

Sinyalize Arterlerdeki Araç Takip Aralıklarının İncelenmesi

Süheyla Pelin ÇALIŞKANELLİ¹, Metin Mutlu AYDIN*², Mehmet Ali SABUNCUOĞLU¹
Sevinç ÖZKUL¹, Serhan TANYEL¹

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü / İZMİR

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü / İZMİR

Alınış Tarihi:24.02.2012, Kabul Tarihi:03.07.2012

Özet: 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. Çalışmada İzmir'deki önemli sinyalize arterler üzerinde yer alan altı farklı noktada gözlemler yapılmış, bu noktalardan geçen araçlar arasındaki zaman cinsinden aralık değerlerinin dağılımı, araç türlerine ve şerit özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, sinyalize arter üzerinde hareket etmekte olan araçlara ait aralık değerlerini en iyi tanımlayan dağılım belirlenmeye çalışılmıştır. İncelenen basit dağılımlardan negatif üssel dağılımın lognormal dağılıma kıyasla araçlar arasındaki aralıkları temsil etmekte daha başarılı olduğu görülmüş, karmaşık istatistiksel dağılımlardan Cowan M3 dağılımının veri gruplarına uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Zaman cinsinden aralık değeri, Cowan M3 dağılımı, Negatif üssel dağılım, Sinyalize arter

The Investigation of Time Headways at Signalized Arterials

Abstract: In a traffic flow, time headway distributions between vehicles is important for the traffic engineering applications. Headways are used for the determination of simulation processes, signalized intersection organization and capacity estimation of unsignalized intersections and traffic safety analysis. In this study, observations are made at six different points on important arterials in İzmir and distribution of headways at observation points are evaluated depending on the vehicle and the lane types individually. According to obtained results, it is tried to determine the best distribution which defines headways on the signalized arterials. Exponential distribution is found more successful in representing the observed headways than lognormal distribution from examined simple distributions. Cowan M3 distribution which is a complex distribution, is found to be applicable to data sets.

Keywords: Time headway, Cowan M3 distribution, Negatif exponential distribution, Signalized arterial

Giriş

Zaman cinsinden aralık değeri (ZCAD), ardışık iki aracın belirlenen bir referans noktasından geçmesiyle elde edilen zaman farkı olarak tanımlanmaktadır. ZCAD 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). Araçlar arasındaki zaman cinsinden aralık değerleri iki farklı istatistiksel dağılım grubu kullanılarak tanımlanabilir:

a) Basit istatistiksel dağılımlar: (negatif üssel; ötelenmiş negatif üssel, Erlang, Gamma, Log-Pearson Tip III, Lognormal gibi).

b) Karmaşık istatistiksel dağılımlar (çiftüssel; Hyperlang, Cowan M3, Cowan M4; Yarı-Poisson) (Luttinen, 1996).

Basit dağılımlarla ilgili en önemli problem, zaman cinsinden aralık dağılımının zirve ve kuyruk kısımlarını tanımlamalarındaki yetersizliktir. Çok düşük hacme sahip akımlarda bile, mod çevresinde yığılmalar görülmektedir. Yapılan incelemeler kuyruk kısmında dağılımın üssel dağılımla benzerlikler gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. Bu sonuçlar ise, iki farklı araç grubu olduğunu

göstermektedir (Tanyel, 2001). Bu araçlar; serbest hareket eden araçlar ve grup halinde hareket eden araçlar olarak ifade edilebilir. Genel yaklaşım, iki gruptaki araçların bulunduğu bir akımın zaman cinsinden aralıklarının modellenmesi için iki olasılık dağılım modelinin birleşmesinden meydana gelen bir dağılımın kullanılması yönündedir. Bu dağılımlar, daha önce de söz edilmiş olan karmaşık dağılımlar olarak adlandırılırlar ve genel başlıkları aşağıdaki şekilde yazılabilir (Luttinen, 1996):

$$f(t) = \theta f_1(t) + \alpha f_2(t) \quad (1)$$

Burada θ , akım içindeki bağımlı araç oranını, $f_1(t)$, birbirlerine bağımlı olarak hareket eden araçlar arasındaki zaman cinsinden aralıkların olasılık yoğunluk fonksiyonunu; α , akım içindeki serbest araç oranını ve $f_2(t)$ de serbest araçlar arasındaki zaman cinsinden aralıkların olasılık yoğunluk fonksiyonunu ifade etmektedir.

