



Meltem Saplıoğlu

Süleyman Demirel Uni., meltemsaplioglu@sdu.edu.tr, Isparta-Turkey

Mervegül Uysal

Muğla Sıtkı Koçman Üni., merveguluysal@mu.edu.tr, Muğla-Turkey

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2015.10.1.1A0355>

SİNYALİZASYONSUZ KAVŞAKLARDA-BOŞLUK ZAMAN ARALIĞI DEĞERLERİNİN İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Sinyalizasyonsuz kavşak yaklaşımlarında, taşıtlar arası boşlukların ve sürücülerin davranışlarının mikro düzeyde incelenmesi kapasite hesaplamaları, kavşak işletim sistemleri, trafik güvenliği incelemeleri ve simülasyon çalışmaları açısından önemlidir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda yoğunlukla dönel kavşak yaklaşımlarındaki akımların davranışları detaylı olarak incelenmiştir. Bu çalışmada, iseometrik özellikleri birbirine benzerlik gösteren üç adet, sinyalizasyonsuz üç kollu T kavşakların anayol geliş akımları ile araçlar arası zaman cinsinden boşluk mesafeleri mikro düzeyde incelenmiştir. Kollardaki trafik hacimleri ve araçlar arası zaman cinsinden boşluk değerleri ölçümlerle elde edilmiş, anayol akımları tanımlanmaya çalışılmıştır. Tanımlanan akımlardaki zaman cinsinden boşluk verilerinin uyabileceği istatistiksel dağılımlar tespit edilmiştir. 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: Sinyalizasyonsuz Kavşaklar, Anayol Akımı, Boşluk Zaman Aralığı, Üssel Dağılımlar, Cowan M3 Dağılımı

ANALYSIS AND INTERPRETATION OF HEADWAY DATA AT UNSIGNALIZED INTERSECTIONS

ABSTRACT

At unsignalized intersections, estimation of capacity, inter section operation systems, traffic safety analysis and simulation operations, analyzing the time head way sand driver's behaviors at micro level is very important. In studies up to now, generally round about flows have been examined. In this paper, three unsignalized T inter sections have been choosed. These unsignalized inter sections are similar about their geometric features. The time head ways have been examined at micro level. Traffic volumes and time headways values are obtained to description main road flows by observations. To interpret differences between traffic flow behaviors, some statistical distributions are choosed. Negative exponential, shifted negative exponential, gamma, lognormal and cowan m3 distributios are used to evaluate the time headways. Consequently, the best statistically distribution for the time headways at these intersections is tried to find. Exponential distribution sare found to be the best statistically distributions than the others for the time headways at selected intersections.

Keywords: Unsignalized Intersections, Main Road Flow, Headway, Exponential Distributions, Cowan M3 Distribution



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Nüfus artışına paralel olarak aratan araç sayıları, şehir içi ulaşım sistemlerinde önemli problemlere sebep olmaktadır. Şehir içi yol ağlarında oluşan uzun kuyruklar, özellikle kavşaklarda araç gecikme süreleri, karışıklıklar ve kazalar nedeniyle sürücülerin ve yol kullanıcılarının yaşam biçimleri olumsuz yönde etkilenmektedir. Sinyalizasyonsuz kavşaklarda, kavşağa birleşen yolların kapasitelerinin farklı olduğu durumlarda, kavşak kollarının önem dereceleri değişecektir. Bu önem derecelerine göre taşıtların kavşağa geliş düzenlerinin, serbest akımlı bir yol kesitinden geçiş düzenlerinden farklı ve mikro düzeyde incelenmesi gerekir. Şehir içi yol ağlarında bulunan kavşak noktaları çatışma alanları olduğu için bu noktalarda güvenlik azalmakta ve kaza olasılıkları artmaktadır [1].

Kazaların meydana gelmesinde sürücülerin kavşak içerisinde manevra yaparken farklı giriş aralıklarını kabul etmesi, kavşaklara bağlanan ana ve tali yolların kapasitesinin, görüş mesafelerinin ve hızların etkisi göz ardı edilemeyecek kadar büyüktür. Aynı kavşaktaki 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 [2].

Bununla birlikte, birbiri ardına gelen kavşak kollarında trafik akımları, kavşakların geometrik özelliklerine ve işletme özelliklerine bağlı olarak da önemli farklılıklar gösterir. Daha önce yapılmış çalışmalarda, araçlar arası zaman cinsinden boşlukların kavşak geometrisinden, yaklaşma hızından ve anayol akım dağılımından önemli ölçüde etkilediğini gözlenmiştir [3]. Bu nedenle araçlar arası boşluk değerlendirmeleri oldukça karmaşık fakat kapasite incelemeleri ve kavşak işletme şekilleri açısından incelenmesi gereken önemli bir konudur. Kavşaklarda mikro düzeyde incelemeler ve boşluk kabul çalışmaları yapılırken, incelenen kavşakların araç hareketi, geometrik özellikler, hız ve akım dağılım özellikleri oldukça iyi bilinmelidir. Bu noktalarda veri ölçümü ve arazi çalışmaları doğru ve yeterli yapılmalıdır. Ülkemizdeki uygulamalarda, kavşak iyileştirmeleri yapılırken, ne yazık ki noktasal incelemelerle yapılan düzenlemeler çoğunluktadır. Oysaki bir kavşak noktası incelenirken kavşağa bağlanacak kollara gelen akımın dağılımı, bu kolların kapasitesi, incelenen kavşak noktasından önceki ve sonraki kavşakların durumu, kavşağın geometrik özellikleri gibi parametrelerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Kavşak kollarındaki hacim verilerinin ve akım verilerinin belirli zaman aralıkları ile güncellenmesinin gerekliliği de oldukça fazladır. Bu çalışmanın amacı üç kollu sinyalizasyonsuz kavşaklarda trafik akımlarının karakteristiklerini modellemek, elde edilen verileri istatistiksel yöntemlerle değerlendirmek ve anayol akım verilerini en iyi temsil eden istatistiksel dağılımı bulmaktır. Bu amaçla Isparta ili şehir merkezinden seçilen, geometrisi birbirine benzeyen, anayol trafik akım davranışı birbirine benzerlik gösterdiği düşünülen üç adet sinyalizasyonsuz kavşak seçilmiş (anayol akım davranışı, veriler toplandıktan sonra daha net belirlenebilmiştir) ve hacim verileri ile boşluk zaman verileri toplanmıştır. Bölüm 5'te detaylı olarak verilen kavşak bilgileri de kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışmada, yaygın olarak kullanılan Negatif Üssel, Ötelenmiş Negatif Üssel, Lognormal, Gama dağılımları ile Cowan tarafından geliştirilmiş olan ve dünyada özellikle dönel kavşakta dönen akımların arasında zaman cinsinden aralıkların tanımlanmasında kullanılan Cowan M3 dağılımı, üç kollu sinyal kontrolsüz kavşak kollarında ki yaklaşan



araçlar arasındaki boşluk zaman verilerinin analizi için kullanılmıştır. Daha sonra uyum iyiliği testleri ile istatistiksel dağılımlar karşılaştırılmıştır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICATION)

Sinyal kontrollü kavşakların düzenlenmesi, denetimsiz kavşakların kapasitesinin hesaplanması, kavşak işletim sistemleri ve trafik güvenliği açısından araçlar arasındaki boşlukların dağılımlarının incelenmesi gereklidir. Bir kavşak kesiminde kavşağa gelen akımın dağılımının belirlenmesi o yol kesimi ve sürücü davranışları hakkında bize hem bilgi verir hem de doğru tasarım için altyapı oluşturur. Doğru tasarlanan ve işletilen bir kavşak kaza olasılığının azalmasının yanı sıra tıkanıklıkların oluşmasını engelleyerek, hava ve gürültü kirliliğinin de önüne geçilmesini sağlar. 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. Çalışmada tartışılan bu ve benzeri durumlar kavşak yaklaşımındaki akımların davranışını önemli ölçüde etkilemekte; farklı kavşaklar için farklı istatistiksel dağılımlar gerekli olmaktadır. Bu nedenle çalışmada seçilen her kavşak, ayrı ayrı mikro ölçekte modellenip değerlendirilmiştir.

