, 1986a).

Kolmogorov-Smirnov istatistiği D $F_n(t)$ ile $F(t|\theta)$ arasındaki en geniş kesin dikey farklılıklardır.

$$D = \sup_{t \in \mathbb{R}e^+} |F_n(t) - F(t|\theta)| \quad (4.5)$$

D dağılımı altındaki sıfır hipotezi bilinir ve o $F(t|\theta)$ 'nin bağımsızlığıdır.

$$D = \max\{D^+, D^-\} \quad (4.6)$$

Burada;

$$D^+ = \max_{j \in \{1, \dots, n\}} \left\{ \frac{j}{n} - F(t_{(j)}|\theta) \right\} \quad (4.7)$$

$$D^- = \max_{j \in \{1, \dots, n\}} \left\{ F(t_{(j)} | \theta) - \frac{j-1}{n} \right\} \quad (4.8)$$

İstatistik serbest dağılımdır ve onun dağılımı bilinir. Testin önem olasılığı ise;

$$p = 1 - F_D(D|n) \quad (4.9)$$

Burada $F_D(.)$ K-S dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonudur.

K-S testi isteğe göre ayırıklaştırmadan ve hesap için gözlemlerin dönüştürülmesinden kaçınır. Bu süreç küçük örneklerde sıkıntı yaratır ki bu durumda Ki - Kare testi gerekmektedir. Verilerin azaltılması Ki - Kare testini K-S testinden daha az güçsüz yapar (Moore, 1986).

Stuart ve Ord (1991) Ki - Kare ile K-S testi arasında bazı kıyaslamalardan bahsetmektedir. Çok geniş örnek büyüklükleri ve eş önem düzeyi için (0,05) ve eşit güçte (0,5) K-S testi neredeyse Ki - Kare testinin yapabildiği kadar küçük sapmalar tespit edebilir. Örnek büyüklüğü arttıkça K-S adına oran hızlı bir biçimde azalır. Diğer taraftan eşit bir sapma belirlemek için, K-S testinde örnek büyüklüğünün $n^{4/5}$ 'i Ki - Kare testi içinde n 'i kullanılmalıdır. Örnek büyüklüğü arttıkça Ki - Kare testinin relatif etkisi sifıra yaklaşır. K-S testi sürekli bir dağılım için oldukça hassas sonuçlar verir.

5.İNCELENEN KAVŞAKLARIN TANITILMASI VE ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu tez çalışmasında Isparta İli şehir merkezinde, farklı türde akım koşullarına sahip dört adet kavşak seçilmiştir. Kavşaklar seçilirken kendilerinden önce sinyalizasyonlu ve sinyalizasyonsuz kavşaklar bulunmasına ve incelenecek kavşakların kendilerinden önce gelen kavşağa olan mesafelerine dikkat edilmiştir. Farklı akım türlerine sahip bu sinyalizasyonsuz kavşak akımlarının önce istatistiksel olarak tanımlanması daha sonra zaman cinsinden mesafeye bağlı olarak boşluk dağılımlarının incelenmesi ve bu dağılımların uygunluğunun tespit edilmesi (kavşağa uygun dağılım olup olmadığının tespiti) amaçlanmıştır.

Isparta ili şehir merkezinde yapılan gözlemler sonucunda, farklı mahallelerde geometrik ve işletme koşulları olarak benzer özellikler gösteren dört adet T-Kavşak seçilmiştir. Kavşaklar seçilirken çalışmanın amacına uygun özellikler taşımaya dikkat edilmiştir. Beşinci bölümün alt başlıkları altında daha detaylı bir şekilde tanıtılacak olan bu kavşaklar Eski Güzel Sanatlar Kavşağı, İyaş Kavşağı, Halıkent Kavşağı ve DSİ Kavşağı olarak adlandırılmıştır.

Kavşakların ana akım yaklaşım kolu üzerinde kurulan kamera sistemiyle her bir kavşaktan hafta içi pik saatlerde, saatlik ölçüm verileri elde edilmiştir. Zaman cinsinden boşluk sürelerini ölçebilmek amacıyla kavşak yaklaşım kolu üzerinde sabit bir nokta belirlenmiştir. Akım içerisinde hareket eden ardışık araçlardan öndeki aracın ön tamponunun geçtiği an ile arkasından gelen aracın ön tamponunun geçtiği an arasındaki zaman farkı, zaman cinsinden boşluk olarak ele alınmıştır.

Kamera çekimlerinden boşlukları elde etmek zor ve sağlıklı bir iş olacağından uygun bir video oynatıcı program kullanılarak görüntü 4 kat yavaşlatılmıştır. Görüntülerin bu 4 kat yavaşlatılmış zaman farkları tekrar gerçek süreye çevrilmiş ve kullanılacak ham veriler elde edilmiştir.

Elde edilen saatlik trafik hacim verileri ve araçlar arası zaman cinsinden boşluk verileri kullanılarak kavşaktaki akımların tanımlanabilmesi için istatistiksel parametreleri yorumlanmıştır.

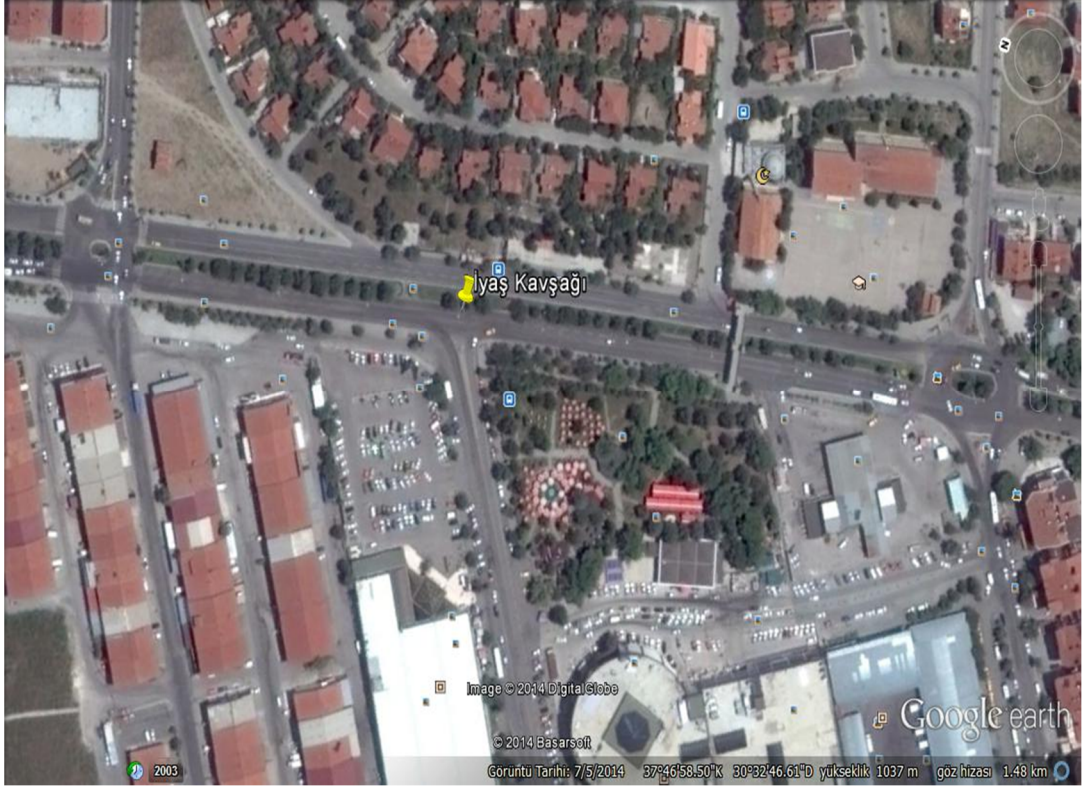
5.1. Kavşakların Tanımlanması ve Anayol Akımlarının İncelenmesi

Kavşaklar ilk aşamada araziden elde edilen hacim verileri ile basit istatistiksel parametrelerle tanımlanmıştır.

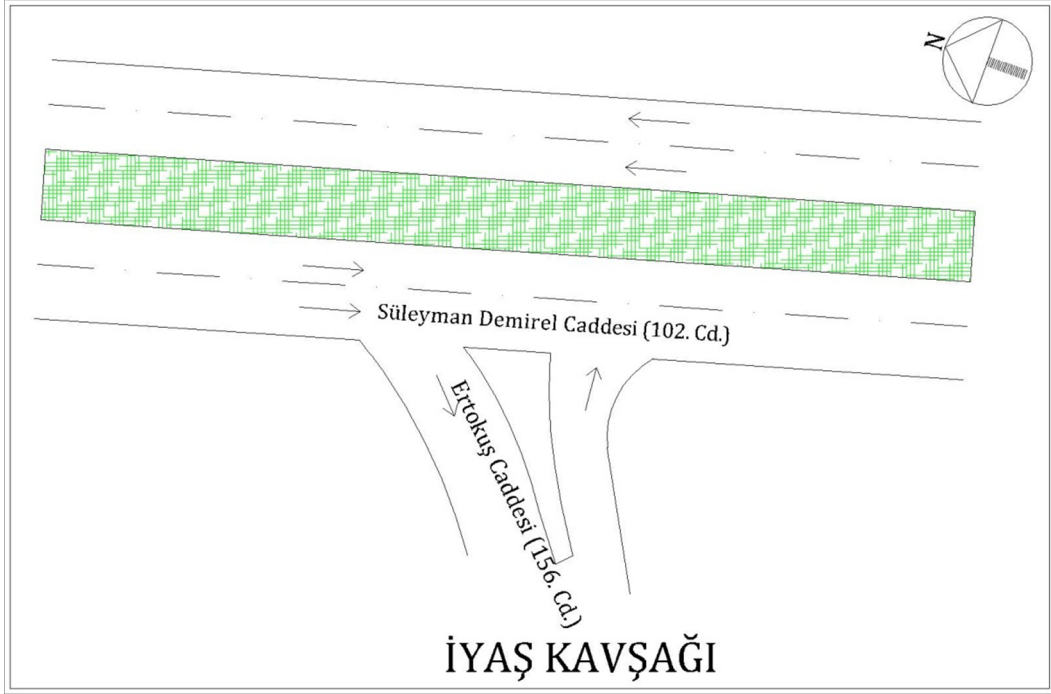
5.1.1. İyaş Kavşağı

İncelenen ilk kavşak, İyaş kavşağı, Süleyman Demirel Caddesi (102. Cd.) ana arteri ile Ertokuş Caddesi'nin (156. Cd.) kesiştiği noktada bulunan sinyalizasyonsuz bir T kavşaktır. Bağlı olduğu caddeler otogara giriş yolu üzerinde bulunduğu için ağır taşıt yüzdesi ve trafik yoğunluğu fazla olan bir kavşaktır. İyaş kavşağının hemen öncesinde sinyalizasyonlu bir kavşak bulunduğu için bu kavşağa gelen akım kesikli akım özelliği göstermektedir. İki kavşak arasındaki mesafe 165 metredir.

Kavşağa yaklaşım kolu 3 şeritli olup, bu çalışmada yapılan inceleme her şerit için ayrı ayrı yapılmıştır. Kavşağa yaklaşan ana yol üzerinde sağ şeridi genel olarak ağır araçlar ve otogara dönüş yapan şehirlerarası otobüsler kullanmaktadır. Kavşağa bağlanan tali yol araçları ana akımla birleşmek için genel olarak sağ şerit ve orta şeritteki araçlar arasında meydana gelen boşlukları dikkate almaktadır. Kavşağın görüntüsü ve autocad çizimi Şekil 5.1 ve 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Iyaş Kavşağı

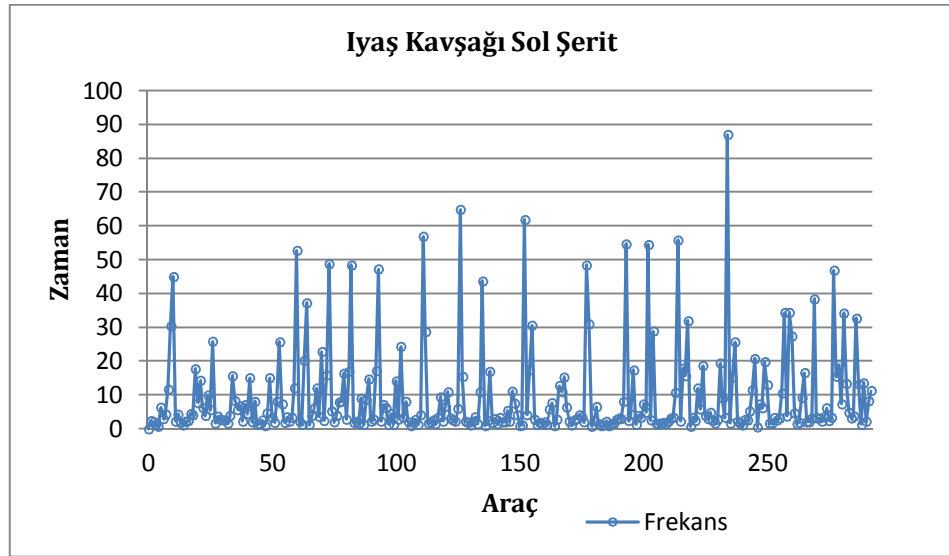


Şekil 5.2. Iyaş Kavşağı Autocad Çizimi

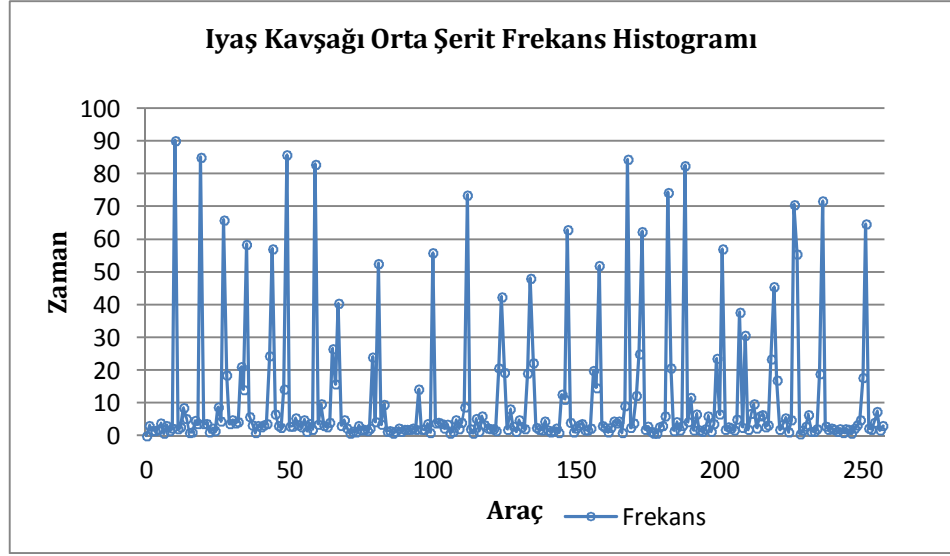
Iyaş kavşağı için yapılan ölçümler Çarşamba günü akşam üzeri 17:30 ile 18:30 arasında pik saatte yapılmıştır ve 15'er dakikalık gözlemlerle veri grupları oluşturulmuştur. Iyaş kavşağı anayol yaklaşımındaki üç şeritteki araç arasındaki zaman cinsinden aralık değerleri incelenerek, her şerit için yapılan ölçümlerde elde edilen istatistiksel parametreler Çizelge 5.1' de verilmiştir. Iyaş kavşağı için frekans verileri Şekil 5.3-5.5'de sunulmuştur.

Çizelge 5.1. Iyaş Kavşağı İstatistiksel Verileri (Saniye)

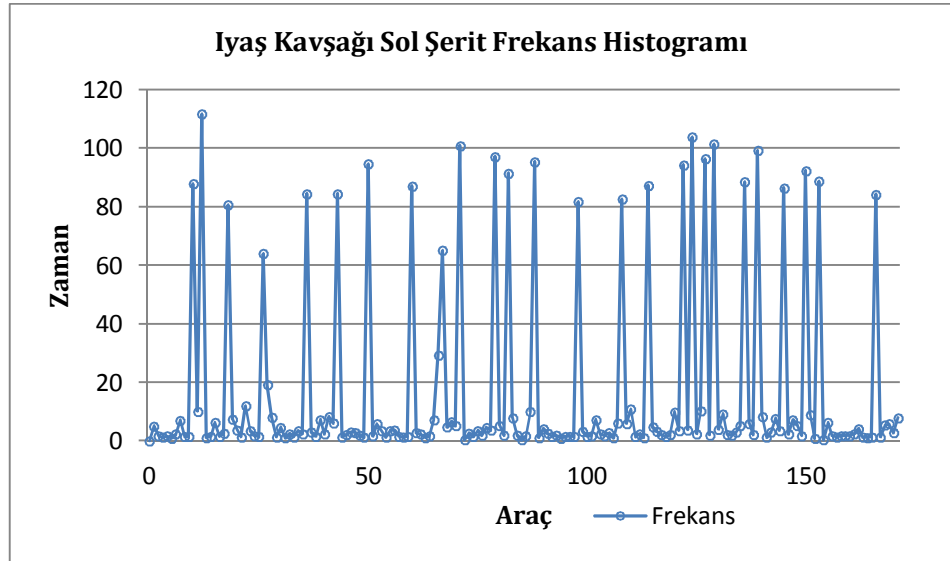
| | | Stan.sap. | Varyans | Ortalama | Çarpıklık | Var.Katsy. | Medyan |
|--------------|------------|-----------|---------|----------|-----------|------------|--------|
| Iyaş Kavşağı | Sol şerit | 30,09 | 905,53 | 15,96 | 2,04 | 1,88 | 2,96 |
| | Orta şerit | 15,57 | 242,64 | 9,19 | 2,74 | 1,67 | 3,12 |
| | Sağ şerit | 12,44 | 154,79 | 9,13 | 2,40 | 1,36 | 3,45 |



Şekil 5.3. Iyaş Kavşağı Sol Şerit Frekans Verileri



Şekil 5.4. Iyaş Kavşağı Orta Şerit Frekans Verileri



Şekil 5.5. Iyaş Kavşağı Sağ Şerit Frekans Verileri

Bu kavşakta yapılan sayımlarda araç sayıları aşağıdaki Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Iyaş Kavşağı 1 saatlik Araç Sayımları (Araç/saat)

| Gözlem Noktası | Kamyon | Minibüs | Otobüs | Otomobil | Motosiklet | Bisiklet | Toplam |
|----------------|--------|---------|--------|----------|------------|----------|--------|
| Sağ Şerit | 2 | 26 | 37 | 217 | 7 | 4 | 293 |
| | 0,60% | 8% | 12% | 74% | 2% | 1,40% | |
| Orta Şerit | 4 | 30 | 15 | 200 | 9 | 0 | 258 |
| | 1,50% | 10% | 6% | 77% | 3% | 0% | |
| Sol Şerit | 2 | 11 | 0 | 156 | 2 | 0 | 171 |
| | 1% | 6% | 0% | 91% | 1% | 0% | |

Iyaş kavşağına akım yaklaşım kolunda yapılan incelemelerde, sol şeritteki akımın zaman cinsinden boşluk ortalamasının ve varyansının sağ akımın zaman cinsinden boşluk ortalaması ve varyansından daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu da, sol şeritteki aralık değerlerinin sağ şeritten daha fazla sıklıkta değişiklik gösterdiğini anlatmaktadır. Buna bağlı olarak sağ şeritten daha fazla sayıda araç geçmektedir. Sebep olarak Isparta Şehirlerarası Otobüs Terminaline ve Iyaş Park alışveriş merkezine dönüşlerin sağ şeritten yoğun olarak yapılması söylenebilir.

Iyaş kavşağına akım yaklaşım kolunda yapılan incelemelerde sol şerit hacminin diğer iki şeride göre oldukça az olduğu görülmektedir. Sol şerit için istatistiksel parametreler incelendiğinde medyan değerinin diğer 2 şeritten daha küçük olduğu görülmektedir. Luttinen (1996) ve Çalışkanelli vd. (2012)’de belirtildiği gibi bu çalışmamız da hacim ile medyan arasında azalan bir üssel ilişki mevcuttur.

Trafik akımının zaman cinsinden boşluk değerleri incelenirken araştırılması gereken bir diğer parametre varyanstır. Luttinen (1996)’e göre yüksek hızlı yollarda, düşük hızlı yollara göre varyans değeri daha büyüktür. Iyaş kavşağında da sol şeridin daha yüksek hızlı bir akıma sahip olduğu söylenebilir. Ağır araç trafiği altında serbest bir şekilde hareket eden araç oranının düşük olacağı, dolayısıyla boşlukların varyansının da düşük olacağı düşünülmektedir. Iyaş kavşağı için varyans değerleri incelendiğinde ağır araç yüzdesi en fazla olan sağ şeridin en düşük varyans değerine sahip olduğu görülmektedir.

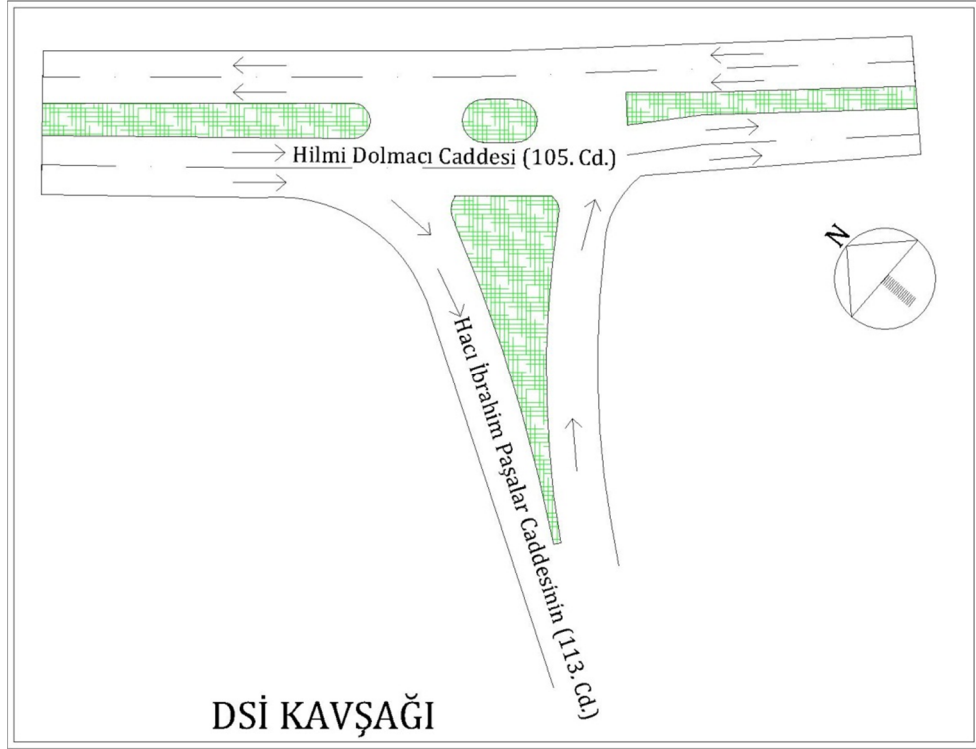
Verilerin çarpıklığına bakılarak da akımın özelliklerini belirlemek mümkündür. Çarpıklık dağılımın şekli hakkında bilgi verir. Çarpıklık simetrisinin bir ölçüsüdür. Simetrik dağılımlar için değeri sıfırdır. Düşük hacimli yollarda çarpıklık 2'ye yakın olmaktadır (Luttinen, 1996). Bu bilgiler ışığında İyaş kavşağı şerit bazında incelendiğinde düşük hacimli sol şeridin çarpıklığının 2'ye yakın bir değer olduğu gözlenmiştir.

5.1.2. DSİ Kavşağı

DSİ kavşağı Hilmi Dolmacı Caddesi (105. Cd.) ile Hacı İbrahim Paşalar Caddesinin (113. Cd.) kesiştiği noktada bulunan sinyalizasyonsuz T kavşaktır. Bu kavşak özellikle akşam iş çıkışı saatlerinde, oldukça yoğun bir hacime sahiptir. İncelenen diğer kavşaklardan farklı olarak bu kavşağın öncesinde, kavşağı etkileyecek herhangi bir sinyalizasyonlu kavşak bulunmadığı için bu kavşağa gelen akımdan sürekli akım olarak bahsedilebilir. Bu kavşaktan önce gelen sinyalizasyonsuz dönel kavşağa olan mesafesi 185 metredir. Kavşağın görüntüsü ve autocad çizimi Şekil 5.6 ve 5.7'de verilmiştir



Şekil 5.6. DSİ Kavşağı

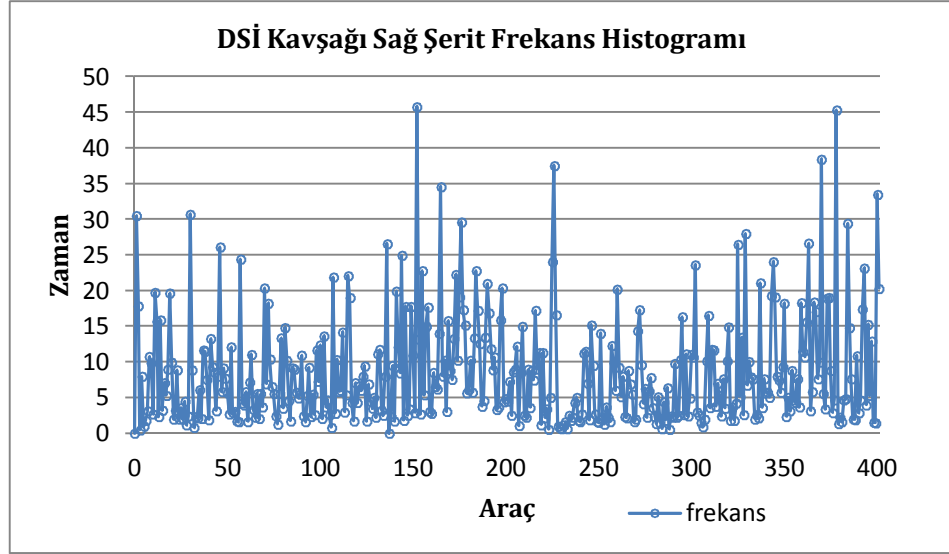


Şekil 5.7. DSİ Kavşağı Autocad Çizimi

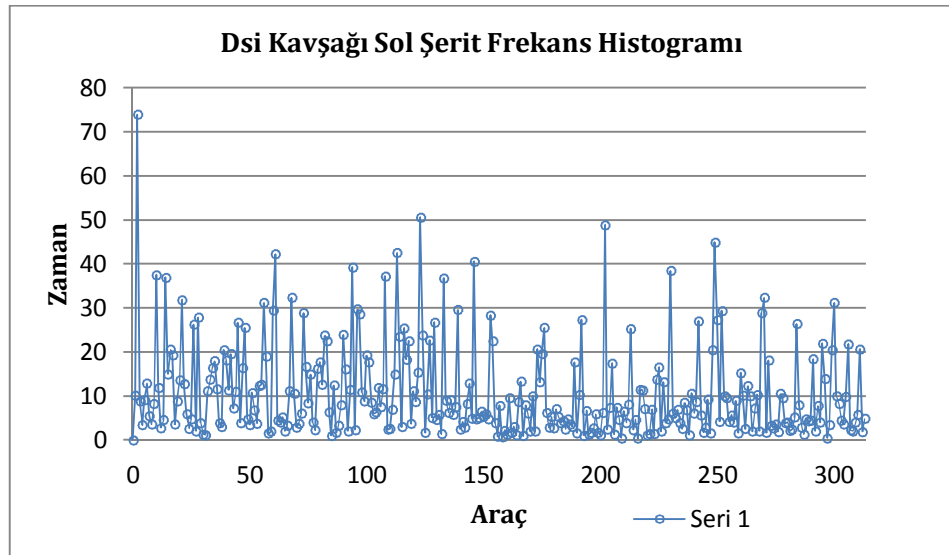
DSİ kavşağına yaklaşan kuzey batı yaklaşım kolu 2 şeritlidir. Daha önce de bahsedildiği gibi, kavşak için yapılan incelemeler her şerit için ayrı ayrı yapılmıştır. DSİ kavşağı için yapılan ölçümler akşamüzeri 17:30 ile 18:30 arasında pik saatte yapılmıştır. Her şerit için yapılan ölçümlerde elde edilen istatistiksel parametreler Çizelge 5.3 'de verilmiştir. DSİ kavşağı için frekans verileri Şekil 5.8-5.9'da sunulmuştur.