ZCAD'nin trafik akımıyla doğrudan bir ilişkisi vardır. Gözlem yapılan bir yolda ortalama zaman cinsinden aralık değerinin tersi o yolun hacmini vermektedir. Belirlenen bir yol kesitinde ZCAD'nin belirli bir zaman aralığında toplanması ve elde edilen verilere uygun dağılımların belirlenmesi ile o yolun hacmi hesaplanabilmektedir. ZCAD'ni belirlenmesi mikroskobik trafik simülasyonlarına ve trafik güvenlik analizlerine yardımcı olmaktadır (HA vd., 2010).

Araçlar arasındaki takip aralıklarının belirlenmesi sinyalize olmayan (kontROLSÜZ) kavşakların kapasitesinin

*metin.mutluaydin@deu.edu.tr

belirlenmesinde önemli faktörlerdendir. Ayrıca, boşluk kabulü teorisinde, kontrolsüz kavşaklarda tali yoldaki aracın anayola emniyetli bir şekilde geçebilmesinde gerekli minimum boşluk değeri olan kritik boşluk tahmini için de takip aralıklarının belirlenmesi, karar verme aşamasına geçmeden göz önünde bulundurulması gereken etmenlerdendir (Xu ve Tian, 2008; Brilon, W. Koenig, Troutbeck, 1997).

Sinyalize (kontrollü) kavşaklarda ise takip aralıklarının belirlenmesi için kullanılan dağılımlar, sinyalizasyon planının oluşturulmasında ve meydana gelebilecek gecikmeleri minimize etmede kullanılmaktadır (HA vd., 2010).

Zaman cinsinden aralıklar ile ilgili sinyalize olmayan kavşaklar, sinyalize kavşaklar ve dönel kavşaklar için geçiş noktalarına ait en uygun dağılım modelini belirlemek amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır (Murat ve Gedizlioğlu, 2007). Cowan (1975) mesafe cinsinden aralık değeri üzerinde çalışmalar yapmış, serbest akım ve zorlamalı akım koşullarını inceleyen modeller önermiştir. Cowan M3 modeli, sinyalize olmayan kavşakların incelenmesinde yaygın bir şekilde kullanılan bir modeldir. Luttinen (1996) mesafe değerleri verilerini tanımlamak ve onları teorik dağılımlarla karşılaştırmak amacıyla 4 aşamadan oluşan tanımlama işlemini önermiştir. Gedizlioğlu (1979) Türkiye’deki kontrolsüz kavşaklar da sürücülerin takip mesafesi kabulünü analiz etmiş ve düşük kapasiteye sahip yollarda takip mesafesi kabulünün belirlenmesi için bir yöntem önermiştir. Tanyel ve Yayla (2003) yüksek trafik hacmine sahip sinyalize ve sinyalize olmayan kavşaklardaki zaman cinsinden aralık değerlerini göz önüne almışlardır. Türk sürücülerin davranışları üzerinde tartışmış dönel kavşak ve sinyalize olmayan kavşaklarda zaman cinsinden aralık değerlerini en iyi Cowan M3 dağılımının temsil ettiğini belirlemişlerdir. Griffiths ve Hunt (1991) kentsel alanlardaki karışık trafik hacimlerini analiz etmişler ve bu analizler de yayaların karşıdan karşıya geçiş ve araçların park manevralarının engellemelerini de dikkate almışlardır. Mei ve Bullen (1993) otoyollardaki yüksek hacim değerlerini göz önüne almış ve bu hacim değerlerine en uygun dağılımın ötelenmiş log-normal dağılım olduğunu belirlemişlerdir. Akçelik ve Chung (1994) sinyal kontrollü ve dönel kavşakları yüksek trafik hacmi durumları (500-2500 araç/saat) için incelemiş, negatif üssel ve ötelenmiş negatif üssel dağılımlarının yerine birleşik üssel dağılım modelini önermişlerdir.