3. BOŞLUK ZAMAN ARALIK DEĞİŞKENLERİ VE ETKİLEŞİMİ (TIME HEADWAY VARIABLES AND INTERACTION)

Zaman cinsinden aralık değeri ardışık iki aracın belirlenen bir referans noktasından geçmesiyle elde edilen zaman farkı olarak tanımlanmaktadır. Dur kontrollü kavşaklar üzerinde boşluk kabul teoremi ile ilgili yapılan çalışmalarda genellikle, kabul edilebilir boşluk (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 tanımlanmıştır[4].

Pratik amaçlar için, HCM (Highway Capacity Manual)'da bütün sürücülerin tutarlı kabul edilebilir boşluk davranışlarına sahip olduğunu farz edilir [4]. Bu nedenle, genelde boşluk teorileri ile ilgi çalışmalarda sürücülerin hem tutarlı hem de homojen olduğu varsayılır. Bu varsayım tam olarak doğru olmasa da anayol akım davranışı tespitinde kullanılabilen bir varsayımdır. Tali yoldan anayola geçiş akım incelemelerinde ise sürücü davranışları etkisi daha fazla görülür. 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 [3]. Bunların dışında yapılan çalışmalarda boşluk kabulünü gece ya da gündüz oluşu, hava koşulları, araç tipleri gibi etkenlerinde etkileyebileceği unutulmamalıdır. Son yıllarda [17]'ın yapmış olduğu bir çalışma da, boşluk kabulünde farklı şeritlerdeki sürücülerin şerit değiştirme hareketlerinin göz önünde bulundurulması ile akımı nasıl etkilediği yönündedir. Bu çalışma ile sürücü davranışı etkisinin de akım üzerinde önemli etkileri olduğu gözlenmiştir [17].

Bu çalışmada anayol akım hareketi değerlendirildiği için sürücü davranışları tutarlı kabul edilmiştir. Kavşak ve yol geometrileri birbirine yakın kavşaklar incelenmiş ve incelenen kavşaklardan önceki kavşakların sinyalizasyonlu olmasına dikkat edilmiştir. İncelenen tüm kesimlerdeki hız sınırı 50 km/st'dir. Bu şekilde seçim yapılmasındaki

amaç, araçlar arası boşluk zaman aralıklarını etkileyen faktörleri en aza indirmek; akım davranışını daha iyi tespit edebilmektir.

4. KAVŞAK-ANAYOL YAKLAŞIMINDA BOŞLUK DAĞILIMI VE MODELLENMESİ (HEADWAY DISTRIBUTION AT INTERSECTION-MAJOR STREAM APPROACH AND MODELLING)

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. Kapasite hesaplamalarına ve simülasyon çalışmalarına başlanmadan önce kavşak yaklaşımlarındaki trafik akımlarının doğru bir şekilde tanımlanması, bunun için de akımın basit ve karmaşık istatistiksel yöntemlerle incelenmesi gereklidir. Trafik akımlarının modellenmesinde iki ana modelleme tekniği kullanılmaktadır. Bunlar,

- Makroskobik Modeller ve
- Mikroskobik Modellerdir.

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[5].

Mikroskobik modelde ise, yol üzerindeki taşıtların hareketleri tanımlanmaktadır. Bu modelde, her aracın ayrı ayrı davranışları ele alınmakta ve taşıt hareketinin bazı genel karakteristikleri incelenmektedir [6 ve 7]. İncelenmesi gereken parametreler arasında en önemlisi, birbirini takip eden taşıtlar arasındaki aralıktır. Birbirini takip eden araçlar arasındaki aralık ise ikiye ayrılmaktadır:

- Mesafe cinsinden aralık
- 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. Yapılan çalışmalarda hem makroskobik hem de mikroskobik modellerde bazı istatistiksel incelemelerin yapılması zorunlu görülmüştür[8]. Genellikle makroskobik modellerde, Poisson, Binom veya Negatif Binom dağılımları kullanılırken; mikroskobik modellerde, Negatif Üssel, Ötelenmiş Negatif Üssel, Gamma, Erlang, Lognormal gibi dağılımlar kullanılmaktadır.

5. TRAFİK AKIMLARININ İNCELENMESİ VE ARAŞTIRMA BULGULARI (ANALYSIS OF TRAFFIC FLOW AND RESEARC FINDINGS)

Çalışmada Isparta ili şehir merkezinde, farklı trafik hacimlerine sahip üç adet sinyalizasyonsuz üç kollu eş düzey kavşak seçilmiştir. Kavşaklar seçilirken geometrik olarak birbirine benzer kavşaklar olmasına, kendilerinden önce gelen kavşağa olan mesafelerine dikkat edilmiştir. İlk seçilen İyaş kavşağı, (37324700. 13K-303247.47D koordinatlarına sahip) üç kollu sinyal kontrolsüz, ana arter olan 102. Cadde ile 156.Cadde kesişimin de yer almaktadır. İkinci seçilen Eski Güzel Sanatlar kavşağı, (374643.75K-303251.26D koordinatlarına sahip) üç kollu sinyal kontrolsüz, ana arter olan 102. Cadde ile 143. Cadde kesişimin de yer almaktadır. Üçüncü seçilen Halıkent kavşağı ise, (37453854K-303356,20D koordinatlarına sahip) üç kollu sinyal

kontROLSÜZ, ana arter olan 106. Cadde ile 124.Cadde kesişiminde yer almaktadır.