Çizelge 5.3. DSİ Kavşağı İstatistiksel Parametreleri (saniye)

| | | St.sapma | Varyans | Ortalama | Çarpıklık | Var.Katsy. | Medyan |
|-------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|------------|---------|
| DSİ Kavşağı | sağ şerit | 7,545298 | 56,93152 | 8,475749 | 1,738544 | 0,890222 | 5,9175 |
| | sol şerit | 10,62163 | 112,8189 | 10,78485 | 1,919634 | 0,984866 | 6,98625 |



Şekil 5.8. DSİ Kavşağı Sağ Şerit Frekans Verileri



Şekil 5.9 DSİ Kavşağı Sol Şerit Frekans Verileri

Bu kavşakta yapılan sayımlarda araç sayıları aşağıdaki Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.4. DSİ Kavşağı 1 Saatlik Araç Sayımları(araç/saat)

| Gözlem Noktası | Kamyon | Minibüs | Otobüs | Otomobil | Motosiklet | Bisiklet | Toplam |
|----------------|--------|---------|--------|----------|------------|----------|--------|
| Sağ Şerit | 7 | 42 | 15 | 309 | 21 | 8 | 402 |
| | 2% | 10% | 4% | 76% | 5% | 2% | |
| Sol Şerit | 6 | 31 | 13 | 242 | 17 | 5 | 314 |
| | 2% | 10% | 4% | 77% | 5% | 2% | |

DSİ kavşağı ana akım yaklaşım kolunda yapılan incelemelerde sol şerit hacminin sağ şeride göre daha az olduğu görülmektedir. Şeritler incelendiğinde sol şeridin medyan değerinin sağ şeridin medyan değerine göre daha büyük olduğu tespit edilmiştir ve hacim ile zaman cinsinden boşlukların medyanı arasında azalan bir üssel ilişki mevcuttur. Kavşakta yaklaşma şeritlerindeki boşluk değerleri incelendiğinde hacim azaldıkça medyan değerinin arttığı açıkça görülmektedir.

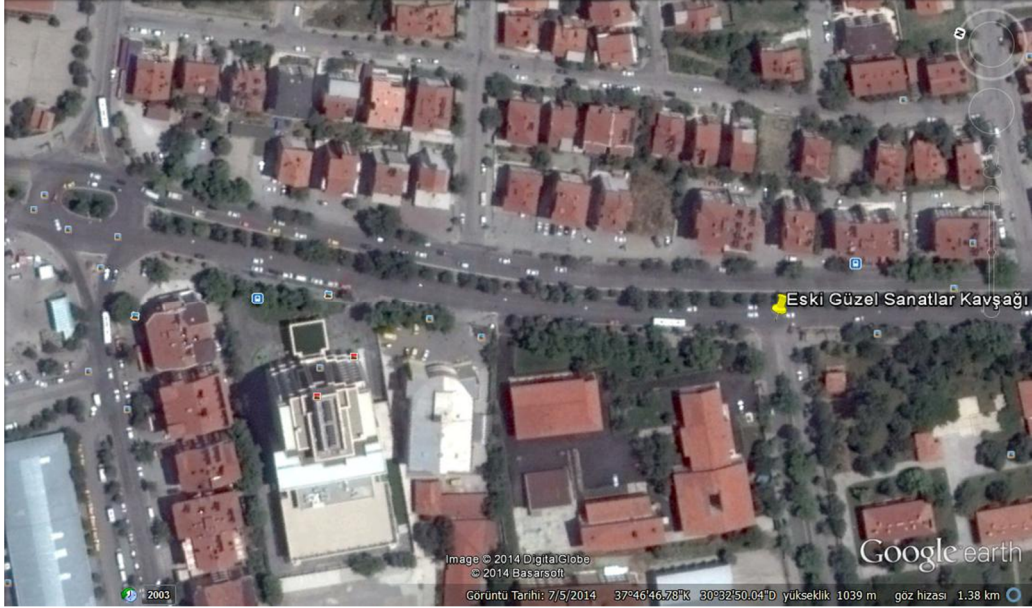
Iyaş kavşağında olduğu gibi DSİ kavşağında da, sol şeritteki yaklaşan akımın zaman cinsinden boşluk ortalamasının ve varyansının, sağ şeritteki zaman cinsinden boşluk ortalaması ve varyansından daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sol şeritteki boşluk aralıkları daha fazla değerdedir ve bu değerler daha fazla sıklıkta değişebilmektedir. Buna bağlı olarak sağ şeritten daha fazla sayıda araç geçtiği görülmektedir fakat yine de Çizelge 5. 4' te görüldüğü gibi sağ ve sol şerit hacim değerleri arasındaki fark çok fazla değildir.

Ağır taşıt yüzdesi de şeritlerde az bir farkla (% 4 lük bir farkla) değişmektedir. Sağ şeritteki ağır taşıt yüzdesi ile sol şeritteki ağır taşıt yüzdesi arasındaki fark fazla olmamakla birlikte, bu farkın varyansı önemli ölçüde etkilediği görülmektedir. Bu da bize, ağır taşıt sayısındaki az bir artışın bile ağır araç trafiği altında serbest hareket eden araç oranına etkisinin önemli ölçüde değişken olacağını dolayısıyla boşlukların varyansının da düşeceğini göstermektedir.

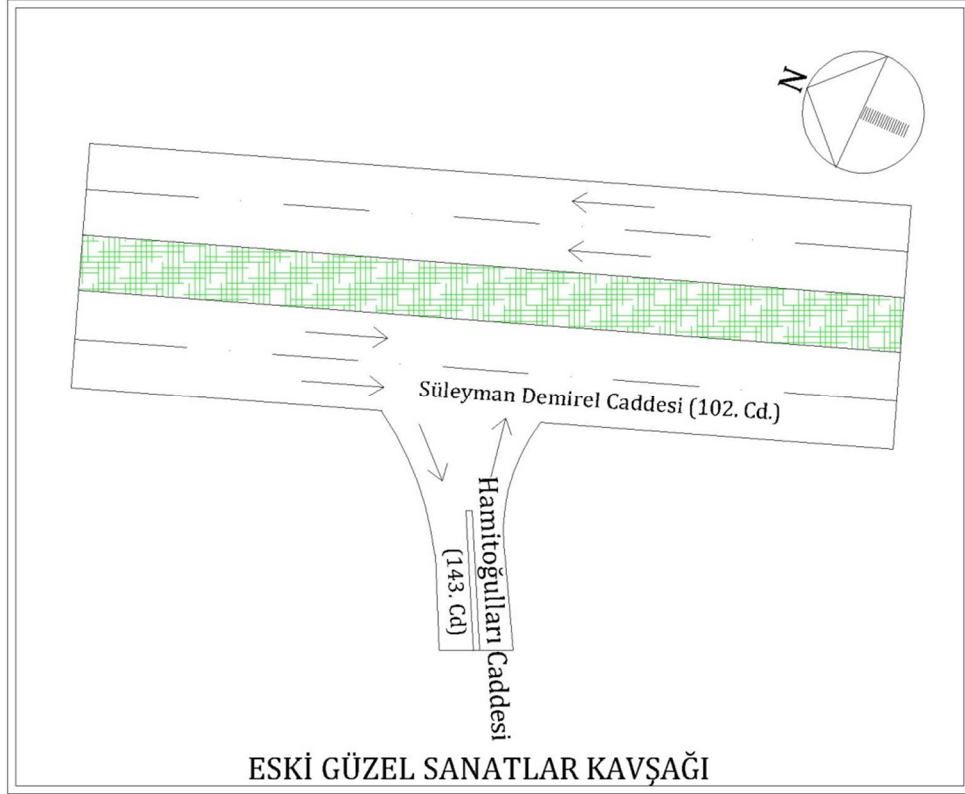
Kavşağın konumu gereği sağa dönüş ve ileri gidiş akımlarını artırıcı herhangi bir akım çekme potansiyeline sahip kesim veya önemli bir yerleşim yeri, olmaması da bunu açıklamaktadır. Akım şeritlerde dengeli dağılmıştır.

5.1.3. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı

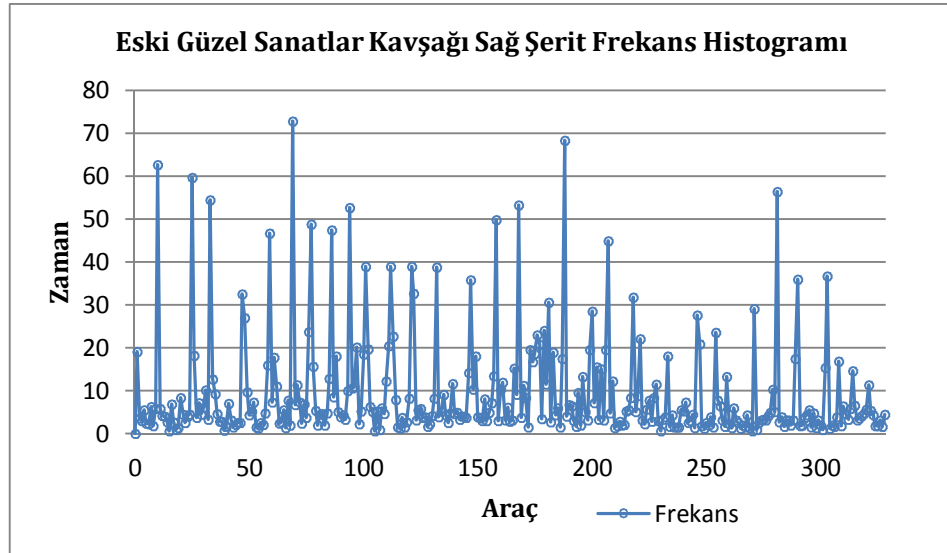
Eski Güzel Sanatlar Kavşağı, Hamit Oğulları Caddesi (143. Cd) ile Süleyman Demirel Caddesinin (102. Cd.) kesiştiği noktada bulunan 2 şeritli sinyalizasyonsuz bir T kavşaktır. Isparta ilinin en yoğun trafik hacmine sahip caddelerinden biri üzerinde bulunmaktadır. Üniversite güzergâhı üzerinde olan bu kavşak yaklaşımı üzerinde kavşak merkezinden 29 metre uzaklıkta bir otobüs durağı mevcuttur ve kendisinden önce gelen sinyalizasyonlu kavşağa olan mesafesi 262metredir. Kavşağın uydu görüntüsü ve autocad çizimi Şekil 5.10 ve 5.11’de verilmiştir. Kavşak için yapılan ölçümler akşam üzeri iş çıkış saatleri arasında (17:30-18:30) bir saatlik olarak yapılmıştır. Ölçümlerden elde edilen istatistiksel parametreler Çizelge 5.5 ve 5.6’da verilmiştir. Eski Güzel Sanatlar kavşağı için frekans verileri Şekil 5.12-5.13’de sunulmuştur.



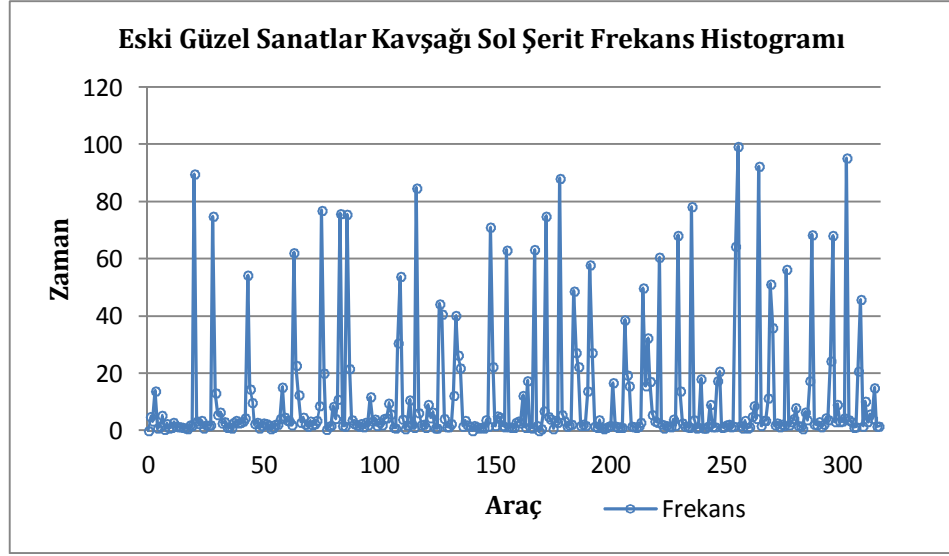
Şekil 5.10. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı



Şekil 5.11. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Autocad Çizimi



Şekil 5.12. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sağ Şerit Frekans Verileri



Şekil 5.13. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sol Şerit Frekans Verileri

Çizelge 5.5. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı İstatistiksel Parametreleri(saniye)

| | | St.sapma | Varyans | Ortalama | Çarpıklık | Var.Katsy. | Medyan |
|-----------------------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|------------|--------|
| Eski Güzel Sanatlar Kavşağı | Sağ şerit | 12,25489 | 150,1824 | 9,343331 | 2,659297 | 1,311619 | 4,6025 |
| | Sol şerit | 19,2966 | 372,35 | 10,80 | 2,56 | 1,78 | 2,81 |

Bu kavşakta yapılan sayımlarda araç sayıları aşağıdaki Çizelge 5.6' da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı 1 Saatlik Araç Sayımları (araç/saat)

| Gözlem Noktası | Kamyon | Minibüs | Otobüs | Otomobil | Motosiklet | Bisiklet | Toplam |
|----------------|--------|---------|--------|----------|------------|----------|--------|
| Sağ Şerit | 3 | 41 | 30 | 239 | 14 | 2 | 329 |
| | 1% | 12% | 9% | 72% | 4% | 1% | |
| Sol Şerit | 1 | 40 | 15 | 246 | 10 | 3 | 315 |
| | 0,30% | 12% | 5% | 78% | 3% | 1% | |

İncelenen bu kavşakta İyaş kavşağında olduğu gibi, medyan ile hacim arasında azalan üssel bir ilişki mevcuttur. Bu mevcudiyet otobüs durağının sağ şerit üzerindeki etkisi ile de açıklanabilir.

Kavşak yaklaşım kolu üzerindeki akımın özelliklerini belirleyebilmek için verilerin varyans ve ortalama değerleri de tespit edilmiştir.

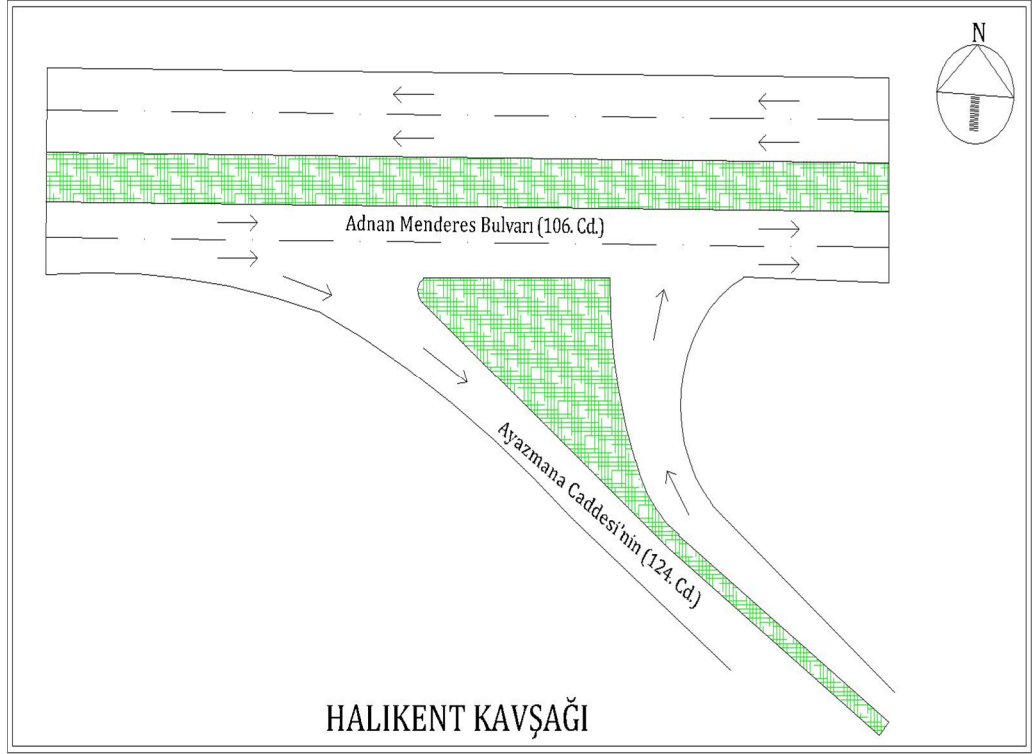
Çizelge 5.5'e göre varyans ve ortalama değerleri daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara uymaktadır. Ağır araç yüzdesi olarak görülen otobüs yüzdesinin fazla olan sağ şeridin varyans ve ortalamasının sol şeridin varyans ve çarpıklığına göre düşük olduğu açıktır.

5.1.4. Halıkent Kavşağı

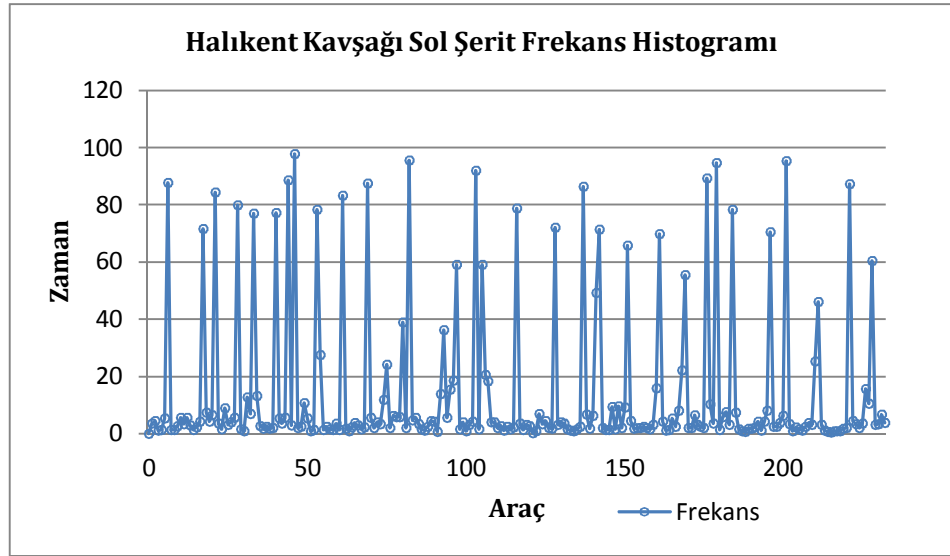
Halıkent kavşağı olarak adlandırılan kavşak, Adnan Menderes Bulvarı (106. Cd.) ve Ayazmana Caddesi'nin (124. Cd.) keşişiminde bulunmaktadır. Halıkent kavşağı, kavşak yaklaşım kolu 2 şeritli olan bir sinyalizasyonsuz T kavşaktır. Bu kavşak öncesinde de bir sinyalizasyonlu kavşak bulunmaktadır ve incelenen kavşağa mesafesi 148 metre'dir. Kavşağın görüntüsü ve autocad çizimi Şekil 5.14 ve 5.15'de verilmiştir. Halıkent kavşağı için frekans verileri Şekil 5.16-5.17'de sunulmuştur.



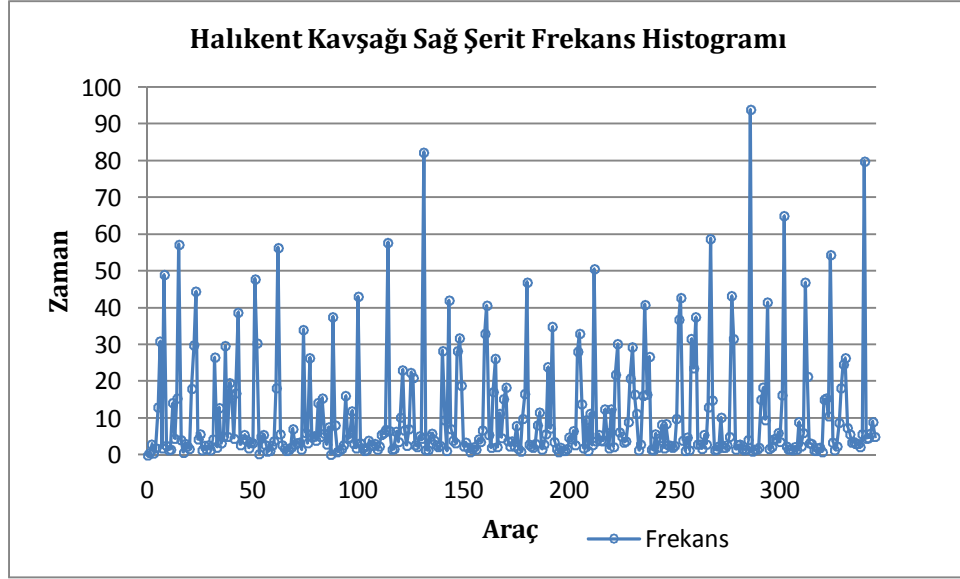
Şekil 5.14. Halıkent Kavşağı



Şekil 5.15. Halikent Kavşağı Autocad Çizimi



Şekil 5.16. Halikent Kavşağı Sol Şerit Frekans Verileri



Şekil 5.17. Halikent Kavşağı Sağ Şerit Frekans Verileri

Bu kavşakta yapılan ölçümler öğle vakti 12:30 ve 13:30 saatleri arasında 1 saatlik olarak yapılmıştır. Ölçümlerden elde edilen istatistiksel parametreler aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.7. Halikent Kavşağı İstatistiksel Parametreleri (saniye)

| | | St.sapma | Varyans | Ortalama | Çarpıklık | Var.Katsy. | Medyan |
|------------------|-----------|----------|---------|----------|-----------|------------|--------|
| Halikent Kavşağı | Sol şerit | 25,77 | 664,30 | 14,3953 | 2,1555 | 1,79 | 3,385 |
| | Sağ şerit | 12,8059 | 163,99 | 9,8944 | 2,0581 | 1,29 | 4,135 |

Bu kavşakta yapılan sayımlarda araç sayıları aşağıdaki Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Halikent Kavşağı 1 Saatlik Araç Sayımlar (araç/saat)

| Gözlem Noktası | Kamyon | Minibüs | Otobüs | Otomobil | Motosiklet | Bisiklet | Toplam |
|----------------|--------|---------|--------|----------|------------|----------|--------|
| Sağ Şerit | 15 | 53 | 14 | 229 | 27 | 8 | 346 |
| | 4% | 15% | 4% | 66% | 8% | 2% | |
| Sol Şerit | 5 | 34 | 1 | 183 | 10 | 0 | 233 |
| | 2% | 15% | 0,40% | 78% | 4% | 0% | |

Halikent kavşağında da incelediğimiz diğer kesikli akıma sahip kavşaklar gibi hacim ile medyan arasında azalan bir üssel ilişki söz konusudur. Kavşak

yaklaşım kolu üzerindeki akımın özelliklerini belirleyebilmek için verilerin varyans ve çarpıklık değerleri de tespit edilmiştir. Çizelge 5.7' ye göre varyans ve çarpıklık değerleri daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara benzemektedir. Ağır araç yüzdesi fazla olan sağ şeridin varyansının sol şeride göre daha düşük bir değerde olduğu gözlenmiştir.

DSİ kavşağında şeritler arasında değerler oldukça yakındır. Akım neredeyse eşit bir şekilde paylaşılmaktadır ve kavşak içerisinde akımı etkileyebilecek herhangi bir unsur bulunmamaktadır.

5.2. Basit İstatistiksel Parametrelerin Yorumlanması

Tüm kavşakların yaklaşım kolunun istatistiksel parametrelerini o kavşağın öncesinde ve sonrasındaki kavşakların durumu ile ilgili ilişkilerinin de göz önünde bulundurulması gereklidir. Bu tez çalışmasında incelenen kavşakların kendisinden önce gelen kavşaklara olan mesafeleri ölçülmüştür. İyaş kavşağı kendisinden önce gelen sinyalizasyonlu kavşağa 165 metre uzaklıktadır. İyaş kavşağına gelen akım kesikli bir akıma benzemektedir. Eski güzel Sanatlar kavşağı ile kendisinden önce gelen kavşakla arasındaki mesafe 262 metredir. Bu mesafeden dolayı incelediğimiz kavşağın kendisinden önce gelen sinyalizasyonlu kavşaktan çok fazla etkilenmediği düşünülmektedir. Akımlar şeritlerde neredeyse eşit olarak dağılmıştır. Bu durumdan dolayı Eski Güzel Sanatlar kavşağında serbest bir akımın söz konusu olduğu söylenebilir fakat kavşak içindeki otobüs durağı sağ şerit akım hareketlerini etkilemektedir. Halıkent kavşağı ile kendisinden önce gelen kavşak arasındaki mesafe 148 metredir ve Halıkent kavşağında kesintili bir akım mevcuttur. DSİ kavşağından önce gelen kavşak sinyalizasyonsuz bir dönel kavşaktır. Bu iki kavşak arasındaki mesafe 185 metredir. DSİ kavşağının kendisinden gelen akımdan çok fazla etkilendiği düşünülmemektedir. Şeritlerde akımlar dengeli bir şekilde dağılmış olması da bunu göstermektedir.

Varyans ve ortalama değerlerindeki farklılıklar kavşakların bulunduğu yaklaşım kollarındaki şeritlerdeki ağır araç yüzdeleri farkından kaynaklanabildiği gibi bu

yaklaşım kollarında bulunan ve akımı etkileyebilen faktörlerden de kaynaklanabilmektedir. Otogar ve Iyaş park girişlerinin Iyaş kavşağı üzerinden yapılması, bu kavşağın sağ şeridinden yapılan sağa dönüş hareketlerini artırmaktadır. Ve sağ şeritteki akımı etkilemektedir. Sağ ve sol şerit akımları birbirinden farklı hareket etmektedir. Iyaş kavşağı yaklaşım şeritleri arasındaki ortalama ve varyans farklılıkları bu yüzden olduğu düşünülmektedir.

Eski güzel sanatlar kavşağına 29 metre uzaklıkta bulunan otobüs durağı sağ şeritteki ağır araç yüzdesini artırmaktadır.

İncelemelerde kavşağına yaklaşan sürücülerin yaptıkları hareketler dolayısıyla sürücülerin psikolojileri, eğitim seviyeleri, yaşları ve cinsiyetleri ve intikal süreleri gibi faktörlerin de akım tanımlanmasını ve boşluk değişimlerini etkileyebileceği bilinen bir gerçektir. Çalışmamızda bu özellikler sabit kabul edilmiştir.

5.3. Kavşak Yaklaşımındaki Anayol Boşluk Zaman Verilerinin İstatistiksel Dağılımlarla İncelenmesi

Tez çalışmasında daha önce tanıtılan kavşakların anayol yaklaşım kolundaki akım tanımlamalarından sonra ve dağılımlarının daha iyi tespiti için 3. Bölümde anlatılan istatistiksel yöntemler yardımıyla incelemeler yapılmıştır.