Çalışmada, İzmir’de çeşitli sinyalize arterler üzerinde gözlemler yapılmış, değişik hacim koşullarında yol ve sürücü davranışlarına bağlı olarak araçlar arasındaki zaman cinsinden aralık değerleri araçların ön tamponlarının referans alınan noktadan geçişleri arasındaki zaman farkı dikkate alınarak toplanmıştır. Toplanan zaman cinsinden aralık değerleri araç sayıları ve araç türlerine bağlı olarak sınıflandırılmış ve trafik akım özelliklerini belirlemek amacıyla kullanılabilir bazı istatistiksel parametreler elde edilmiştir. Zaman cinsinden aralıkları modelleyebilmek amacıyla basit dağılımlardan Negatif Üssel ve Lognormal dağılımlar, karmaşık

istatistiksel dağılımlardan da Cowan M3 dağılımı incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Gözlemler, İzmir kent merkezinde, önemli arterler üzerinde yer alan altı farklı noktada gerçekleştirilmiştir. Bu noktalar, İnönü Caddesi üzerinde yer alan Hıfzıssıhha Enstitüsü önü ve Susuz Dede parkı önü; Konak’ta bulunan Pier Alışveriş Merkezi’nin önü, İnönü caddesi üzerinde Güzelyalı TANSAS Alışveriş Merkezinin önü, Talatpaşa Bulvarı üzerindeki Cumhuriyet Meydanı ve Akçay Caddesi üzerindeki Karabağlar Ulaştırma Kavşağı yaklaşımlarıdır. Gözlemler bir ya da iki video kamera kullanılarak, çekim yapılan kesimin yakınında bulunan yüksek bir binalardan yapılmıştır. Gözlemler sabah ve/veya akşam zirve saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Gözlemlerden şerit bazında araç sayıları, araç kompozisyonları ve araçlar arasındaki zaman cinsinden takip aralık değerleri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında zaman cinsinden aralık değerleri öndeki aracın ön tamponu ile takip eden aracın ön tamponu referans alınarak belirlenmiştir. Gözlem noktalarında, her şeritten gözlem sırasında geçen araç sayısı, araç kompozisyonu ve ağır araç yüzdeleri Çizelge 1’de verilmiştir. Zaman cinsinden aralık verileri, ilk olarak gözlem yapılan noktada şerit bazında, araç tür ayrımı gözetmeksizin değerlendirilmiştir. Bu veri grubu “Nokta” veri grubu olarak isimlendirilmiştir. Çizelge 2’de gözlenen zaman cinsinden aralıkların istatistiksel parametreleri verilmektedir.

Gözlenen verilerin özellikleri hakkında daha iyi bir fikir edinmek amacıyla ilk olarak trafik hacmi-medyan ilişkisi incelenmiştir (Şekil 1). Luttinen (1996) tarafından yapılmış olan çalışma, hacim ile medyan arasında azalan bir üssel ilişkinin olması gerektiğini göstermiştir. Şekil 1 incelendiğinde benzer bir ilişki özellikle sağ şerit verilerinde açıkça görülmektedir. Sol şerit verilerine ait medyan değerlerinin ise genelde sabit bir değerde olduğu görülmektedir. Luttinen (1996) çalışmasında yüksek hızlarda hareket eden araçların kullandıkları şeritler için benzer bir sonuç elde etmiştir.

Trafik akımının özellikleri hakkında daha iyi bir fikir edinmek amacıyla, zaman cinsinden aralık değerlerinin “Değişkenlik Katsayıları” incelenmiştir (Şekil 2). Şekilden de görülebileceği gibi, sol şeride ait değişkenlik katsayıları trafik hacminin 1000 araç/saat’ ten daha düşük olması durumunda “1”den yüksek, 1000 araç/saat’ten daha yüksek akımlarda ise “1”den küçük değerler almaktadır. Sağ şeride ait değişkenlik katsayıları benzer bir eğilim göstermekle birlikte genelde “1” etrafında toplanmışlardır. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, sol şeritteki araçların 1000 araç/saat’ten daha küçük hacimlerde, birbirlerini takip ettikleri aralıkların çok değişken olduğu; dolayısıyla birbirlerinden daha az etkilendikleri; ancak yüksek akım değerlerinde birbirlerinden daha fazla etkilendikleri, diğer bir deyişle serbest hareket olanaklarının kısıtlandığı söylenebilir. Sağ şeritteki araçların aralarındaki zaman cinsinden aralıkların