5.1. Anayol Akımlarının Basit İstatistiksel Tanımlanması (Simple Statistical Description of Major Street Streams)

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. İncelenen üç adet kavşakta pik saatlik kamera çekimleri yapılarak trafik ölçümleri alınmıştır. Kavşağa ana yaklaşım kolları üzerinde bulunan araçlar arasındaki zaman cinsinden boşluklar tespit edilmiştir. Sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için bir bilgisayar programı kullanılarak görüntüler dört kat yavaşlatılmış ve zaman farkları tekrar gerçek süreye çevrilmiş ve kullanılacak ham veriler elde edilmiştir. Trafik akımları hakkında bilgi sahibi olabilmek için elde edilen saatlik trafik hacim verileri ve araçlar arası zaman cinsinden boşluk verileri kullanılarak istatistiksel parametreleri yorumlanmıştır. Elde edilen istatistiksel parametreler Tablo 1'de verilmiştir. İncelenen ilk kavşak, Iyaş kavşağıdır (Şekil 1 ve Şekil 2). Bağlı olduğu caddeler otogara giriş yolu üzerinde bulunduğu için ağır taşıt yüzdesi ve trafik yoğunluğu fazla olan bir kavşaktır. Iyaş kavşağının hemen öncesinde sinyalizasyonlu bir kavşak bulunduğu için bu kavşağa gelen akım kesikli akım özelliği göstermektedir. Önceki sinyalizasyonlu kavşağa mesafesi 165 metredir. Iyaş kavşağı ana akım 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 ki otobüs yüzdesinin sağ şeritte daha yoğun olduğu Tablo 2'de de görülmektedir.

Tablo 1. Iyaş Kavşağı İstatistik Parametreleri
(Table 1. Statistically Parametert of Iyas Intersection)

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

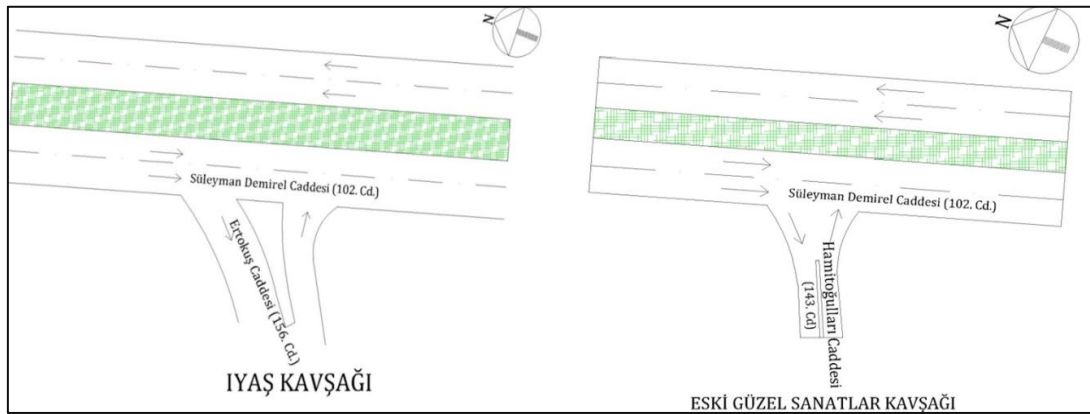
Iyaş kavşağına akım yaklaşım kolunda yapılan incelemelerde sol şerit hacminin diğer iki şeride göre oldukça az olduğu görülmektedir. Sol şerit için istatistiksel parametreler incelendiğinde medyan değerinin diğer 2 şeritten daha küçük olduğu görülmektedir. [6] ve [9]'de belirtildiği gibi Iyaş kavşağında da hacim ile medyan arasında azalan bir üssel ilişki tespit edilmiştir.

Trafik akımının zaman cinsinden boşluk değerleri incelenirken araştırılması gereken bir diğer parametre varyanstır. [15]'a 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.

Tablo 2. İyaş Kavşağı Hacim Verileri (Araç/saat)
(Table 2. Volume Data of İyaş Intersection (Veh/h))

Gözlem Noktası	Kamyon	Minibüs	Otobüs	Otomobil	Motosiklet	Bisiklet	Top.
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%	



Şekil 1. İyaş Kavşağı ve Eski Güzel Sanatlar Kavşağı geometrisi
(Figure1. The Geometric Design of İyaş and Eski Güzel Sanatlar Intersections)

İkinci incelenen kavşak, Eski Güzel Sanatlar Kavşağı da 2 şeritli sinyalizasyonsuz bir T kavşaktır. Isparta ilinin en yoğun trafik hacmine sahip, 102. cadde 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 262 metredir. 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.



Şekil 2. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı
(Figure 2. Eski Güzel Sanatlar Intersection)

Kavşak yaklaşım kolu üzerindeki akımın özelliklerini belirleyebilmek için verilerin varyans ve ortalama değerleri de tespit edilmiştir. Tablo 3’de göre otobüs yüzdesinin fazla olan sağ şeridin varyansının ve çarpıklığının sol şeridin varyans ve çarpıklığına göre düşük olduğu açıktır. 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. Eski güzel sanatlar kavşağına 29 metre uzaklıkta bulunan otobüs durağı sağ şeritteki ağır araç yüzdesinin artmasına sebep olduğu gibi akımın kesikli hale gelmesinde de etkilidir.

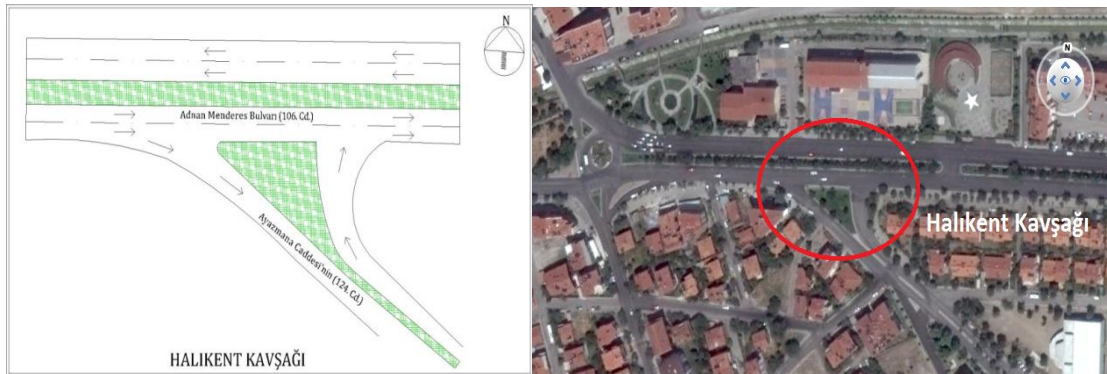
Tablo 3. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı İstatistiksel Parametreleri
(Table 3. Statistically Parameters of Eski Güzel Sanatlar Intersection)

		St.sap	Varyans	Ortalama	Çarpıklık	Var.Kat	Medyan
E.G.S.	Sağ	12,25489	150,1824	9,343331	2,659297	1,311619	4,6025
Kav.	Sol	19,2966	372,35	10,80	2,56	1,78	2,81

Tablo 4. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Hacim Verileri (Araç/saat)
(Table 4. Volume Data of Eski Güzel Sanatlar Intersection (veh/h))

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%	

Üçüncü incelenen, 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.



Şekil 3. Halıkent Kavşağı
(Figure 3. Intersection of Halıkent)

Halıkent 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. Tablo 5’de göre varyans ve çarpıklık değerleri daha önceki kavşaklardan elde edilen sonuçlara benzemektedir. Buna ek olarak sağ şerit, sürücü kursu uygulama alanı olarak kullanılmaktadır ve bu da sağ şerit akım hareketini oldukça fazla yavaşlatmıştır. Bu nedenle sağ ve sol şerit varyansları arasındaki fark artmıştır. Ağır araç yüzdesi fazla olan sağ şeridin varyansının sol şeride göre daha düşük bir değerde olduğu gözlenmiştir.