Elde edilen akım verilerinin (araç sayımlarının) ilk olarak istatistiksel parametreleri Bölüm 5.1'de bulunmuştur. Her bir şerit için verilerin ortalama, varyans, standart sapma, çarpıklık katsayısı ve medyan değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen veriler sonucunda kavşaklar için çarpıklıkları, standart sapmaları ve ortalamaları Çizelge 5.9'da toplu bir şekilde görülmektedir. İncelenen verilerin ortalaması ile çarpıklığı arasındaki fark büyük olduğu için verilerin normal dağılıma uymadığı düşünülmektedir. Bu tanımlama, Luttinen (1996)'in yapmış olduğu çalışmaya benzerlik göstermekte ve boşluk dağılımlarının pozitif bir şekilde çarpık olduklarını ve normal dağılıma benzemediklerini göstermektedir.

Çizelge 5.9. Boşluk Verilerinin İstatistiksel Parametreleri (saniye)

| | | Stan.sap. | Varyans | Ortalama | Çarpıklık | Var.Katsy. | Medyan |
|-----------------------------|------------|-----------|---------|----------|-----------|------------|--------|
| Iyaş Kavşağı | Sol şerit | 30,09 | 905,53 | 15,96 | 2,04 | 1,88 | 2,96 |
| | Orta şerit | 15,57 | 242,64 | 9,19 | 2,74 | 1,67 | 3,12 |
| | Sağ şerit | 12,44 | 154,79 | 9,13 | 2,4 | 1,36 | 3,45 |
| DSİ Kavşağı | Sağ şerit | 7,54 | 56,93 | 8,475 | 1,73 | 0,89 | 5,91 |
| | Sol şerit | 10,62 | 112,81 | 10,78 | 1,91 | 0,98 | 6,98 |
| Eski Güzel Sanatlar Kavşağı | Sağ şerit | 12,25 | 150,18 | 9,34 | 2,65 | 1,31 | 4,60 |
| | Sol şerit | 19,29 | 372,35 | 10,8 | 2,56 | 1,78 | 2,81 |
| Halıkent Kavşağı | Sol şerit | 25,77 | 664,3 | 14,39 | 2,15 | 1,79 | 3,38 |
| | Sağ şerit | 12,80 | 163,99 | 9,89 | 2,05 | 1,29 | 4,13 |

Isparta ili şehir merkezinde seçilen Eski Güzel Sanatlar, Iyaş, Halıkent kavşaklarından alınan kesite gelen akım değerlerinin ortalamaları ve varyansları arasındaki eşitsizlik mevcuttur. İncelenen kavşaklardan önceki sinyalizasyonlu kavşakların oluşturduğu kesikli akımlar, bu kavşaklardaki boşluk verilerinin Poisson dağılımına uymadığını açık bir şekilde göstermektedir. DSİ kavşağından elde edilen boşluk verilerinde istatistiksel parametreler incelendiğinde ise ortalama ve varyans arasında bir fark yoktur. Bununla birlikte kavşaktan önce bir sinyalizasyon ya da engel bulunmadığı için sürekli akım özelliğine benzer bir özellik gözlenmiştir.

Belirli bir hata kabul edilirse, bir yol kesitinde taşıtların gelişlerini hep poisson dağılımına uygun olarak kabul edebiliriz (Gedizlioğlu, 1979). Buradan yola çıkılarak DSİ kavşağı akımı poisson dağılımına uyduğunu kabul edersek, DSİ kavşağının çarpıklık değeri 2'ye yaklaştığı için bu taşıtlar arasındaki boşlukların dağılımı negatif üssel olur.

Çalışmamızda negatif üssel dağılım ile incelediğimiz kavşaklar için grafikler eklerde verilmiştir. Şeritler halinde incelenen kavşaklarda her şerit için çarpıklık katsayısı Çizelge 3.1' de gösterildiği gibidir. Bu kavşaklar için çarpıklık katsayısı 2 ve 2'den büyük olduğu için Luttinen (1996)'in belirttiği gibi negatif üssel dağılıma uygun verilerin çarpıklığıdır.

Her kavşağın her bir şeridi için araçlar arası zaman cinsinden boşluk dağılımı Negatif Üssel, Ötelenmiş Negatif Üssel, Lognormal, Gama ve Cowan M3 Dağılımları ile incelenmiştir. Negatif Üssel dağılım daha önce yapılan çalışmalarda sıklıkla kullanılan bir dağılımdır. Dağılımın tek parametresi trafik hacmidir. Hesap kolaylığı en büyük avantajlarından ancak küçük aralıkları iyi bir şekilde tahmin edememektedir.

Negatif Üssel dağılımın bu eksikliğini gidermek amacıyla araştırmacılar Ötelenmiş Negatif Üssel dağılımı önermişlerdir. Trafik akımı içerisinde bazı sürücüler kaza riskini göze alıp trafik içerisinde engel olarak tanımlanan çok küçük boşlukların olabileceği belirtilmiştir. Bu yüzden ortalama boşluk zamanından bu en küçük boşluğu çıkararak Negatif Üssel Dağılım eğrisini sağa doğru kaydırmış ve Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılımı elde etmişlerdir. Trafik akım boşluk verilerini tanımlayabilen dağılımların orjinden başlayıp, asimptotik olarak yükselip, belli bir yerde eğri döndükten sonra yine asimptotik olarak azalmaktadır.

Bu özelliği göz önünde bulunduran araştırmacılar Lognormal Dağılımında akım boşluk verilerini iyi bir şekilde temsil edebileceğini belirtmişlerdir. Ancak Lognormal Dağılım yüksek akımlarda daha iyi sonuçlar verebilen bir dağılımdır.

Gama Dağılımında diğer dağılımlardan farklı olarak dağılımın şekil parametresi olarak adlandırılan bir α parametresi bulunmaktadır. Bu parametre dağılımın şekli hakkında bize bilgi vermektedir. Eğer $\alpha > 1$ ise dağılımın şekli çan eğrisi şeklini almaktadır.

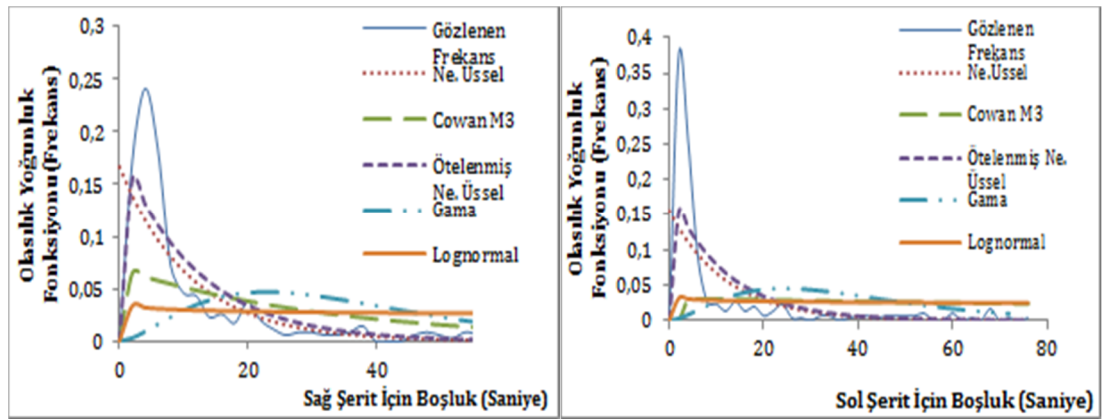
Cowan M3 Dağılımı karmaşık bir istatistiksel modeldir. Bu dağılıma göre akım içerisinde iki türlü hareket mevcuttur. Akım içerisinde hem serbest hareket eden araçların hem de bağlı hareket eden araçların olduğu düşünülmektedir. Cowan M3 Dağılımı trafik akımını tamamlayan üç parametresi vardır. Bu parametreler λ , Δ ve \emptyset' dir. λ düzeltme katsayısı olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle serbest araç oranının trafik akımına olan etkisi denebilir. Δ parametresi bölgeden bölgeye değişen bir parametredir. Bağlı araçlar

arasındaki minimum boşluk oranı olarak tanımlanmaktadır. \emptyset ise serbest araç oranı olarak tanımlanmaktadır.

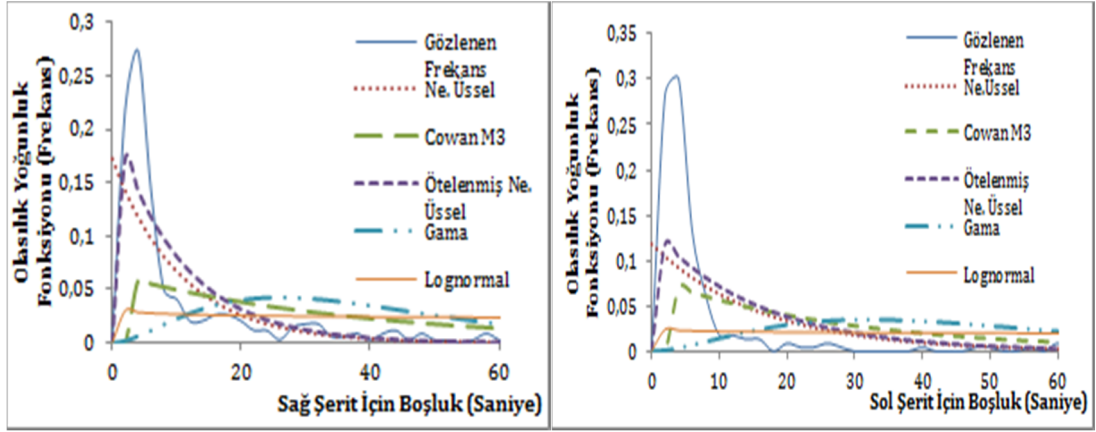
Bu bilgiler ışığında ölçümleri yapılmış olan kavşakların verilerinden elde edilmiş olan dağılım parametreleri Çizelge 5.10' da verildiği gibidir. İncelenen istatistiksel dağılımlar için çizilen grafikler toplu bir şekilde Şekil 5.18, 5.19, 5.20 ve 5.21'de verilmiştir.

Çizelge 5.10. İstatistiksel Dağılımlar İçin Hesaplanan Parametreler

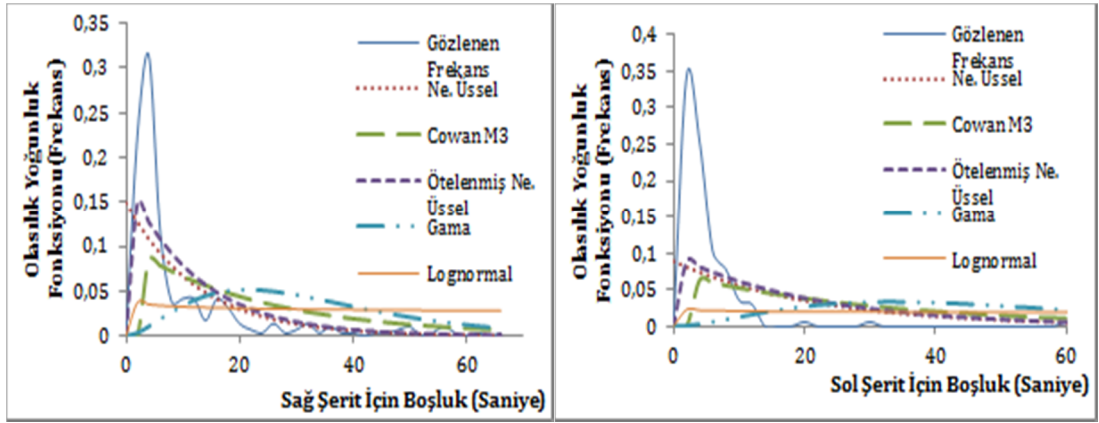
| | | Cowan M3 Dağılımı Parametreleri | | | Gamma Dağılım Parametreleri | | Lognormal Dağılım Parametreleri | | Negatif Üssel Dağılım Parametreleri | Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Parametreleri | |
|-----------------------------|------------|---------------------------------|-------------|-----------|-----------------------------|---------|---------------------------------|-------|-------------------------------------|---|--------|
| | | Δ | \emptyset | λ | α | β | \bar{t} | s^2 | q | Q | τ |
| Eski Güzel Sanatlar Kavşağı | Sağ Şerit | 2,5 | 0,231 | 0,029 | 2,7652 | 0,0768 | 36 | 456 | 0,09111 | 0,0911 | 0,602 |
| | Sol Şerit | 1,8 | 0,032 | 0,003 | 2,7769 | 0,0730 | 38 | 506 | 0,08416 | 0,0841 | 0,615 |
| Halikent Kavşağı | Sağ Şerit | 2,5 | 0,209 | 0,025 | 2,8571 | 0,0714 | 40 | 560 | 0,09444 | 0,0944 | 0,692 |
| | Sol Şerit | 2,5 | 0,466 | 0,034 | 2,8823 | 0,0588 | 49 | 833 | 0,06277 | 0,0627 | 0,622 |
| DSİ Kavşağı | Sağ Şerit | 2,5 | 0,369 | 0,055 | 2,76 | 0,12 | 23 | 191 | 0,11 | 0,11 | 0,657 |
| | Sol Şerit | 2,5 | 0,677 | 0,063 | 2,7777 | 0,1111 | 25 | 225 | 0,07556 | 0,0755 | 0,687 |
| Iyaş Kavşağı | Sağ Şerit | 2,5 | 0,410 | 0,041 | 2,8285 | 0,0857 | 33 | 385 | 0,080277 | 0,0802 | 0,675 |
| | Orta Şerit | 2,5 | 0,44 | 0,036 | 2,85 | 0,075 | 38 | 506 | 0,069167 | 0,0691 | 0,69 |
| | Sol Şerit | 2 | 0,6 | 0,031 | 2,8867 | 0,0566 | 51 | 901 | 0,04611 | 0,0461 | 0,782 |



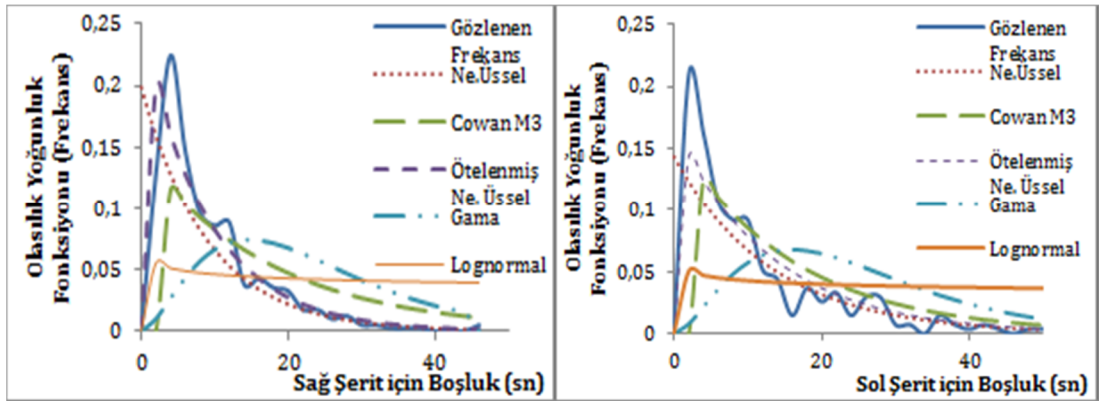
Şekil 5.18. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı İstatistiksel Dağılım Grafikleri



Şekil 5.19. Halıkent Kavşağı İstatistiksel Dağılım Grafikleri



Şekil 5.20. Iyaş Kavşağı İstatistiksel Dağılım Grafikleri



Şekil 5.21 DSİ Kavşağı İstatistiksel Dağılım Grafikleri

Kavşaklardan toplanan veriler ile dağılımlardan elde edilen veriler arasındaki uyumu belirlemek için hem Microsoft Excell programı kullanılarak olasılık yoğunluk ve amprik dağılım fonksiyonlarının grafikleri (Şekil 5.18-5.21) çizilmiştir (Ek A, B, C ve D'de her bir kavşak için ayrı ayrı verilmiştir. Çizilen

grafikler daha sonra bu dağılım sonuçlarına uygulanan uyum iyiliği testlerinin sonuçlarına göre yorumlanmıştır.

Daha sonra bu verilerden elde edilen dağılım parametreleri ile kavşağa yaklaşan ana yol akımı için uygun istatistiksel dağılım bulunmaya çalışılmıştır ve Bölüm 5.6'da detaylı olarak verilmiştir. Ayrıca hangi dağılımın akımlara daha uygun olduğunu bulabilmek için uyum iyiliği testleri uygulanmıştır.

5.4. Uyum İyiliği Testleri Ve Sonuçları

Uyum iyiliği testleri, ana kütlede seçilen gözlenen örnek verilerinin beklenen değerler ile ne kadar ve nasıl uyduğunu belirlemek için yapılan testlerdir. Trafik akım modellemesinde en çok kullanılan testler Ki - Kare ve Kolmogrov-Smirnov uyum iyiliği testleridir. Hesaplama yöntemlerinin basit ve anlaşılır olmasının yanı sıra güvenilirlik oranlarının yüksek oluşu bu testlerin tercih edilme sebebidir. Bu nedenle tez çalışmasında, gözlenen verilerin olasılık dağılımlar sonucu elde edilen beklenen değerlere uyup uymadığını kontrol etmek için Ki - Kare ve Kolmogrov-Smirnov uyum iyiliği testleri kullanılmıştır. Uyum iyiliği testleri yapılırken ilk önce elde ettiğimiz verilerin frekansı bulunmuştur. Daha sonra incelediğimiz istatistiksel dağılım sonuçlarına göre frekanslar bulunmuştur. Dağılımları inceleyebilmek için öncelikle veriler uygun saniye aralıklarına bölünmüştür. İlk önce dağılımların baş kısımları daha sonra da kuyruk kısımları incelenmiştir.

Ki - Kare uyum iyiliği testi ile veriler incelenirken 4.1 denklemi kullanılmıştır. Bu denklem sonucunda bir Ki - Kare değeri hesaplanmıştır. Daha sonra aralıklardaki boşluk sayısı kullanılarak bir serbestlik derecesi bulunmuştur. Kritik Ki - Kare değerini hesaplayabilmek için, Ki - Kare tablosundan %95 güven aralığı ile bulunan serbestlik derecesi karşılaştırılmıştır. İncelenen istatistik dağılımın eldeki verilere uygun olduğunun bilinmesi için bulunan kritik Ki - Kare değerinin hesaplanan Ki - Kare değerinden büyük olması gerekmektedir.

Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testi için yine verilerimizin ve dağılımlardan elde ettiğimiz verilerimizin frekans değerlerinden yararlanılmıştır. Ki - Kare uyum iyiliği testinden farklı olarak verilen kümülatif frekans değerleri kullanılmıştır. Gözlenen frekans değerlerinden beklenen frekans değerleri çıkarılıp mutlak değeri alınmıştır. İncelenen veri grupları yine 0,95 güven aralığı için K-S tablosundan kritik değerler bulunmuştur ve hesap değerleriyle kıyaslanmıştır. İncelenen istatistik dağılımın eldeki verilere uygun olduğunun bilinmesi için bulunan K-S değerinin hesaplanan K-S değerinden büyük olması gerekmektedir.

Uyum iyiliği testleri sonuçları alt Bölüm 5.6.1'de tablolar halinde verilmiştir. Her kavşakta bulunan her bir şerit için incelemeler yapılmıştır. Her iki yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

5.4.1. Cowan M3 Dağılımı İçin Uyum İyiliği Testlerinin Sonuçları

Çizelge 5.11, 5.12, 5.13 ve 5.14 Cowan M3 dağılımı kullanılarak modellenen kavşaklar için Ki - Kare ve Kolmogrov- Smirnov uyum iyiliği testlerinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.11. Cowan M3 Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 0-8 sn | | 8-20 sn | |
|---------------------|------------|---------|---|---------|---|
| Cowan M3 Dağılımı | Ki - Kare | 12,6 | | 18,3 | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 342,12 | - | 13,3 | √ |
| | Sol şerit | 1815,48 | - | 23,23 | - |
| Halıkent | Sağ şerit | 320,01 | - | 16,68 | √ |
| | Sol şerit | 189,55 | - | 37,59 | - |
| DSİ | Sağ şerit | 47,71 | - | 11,79 | √ |
| | Sol şerit | 74,16 | - | 16,62 | √ |
| Iyaş | Sağ şerit | 189,52 | - | 25,33 | - |
| | Orta şerit | 241,78 | - | 41,16 | - |
| | Sol şerit | 100,72 | - | 29,84 | - |

Çizelge 5.12. Cowan M3 Dağılımı Kuyruk Akımı için Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 10-28 sn | 22-38 sn | 24-42 sn | 42-56 sn | 56 sn ve sonrası | | | | | |
|---------------------|------------|----------|----------|----------|----------|------------------|---|-------|---|-------|---|
| Cowan M3 Dağılımı | Ki - Kare | 26,3 | 23,7 | 26,3 | 21 | 15,5 | | | | | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 31,95 | - | 40,77 | - | 52,64 | - | 25,45 | - | 17,27 | - |
| | Sol şerit | 56,18 | - | 85,3 | - | 91,82 | - | 39,2 | - | 38,54 | - |
| Halıkent | Sağ şerit | 39,75 | - | 40,04 | - | 42,88 | - | 27,33 | - | 17,67 | - |
| | Sol şerit | 58,95 | - | 49,23 | - | 49,62 | - | 19,9 | √ | 7,87 | √ |
| DSİ | Sağ şerit | 32,28 | - | 51,01 | - | 56,91 | - | 11,63 | √ | - | - |
| | Sol şerit | 20,2 | √ | 15,44 | √ | 17,28 | √ | 4,83 | √ | - | - |
| Iyaş | Sağ şerit | 25,33 | √ | 48,45 | - | 46,87 | - | 16,72 | √ | 6,72 | √ |
| | Orta şerit | 56,04 | - | 46 | - | 49,25 | - | 16,35 | √ | 3,42 | √ |
| | Sol şerit | 50,24 | - | 40,77 | - | 41,4 | - | 20,82 | √ | 7,81 | √ |

Çizelge 5.13. Cowan M3 Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 0-8 sn | 8-20 sn | | |
|---------------------|------------|--------|---------|------|---|
| Cowan M3 dağılımı | KS | 0,43 | 0,36 | | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 0,43 | √ | 0,43 | - |
| | Sol şerit | 0,65 | - | 0,65 | - |
| Halıkent | Sağ şerit | 0,52 | - | 0,51 | - |
| | Sol şerit | 0,28 | √ | 0,47 | - |
| DSİ | Sağ şerit | 0,28 | √ | 0,3 | √ |
| | Sol şerit | 0,24 | √ | 0,24 | √ |
| Iyaş | Sağ şerit | 0,49 | - | 0,45 | - |
| | Orta şerit | 0,59 | - | 0,56 | - |
| | Sol şerit | 0,59 | - | 0,59 | - |

Çizelge 5.14. Cowan M3 Dağılımı Kuyruk Akımı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 10-28 sn | 22-38 sn | 24-42 sn | 42-56 sn | 56 sn ve sonrası | | | | | |
|---------------------|------------|----------|----------|----------|----------|------------------|---|------|---|------|---|
| Cowan M3 dağılımı | KS | 0,3 | 0,32 | 0,3 | 0,34 | 0,39 | | | | | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 0,42 | - | 0,33 | - | 0,31 | √ | 0,14 | √ | 0,07 | √ |
| | Sol şerit | 0,65 | - | 0,56 | - | 0,56 | - | 0,34 | √ | 0,2 | - |
| Halıkent | Sağ şerit | 0,51 | - | 0,38 | - | 0,36 | - | 0,2 | √ | 0,11 | √ |
| | Sol şerit | 0,61 | - | 0,74 | - | 0,77 | - | 0,87 | - | 0,92 | - |
| DSİ | Sağ şerit | 0,3 | √ | 0,2 | √ | 0,18 | √ | 0,18 | √ | - | - |
| | Sol şerit | 0,24 | √ | 0,11 | √ | 0,09 | √ | 0,02 | √ | - | - |
| Iyaş | Sağ şerit | 0,43 | - | 0,28 | √ | 0,25 | √ | 0,08 | √ | 0,02 | √ |
| | Orta şerit | 0,53 | - | 0,33 | √ | 0,3 | √ | 0,1 | √ | 0,03 | √ |
| | Sol şerit | 0,58 | - | 0,36 | - | 0,32 | - | 0,1 | √ | 0,03 | √ |

Tüm kavşaklarda Cowan M3 dağılımı için yapılan uyum iyiliği testlerine göre bu dağılım incelenen kavşakların baş kısımlarını çok iyi bir şekilde tanımlamamaktadır. Dağılım kuyruk kısımlarını daha iyi bir şekilde tanımlayabilmektedir. Ek A, B, C ve Ek D'de verilen Cowan M3 dağılımı için çizilen grafiklerle uyumlu sonuçlar çıkmıştır. Daha önce yapılan çalışmalar da Cowan M3 dağılımının akımın 0-5 saniyelik kısmını tanımlayamadığı ancak kuyruk kısımlarını daha iyi tanımladığı belirtilmiştir (Tanyel ve Varlıorpak, 2000). Sonuç olarak uyum testlerinin sonuçlarına göre Cowan M3 dağılımı akımın kuyruk kısmını daha iyi temsil ettiği yönündedir.