Sinyalize Arterlerdeki Araç Takip Aralıklarının İncelenmesi

rastgele olduğu, dolayısıyla bu şekilde yapılacak iyi sonuçlar verebileceği öngörülmektedir. değerlendirmeler sonucunda negatif üssel dağılımın daha

Çizelge 1. Gözlem yapılan noktalara ait araç sayı ve kompozisyonları

| Gözlem Noktası | Kamyon | Minibüs | Otobüs | Otomobil | Toplam |
|--|---------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|
| Cumhuriyet sağ-sabah | 4 | 17 | 40 | 226 | 287 |
| | 1% | 6% | 14% | 79% | |
| Cumhuriyet sağ-akşam | 0 | 21 | 18 | 456 | 495 |
| | 0% | 4% | 4% | 92% | |
| Cumhuriyet sol-sabah | 5 | 65 | 43 | 539 | 652 |
| | 1% | 10% | 7% | 82% | |
| Cumhuriyet sol-akşam | 3 | 34 | 5 | 790 | 832 |
| | 0% | 4% | 1% | 95% | |
| Güzelyalı TANSAS-Üçkuyular Yönü sağ | 0 | 0 | 0 | 63 | 63 |
| | 0% | 0% | 0% | 100% | |
| Güzelyalı TANSAS-Üçkuyular Yönü sol | 0 | 8 | 4 | 102 | 114 |
| | 0% | 7% | 4% | 89% | |
| Güzelyalı TANSAS-Üçyol Yönü sağ | 0 | 8 | 12 | 92 | 112 |
| | 0% | 7% | 11% | 82% | |
| Güzelyalı TANSAS-Üçyol Yönü sol | 0 | 18 | 1 | 135 | 154 |
| | 0% | 12% | 1% | 87% | |
| Hıfzısıhha-Üçyol Yönü sağ | 0 | 12 | 13 | 98 | 123 |
| | 0% | 10% | 10% | 80% | |
| Hıfzısıhha-Üçyol Yönü sol | 0 | 10 | 8 | 144 | 162 |
| | 0% | 6% | 5% | 89% | |
| Hıfzısıhha-Üçkuyular Yönü sağ | 0 | 9 | 8 | 34 | 51 |
| | 0% | 18% | 15% | 67% | |
| Hıfzısıhha-Üçkuyular Yönü sol | 0 | 17 | 13 | 175 | 205 |
| | 0% | 8% | 6% | 86% | |
| Karabağlar Ulaştırma-Konak Yönü sağ | 41 | 89 | 28 | 119 | 277 |
| | 15% | 32% | 10% | 43% | |
| Karabağlar Ulaştırma-Konak Yönü sol | 8 | 56 | 10 | 221 | 295 |
| | 3% | 19% | 3% | 75% | |
| Karabağlar Ulaştırma-Gazimdir Yönü sağ | 49 | 107 | 36 | 134 | 326 |
| | 15% | 33% | 11% | 41% | |
| Karabağlar Ulaştırma-Gazimdir Yönü sol | 22 | 120 | 23 | 301 | 466 |
| | 4% | 26% | 5% | 65% | |
| Konak Pier sağ | 6 | 104 | 69 | 1013 | 1192 |
| | 0% | 9% | 6% | 85% | |
| Konak Pier orta | 3 | 85 | 10 | 1016 | 1114 |
| | 0% | 8% | 1% | 91% | |
| Konak Pier sol | 1 | 40 | 1 | 986 | 1028 |
| | 0% | 4% | 0% | 96% | |
| Susuz Dede-Üçkuyular Yönü sağ | 0 | 2 | 11 | 24 | 37 |
| | 0% | 5% | 30% | 65% | |
| Susuz Dede-Üçkuyular Yönü sol | 0 | 16 | 0 | 174 | 190 |
| | 0% | 8% | 0% | 92% | |
| Susuz Dede-Üçyol Yönü sağ | 0 | 14 | 17 | 115 | 146 |
| | 0% | 10% | 11% | 79% | |
| Susuz Dede-Üçyol Yönü sol | 0 | 20 | 0 | 210 | 230 |