Tablo 5. Halıkent Kavşağı İstatistiksel Parametreleri
(Table 5. Statistically Parameters of Halıkent Intersection)

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

Tablo 6. Halıkent Kavşağı Hacim Verileri (Araç/Saat)
(Table 6. Volume Data of Halıkent Intersection Veh/h)

Gözlem Noktası	Kamyo n	Minibü s	Otobü s	Otomobi l	Motosikle t	Bisikle t	Topla m
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%	

5.2. Anayol Akımındaki Boşluk Zaman Aralıklarının Basit ve Karmaşık İstatistik Dağılımlara Uygunluğunun Tespit (Determining The Suitability of Simple and Complex Statistical Distributions for Main Road Headways)

Tanımlanan akımların davranışlarının mikroskobik düzeyde incelenebilmesi ve yorumlanabilmesi için boşluk zaman aralık verilerinin uyabileceği istatistiksel dağılımlar tespit edilmiştir. Boşlukları değerlendirebilmek için Negatif Üssel, Ötelenmiş Negatif Üssel, Lognormal, Gama ve Cowan M3 Dağılımları kullanılmıştır. Negatif Üssel Dağılım, önceki aracın varış zamanına bağlı olmaksızın, rastgele varış zamanlarına bağlıdır. Küçük bir zaman aralığı içerisinde bir aracın varış zamanı sabittir [10]. Eğer araçlar istedikleri hızda ve birbirinden bağımsız bir şekilde akım içerisinde hareket ediyorsa bu hareket poisson dağılımına ve aralarındaki boşluklarda Negatif Üssel Dağılıma uyar [6].

Çalışmada kullanılan Negatif Üssel Dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonları aşağıdaki gibidir.

$$f(t) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda t}, & t \geq 0 \\ 0, & \text{Diğerleri} \end{cases} \quad (1)$$

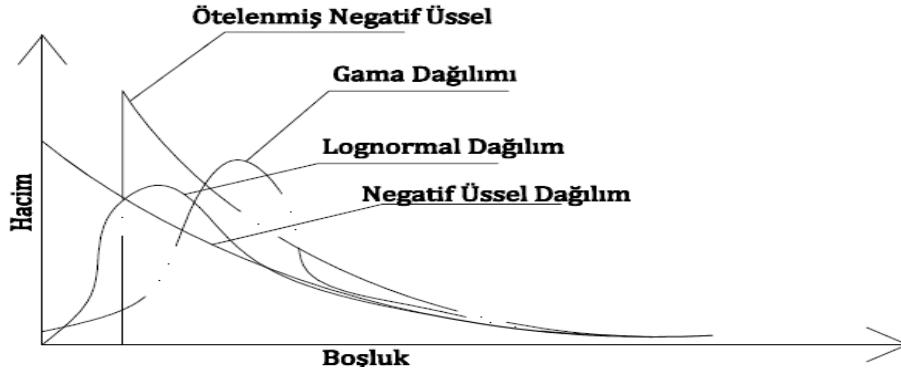
Burada λ konum parametresidir. Beklenen boşluk konum parametresinin tersine eşittir. Ayrıca konum parametresi akım oranına da eşittir[11].

Araştırmacılar Negatif Üssel Dağılımın küçük boşlukları tanımlayamamasından kaynaklanan 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[1].

$$f(t) = \begin{cases} \theta e^{-\theta(t-\tau)}, & t \geq \tau \\ 0, & \text{Diğerleri} \end{cases} \quad (2)$$

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. 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 (Şekil 4). Bu ortak özelliği göz önünde tutan

Tolle, aralıkların lognormal dağılımla da temsil edilebileceğini kabul etmiştir[1].



Şekil 4. Taşıtlar Arasındaki Aralıklara Uygun Akımlar [1]
(Figure 4. Appropriate currents to the distance between vehicles, [1])

Lognormal dağılımın başlıca avantajlarından birisi negatif bir dağılım olmayışıdır. Dağılımın bilinmesi gereken iki 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 [1].

$$\bar{t} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \ln(t_i) \quad (3)$$

$$s^2 = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (\ln(t_i) - \bar{t})^2 \quad (4)$$

\bar{t} verilerin ortalaması ve s^2 verilerin varyansıdır. Parametreleri bilinen bir lognormal dağılımın olasılık fonksiyonu ise aşağıda verildiği gibidir.

$$f(t) = \frac{1}{s * \sqrt{2\pi}} * e^{-(\ln(t)-\bar{t})^2 / 2s^2} \quad (t > 0) \quad (5)$$

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 gözlenen frekans dağılımlarına uydurulmasını güçleştirdiği için iki ve üç parametrelili gamma dağılımları da tanımlanmıştır [12].

Tek parametrelili gamma dağılımının olasılık fonksiyonu aşağıda verildiği gibidir.

$$f(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} * t^{\alpha-1} * e^{-t} \quad (6)$$

Burada $\Gamma(\alpha)$, α 'nın pozitif değerleri için, $\Gamma(\alpha) = \int_{\alpha}^{\infty} t^{\alpha-1} * e^{-t} dt$ şeklinde tanımlanmış gamma fonksiyonudur.

Çalışmadaki boşluk zaman verilerini incelediğimiz son dağılım da karmaşık istatistiksel dağılım olarak bilinen Cowan M3 dağılımıdır. Cowan (1975), boşluk dağılımını incelerken trafik akımının iki bileşenini içerdiğini tanımlamıştır [13]. Bu bileşenler; akım içerisinde bazı araçların sabit bir boşluğu (Δ) izlediği ve diğer araçların birbirinden bağımsız olarak hareket etmesidir. Zaman cinsinden aralık değerini (t) aşağıdaki şekilde ifade etmektedir.

$$t = u + v \quad (7)$$

Burada u serbest hareket eden araçları, v ise birbirini takip eden ve grup halinde hareket eden araçlar arasındaki aralık değerlerini ifade etmektedir.

Cowan M3 kümülatif dağılım fonksiyonu aşağıda gösterildiği gibidir[14].

$$F(t) = \begin{cases} 0, & t < \Delta \\ 1 - \emptyset e^{-\lambda(t-\Delta)} & t \geq \Delta \end{cases} \quad (8)$$

Burada \emptyset serbest hareket eden araç boşluk oranı, λ ölçüm parametresidir. λ düzeltme katsayısı olarak tanımlanmışlardır. Δ ise birbirini takip eden araçlar (gruplanmış araçlar) arasındaki minimum boşluğun zaman cinsinden değeridir.[8]

λ değeri aşağıdaki bağıntıdan bulunabilir[14].

$$\lambda = \frac{q\emptyset}{1-\Delta q} \quad (9)$$

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.

Cowan M3 dağılımının parametreleri 3 şekilde tahmin edilir. Momentler yöntemi, maksimum olabilirlik yöntemi ve en küçük kareler yöntemidir. Bu çalışmada parametre tahminleri momentler yöntemiyle yapılmıştır.