5.4.2. Gamma Dağılımı İçin Uyum İyiliği Testlerinin Sonuçları

Çizelge 5.15, 5.16, 5.17 ve 5.18'de Gamma dağılımı kullanılarak modellenen kavşaklar için Ki - Kare ve Kolmogrov- Smirnov uyum iyiliği testlerinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.15. Gama Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 0-8 sn | | 8-20 sn | |
|---------------------|------------|----------|---|---------|---|
| Gamma Dağılımı | Ki - Kare | 12,6 | | 18,3 | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 5823,34 | - | 50,89 | - |
| | Sol şerit | 17842,56 | - | 23,23 | - |
| Halıkent | Sağ şerit | 4702,66 | - | 336,15 | - |
| | Sol şerit | 8036,51 | - | 365,73 | - |
| DSİ | Sağ şerit | 1220,84 | - | 40,56 | - |
| | Sol şerit | 1682,4 | - | 40,63 | - |
| Iyaş | Sağ şerit | 6629,67 | - | 16,97 | √ |
| | Orta şerit | 12468,99 | - | 25,26 | - |
| | Sol şerit | 23419,47 | - | 105,06 | - |

Çizelge 5.16. Gama Dağılımı Kuyruk Akımı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 10-28 sn | 22-38 sn | 24-42 sn | 42-56 sn | 56 sn ve sonrası | |
|---------------------|------------|----------|-----------|----------|-----------|------------------|---|
| Gamma Dağılımı | Ki - Kare | 26,3 | 23,7 | 26,3 | 21 | 15,5 | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 52,44 | - 81,05 - | 98,5 | - 46,21 - | 23,02 | - |
| | Sol şerit | 56,18 | - 85,3 - | 91,82 | - 39,2 - | 23,22 | - |
| Halıkent | Sağ şerit | 50,97 | - 63,92 - | 76,29 | - 48,96 - | 26,86 | - |
| | Sol şerit | 64,54 | - 56,25 - | 65,61 | - 40,03 - | 24,04 | - |
| DSİ | Sağ şerit | 77,6 | - 98,46 - | 100,85 | - 13,09 | √ | - |
| | Sol şerit | 46,65 | - 48,01 - | 51,57 | - 13,31 | √ | - |
| Iyaş | Sağ şerit | 58,91 | - 82,69 - | 87,88 | - 34,28 - | 11,17 | √ |
| | Orta şerit | 48,59 | - 73,05 - | 82,12 | - 37,35 - | 10,48 | √ |
| | Sol şerit | 43,27 | - 46,45 - | 52,28 | - 37,78 - | 18,4 | - |

Çizelge 5.17. Gama Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 0-8 sn | | 8-20 sn | |
|---------------------|------------|--------|---|---------|---|
| Gamma dağılımı | KS | 0,43 | | 0,36 | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 0,61 | - | 0,64 | - |
| | Sol şerit | 0,7 | - | 0,7 | - |
| Halıkent | Sağ şerit | 0,64 | - | 0,66 | - |
| | Sol şerit | 0,75 | - | 0,76 | - |
| DSİ | Sağ şerit | 0,45 | - | 0,45 | - |
| | Sol şerit | 0,45 | - | 0,49 | - |
| Iyaş | Sağ şerit | 0,63 | - | 0,64 | - |
| | Orta şerit | 0,73 | - | 0,74 | - |
| | Sol şerit | 0,75 | - | 0,79 | - |

Çizelge 5.18. Gama Dağılımı Kuyruk Akımı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 10-28 sn | | 22-38 sn | | 24-42 sn | | 42-56 sn | | 56 sn ve sonrası | |
|---------------------|------------|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|------------------|---|
| Gamma dağılımı | KS | 0,3 | | 0,32 | | 0,3 | | 0,34 | | 0,39 | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 0,63 | - | 0,54 | - | 0,51 | - | 0,21 | √ | 0,08 | √ |
| | Sol şerit | 0,69 | - | 0,55 | - | 0,53 | - | 0,2 | √ | 0,07 | √ |
| Halıkent | Sağ şerit | 0,66 | - | 0,57 | - | 0,54 | - | 0,28 | √ | 0,13 | √ |
| | Sol şerit | 0,76 | - | 0,66 | - | 0,63 | - | 0,35 | - | 0,16 | √ |
| DSİ | Sağ şerit | 0,49 | - | 0,33 | √ | 0,27 | √ | 0,01 | √ | - | - |
| | Sol şerit | 0,49 | - | 0,3 | √ | 0,26 | √ | 0,04 | √ | - | - |
| Iyaş | Sağ şerit | 0,64 | - | 0,51 | - | 0,46 | - | 0,15 | √ | 0,02 | √ |
| | Orta şerit | 0,74 | - | 0,58 | - | 0,55 | - | 0,22 | √ | 0,07 | √ |
| | Sol şerit | 0,79 | - | 0,67 | - | 0,64 | - | 0,35 | - | 0,04 | √ |

Luttinen (1996), Gamma Dağılımında şekil parametresi olan α 'nın 1 den büyük olduğu durumlarda çok kısa boşlukları temsil edemeyeceğini, büyük boşluklar için uygun bir dağılım olduğunu belirtmiştir. Yapılan tez çalışmasında da gama dağılımı için bulunan parametrelerde α 'nın birden büyük değerler aldığı gözlenmiştir. Bu bilgiler ışığında, bu tez çalışmasında Gamma dağılımının hem grafiklere hem de yapılan uyum iyiliği analizlerine göre kavşaklar için uygun bir dağılım olmadığı söylenebilmektedir. Çizelge 5.15, 5.16, 5.17 ve 5.18'e bakıldığında Gamma dağılımının daha önce yapılan çalışmalarda belirtildiği gibi kısa boşlukları temsil edebilen bir dağılım olmadığı görülmektedir.

5.4.3. Lognormal Dağılımı İçin Uyum İyiliği Testlerinin Sonuçları

Çizelge 5.19, 5.20, 5.21 ve 5.22’de Lognormal dağılımı kullanılarak modellenen kavşaklar için Ki - Kare ve Kolmogrov- Smirnov uyum iyiliği testlerinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.19. Lognormal Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 0-8 sn | | 8-20 sn | |
|---------------------|------------|---------|---|---------|---|
| Lognormal Dağılım | Ki - Kare | 12,6 | | 18,3 | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 955,86 | - | 27,97 | - |
| | Sol şerit | 1673,01 | - | 10,24 | √ |
| Halıkent | Sağ şerit | 1280,93 | - | 10,2 | √ |
| | Sol şerit | 1523,12 | - | 24,22 | - |
| DSİ | Sağ şerit | 368,38 | - | 51,26 | - |
| | Sol şerit | 249,95 | - | 36,5 | - |
| Iyaş | Sağ şerit | 978,32 | - | 7,26 | √ |
| | Orta şerit | 1450,68 | - | 11,93 | √ |
| | Sol şerit | 1214,79 | - | 39,65 | - |

Çizelge 5.20. Lognormal Dağılımı Kuyruk Akımı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 10-28 sn | | 22-38 sn | | 24-42 sn | | 42-56 sn | | 56 sn ve sonrası | |
|---------------------|------------|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|------------------|---|
| Lognormal Dağılım | Ki - Kare | 26,3 | | 23,7 | | 26,3 | | 21 | | 15,5 | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 23,22 | √ | 37,9 | - | 55,88 | - | 51,59 | - | 47,47 | - |
| | Sol şerit | 24,69 | √ | 45,09 | - | 51,6 | - | 37,4 | - | 38,81 | - |
| Halıkent | Sağ şerit | 16,99 | √ | 27,88 | - | 35,24 | - | 42,53 | - | 38,23 | - |
| | Sol şerit | 18,51 | √ | 33,51 | - | 37,95 | - | 31,01 | - | 20,27 | - |
| DSİ | Sağ şerit | 60,42 | - | 96,13 | - | 122 | - | 43,35 | - | - | - |
| | Sol şerit | 27,68 | - | 39,91 | - | 54,37 | - | 40,76 | - | - | - |
| Iyaş | Sağ şerit | 28,63 | - | 46 | - | 55,69 | - | 47,63 | - | 38,59 | - |
| | Orta şerit | 22,39 | √ | 40,77 | - | 50,15 | - | 38,58 | - | 24,21 | - |
| | Sol şerit | 27,69 | - | 28,01 | - | 31,48 | - | 25,72 | - | 15,69 | √ |

Çizelge 5.21. Lognormal Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 0-8 sn | | 8-20 sn | |
|---------------------|------------|--------|---|---------|---|
| Lognormal dağılım | KS | 0,43 | | 0,36 | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 0,54 | - | 0,57 | - |
| | Sol şerit | 0,34 | √ | 0,27 | √ |
| Halıkent | Sağ şerit | 0,57 | - | 0,58 | - |
| | Sol şerit | 0,68 | - | 0,68 | - |
| DSİ | Sağ şerit | 0,39 | √ | 0,47 | - |
| | Sol şerit | 0,38 | √ | 0,44 | - |
| Iyaş | Sağ şerit | 0,57 | - | 0,57 | - |
| | Orta şerit | 0,66 | - | 0,66 | - |
| | Sol şerit | 0,68 | - | 0,71 | - |

Çizelge 5.22. Lognormal Dağılımı Kuyruk Akımı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 10-28 sn | 22-38 sn | 24-42 sn | 42-56 sn | 56 sn ve sonrası | | | | | |
|---------------------|------------|----------|----------|----------|----------|------------------|---|------|---|------|---|
| Lognormal dağılım | KS | 0,3 | 0,32 | 0,3 | 0,34 | 0,39 | | | | | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 0,57 | - | 0,55 | - | 0,53 | - | 0,34 | √ | 0,19 | √ |
| | Sol şerit | 0,38 | - | 0,51 | - | 0,56 | - | 0,75 | - | 0,87 | - |
| Halıkent | Sağ şerit | 0,58 | - | 0,55 | - | 0,54 | - | 0,4 | - | 0,26 | √ |
| | Sol şerit | 0,68 | - | 0,61 | - | 0,59 | - | 0,42 | - | 0,3 | √ |
| DSİ | Sağ şerit | 0,47 | - | 0,42 | - | 0,4 | - | 0,07 | √ | - | - |
| | Sol şerit | 0,44 | - | 0,39 | - | 0,37 | - | 0,13 | √ | - | - |
| Iyaş | Sağ şerit | 0,57 | - | 0,52 | - | 0,5 | - | 0,29 | √ | 0,02 | √ |
| | Orta şerit | 0,66 | - | 0,58 | - | 0,56 | - | 0,35 | - | 0,19 | √ |
| | Sol şerit | 0,71 | - | 0,61 | - | 0,59 | - | 0,42 | - | 0,13 | √ |

Luttinen (1996), trafik akımlarını incelediği çalışmasında lognormal dağılımın uygun özelliklerine kısa boşluklarda sahip olduğunu belirtmiştir. Ayrıca aynı çalışmada lognormal dağılım için yapılan uyum iyiliği testlerinin sağlıklı sonuçlar vermeyeceği belirtilmiştir. Bu tez çalışmasında yapılan iki farklı uyum iyiliği testi sonuçları birbirinden farklı sonuçlar bulunmuştur. Ki - Kare uyum iyiliği testine göre tüm kavşaklar için 8 ile 28. saniyeler arasında lognormal dağılım iyi sonuçlar verirken, K-S uyum iyiliği testine göre ise kuyruk kısımları daha iyi temsil ettiği görülmüştür. Bu açıdan bakıldığında uyum iyiliği testleri lognormal dağılım için tutarlı sonuçlar vermemiştir.

5.4.4. Negatif Üssel Dağılım İçin Uyum İyiliği Testlerinin Sonuçları

Çizelge 5.23, 5.24, 5.25 ve 5.26.'da negatif üssel dağılımı kullanılarak modellenen kavşaklar için Ki - Kare ve Kolmogrov- Smirnov uyum iyiliği testlerinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.23. Negatif Üssel Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| Ne. Üssel Dağılım | Ki - Kare | 0-8 sn | | 8-20 sn | |
|---------------------|------------|---------|---|---------|---|
| | | 14,1 | | 19,7 | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 47,57 | - | 23,11 | - |
| | Sol şerit | 252,7 | - | 44,81 | - |
| Halıkent | Sağ şerit | 153,168 | - | 21,4 | - |
| | Sol şerit | 211,08 | - | 36,9 | - |
| DSİ | Sağ şerit | 118,33 | - | 16,7 | √ |
| | Sol şerit | 64,94 | - | 8,77 | √ |
| Iyaş | Sağ şerit | 187,42 | - | 18,34 | - |
| | Orta şerit | 254,36 | - | 38,04 | - |
| | Sol şerit | 231,72 | - | 28,61 | - |

Çizelge 5.24. Negatif Üssel Dağılımı Kuyruk Akımı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| Ne. Üssel Dağılım | Ki - Kare | 10-28 sn | | 22-38 sn | | 24-42 sn | | 42-56 sn | | 56 sn ve sonrası | |
|---------------------|------------|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|------------------|---|
| | | 27,6 | | 25 | | 27,6 | | 22,4 | | 16,9 | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 24,57 | √ | 13,35 | √ | 14,27 | √ | 28,12 | - | 9,92 | √ |
| | Sol şerit | 41,94 | - | 14,86 | √ | 13,69 | √ | 21,76 | √ | 28,24 | - |
| Halıkent | Sağ şerit | 23,02 | √ | 12,22 | √ | 14,02 | √ | 25,81 | - | 42,95 | - |
| | Sol şerit | 50,37 | - | 29,82 | - | 27,5 | √ | 7,15 | √ | 5,65 | √ |
| DSİ | Sağ şerit | 16,74 | √ | 1,86 | √ | 3,6 | √ | 5,19 | √ | - | - |
| | Sol şerit | 12,85 | √ | 10,19 | √ | 10,34 | √ | 1,41 | √ | - | - |
| Iyaş | Sağ şerit | 23,79 | √ | 14,34 | √ | 12,22 | √ | 23,39 | - | 19,19 | - |
| | Orta şerit | 40,95 | - | 20,26 | √ | 20,29 | √ | 4,48 | √ | 21,99 | - |
| | Sol şerit | 46,56 | - | 32,49 | - | 31,6 | - | 12,59 | √ | 3,63 | √ |

Çizelge 5.25. Negatif Üssel Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 0-8 sn | | 8-20 sn | |
|---------------------|------------|--------|---|---------|---|
| Neg. Üssel Dağ. | KS | 0,43 | | 0,36 | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 0,16 | √ | 0,07 | √ |
| | Sol şerit | 0,23 | √ | 0,18 | √ |
| Halıkent | Sağ şerit | 0,17 | √ | 0,17 | √ |
| | Sol şerit | 0,11 | √ | 0,31 | √ |
| DSİ | Sağ şerit | 0,19 | √ | 0,07 | √ |
| | Sol şerit | 0,14 | √ | 0,05 | √ |
| Iyaş | Sağ şerit | 0,18 | √ | 0,14 | √ |
| | Orta şerit | 0,31 | √ | 0,27 | √ |
| | Sol şerit | 0,4 | √ | 0,4 | - |

Çizelge 5.26. Negatif Üssel Dağılımı Kuyruk Akımı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 10-28 sn | | 22-38 sn | | 24-42 sn | | 42-56 sn | | 56 sn ve sonrası | |
|---------------------|------------|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|------------------|---|
| Neg. Üssel Dağ. | KS | 0,3 | | 0,32 | | 0,3 | | 0,34 | | 0,39 | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 0,05 | √ | 0,03 | √ | 0,04 | √ | 0,03 | √ | 0,008 | √ |
| | Sol şerit | 0,13 | √ | 0,05 | √ | 0,05 | √ | 0,05 | √ | 0,03 | √ |
| Halıkent | Sağ şerit | 0,06 | √ | 0,06 | √ | 0,06 | √ | 0,03 | √ | 0,01 | √ |
| | Sol şerit | 0,26 | √ | 0,07 | √ | 0,06 | √ | 0,08 | √ | 0,08 | √ |
| DSİ | Sağ şerit | 0,05 | √ | 0,009 | √ | 0,009 | √ | 0,003 | √ | - | - |
| | Sol şerit | 0,05 | √ | 0,02 | √ | 0,02 | √ | 0,005 | √ | - | - |
| Iyaş | Sağ şerit | 0,11 | √ | 0,03 | √ | 0,02 | √ | 0,02 | √ | 0,02 | √ |
| | Orta şerit | 0,24 | √ | 0,07 | √ | 0,06 | √ | 0,03 | √ | 0,03 | √ |
| | Sol şerit | 0,38 | - | 0,17 | √ | 0,14 | √ | 0,08 | √ | 0,05 | √ |

Çizelge 5.23, 5.24, 5.25 ve 5,26' da Negatif Üssel dağılım için yapılan uyum iyiliği testlerinin sonuçları verilmiştir. Çizelgelerden anlaşılacağı gibi Kolmogrov-smirnov uyum iyiliği test sonuçları Ki - Kare test sonuçlarına göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Ancak genel olarak bakıldığında her iki uyum iyiliği testlerinin sonuçlarına göre çok küçük boşluklar hariç büyük boşluklarda Negatif Üssel dağılım çok iyi sonuçlar verdiği düşünülmektedir. Negatif Üssel dağılım trafik akımı çalışmalarında oldukça sık kullanılan bir dağılımdır. Bu dağılımın en büyük dezavantajı çok küçük boşlukları temsil edememesidir (Luttinen, 1996). Yapılan tez çalışmasında gerek hesaplamalar sonucunda

gözlenen frekanslar ile beklenen frekanslar arasında çizilen grafiklerden gerekse uyum iyiliği testleri sonuçlarından küçük boşlukları temsil edemediği ancak büyük boşlukları iyi bir şekilde temsil ettiği görülmektedir.

5.4.5. Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım İçin Uyum İyiliği Testlerinin Sonuçları

Çizelge 5.27, 5.28, 5.29 ve 5.30 'da ötelenmiş negatif üssel dağılımı kullanılarak modellenen kavşaklar için Ki - Kare ve Kolmogrov- Smirnov uyum iyiliği testlerinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.27. Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 0-8 sn | | 8-20 sn | |
|---------------------|------------|--------|---|---------|---|
| Öte.Neg. Üssel Dağ. | Ki - Kare | 14,1 | | 19,7 | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 56,18 | - | 24,73 | - |
| | Sol şerit | 145,91 | - | 62,05 | - |
| Halıkent | Sağ şerit | 54,85 | - | 38,18 | - |
| | Sol şerit | 140,85 | - | 45,66 | - |
| DSİ | Sağ şerit | 21,55 | - | 5,35 | √ |
| | Sol şerit | 11,5 | - | 10,44 | √ |
| Iyaş | Sağ şerit | 100,93 | - | 29,64 | - |
| | Orta şerit | 222,02 | - | 38,04 | - |
| | Sol şerit | 183,55 | - | 31,89 | - |

Çizelge 5.28. Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılımı Kuyruk Akımı İçin Ki - Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 10-28 sn | 22-38 sn | 24-42 sn | 42-56 sn | 56 sn ve sonrası | | | | | |
|---------------------|------------|----------|----------|----------|----------|------------------|---|-------|---|-------|---|
| Öte.Neg. Üssel Dağ. | Ki - Kare | 27,6 | 25 | 27,6 | 22,4 | 16,9 | | | | | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 31,52 | - | 13,62 | √ | 16,77 | √ | 19,57 | √ | 6,65 | √ |
| | Sol şerit | 57,86 | - | 19,56 | √ | 17,09 | √ | 16,26 | √ | 23,21 | - |
| Halıkent | Sağ şerit | 36,67 | - | 11,99 | √ | 11,62 | √ | 18,45 | √ | 33,95 | - |
| | Sol şerit | 61,25 | - | 34,83 | √ | 32,12 | - | 8,19 | √ | 4,93 | √ |
| DSİ | Sağ şerit | 6,03 | √ | 3,19 | √ | 5,02 | √ | 4,79 | √ | - | - |
| | Sol şerit | 13,6 | √ | 9,7 | √ | 10,35 | √ | 1,69 | √ | - | - |
| Iyaş | Sağ şerit | 35,45 | - | 18,83 | √ | 15,98 | √ | 1,94 | √ | 15,19 | √ |
| | Orta şerit | 40,95 | - | 20,26 | √ | 20,29 | √ | 4,48 | √ | 21,9 | - |
| | Sol şerit | 52,14 | - | 35,81 | - | 34,83 | - | 13,82 | √ | 3,96 | √ |

Çizelge 5.29. Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılımı 0-20 Saniye Aralığı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 0-8 sn | | 8-20 sn | |
|---------------------|------------|--------|---|---------|---|
| Öte.Neg. Üssel Dağ. | KS | 0,43 | | 0,36 | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 0,2 | √ | 0,17 | √ |
| | Sol şerit | 0,34 | √ | 0,25 | √ |
| Halıkent | Sağ şerit | 0,2 | √ | 0,15 | √ |
| | Sol şerit | 0,4 | √ | 0,38 | - |
| DSİ | Sağ şerit | 0,06 | √ | 0,02 | √ |
| | Sol şerit | 0,1 | √ | 0,11 | √ |
| Iyaş | Sağ şerit | 0,27 | √ | 0,21 | √ |
| | Orta şerit | 0,44 | - | 0,4 | - |
| | Sol şerit | 0,46 | - | 0,46 | - |

Çizelge 5.30. Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılımı Kuyruk Akımı İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları

| | | 10-28 sn | | 22-38 sn | | 24-42 sn | | 42-56 sn | | 56 sn ve sonrası | |
|---------------------|------------|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|------------------|---|
| Öte.Neg. Üssel Dağ. | KS | 0,3 | | 0,32 | | 0,3 | | 0,34 | | 0,39 | |
| Eski güzel sanatlar | Sağ şerit | 0,14 | √ | 0,03 | √ | 0,02 | √ | 0,02 | √ | 0,06 | √ |
| | Sol şerit | 0,2 | √ | 0,04 | √ | 0,04 | √ | 0,04 | √ | 0,03 | √ |
| Halıkent | Sağ şerit | 0,11 | √ | 0,04 | √ | 0,04 | √ | 0,03 | √ | 0,01 | √ |
| | Sol şerit | 0,32 | - | 0,1 | √ | 0,07 | √ | 0,08 | √ | 0,08 | √ |
| DSİ | Sağ şerit | 0,02 | √ | 0,01 | √ | 0,01 | √ | 0,01 | √ | - | - |
| | Sol şerit | 0,11 | √ | 0,04 | √ | 0,04 | √ | 0,008 | √ | - | - |
| Iyaş | Sağ şerit | 0,18 | √ | 0,05 | √ | 0,03 | √ | 0,01 | √ | 0,02 | √ |
| | Orta şerit | 0,37 | - | 0,2 | √ | 0,19 | √ | 0,1 | √ | 0,11 | √ |
| | Sol şerit | 0,44 | - | 0,24 | √ | 0,2 | √ | 0,08 | √ | 0,04 | √ |

Ötelenmiş negatif üssel dağılım, negatif üssel dağılımın boşluk çalışmalarındaki eksikliklerini gidermek için geliştirilmiş bir dağılımdır. Bu tez çalışmasında uyum iyiliği testleri sonuçlarına göre ötelenmiş üssel dağılım da negatif üssel dağılım gibi iyi sonuçlar vermiştir.

Bütün bu veriler dikkate alındığında her kavşakta her şerit için farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak elde edilen sonuçlara bakılırsa üssel dağılımların bu kavşağa yaklaşan akımları oldukça iyi temsil ettiği söylenebilmektedir. Yapılan

uyum iyiliği testleri aynı kavşaklar için farklı sonuçlar göstermiş olsa bile genel duruma bakıldığında her iki uyum iyiliği testi aynı sonuçları vermektedir.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında Isparta ili içerisinde dört adet kavşak seçilmiştir. Bu kavşaklar DSİ, İyaş, Halıkent ve Eski Güzel Sanatlar Kavşağı olarak adlandırılmıştır. Seçtiğimiz bu kavşakların her birinde saatlik çekimlerle veriler toplanmıştır. Tüm kavşakların her bir şeridin ayrı ayrı istatistiksel parametreleri incelenmiştir. Her kavşağa yaklaşan ana yol akımı istatistik dağılımlarla incelenmiştir. Tüm dağılımlara uyum iyiliği testleri uygulanmıştır.

Testlerin sonucunda kavşakları en iyi üssel dağılımlar temsil etmiştir. Her kavşaktaki trafik akımlarının kuyruk noktalarını Cowan M3 dağılımı, 8 ile 20. Saniye arasındaki boşlukları Lognormal dağılımı temsil edebilmiştir. Gamma dağılımı kavşaklarda bulunan akımlardan neredeyse hiç birisine uygunluk göstermemiştir. Negatif üssel ve ötelenmiş negatif üssel dağılımlar bu kavşaklardaki akımı en iyi temsil edebilen dağılımlardır. Ayrıca şeritler için incelenen istatistiksel parametrelere bakıldığında çarpıklık katsayıları kavşaklarda ikiye yakın bir değer olduğu için negatif üssel dağılıma uyduğu anlaşılmaktadır.

Cowan M3 dağılımı farklı parametreleri sayesinde trafik akımı hakkında bize daha fazla bilgi vermesine rağmen akımları en iyi tanımlayan dağılım üssel dağılımlardır. Yapılan bu tez çalışmasında en iyi sonuçları veren dağılımlar negatif üssel ve ötelenmiş negatif üssel dağılımlardır. Bu dağılımlar gerek parametre azlığı gerekse hesap kolaylığı avantajından dolayı uygulanması kolay bir dağılımdır.

Dağılım eğrilerinin hemen hepsi akımın kuyruk kısımlarına iyi derecede bir uygunluk göstermiştir. Luttinen (1996), çalışmasında Lognormal dağılım için uyum iyiliği testleri gamma dağılımına göre daha iyi sonuçlar vermesine rağmen boşluk çalışmaları için uygulanabilir bir dağılım olmadığını belirtmiştir. Bu tez çalışmasında uyum iyiliği testleri sonucuna göre lognormal dağılımın gamma dağılımından daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Ancak seçilen kavşaklar için lognormal dağılım uygun bir dağılım değildir.

Yapılan bu tez çalışması Isparta ili adına akım incelemesi açısından ilk örnektir. Bu çalışmada Isparta ili içerisindeki seçilen kavşaklarda akım özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Kavşaklarda kapasite hesaplarının ilk adımı kavşağa yaklaşan akımların özelliklerinin iyi bir şekilde analiz edilmesidir. Kavşağa yaklaşan akımdaki araç hareketlerinin ve aralarındaki boşlukların dağılımlarının iyi bir şekilde analiz edilmesi kavşak parametrelerine doğrudan etki ettiği için akım özelliklerinin bilinmesi meydana gelecek kazaların önlenmesi için de oldukça önemlidir.

Çalışmanın sonuçlarına göre Isparta ili için incelenen bu kavşakların dağılımların belirlenmesi; ileride yapılacak kapasite çalışmalarına veri konusunda ve akım dağılımının bilinmesi hususunda oldukça önemli yararlar sağlayacağı düşünülmektedir.

7.KAYNAKLAR

Akçelik, R., Chung, E., 1994. Calibration of the Bunched Exponential Distribution of Arrival Headways. Road and Transport Research 3 (1), 42-59.

Ashwort, R., Bottom, C.G., 1977. Some Observation of Drivers Gap Acceptance Behavior at a Priority Intersections. Traf.Eng.Cont.18(12), 569-571.

Aytaç, M., 1999. Matematiksel İstatistik. Uludağ Üniversitesi Basımevi, 580s, Bursa.

Bayazıt, M., Oğuz, B. 1994. Mühendisler İçin İstatistik, Birsen Yayınevi, 211, İstanbul.

Bircan, H., Karagöz, Y., Kasapoğlu, Y., 2003. Ki-Kare ve Kolmogorov Smirnov Uygunluk Testlerinin Simulasyon ile Elde Edilen Veriler Üzerinde Karşılaştırılması. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 4 (1), 69-80

Bowman, K.O., Shenton, L.R.,1988. Properties of Estimators for the Gamma Distribution. Marcel Dekker, Inc, New York.

Brilon, W.,1994 Intersections Without Traffic Signals II (37-58), Springer-Verlag, 361s, Germany.

Cassidy, J.M., Madanat, S.M., Wang, M., Yang,F.,1995. Unsignalized Intersection Capacity and Level of Service: Revisiting Critical Gap. Transportation Research Record 1484, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 16-23.

Chen, Y., Wei, H., Wang, Y.,Zhang, G., 2007. Examining Headway Distribution Models Using urban Freeway Loop Event Data. TRB, Annual Meeting,CD-ROM.

Cohen, A.C., Whitten, B.J., 1988. Parameter Estimation in Reliability and Life Span Models. Marcel Dekker, 387s, New York.

Çalışkanelli, P.S., 2006. Yakın Mesafeli Sinyalize Kavşaklarla Kontrolsüz Kavşak Etkileşimleri. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 88s, İzmir.

Çalışkanelli ,P. S., Aydın, M. M., Sabuncuoğlu, A.M., Özkul, S.,Tanyel,S., 2012. Sinyalize Arterlerdeki Araç Takip Aralıklarının İncelenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16-2, 227-237.

Dawson, R. F., Chimini, L. A., 1968. The Hyperlang Probability Distribution-A Generalized Traffic Headway Model, in Characteristics of Traffic Flow Number 230 in Highway Research Record. Highway Research Board, Washington, D.C., 1-14.

Dudewicz, E. J., Mishra, S. N., 1988. Modern Mathematical Statistics. John Wiley and Sons, New York.

Gattis J.L., Sonny T.L., 1998. Gap Acceptance at Nonstandart Stop-Controlled Intersections. U.S. Department of Commerce National Technical Information Service, Springfield, Virginia, 57s.

Gedizlioğlu, E., 1979. Denetimsiz Kavşaklarda Yan yol Sürücülerinin Davranışlarına Göre Pratik Kapasite Saptanması İçin Bir Yöntem. İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Doktora Tezi, 128s, İstanbul.

Gerber, N.L., Hoel, L. A., 1988. Traffic And Highway Engineering. West Publishing Company, 959s, Virginia.

Greenwood, J. A., Durand, D., 1960. Aids for Fitting the Gamma Distribution by Maximum Likelihood. Technometrics, 2(1), 55-65.

Han, P., Wang, D., 2009. A Study on the Headway Distribution of the Xueyuan Roundabout. Critical Issues in Transportation Systems Planning, Development and Management, ASCE, 1385-1391.