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 formül 10 yardımıyla daha detaylı bir şekilde açıklanabilir:

$$\bar{t} = \frac{1}{q} = \int_0^{\infty} tf(t)dt \quad (10)$$

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

$$\bar{t} = \Delta + \frac{\emptyset}{\lambda} \quad (11)$$

Gözlem verilerinin ikinci momenti alınarak, zaman cinsinden aralık değerlerinin varyansı bulunabilir[7].

$$s^2 = \frac{\emptyset(2-\emptyset)}{\lambda^2} \quad (12)$$

Çarpıklık katsayısı için ise aşağıdaki bağıntı verilmiştir [6].

$$\alpha_3(t) = \frac{2[3-\emptyset(3-\emptyset)]}{\sqrt{\emptyset(2-\emptyset)^3}} \quad (13)$$

Bu yöntemin etkili bir tahmin yöntemi olduğu, ' \emptyset ' ve ' λ ' için iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Fakat bu yöntemin ' Δ ' tahmini için kullanılmaması gerektiği de söylemiştir. Farklı trafik şartları için farklı ' Δ ' değerleri belirlenmesi gerektiğini belirtilmiştir [14 ve 15].

Çalışmamızda dağılım uygunluğu testi için uyum iyiliği testleri yapılmıştır. Uyum iyiliği testleri, ana kütlede seçilen gözlenen örnek verilerinin beklenen değerler ile ne kadar ve nasıl uyduğunu belirlemek için yapılan testlerdir. Trafik akım modellenmesinde en çok kullanılan testler Ki Kareve Kolmogrov-Smirnov uyum iyiliği testleridir. Hesaplama yöntemlerinin basit ve anlaşılır olmasının yanı sıra güvenilirlik oranlarının yüksek oluşu bu testlerin tercih edilme sebebidir. Bu nedenle çalışmamızda, gözlenen verilerin olasılık dağılımlar sonucu elde edilen beklenen değerlere uyup uymadığını kontrol dilmıştır. Bunun için Kolmogrov-Smirnovve Ki Kare 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 olarak akımların baş kısımları daha sonrada kuyruk kısımları incelenmiştir.

Ki Kare uyum iyiliği testinde ölçümlerden elde edilen gözlenen frekanslar ve beklenen frekanslar kullanılmıştır. Kullanılan uyum iyiliği testinin formülü aşağıda verilmiştir.

$$X^2 = \sum_{i=1}^k (fg_i - fk_i)^2 / fk_i \quad (14)$$

Formül 14'te verilen fg_i gözlenen frekans değeri, fk_i beklenen frekans değeridir. Formülden elde ettiğimiz frekans değerlerinden Ki Kare hesap değeri elde edilmiştir. Ki Kare uyum iyiliği testi tablosundan aynı veri aralığı için bir kritik Ki Kare değeri belirlenmiştir. İncelenen istatistiksel dağılımın eldeki verilere uygunluğunun tespiti için bulunan Ki Kare değerinin hesaplanan Ki Kare değerinden büyük olması gerekmektedir.

Kolmogorov-Smirnov (K-S) uyum iyiliği testi için gözlenen frekans verilerinin ve dağılımlardan elde ettiğimiz verilerin beklenen frekans değerlerinden yararlanılmıştır. İncelenen veri grupları 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. K-S için kullanılan formül aşağıdaki gibidir.

$$D = \sup_{t \in Re+} |F_n(t) - F(t|\theta)| \quad (15)$$

Uyum iyiliği testleri sonuçları Tablo 7. İle Tablo 20. arasındaki tablolarda verilmiştir. Kavşaklarda bulunan her bir şerit için incelemeler yapılmıştır. Uyum iyiliği testlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma ve yorum kolaylığı için Araç Sayısı-Boşluk (olasılık yoğunluk fonksiyonu) grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7).

Tablo 7. Cowan M3 Dağılım İlk 20 Saniye İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları

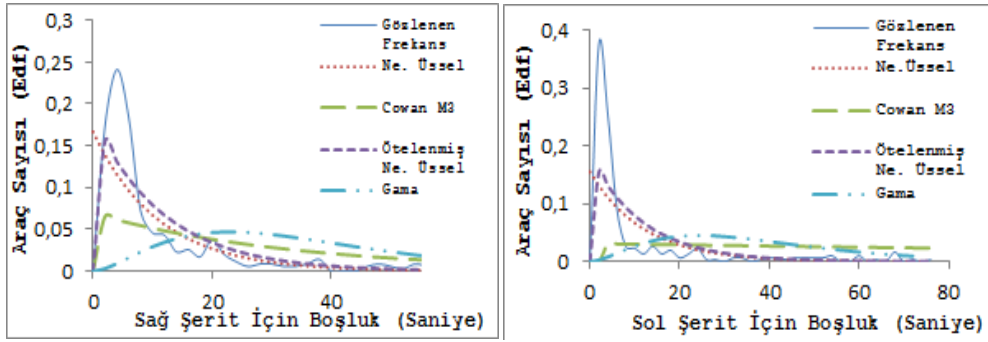
(Table 7. K-S Goodness of Fit for Cowan M3 Distribution for First 20 Seconds)

		0-8sn	8-20sn
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 -
Iyaş	Sağ şerit	0,49	- 0,45 -
	Orta şerit	0,59	- 0,56 -
	Sol şerit	0,59	- 0,59 -

Uyum testlerinin sonuçlarına göre Cowan M3 dağılımı akımın 0-20 saniyelik kısımlarında tanımlanamamakta, geniş aralıkları daha iyi temsil ettiği görülmektedir. Özellikle Cowan M3 dağılımı için Şekil 6'daki Iyaş kavşağı sağ şerit 20. Saniyeden sonra daha iyi bir temsil mevcuttur. Bunun sebebi de daha önce açıklandığı gibi, sağ şeritte boşlukların varyansı daha küçüktür ve boşluklar kuyruk kısmında daha az farklı değerler almaktadır. Sağa dönen otobüs akımının fazla olması, aynı uzunluktaki boşluk zaman aralıklarının daha fazla olmasına sebep olabilir. Iyaş kavşağı, akım aralıklarının baş kısmında ise Cowan M3 dağılımı uyumsuzdur.

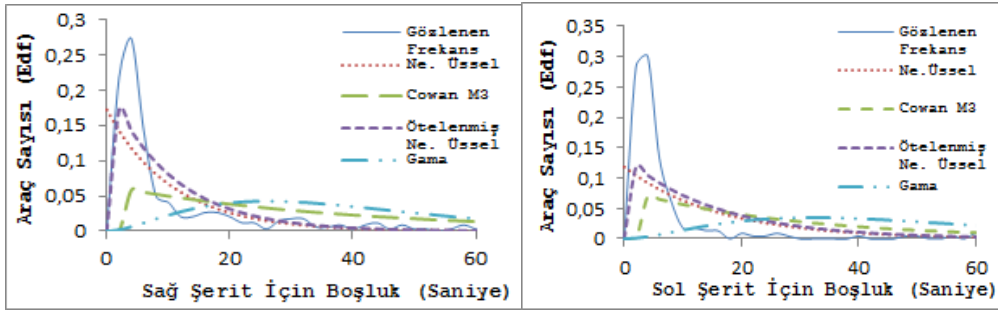
Tablo 8. Cowan M3 Dağılım İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları
(Table 8. K-S Goodness of Fit for Cowan M3 Distribution)

		10- 28sn	22- 38sn	24- 42sn	42- 56sn	56sn 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
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

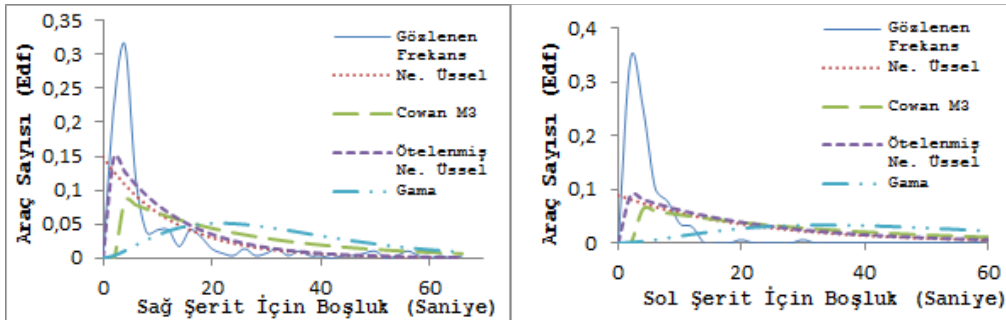


Şekil 4. Eski Güzel Sanatlar Kavşağı Sağ ve Sol Şerit için Dağılım Grafikleri

(Figure 4. Statistically Distributions Graphics for Right and Left Lanes in Eski Güzel Sanatlar Intersection)



Şekil 5. Halıkent Kavşağı Sağ ve Sol Şerit için Dağılım Grafikleri
(Figure 5. Statistically Distributions Graphics for Right and Left Lanes in Halıkent Intersection)



Şekil 6. Iyaş Kavşağı Sağ ve Sol Şeritleri için Dağılım Grafikleri
(Figure 6. Statistically Distributions Graphics for Right and Left Lanes in Iyaş Intersection)

Cowan M3 dağılımının en büyük avantajı dağılım parametrelerinin fazla olması buna bağlı olarak kavşak akımı hakkında daha fazla bilgi edinip yorum yapabilmenin mümkün olmasıdır. Fakat incelenen üç kavşakta da kısa aralıklı boşlukları temsil edememiştir. Bununla birlikte, bu çalışmada, kuyruk kısımlarında sadece boşluk zaman aralıklarının varyansı küçük olduğunda bu avantajın kullanılabilceği düşünülmektedir.

Gamma dağılımının da şekil parametresi olan α 'nın 1 den büyük olduğu durumlarda çok kısa boşlukları temsil edemeyeceği, büyük boşluklar için uygun bir dağılım olduğu belirtilmiştir [6]. Yapılan çalışmada tüm kavşak verileri için, bulunan parametrelerde α 'nın birden büyük değerler aldığı gözlenmiştir. Bu bilgiler ışığında, gamma dağılımının hem grafiklere hem de yapılan uyum iyiliği analizlerine göre kavşaklar için uygun bir dağılım olmadığı söylenebilmektedir. Tablo 13. ve 14'e bakıldığında Gamma dağılımının daha önce yapılan çalışmalarda belirtildiği gibi kısa boşlukları temsil edebilen bir dağılım olmadığı da görülmektedir.

Tablo 9. Gama Dağılım İlk 20 Saniye İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları

(Table 9. K-S Goodness of Fit for Gamma Distribution for First 20 Seconds)

		0-8sn	8-20sn
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
Iyaş	Sağ şerit	0,63	0,64
	Orta şerit	0,73	0,74
	Sol şerit	0,75	0,79

Çalışmada lognormal dağılım ile ilgili yapılan uyum iyiliği testi sonuçları dağılım için tutarlı sonuçlar vermemiştir (Tablo 11 ve Tablo 12).

Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'daki grafiklerde de olasılık yoğunluk fonksiyonları açısından en iyi temsil edenlerin Üssel Dağılımlar olduğu görülmektedir. Tablo 13, 14, 15 ve 16'da Negatif Üssel Dağılım için yapılan uyum iyiliği testlerinin sonuçları verilmiştir. Tablolardan da anlaşılacağı gibi Kolmogrov-Smirnov uyum iyiliği test sonuçları ve Ki Kare test sonuçları iyi sonuçlar vermiştir. Bununla birlikte özellikle Kolmogrov-Smirnov uyum iyiliği test sonuçları Negatif Üssel Dağılımın hem kısa aralıklar için hem de geniş aralıklar için uyumlu olduğunu göstermiştir.

Tablo 10. Gama Dağılım İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları
(Table 10. K-S Goodness of Fit for Gamma Distribution)

		10-28sn	22-38sn	24-42sn	42-56sn	56sn 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
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

Tablo 11. Lognormal Dağılım İlk 20 Saniye İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları
(Table 11. K-S Goodness of Fit For Lognormal Distribution for First 20 Seconds)

		0-8sn	8-20sn
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
İyaş	Sağ şerit	0,57	- 0,57
	Orta şerit	0,66	- 0,66
	Sol şerit	0,68	- 0,71

Tablo 12. Lognormal Dağılım İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları
(Table 12. K-S Goodness of Fit for Lognormal Distribution)

		10-28sn	22-38sn	24-42sn	42-56sn	56sn 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
İyaş	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

Uyumluluk testleri sonuçlarından Ki Kare testinin Üssel Dağılımlarda kısa aralıkları Negatif Üssel'in eksik tahmin edebileceğini, fakat K-S testinin sonuçlarına göre küçük aralıkların da tam olarak tahmin edilebileceği görülmüştür.

K-S testi daha öncede anlatıldığı gibi gözlenen ve beklenen kümülatif frekanslar arasındaki farkın mutlak değerce en büyüğünü alırken Ki Kare testi uyumu yüzdesel hata oranları toplamı ile çalışır. Frekansın düşük olduğu kısımlarda Ki Karenin güvenilirliği azalmaktadır (16). Bu çalışmadaki verilerde de özellikle 0-2 sn aralığındaki frekansın azlığı Ki Kare testindeki 0-8 aralığını oldukça bozmaktadır. Ancak K-S testi bu aradaki farkları kümülatif olarak bulduğu için hatayı 0-8 aralığına yaymakta ve daha homojen bir test uygulamaktadır. Bu nedenle boşluk zaman aralıklarından kısa olanların bile Negatif Üssel Dağılımla tahmininin doğru olduğunu göstermektedir. Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'daki grafikler incelendiğinde ise 0-2 sn hariç 2 ile 20. Sn' ler arasındaki beklenen değerler ile gözlenen değerlerin kısmen birbirine benzediği görülmektedir. Bu nedenle K-S testinin üssel dağılım ile değerlendirmede uygun olacağı düşünülmektedir.

Negatif Üssel Dağılım trafik akımı çalışmalarında oldukça sık kullanılan bir dağılımdır. Bu dağılımın en büyük dezavantajı çok küçük boşlukları temsil edememesidir [6]. Yapılan çalışmada gerek hesaplamalar sonucunda gözlenen frekanslar ile beklenen frekanslar arasında çizilen grafiklerden gerekse uyum iyiliği testleri sonuçlarından küçük boşlukları temsil edemediği ancak boşluk zaman verilerinin varyansı küçük olan akımlarda küçük aralıkları da temsil edebildiği görülmüştür. Bununla birlikte kuyruk kısmındaki büyük boşlukları iyi bir şekilde temsil ettiği görülmektedir.