Hangring, O. 1996. The Use Of Cowan M3 Distribution for Modelling Roundabout Flow. Traffic Engineering and Control, 37(5), 328-332.

Hagrings, O. 1998. Vehicle-Vehicle Interactions at Roundabouts and Their Implications for the Entry Capacity. Bulletin 159. Univ. Publisher, 186s, Lund, Sweden.

Hagrings, O., 2002. Estimation of Parameters in Distribution of Headways in Roundabouts. Journal of Transportation Engineering, 128 (5), 403-411.

Harwood, W.D., Mason, M.J., Brydian, E.R., 1999. Design Policies for Sight Distance at Stop Controlled Intersections Based on Gap Acceptance. Transportation Research Part A, 33, 199-216.

Karayolu Tasarım Raporu, 2000. Ek 2 Modern Dönel Kavşaklar İçin Önerilen Tasarım Esasları, Sweroad, Ankara.

Kartal, M., 1998. Hipotez Testleri. Şafak Yayınevi, 247s, Erzurum.

Kyte, M., Kittelson, W., Tian, Z, Brilon, W., Troutbeck, R., and Mir, S., 1994. New Measurements for Saturation Headways and Critical Gaps at Stop-Controlled Intersections. Proceeding of Second International Symposium on Highway Capacity, August, Australia, 345-364.

Luttinen, T. R., 1996. Statistical Analysis of Vehicle Time Headways. TL Consulting Engineers, Ltd., 193, Otaniemi.

Luttinen, T. R., 1999. Properties of Cowan's M3 Headway Distribution. Transportation Research Record 1678, 189-196.

- Luttinen, T.R., 2003. Capacity at Unsignalized Intersections. TL Researc Report, No:3, 96s.
- Moore, D. S., 1986. Test of Chi- Square Type. In D'Agostino and Stephens, Chapter 3,63-95.
- Panchavati, S. G. V., 1991. Traffic Operations At Two-Way Stop-Controlled Intersections. University of Washington, 6-7.
- Pollatschek, A. M., Polus, A., Livneh, M., 2002. A Decision Model for Gap Acceptance and Capacity at Intersections. Transportation Research Part B, 36, 649-663.
- Rodriguez, J. J. R.,2006. Gap Acceptance Studies and Critical Gap times for Two-Way Stop Controlled Intersections in the Mayagüez Area. University of Puerto Rico, M.Sc. Thesis,82s, Mayagüez.
- Salter R.J., 1974. Highway Analysis and Design. Addison Wesley, 156-161.
- Saplıoğlu, M., 2010. Şehir İçi Denetimsiz Kavşaklar İçin Bir Kaza Tahmin Modeli. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Esntitüsü, Doktora Tezi, Isparta.
- Saplıoğlu, M., Kardeşahin, M., 2013. Predicting Critical Gap Using Fuzzy Logic Method at Unsignalized Urban Intersection. Awerprocedia Information Technology and Computer Science, 3, 1556-1564.
- Special Report 209: Highway Capacity Manual, 1994. 3rd ed. TRB, National Research Council, Washington, D. C., 110-3--10-12.
- Spiegelman, H.C., Park, S.E., Rilett, R.L., 2011. Transportation Statistics and Microsimulation.CRC Press, 355, New York.
- Stephens, M. A., 1986a. Test Based on EDF Statistics. In D'Agostino and Stephens, Cahpter 4, 331-366.
- Stuart, A., Ord, J. K., 1987. Kendall's Advanced Theory of Statistics. Classical Inference and Relationships, 5. Edn, London.
- Sullivan, D.P., Troutbeck, R., 1994. The Use of Cowan's M3 Distribution for Modeling Urban Traffic Flow. Traffic Engineering and Control, 35 (7/8), 445-450.
- Sullivan, D.P., Troutbeck, R., 1995. An Exponential Relationship for the Proportion of Free Vehicles on Arterial Roads. Transportation Research, A 31 (1), 21-33.
- Tanyel, S., Varlıorpak, Ç., 2000,. Cowan M3 Dağılımının Trafik Akımlarının Modellenmesinde Kullanımı. Fen ve Mühendislik Dergisi, 2 (3), 35-49.

Tanyel, S.,Yayla, N., 2003. A Discussion on the Parameters Of Cowan M3 Distribution for Turkey. Transportation Research Part A, 37, 129-143.

Tanyel, S., 2001. Türkiye'deki Dönel Kavşaklar için Kapasite Hesap Yöntemi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Doktora Tezi, İstanbul.

Troutbeck, R., 1991. Unsignalized Intersections And Roundabouts In Australia: Recent Developments.

Troutbeck, R. 1997. A Review on the Process to Estimate the Cowan M3 Headway Distribution Parameters. Traffic Engineering and Control, 38(11), 600-603.

Troutbeck, R.J., Brilon, W., 1999. Unsignalized Intersection Theory. Chapter 8. Gartner, Messer, Rathi, Monograph on Traffic Flow Theory(8-1,8-46), Oak Ridge National Laboratory, Federal Highway Administration.

Tuncuk, M., Kardeşin, M., 2005. Şehirçi Eşdüzey Kavşak Geometrilerinin ve Kazalara Etkilerinin İncelenmesi. Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, 470-483, Antalya.

Tunç, A., 2004.Yol Tasarımının Esasları ve Uygulamaları, Asil Yayınevi, 253s, Ankara.

Wagner, F.A.,1966. An Evaluation of Fundamental Driver Decision and Reaction at an Intersection. Highway Research Record 118, HRB, 66-84.

Velan, S. M., and Aerde, M. V., 1996. Gap Acceptance and Approach Capacity at Unsignalized Intersections. Institute of Traffic Engineers, 40-5.

Yayla N., 2004. Karayolu Mühendisliği Kitabı. Birsen Yayınevi, 283s, İstanbul.

Yetgin, Z., 2000. Türkiye'de Şehir İçi Kavşak Tasarım ve Uygulamalarının Trafik Kazalarına Etkileri. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.

EKLER

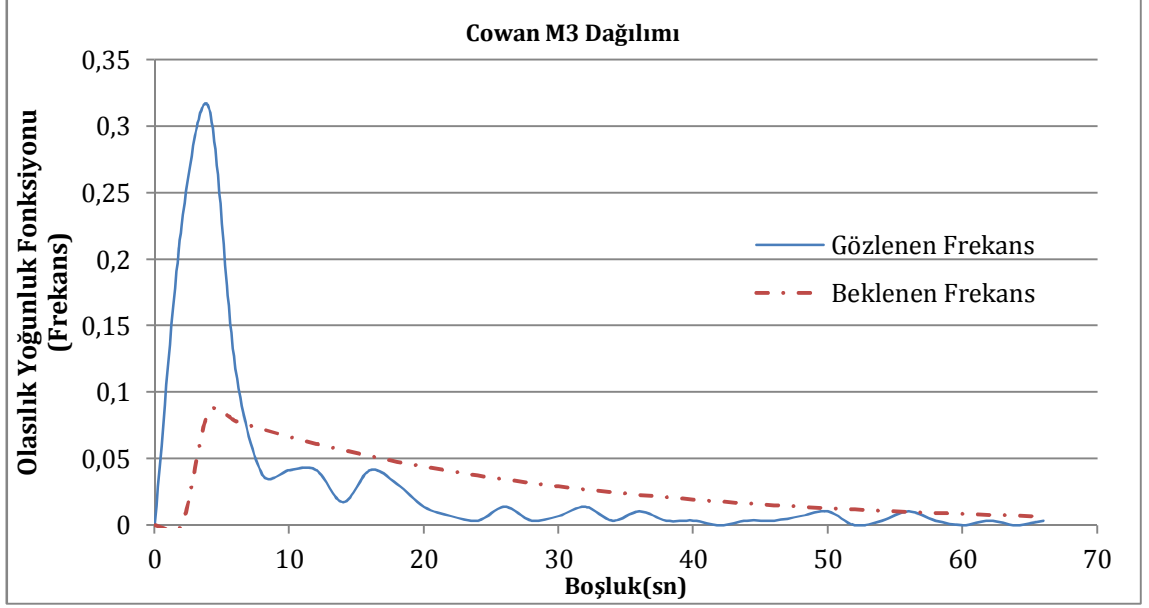
EK A. İyaş Kavşığı İstatistiksel Dağılım Grafikleri

EK B. DSİ Kavşığı İstatistiksel Dağılım Grafikleri

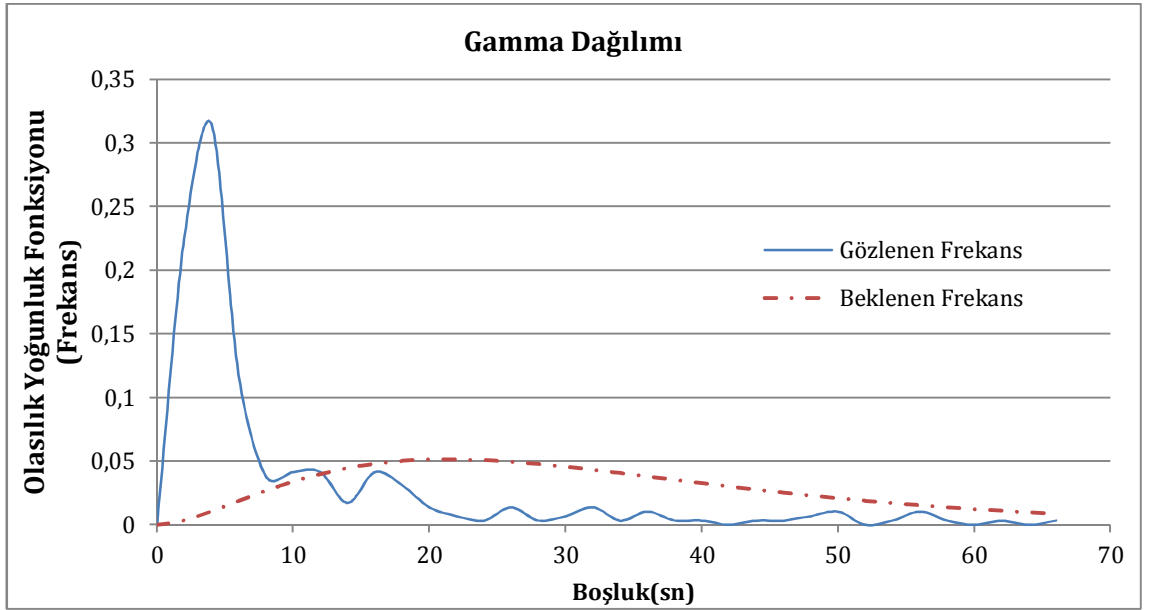
EK C. Eski Güzel Sanatlar Kavşığı İstatistiksel Dağılım Grafikleri

EK D. Halıkent Kavşığı İstatistiksel Dağılım Grafikleri

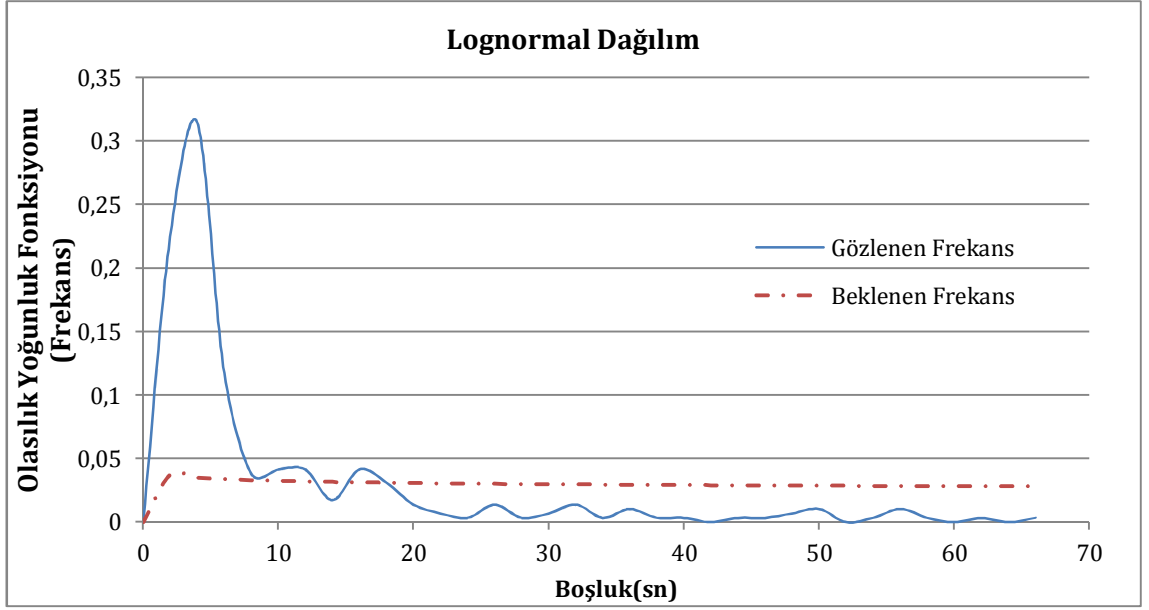
EK A. İyaş Kavşağı İstatistiksel Dağılım Grafikleri



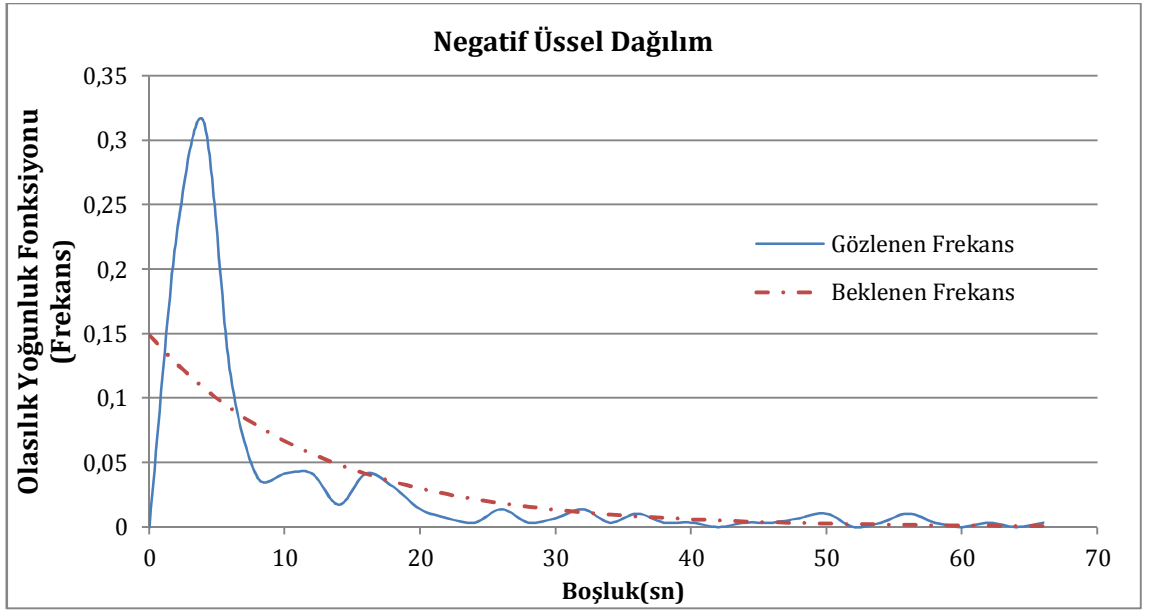
Şekil A.1. İyaş Kavşağı Sağ Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği



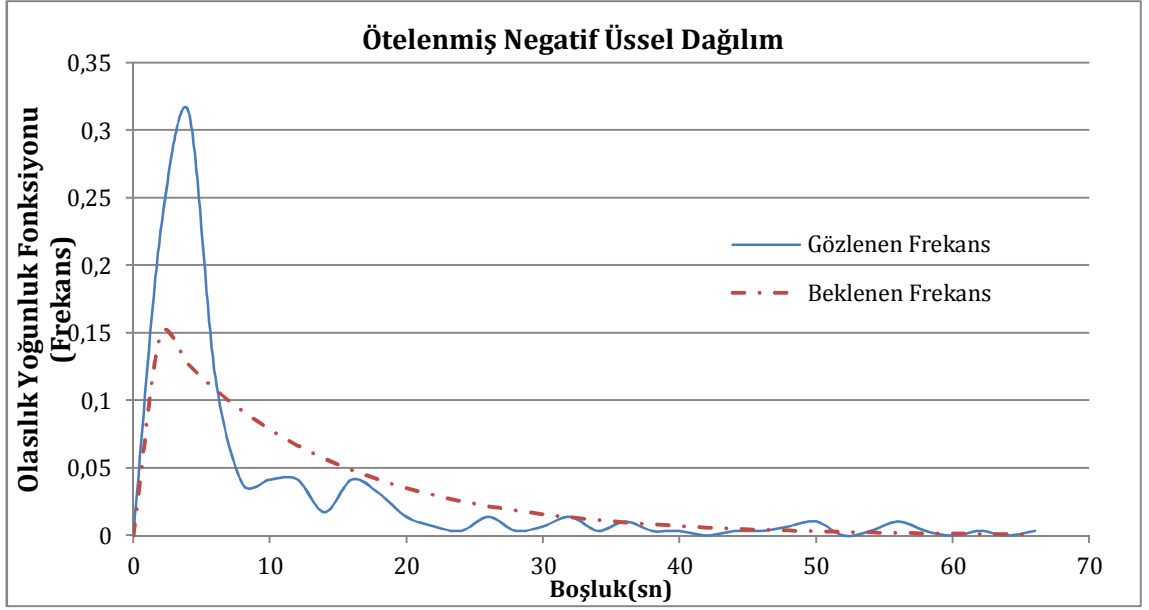
Şekil A.2. İyaş Kavşağı Sağ Şerit Gama Dağılım Grafiği



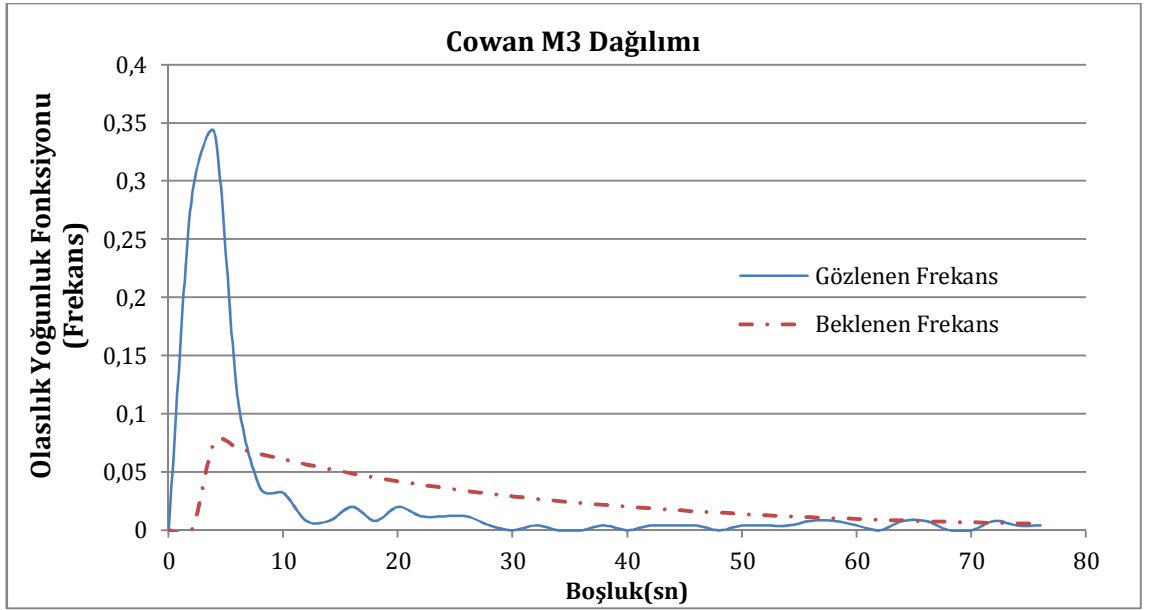
Şekil A.3. İyaş Kavşağı Sağ Şerit Lognormal Dağılım Grafiği



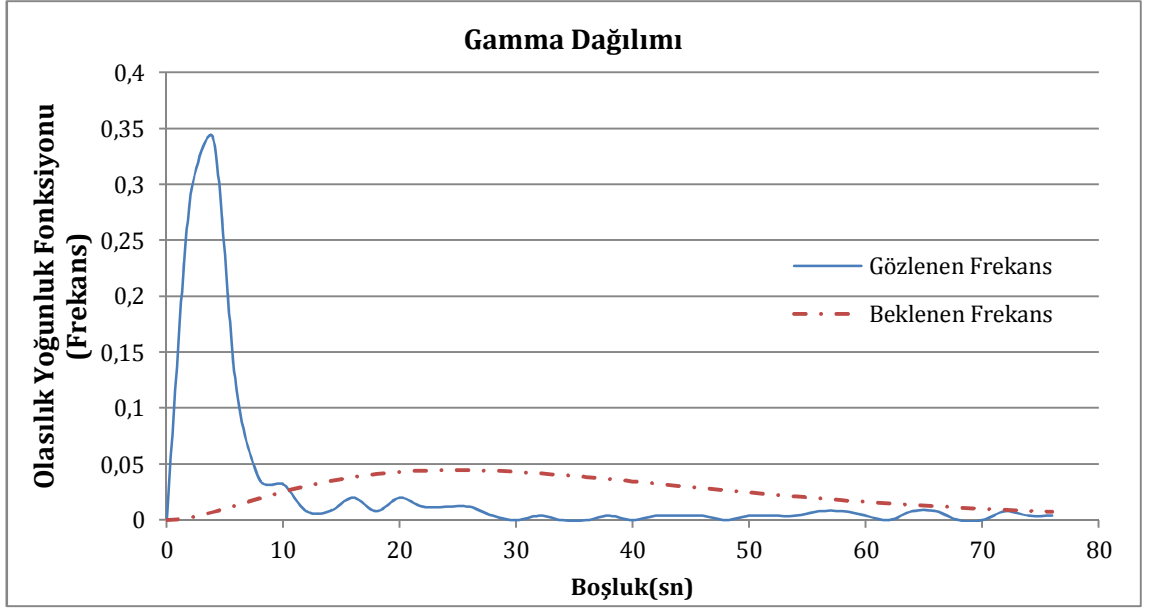
Şekil A.4. İyaş Kavşağı Sağ Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği



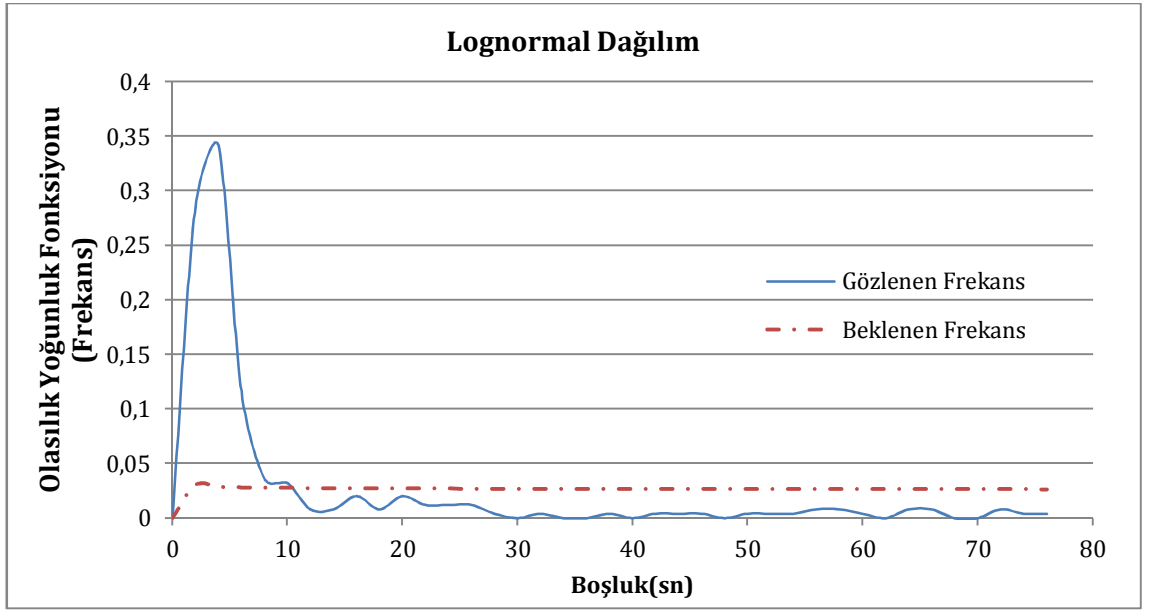
Şekil A.5. Iyaş Kavşağı Sağ Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği



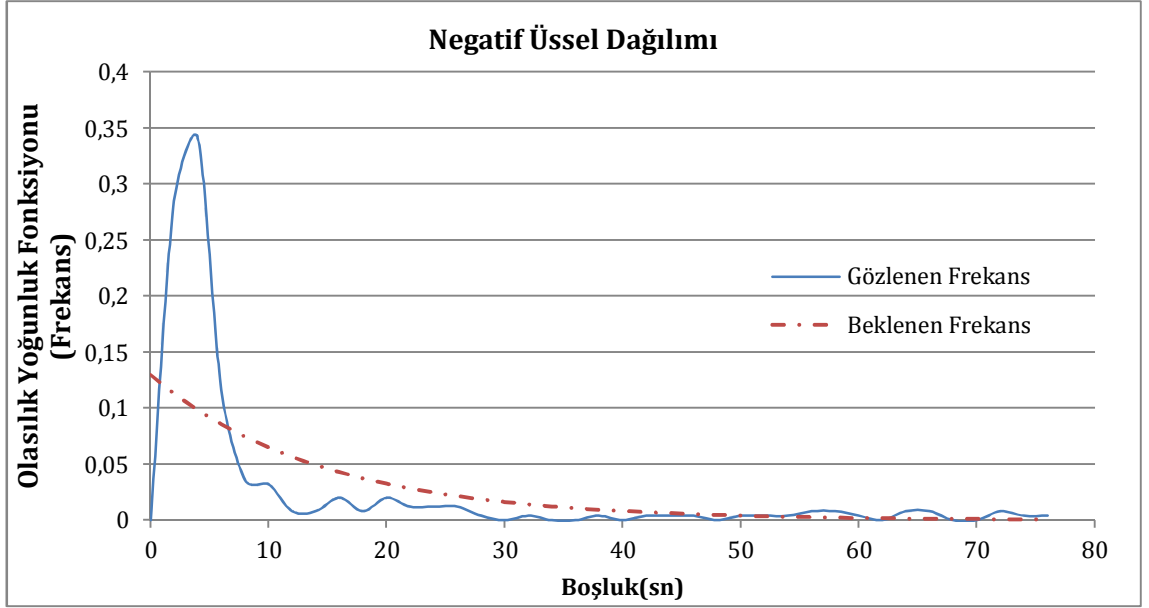
Şekil A.6. Iyaş Kavşağı Orta Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği



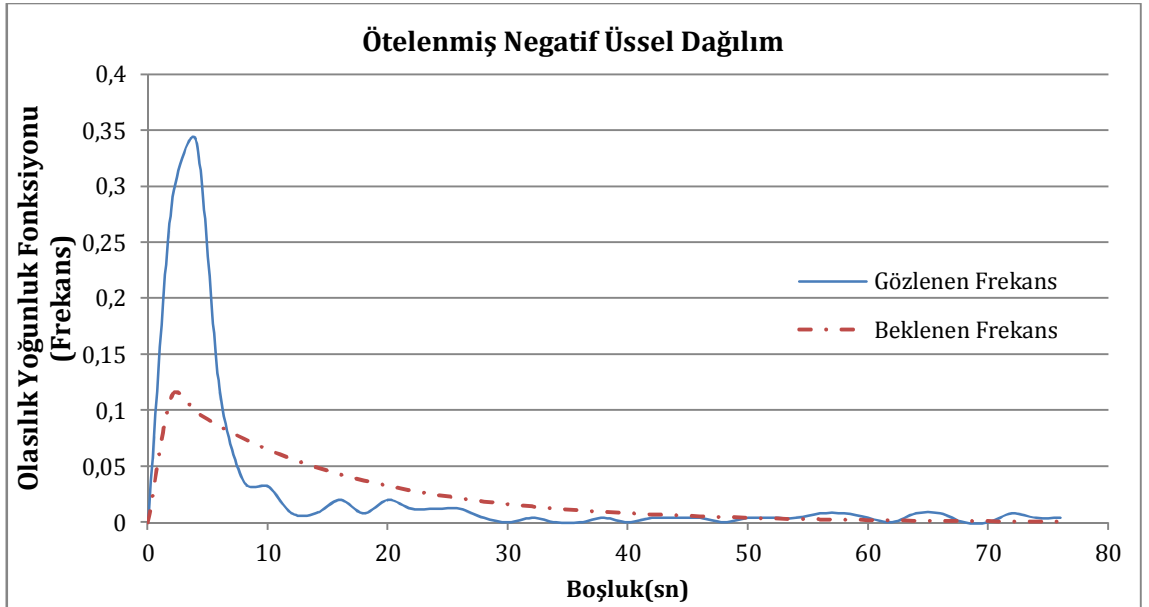
Şekil A.7. Iyş Kavşığı Orta Şerit Gama Dağılım Grafiği



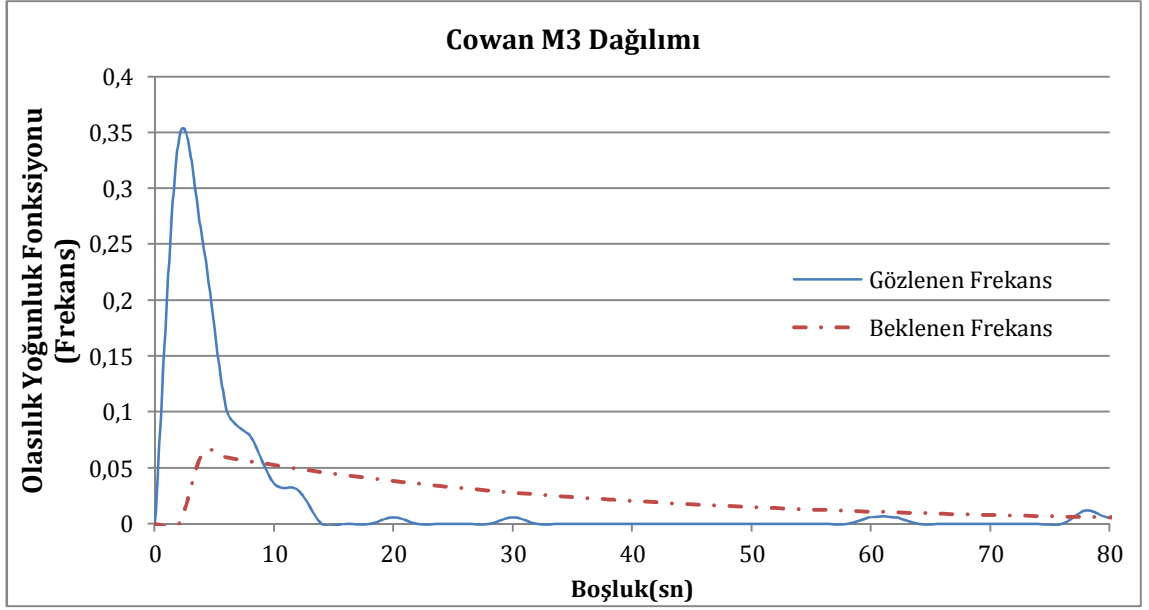
Şekil A.8. Iyş Kavşığı Orta Şerit Lognormal Dağılım Grafiği



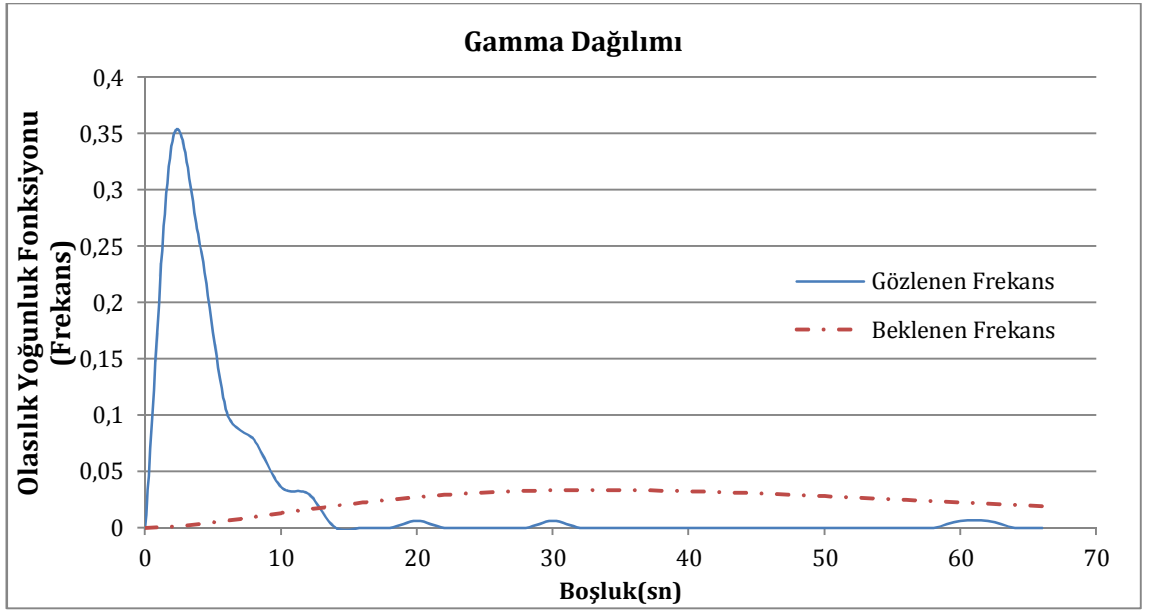
Şekil A.9. İyaş Kavşağı Orta Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği



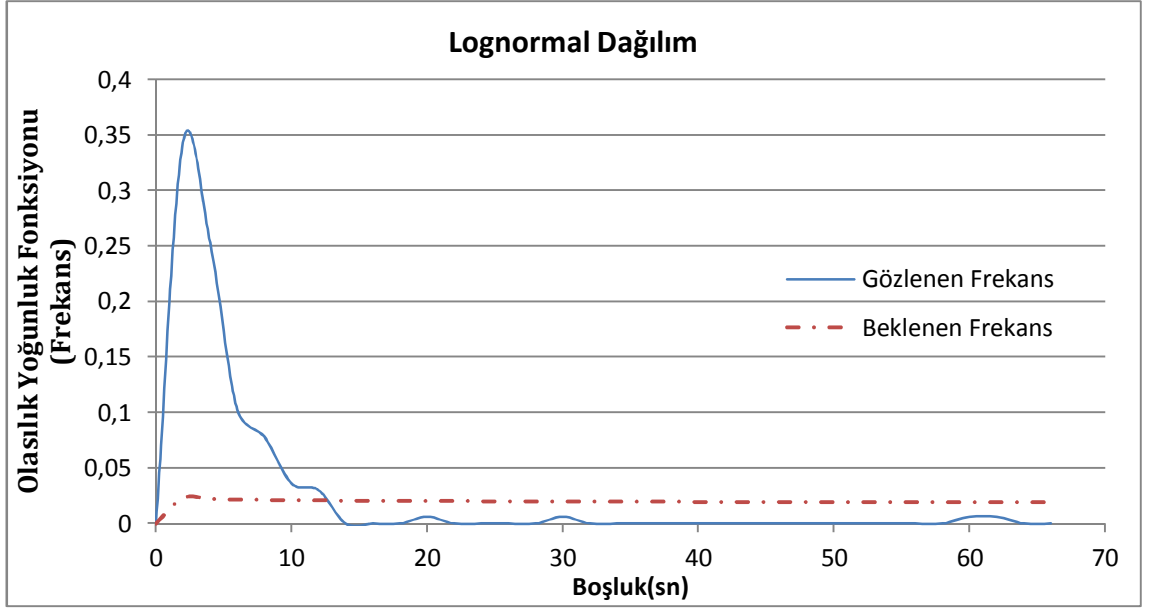
Şekil A.10. İyaş Kavşağı Orta Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği



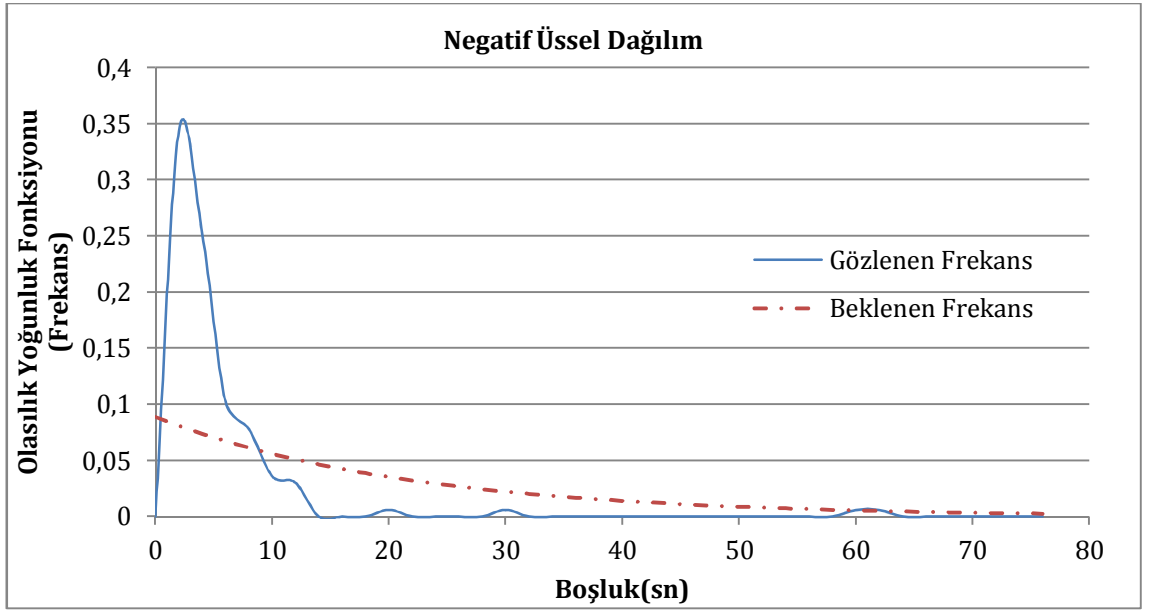
Şekil A.11. İyaş Kavşağı Sol Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği



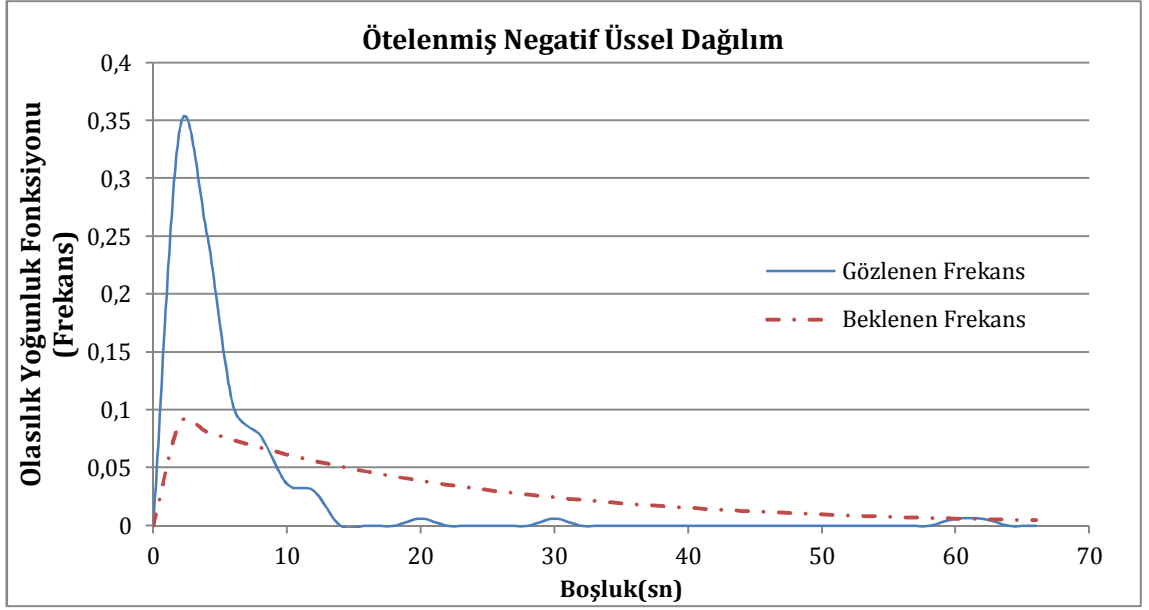
Şekil A.12. İyaş Kavşağı Sol Şerit Gama Dağılım Grafiği



Şekil A.13. İyaş Kavşağı Sol Şerit Lognormal Dağılım Grafiği

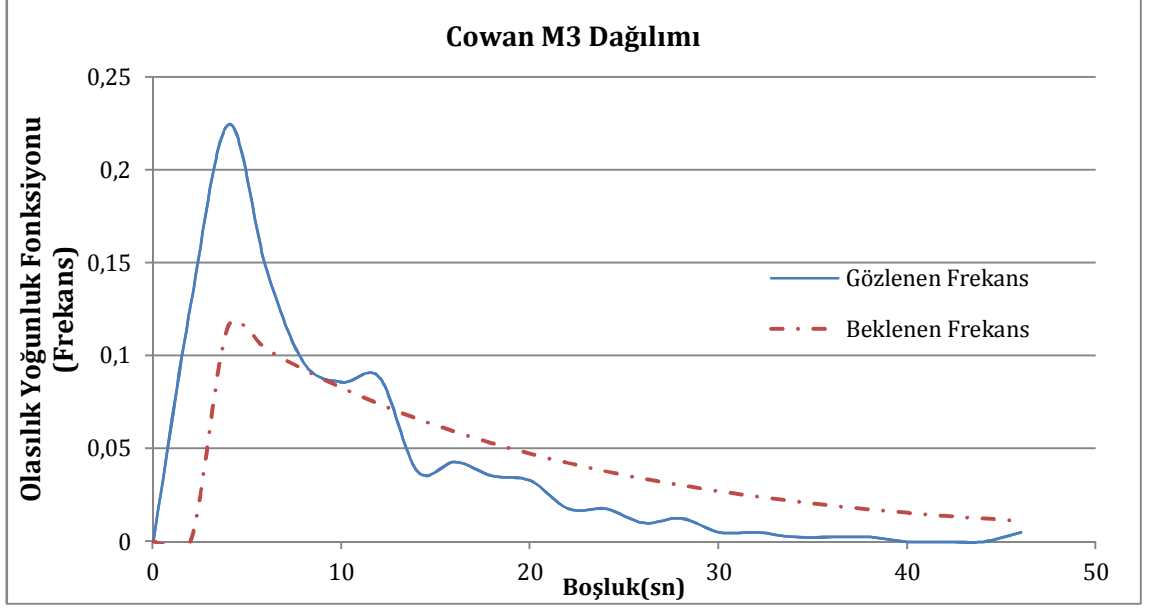


Şekil A.14. İyaş Kavşağı Sol Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği

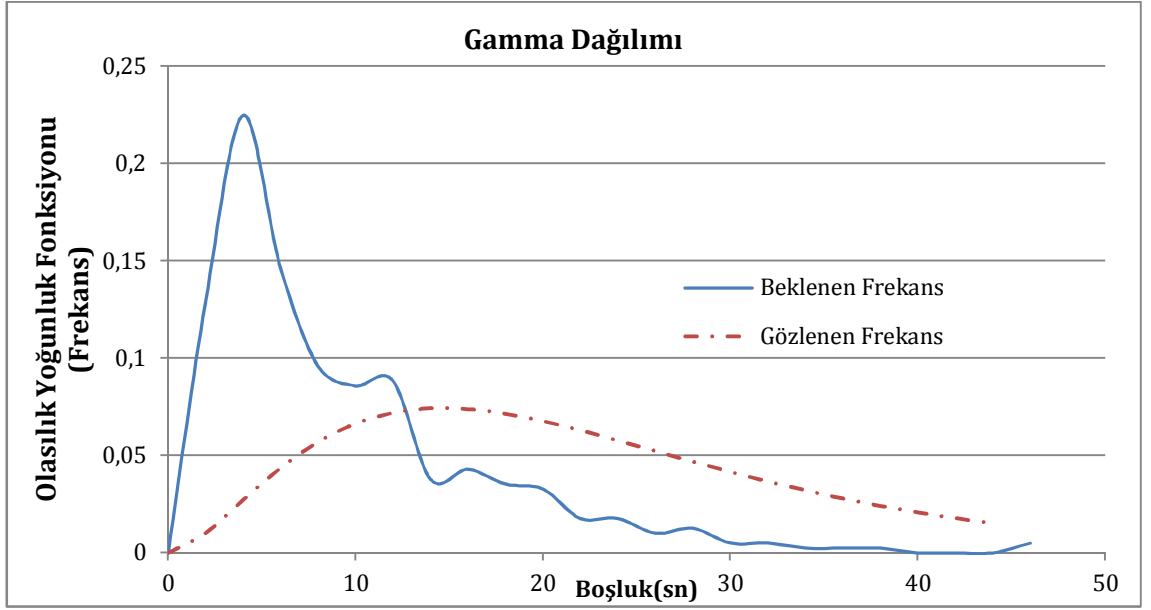


Şekil A.15. İyaş Kavşağı Sol Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği

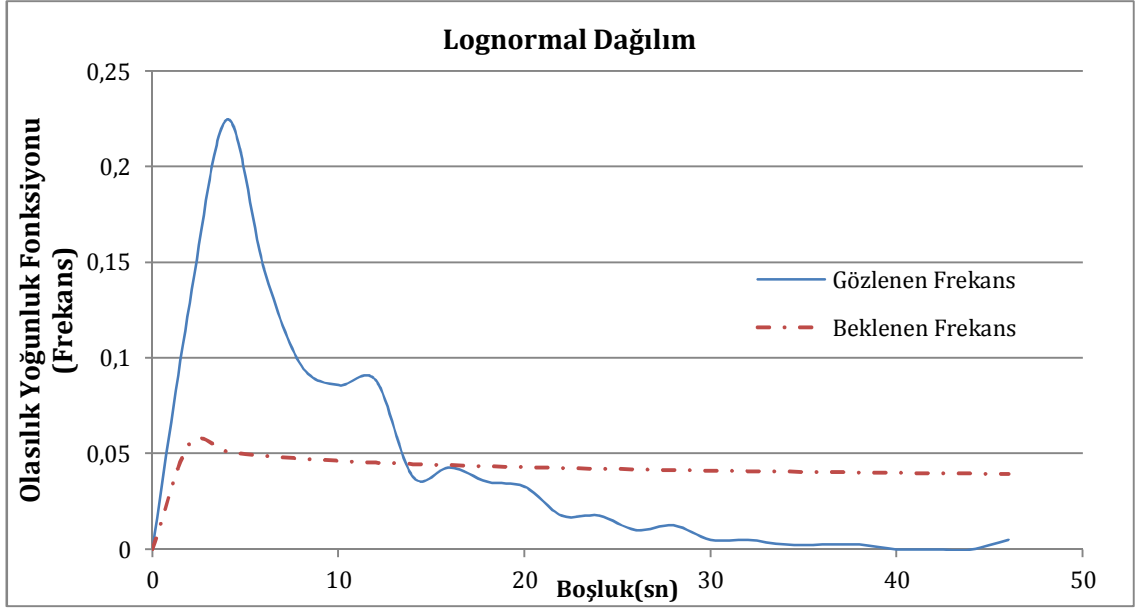
EK B. DSİ Kavşağı İstatistiksel Dağılım Grafikleri



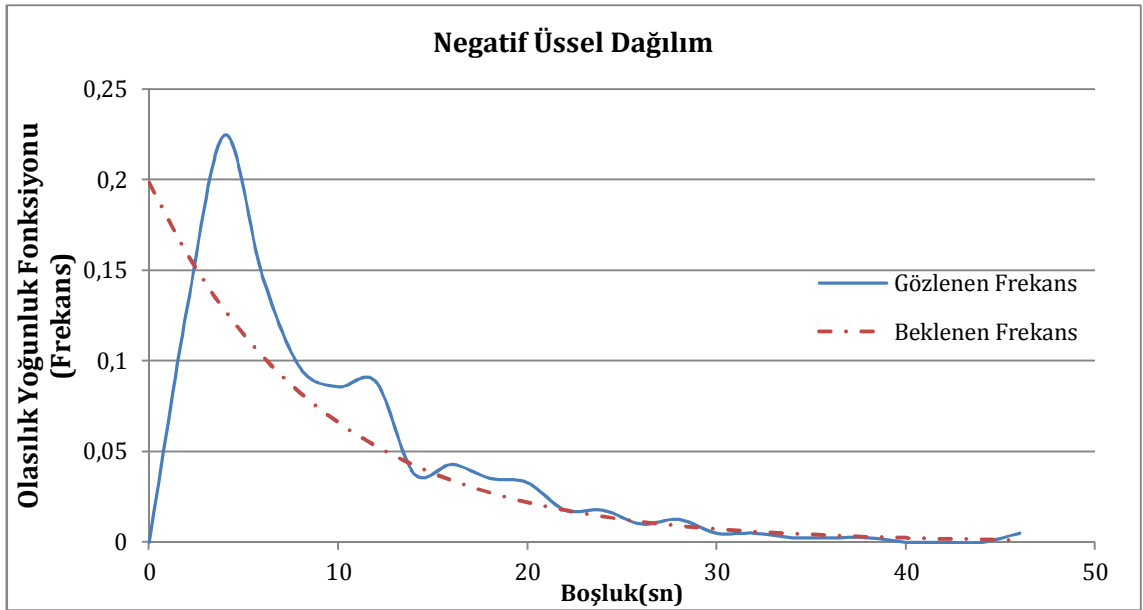
Şekil B.1.DSİ Kavşağı Sağ Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği



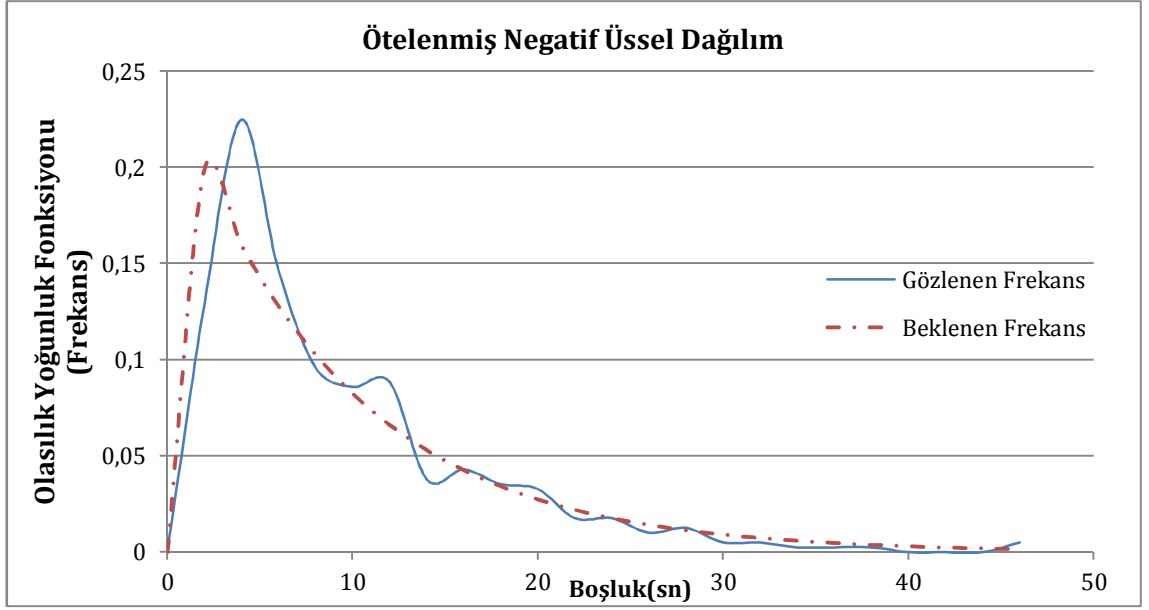
Şekil B.2.DSİ Kavşağı Sağ Şerit Gama Dağılım Grafiği



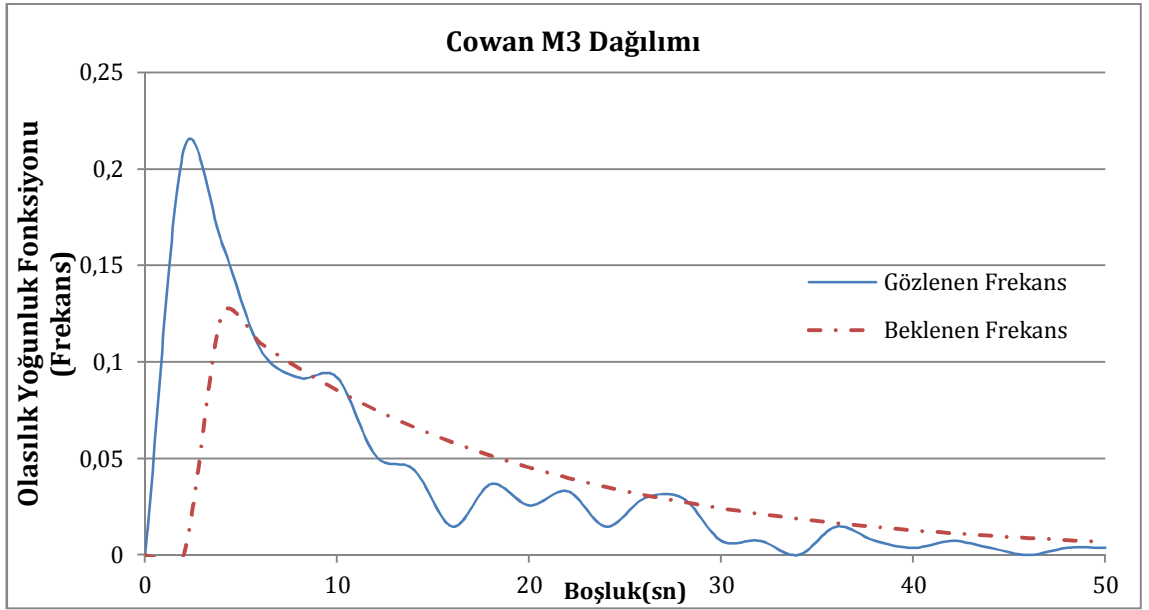
Şekil B.3.DSİ Kavşağı Sağ Şerit Lognormal Dağılım Grafiği