Tablo 13. Negatif Üssel Dağılım İlk 20 Saniye İçin Ki Kare uyum İyiliği Testi Sonuçları
(Table 13. Chi-Square Goodness of Fit for Negative Exponential Distribution for First 20 Seconds)

		0-8sn	8-20sn
Ne. Üssel Dağılım	Ki Kare	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 -
Iyaş	Sağ şerit	187,42	- 18,34 -
	Orta şerit	254,36	- 38,04 -
	Sol şerit	231,72	- 28,61 -

Tablo 14. Negatif Üssel Dağılım İçin Ki Kare uyum İyiliği Testi Sonuçları
(Table 14. Chi-Square Goodness of Fit for Negative Exponential Distribution)

		10-28sn	22-38sn	24-42sn	42-56sn	56sn ve sonrası	
Ne. Üssel Dağılım	Ki Kare	27,6	25	27,6	22,4	16,9	
Eski Güzel Sanatlar	Sağ şerit	24,57	√ 13,3 5	√ 14,2 7	√ 28,1 2	- 9,92	√
	Sol şerit	41,94	- 14,8 6	√ 13,6 9	√ 21,7 6	√ 28,24	-
Halıkent	Sağ şerit	23,02	√ 12,2 2	√ 14,0 2	√ 25,8 1	- 42,95	-
	Sol şerit	50,37	- 29,8 2	- 27,5	√ 7,15	√ 5,65	√
Iyaş	Sağ şerit	23,79	√ 14,3 4	√ 12,2 2	√ 23,3 9	- 19,19	-
	Orta şerit	40,95	- 20,2 6	√ 20,2 9	√ 4,48	√ 21,99	-
	Sol şerit	46,56	- 32,4 9	- 31,6	- 12,5 9	√ 3,63	√

Tablo 15. Negatif Üssel Dağılım İlk 20 Saniye İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları
(Table 15. K-S Goodness of Fit for Negative Exponential Distribution for First 20 Seconds)

		0-8sn	8-20sn
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
Iyaş	Sağ şerit	0,18	√ 0,14
	Orta şerit	0,31	√ 0,27
	Sol şerit	0,4	√ 0,4

Tablo 16. Negatif Üssel Dağılım İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları
(Table 16. K-S Goodness of Fit for Negative Exponential Distribution)

		10- 28sn	22- 38sn	24- 42sn	42- 56sn	56sn 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
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

Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım, Negatif Üssel Dağılımın boşluk çalışmalarındaki eksikliklerini gidermek için geliştirilmiş bir dağılımdır. Bu çalışmada uyum iyiliği testleri sonuçlarına göre Ötelenmiş Üssel Dağılım da Negatif Üssel Dağılım gibi iyi sonuçlar vermiştir.

Bütün veriler dikkate alındığında kavşaklardaki farklı akım durumları için farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu da şerit bazında değişmektedir. Genel olarak akımlar sağ ve sol şeritlerde farklılık göstermektedir. Bu da kavşakta sağa dönüş yapan araç yüzdesi fazla olan ve kendinden önce gelen kavşaktaki sinyalizasyon nedeniyle kesikli akım oluşturan akımlar olarak gruplanmıştır. Ancak elde edilen uyum iyiliği testlerine bakılırsa üssel dağılımların kavşaklara yaklaşan akımları oldukça iyi temsil ettiği görülmüştür.

Tablo 17.Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım İlk 20 Saniye İçin Ki Kare uyum İyiliği Testi Sonuçları
(Table 17. Chi-SquareGoodness of Fit for Shifted Negative Exponential Distribution for First 20 Seconds)

		0-8sn	8-20sn
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
Iyaş	Sağ şerit	100,93	- 29,64
	Orta şerit	222,02	- 38,04
	Sol şerit	183,55	- 31,89

Tablo 18. Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım İçin Ki Kare Uyum İyiliği Testi Sonuçları
(Table 18. Chi-SquareGoodness of Fit for Shifted Negative Exponential Distribution)

		10-28sn	22-38sn	24-42sn	42-56sn	56sn 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
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

Tablo 19. Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım İlk 20 Saniye İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları
(Table 19. K-S Goodness of Fit for Shifted Negative Exponential Distribution for First 20 Seconds)

		0-8sn	8-20sn
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
Iyaş	Sağ şerit	0,27	√ 0,21
	Orta şerit	0,44	- 0,4
	Sol şerit	0,46	- 0,46

Tablo 20.Ötelenmiş Negatif Üssel Dağılım İçin K-S Uyum İyiliği Testi Sonuçları
(Table 20. K-S Goodness of Fit for Shifted Negative Exponential Distribution)

		10-28sn	22-38sn	24-42sn	42-56sn	56sn 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
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

6. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS)

Yapılan çalışma Isparta ili şehir merkezinde bulunan ana arter olarak kullanılan 102. Cad. (Süleyman Demirel Caddesi) ve 105. Cad. (Hilmi Dolmacı Caddesi)için akım incelemesi açısından önemli bir örnektir. Çalışmada seçilen kavşaklarda akım özellikleri ve boşluk zaman aralıklarının dağılımları belirlenmeye çalışılmıştır. Kavşaklarda kapasite hesaplarının ilk adımı yaklaşan akımların özelliklerinin iyi analiz edilmesidir. Kavşağa yaklaşan akımdaki araç hareketlerinin ve aralarındaki boşlukların analizi, kavşak parametrelerine doğrudan etki ettiği için meydana gelecek kazaların önlenmesinde faydalı olur. Sinyalizasyonsuz kavşaklarda akım verilerinin tanımlanması ve uygulaması kolay, akım dağılımlarının 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; kavşaklar için farklı istatistiksel dağılımlar gerekli olmaktadır. Çalışma için seçilen üç adet üç kolu sinyalizasyonsuz kavşak şerit bazında, ayrı ayrı mikro ölçekte modellenip değerlendirilmiştir.

Çalışmanın ilk kısmında akım tanımlamaları için, incelenen kavşakların kendisinden önce gelen kavşaklara olan mesafeleri ölçülmüştür. Örneğin, Iyaş kavşağı kendisinden önce gelen sinyalizasyonlu kavşağa 165 metre uzaklıktadır. Iyaş kavşağına gelen akım kesikli bir akımdır. Eski Güzel Sanatlar kavşağı ile kendisinden önce gelen kavşakla arasındaki mesafe 262 metredir. Bu mesafenin Iyaş



kavşağındaki kadar akımı etkilemediği tespit edilmiştir. Eski Güzel Sanatlar kavşağında akımların daha serbest hareket ettiği söylenebilir. Bununla birlikte, kavşak içindeki otobüs durağı sağ şerit akım hareketlerini önemli ölçülerde etkilemektedir. Halıkent kavşağı ile kendisinden önce gelen kavşak arasındaki mesafe 148 metredir ve Halıkent kavşağında kesintili bir akım mevcuttur. Tüm bu akım davranış değerlendirmelerinden faydalanarak kavşaktaki boşluk zaman verileri için oluşturduğumuz istatistiksel dağılım grafiklerinin yorumları yapılmıştır.

Sonuç olarak, şekil 4, 5. ve 6'daki kavşakların sağ ve sol şeritleri için çizilen grafikler ile basit istatistiksel dağılımlardan üssel dağılımlar ve karmaşık istatistiksel model olan Cowan M3 dağılımı boşluk zaman verilerine iyi uyum sağlamıştır. Bu uygunluk daha önce yapılan uyum iyiliği testleri sonuçlarında da grlmştir. Gamma ve Lognormal dağılımları kavşaklarda bulunan akımlardan neredeyse hiç birisine uygunluk göstermemiştir. Negatif ssel ve telenmiş Negatif ssel Dağılımlar bu kavşaklarda ki akımı en iyi temsil edebilen dağılımlardır. Ayrıca şeritler için incelenen istatistiksel parametrelere bakıldığında arpıklık katsayıları kavşaklarda 2'ye yakın bir değer olduğu için de Negatif ssel Dağılıma uyduğu anlaşılmaktadır. Cowan M3 dağılımı farklı parametreleri sayesinde trafik akımı hakkında bize daha fazla bilgi vermesine rağmen akımları en iyi tanımlayan dağılım üssel dağılımlar olduğu daha önce yapılmış çalışmalarda belirtilmiştir. Bu dağılımlar gerek parametre azlığı gerekse hesap kolaylığı avantajından dolayı uygulanması kolay bir dağılımdır. Dağılım eğrileri akımın kuyruk kısımlarına iyi derecede bir uygunluk göstermiştir.

Çalışmanın sonuçlarına göre Isparta ili için incelenen bu kavşakların dağılımların belirlenmesi; ileride yapılacak kapasite çalışmalarına giriş ve akım dağılımının bilinmesi hususunda katkı sağlayacağı görüşündeyiz. İncelemelerde kavşağa yaklaşan sürücülerin yaptıkları hareketler dolayısıyla sürücülerin psikolojileri, eğitim seviyeleri, yaşları ve cinsiyetleri ve intikal süreleri gibi faktörlerin de akım tanımlanmasını ve boşluk değerimlerini etkileyebileceği bilinen bir gerçektir. Çalışmamızda kavşak yaklaşımındaki anayolun akım dağılımı tespit edilmeye çalışıldığı ve özellikle akım tanımlanması yapıldığı için, bu özellikler sabit kabul edilmiştir. Gelecekte yapılacak tali yol yaklaşımının akım hareketlerinde ve boşluk seçiminde özellikle bu parametreler de incelenebilir. Tüm kavşaklarda akımların şerit bazında dağılımı tam dengeli değildir. Bunun sebebi kendisinden önce gelen sinyalizasyonlu kavşaklar veya akımı kesintiye uğratan otobüs durağı olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmalarda, incelenecek olan kavşaklardan önceki kavşağın sinyal kontrolsüz kavşak seçilmesi, kavşak akım dağılım incelemelerinin ilerleyişine yeni bir boyut kazandırabilir. Çalışma sonuçlarına ek olarak veya gelecekte farklı kavşaklarda yapılacak kavşak incelemelerinde, elde edilen istatistiksel veriler bir Coğrafi Bilgi Sistemi uzmanı ile değerlendirilip, lokasyon parametresi de göz önünde bulundurulurak, hacim-yoğunluk haritaları çıkarılabilir. Bu da uygulayıcı için ulaşılabilir bir veri sağlayacaktır.

SEMOLLER (SYMBOLS)

D	Kolmogorov-Smirnov İstatistiği
f_{g_i}	Gözlenen tekrar sayısı
f_{k_i}	Olasılık bağıntısından hesaplanan kuramsal tekrar sayısı
K-S	Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testi
n	Örnek büyüklüğü
s	Verilerin standart sapması
s^2	Verilerin varyansı
t	Zaman cinsinden aralık değeri
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 (gruplanmış araçlar) arasındaki minimum boşluk

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Gedizlioğlu, E., (1979). Denetimsiz Kavşaklarda Yanyol Sürücülerinin Davranışlarına Göre Pratik Kapasite Saptanması İçin Bir Yöntem. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
2. Ashwort, R. and Bottom, C.G., (1977). Some Observation of Drivers Gap Acceptance Behavior at a Priority Intersections. Traf.Eng.Cont.,18(12), ss:569-571.
3. Saplıoğlu, M. ve Karşahin, M., (2013). Predicting Critical Gap Using FuzzyLogic Method at Unsignalized Urban Intersection. Awerprocedia Information Technology and Computer Science, Vol:3, ss: 1556-1564.
4. Gattis, J.L. and Sonny, T.L., (1998). Gap Acceptance at Nonstandart Stop-Controlled Intersections. U.S. Department of Commerce National Technical Information Service, Springfield, Virginia, 57s.
5. Tanyel, S., (2001). Türkiye'deki Dönel Kavşaklar için Kapasite Hesap Yöntemi. Dok. Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi.
6. Luttinen, T.R., (1996). Statistical Analysis of Vehicle Time Headways. TL Consulting Engineers, Ltd., Otaniemi.
7. Çalışkanelli, P.S., (2006). Yakın Mesafeli Sinyalize Kavşaklarla Kontrolsüz Kavşak Etkileşimleri. YL Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
8. Tanyel, S. ve Varlıorpak, Ç., (2000). Cowan M3 Dağılımının Trafik Akımlarının Modellenmesinde Kullanımı. Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt:2, Sayı:3, ss:35-49.
9. Çalışkanelli, P.S., Aydın, M.M., Sabuncuoğlu, A.M., Özkul, S. ve Tanyel, S., (2012). Sinyalize Arterlerdeki Araç Takip Aralıklarının İncelenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt:16-Sayı:2, ss:227-237.
10. Troutbeck, R.J. and 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.
11. Luttinen, T.R., (2003). Capacity at Unsignalized Intersections. TL Research Report, No:3, 96s.



-
12. Bayazıt, M. ve Oğuz, B., (1994). Mühendisler İçin İstatistik. Birsen Yayınevi, ss:211, İstanbul.
 13. Sullivan, D.P. and Troutbeck, R., (1994). The Use of Cowan's M3 Distribution for Modeling Urban Traffic Flow. TrafficEngineeringand Control, ss: 445-450.
 14. Akçelik, R. and Chung, E., (1994). Calibration of the Bunched Exponential Distribution of Arrival Headways. Road and Transport Research, Cilt: 3, Sayı: 1, ss:42-59.
 15. Luttinen, T.R., (1999). Properties of Cowan's M3 Headway Distribution. Transportation Research Record 1678, ss:189-196.
 16. Bircan, H., Karagöz, Y. ve Kasapoğlu, Y., (2003). Ki Kare ve Kolmogorov Smirnov Uygunluk Testlerinin Similasyon ile Elde Edilen Veriler Üzerinde Karşılaştırılması, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 4, Sayı 1, 69.
 17. Günay, B. ve Erdemir, G., (2011).Lateral Analysis of Longitudinal Headways in Traffic Flow, International Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol.3, Issue2,90-100.