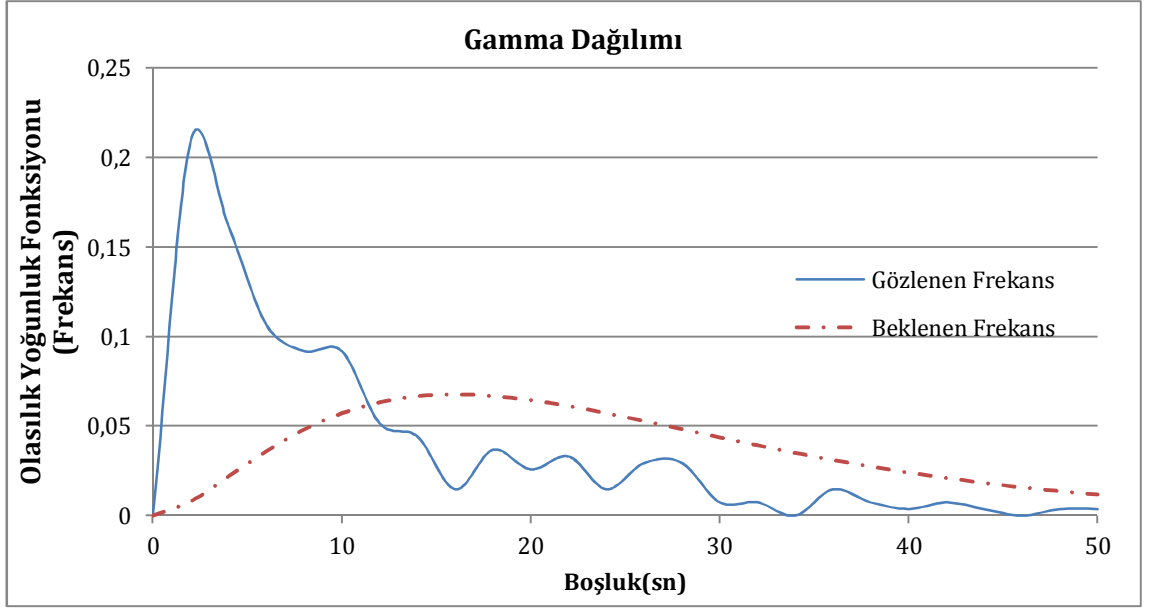
Şekil B.4. DSİ Kavşağı Sağ Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği



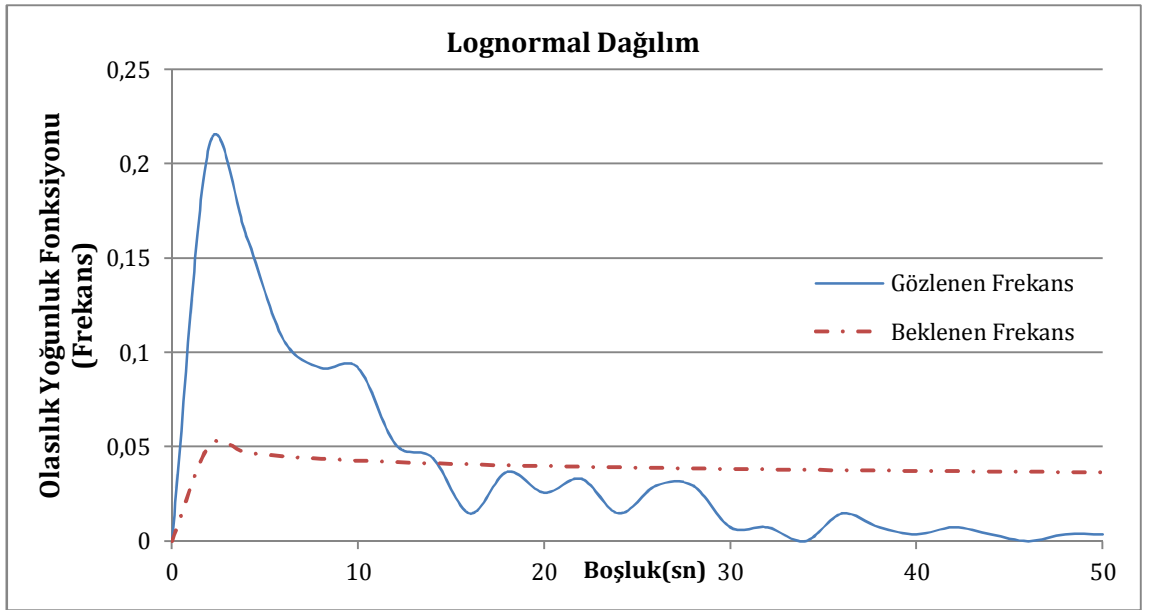
Şekil B.5. DSİ Kavşağı Sağ Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği



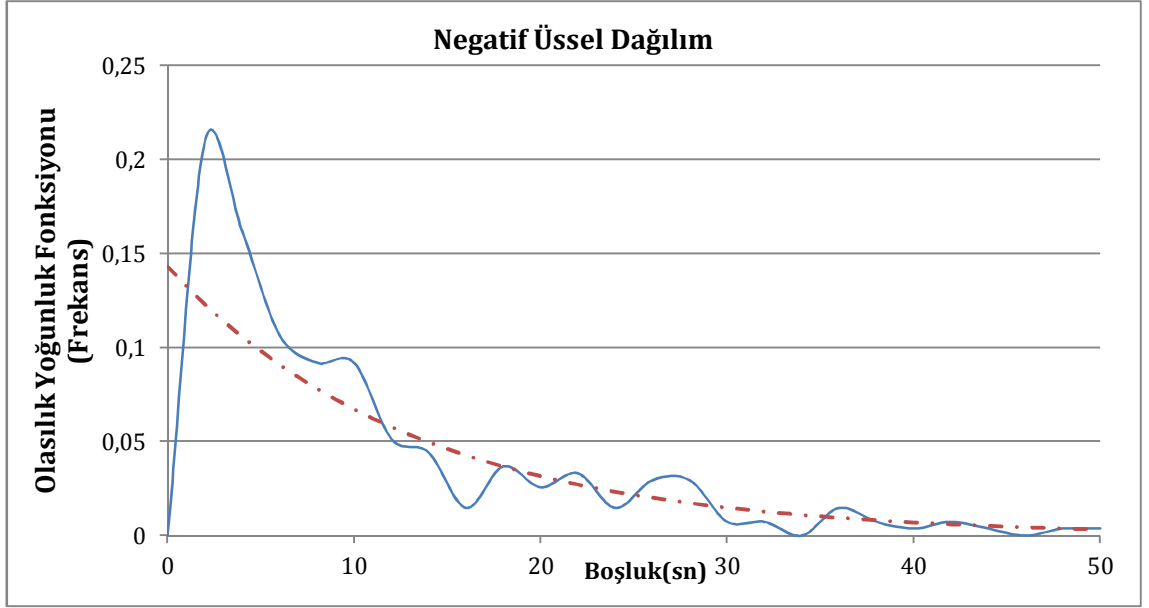
Şekil B.6. DSİ Kavşağı Sol Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği



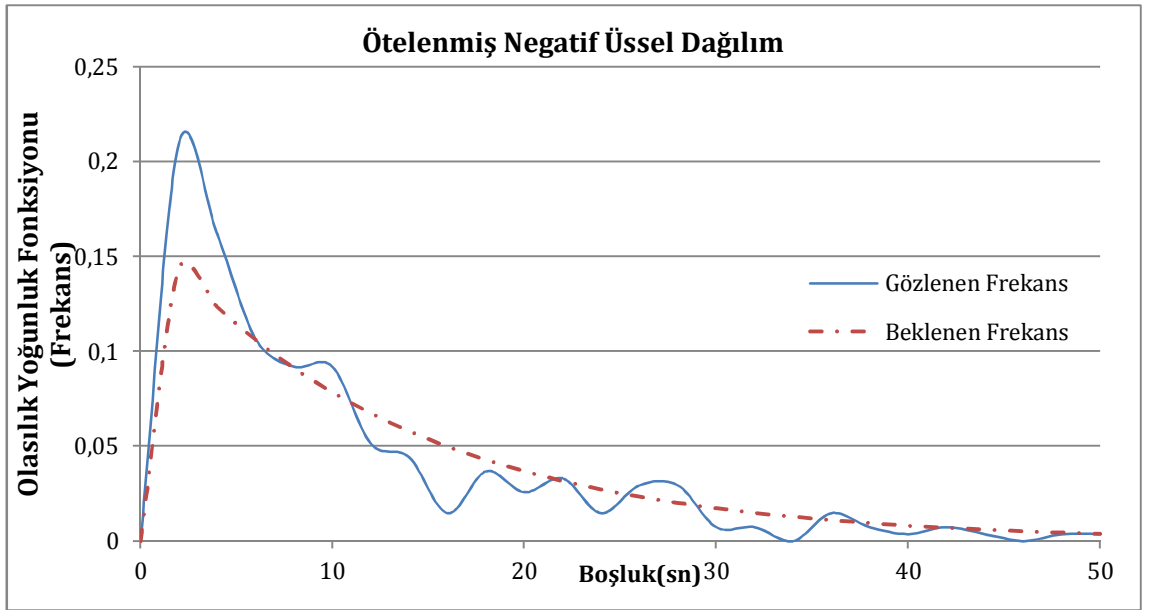
Şekil B.7. DSİ Kavşağı Sol Şerit Gama Dağılım Grafiği



Şekil B.8. DSİ Kavşağı Sol Şerit Lognormal Dağılım Grafiği

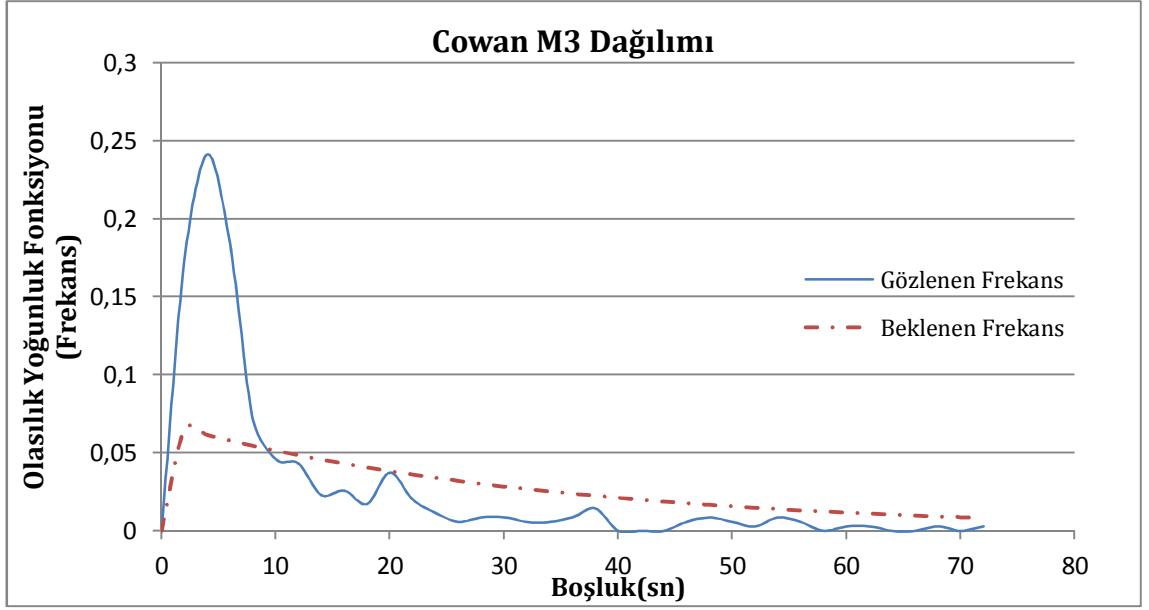


Şekil B.9. DSİ Kavşağı Sol Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği

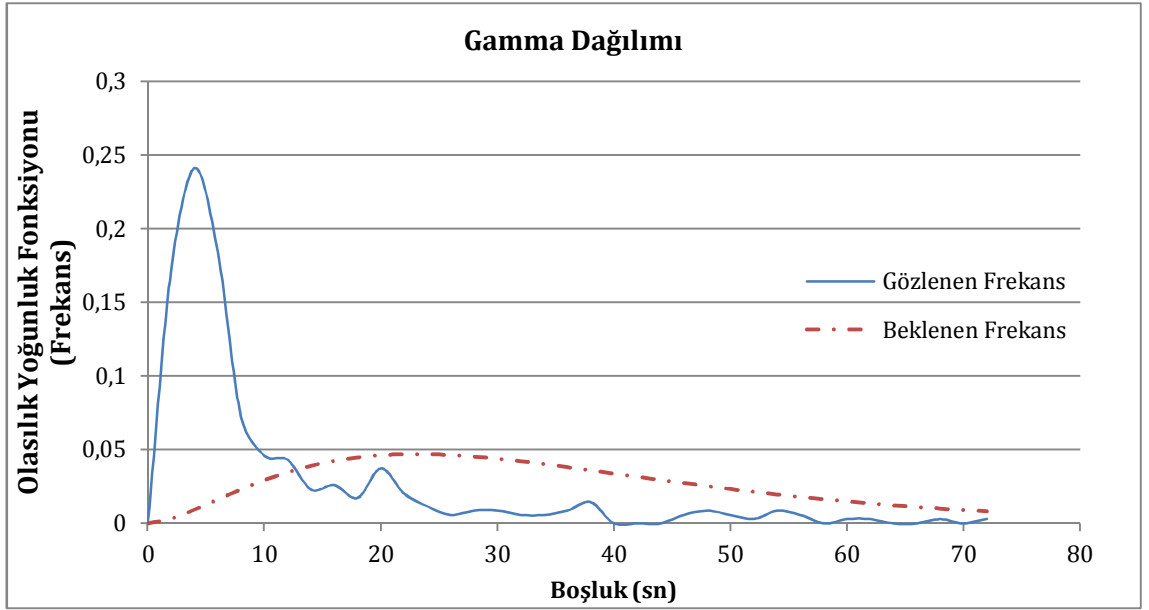


Şekil B.10. DSİ Kavşağı Sol Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği

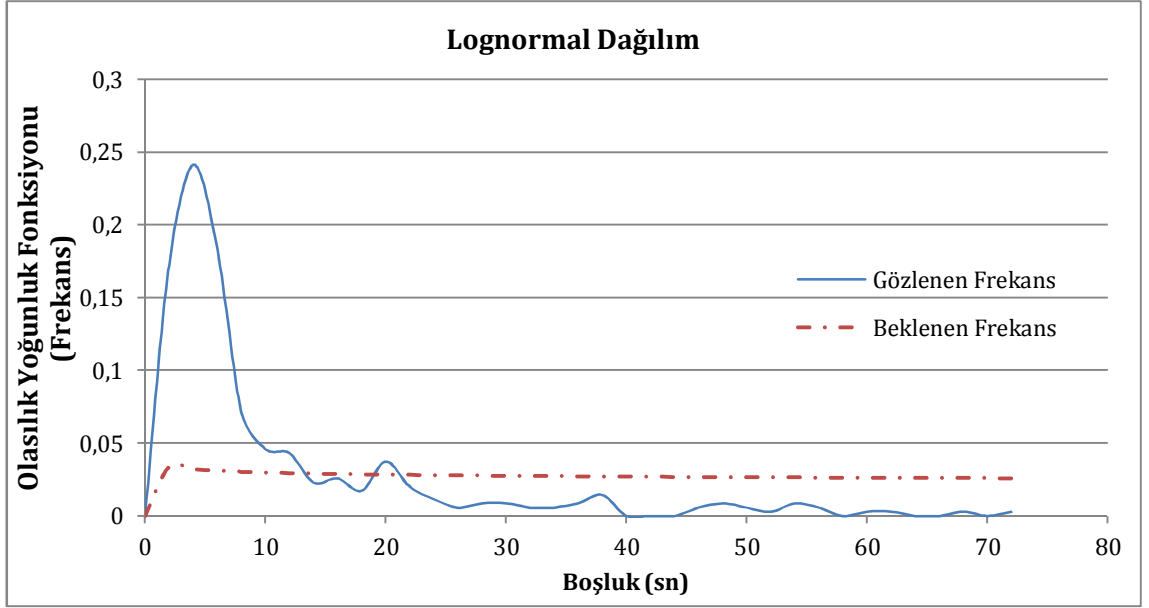
EK C. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı İstatistiksel Dağılım Grafikleri



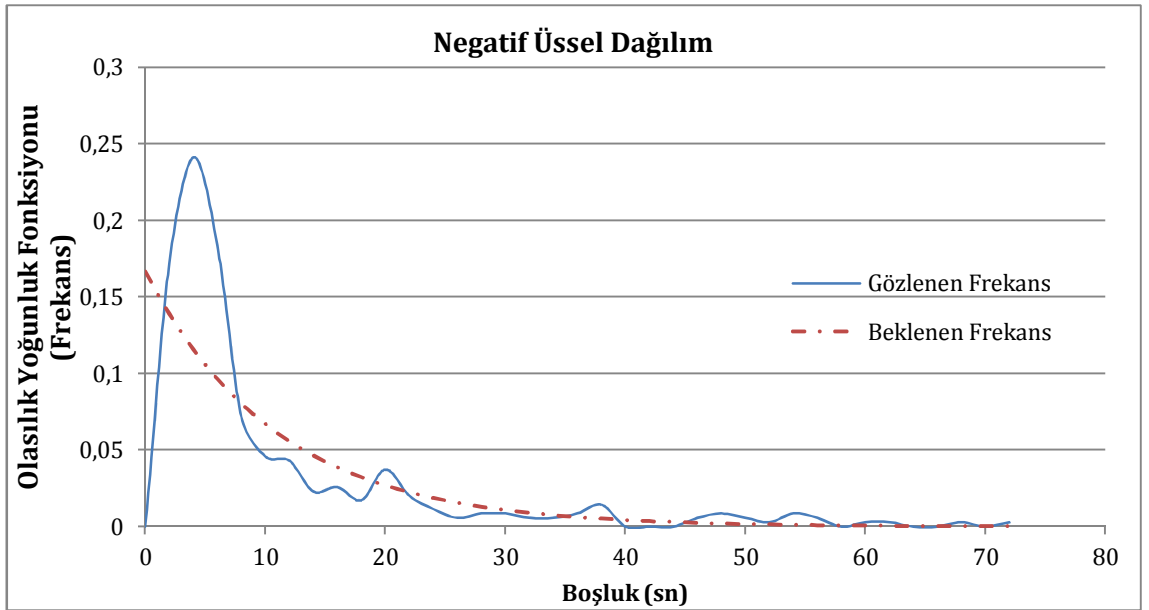
Şekil C.1.Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sağ Şerit Cowon M3 Dağılım Grafiği



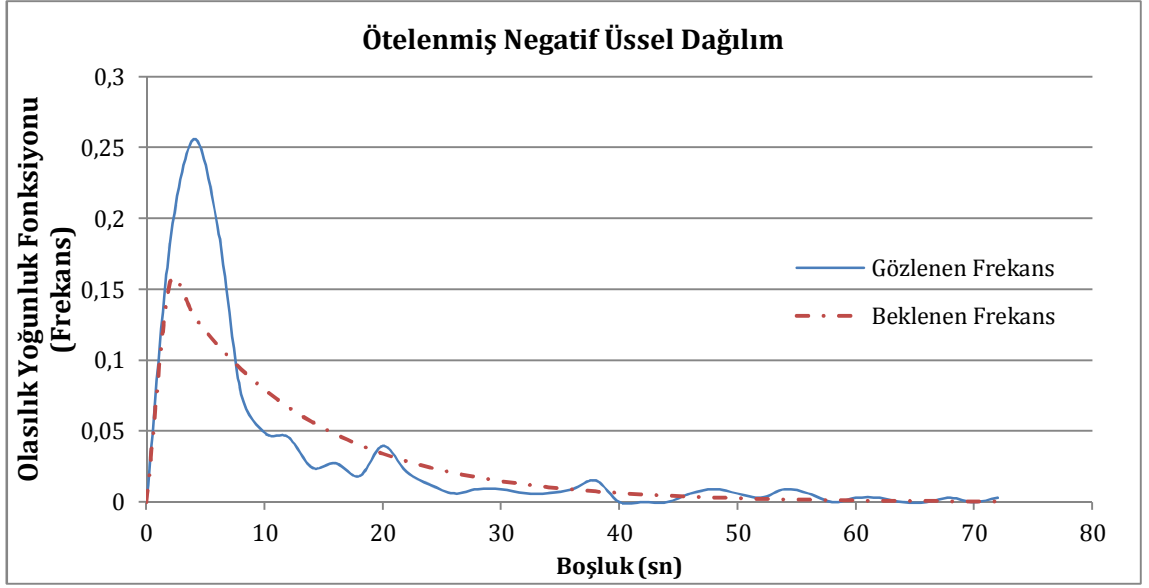
Şekil C.2. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sağ Şerit Gama Dağılım Grafiği



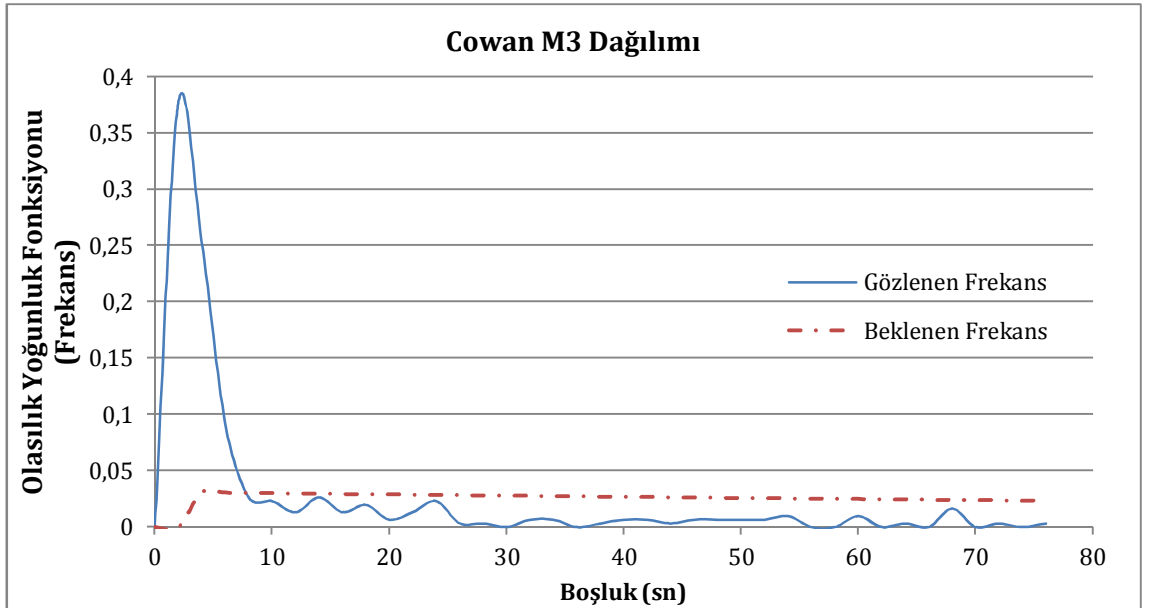
Şekil C.3. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sağ Şerit Lognormal Dağılım Grafiği



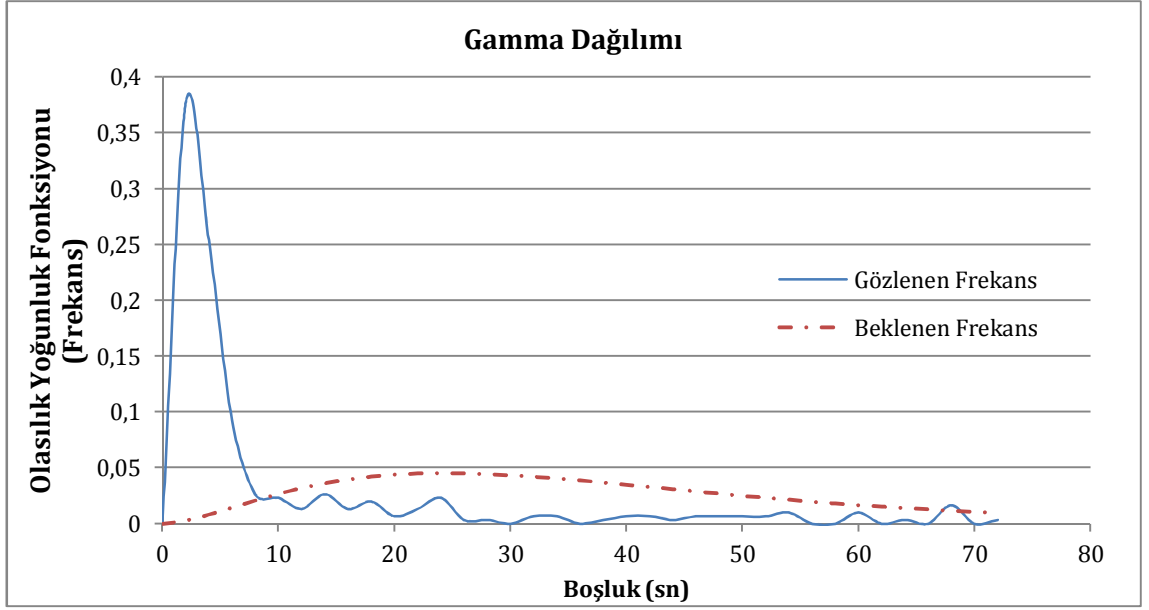
Şekil C.4. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sağ Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği



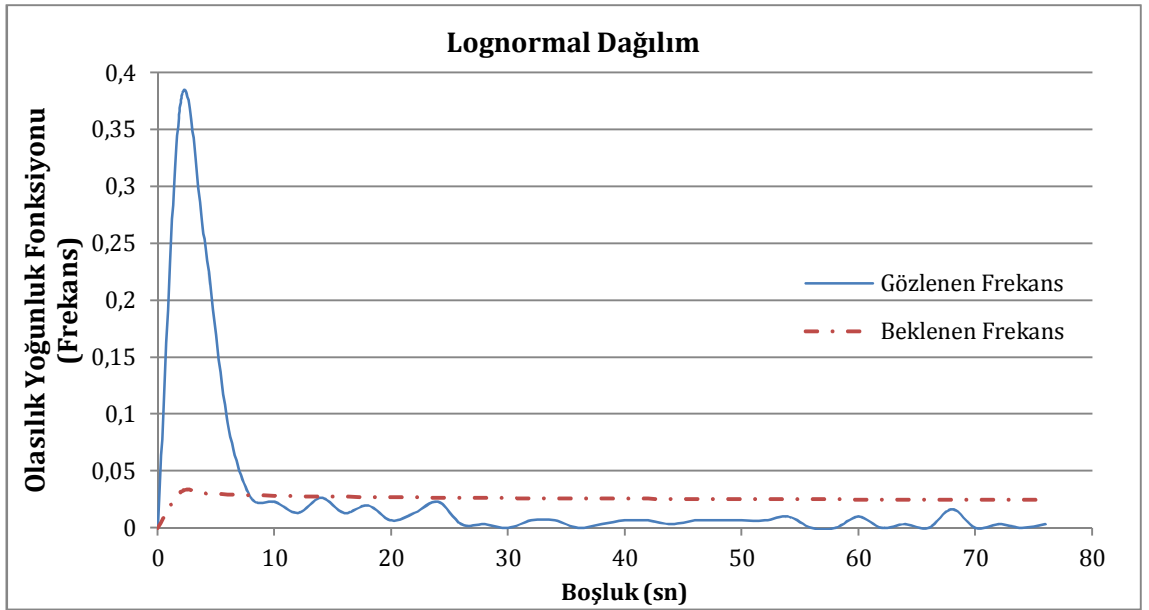
Şekil C.5. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sağ Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği



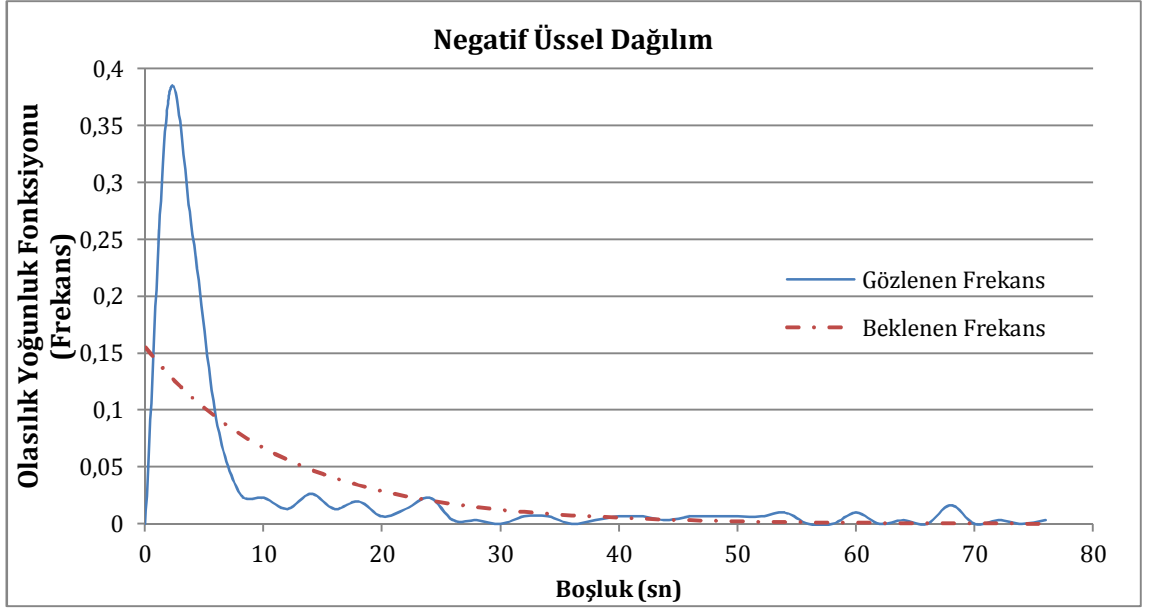
Şekil C.6. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sol Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği



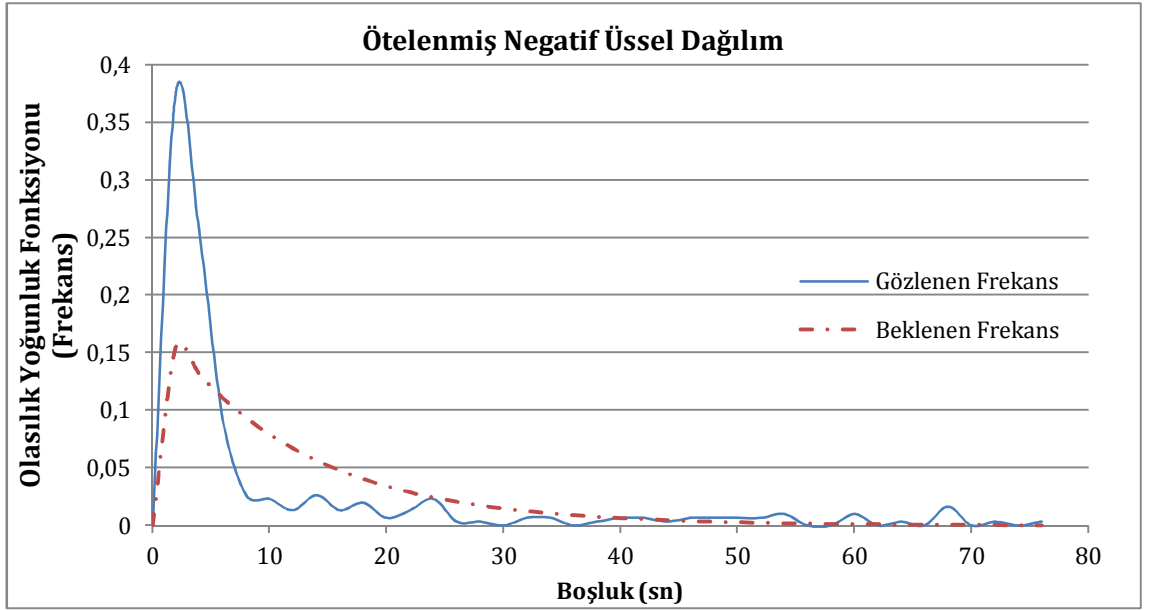
Şekil C.7. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sol Şerit Gama Dağılım Grafiği



Şekil C.8. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sol Şerit Lognormal Dağılım Grafiği

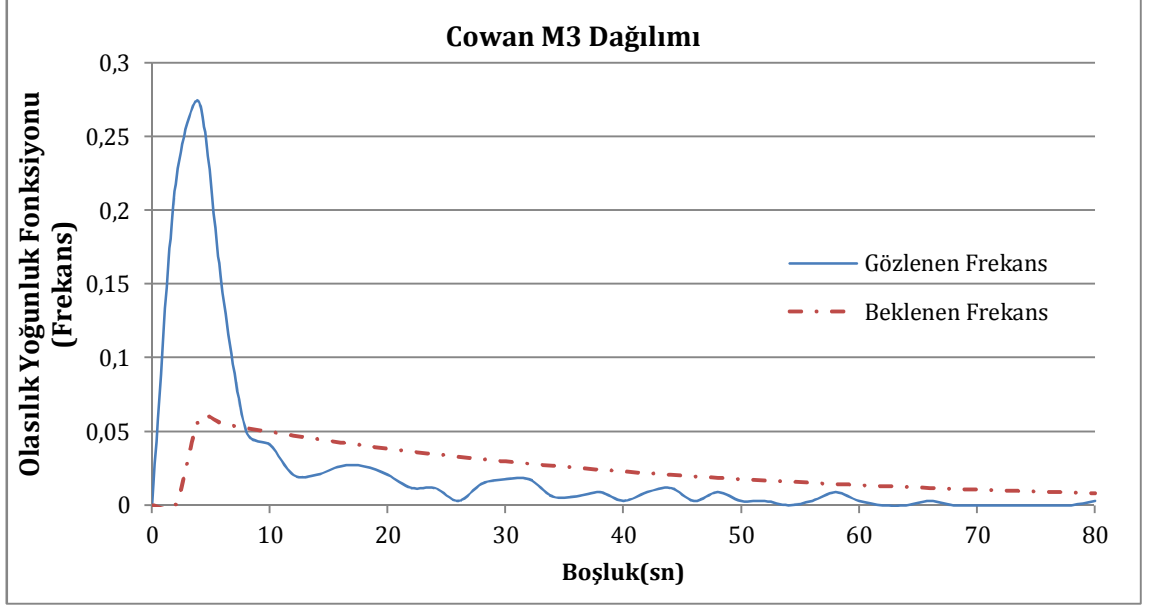


Şekil .C.9. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sol Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği

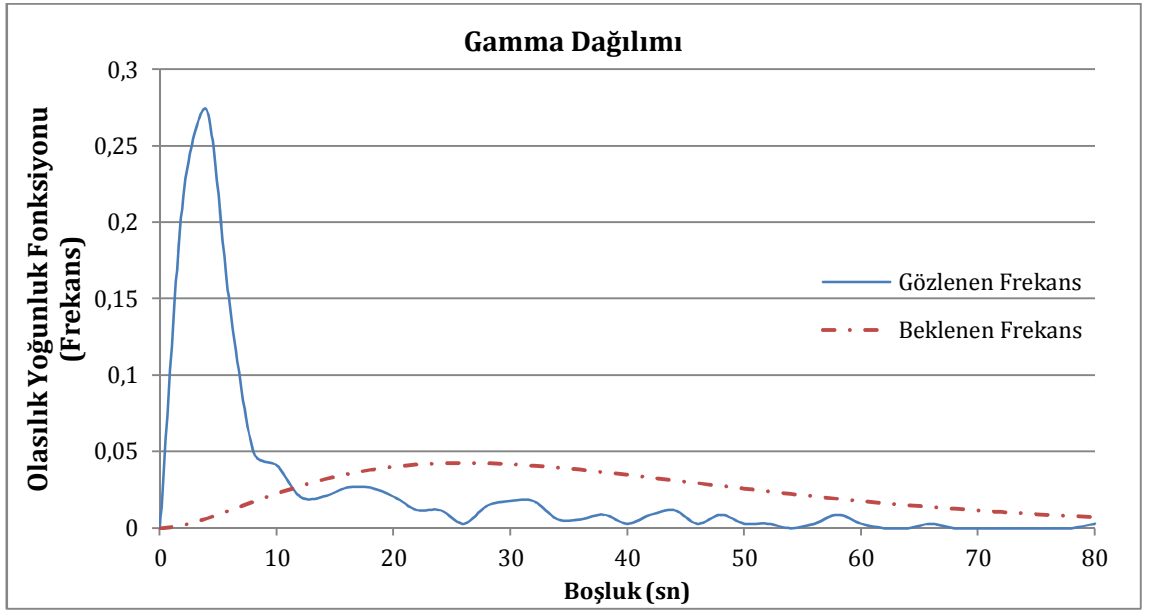


Şekil C.10. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sol Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği

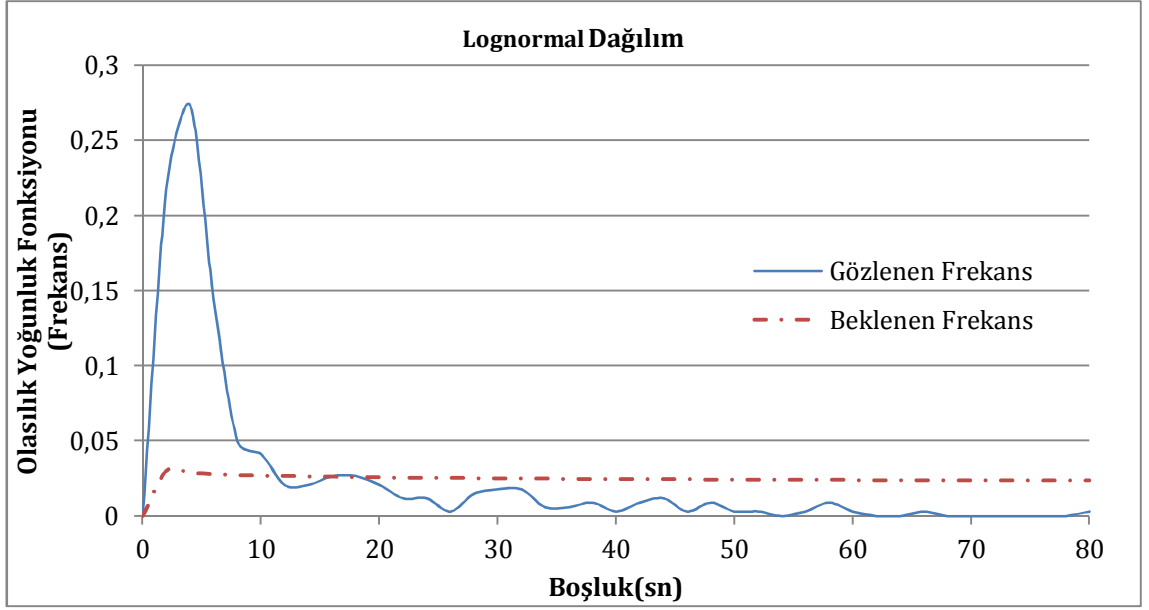
EK D. Halıkent Kavşağı İstatistiksel Dağılım Grafikleri



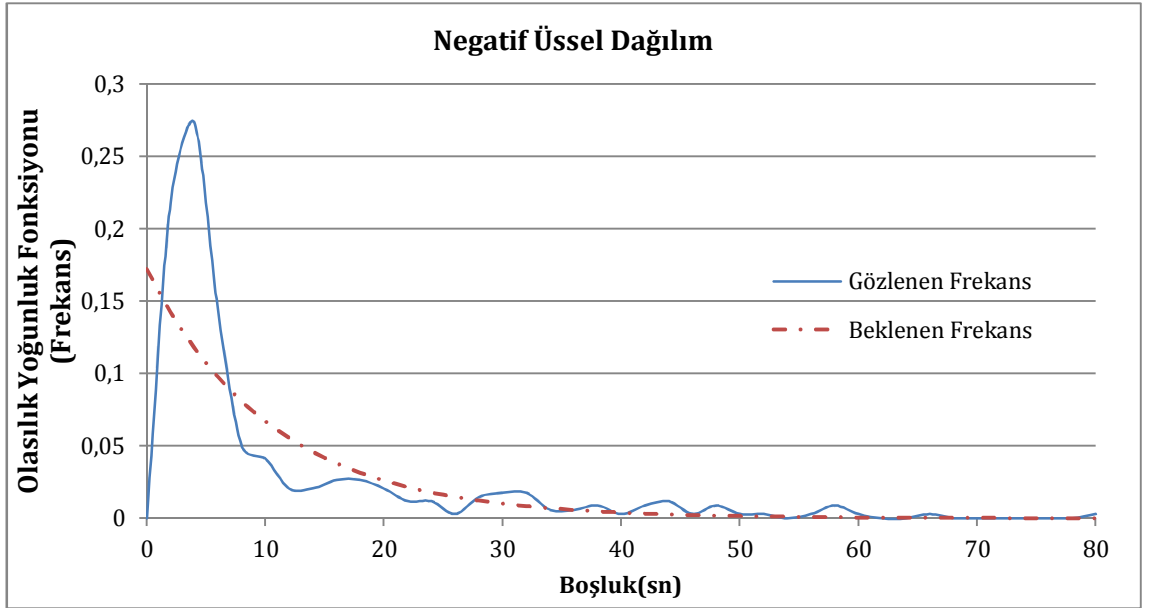
Şekil D.1. Halıkent Kavşağı Sağ Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği



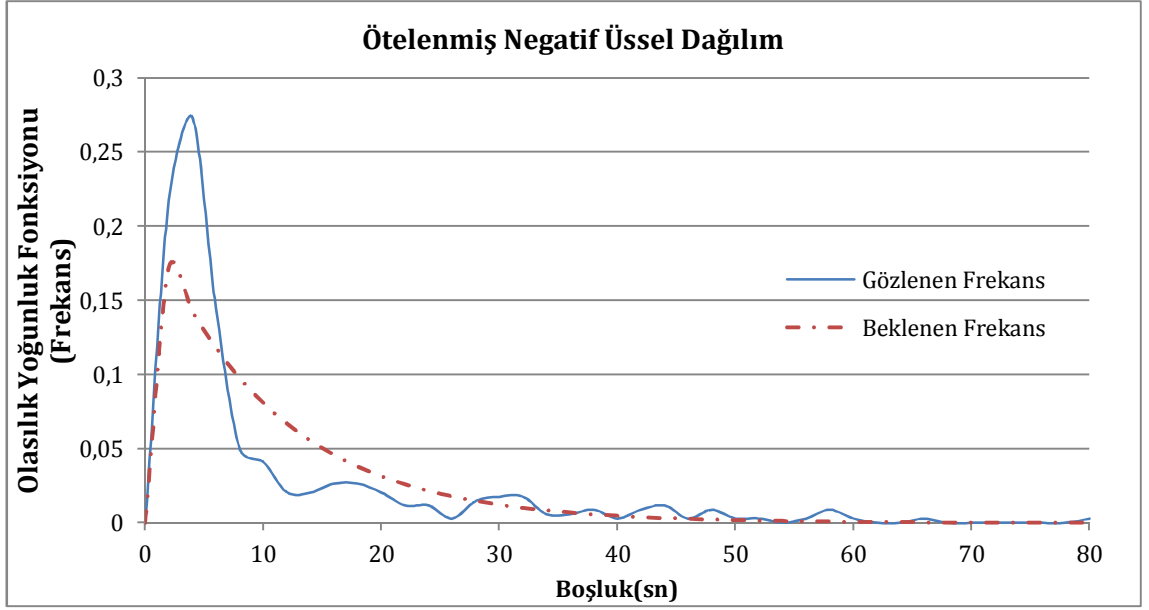
Şekil D.2. Halıkent Kavşağı Sağ Şerit Gama Dağılım Grafiği



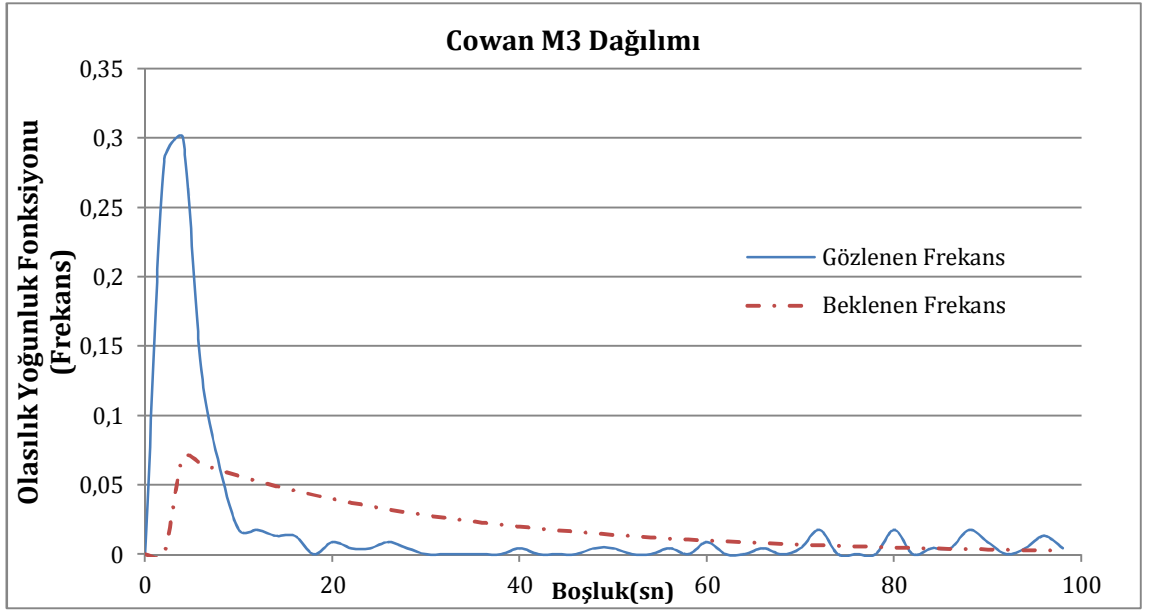
Şekil D.3. Halıkent Kavşağı Sağ Şerit Lognormal Dağılım Grafiği



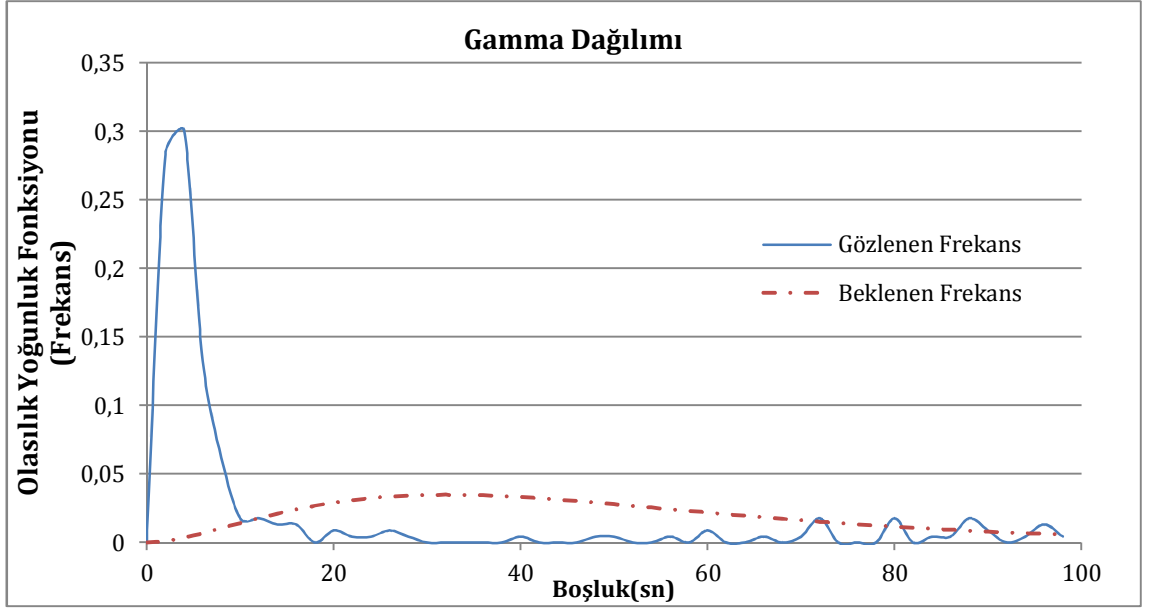
Şekil D.4. Halıkent Kavşağı Sağ Şerit Negatif Üssel Dağılım Grafiği



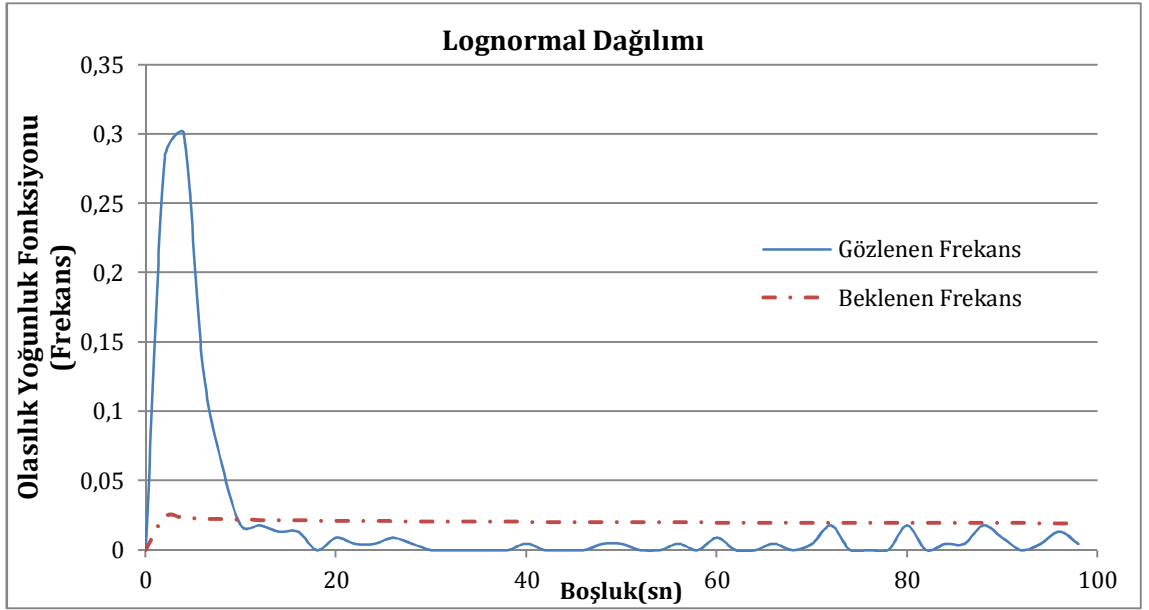
Şekil D.5. Halıkent Kavşağı Sağ Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği



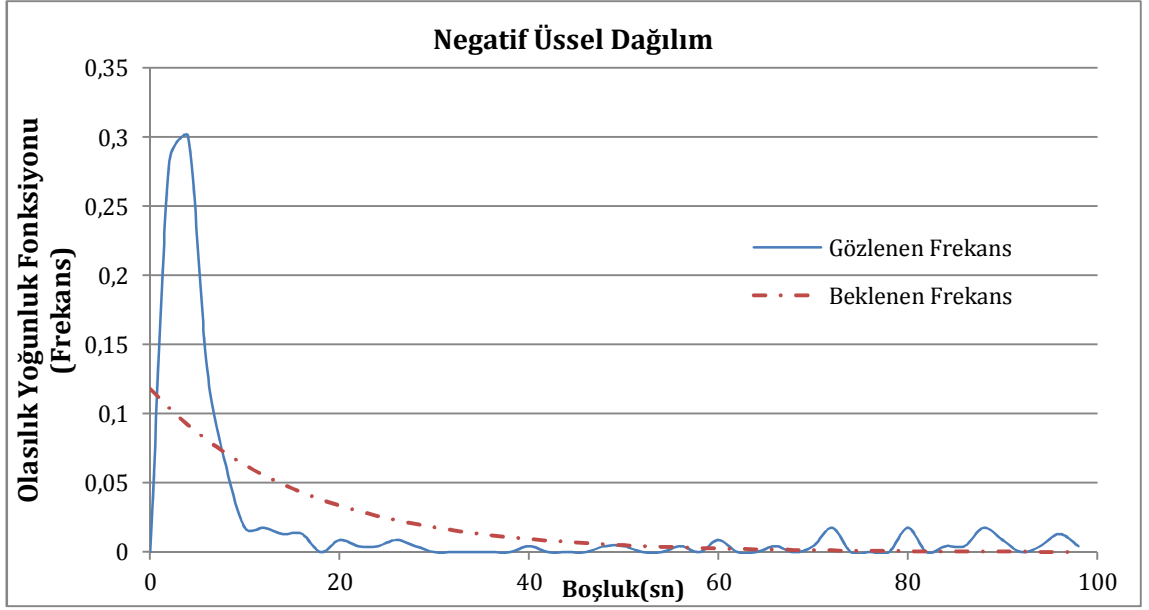
Şekil D.6. Halıkent Kavşağı Sol Şerit Cowan M3 Dağılım Grafiği



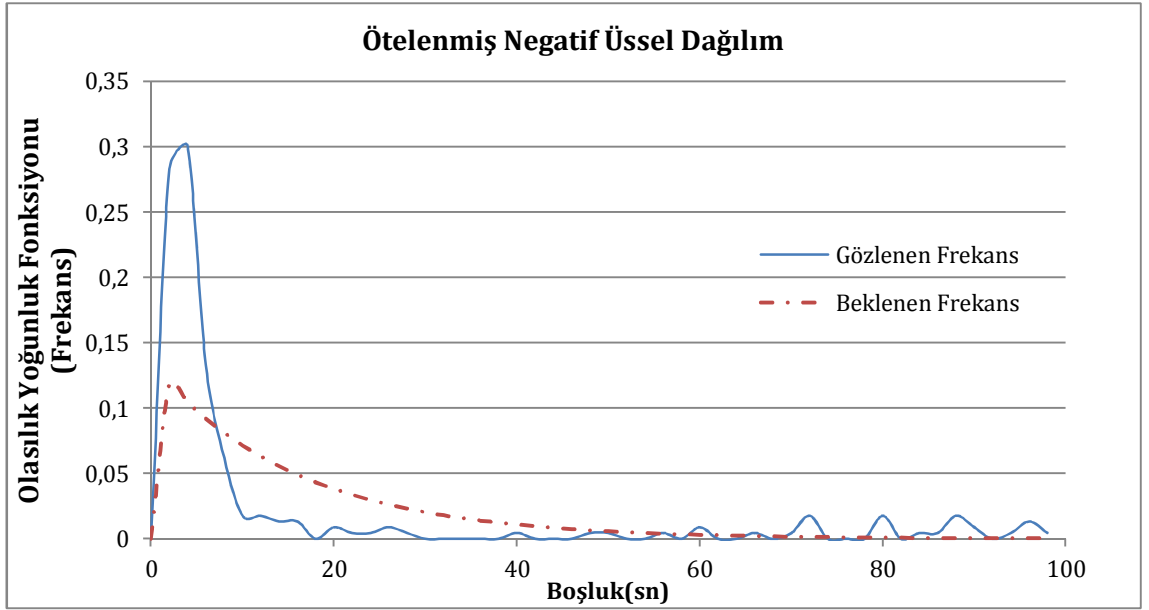
Şekil D.7. Halikent Kavşağı Sol Şerit Gama Dağılım Grafiği



Şekil D.8. Halikent Kavşağı Sol Şerit Lognormal Dağılım Grafiği



Şekil D.9. Halıkent Kavşağı Sol Şerit Negatif Üssel Dağılım Dağılım Grafiği



Şekil D.10. Halıkent Kavşağı Sol Şerit Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım Grafiği

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Yeri ve Yılı : Sivas, 1988

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : merveguluysal@mu.edu.tr



Eğitim Durumu

Lise : Sivas Lisesi

Lisans : SDÜ, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği

Mesleki Deneyim

Merkez Proje 2012-2013

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Aralık 2013-Haziran 2014

SDÜ Müh. Fak. İnş.Müh. 2014- halen