Bulgular

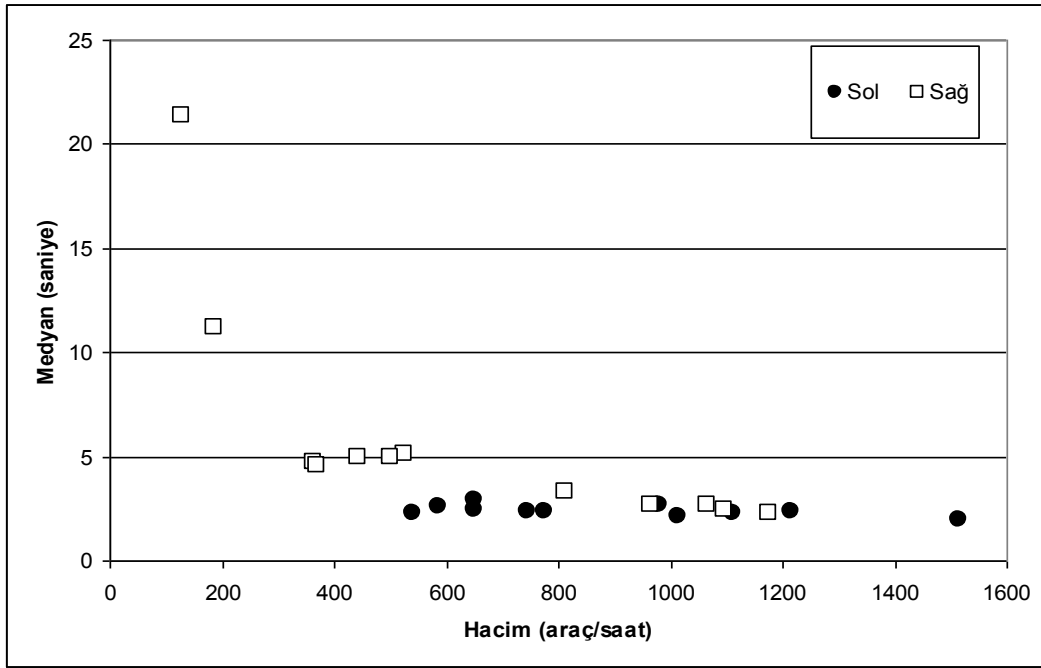
Çalışmada kullanılan toplam veri sayısı 8551 adettir. Veri grupları “Nokta”, “Şerit” ve “Araç-Şerit olmak üzere toplam üç başlık altında incelenmiştir. “Nokta” veri grubu ile ilgili detaylı açıklamalar bir önceki bölümde verilmiştir. “Şerit” veri grupları, sağ ve sol şeritlere ait veriler birleştirilerek oluşturulmuştur. Orta şerit gözlem sayısı düşük olduğundan, orta şeritlere ait zaman cinsinden aralık değerleri, Sullivan ve Troutbeck (1997) tarafından da yapılan kabule benzer şekilde sağ şerit grubu birlikte ele alınmıştır. “Şerit” veri grubunda araç türlerine göre bir ayırım yapılmamıştır. Bu şekilde elde edilen verilere ait istatistiksel değerler Çizelge 3’te görülmektedir. Çizelge 3 incelendiğinde, sağ şeritteki araçlar arasındaki zaman cinsinden aralıkların varyansının, sol şeritteki araçlar arasındaki aralıkların varyansından daha fazla olduğu görülmektedir. Bu iki şekilde açıklanabilir: a) sağ şeridi kullanan araç sayısı daha azdır b) Sağ şeridi kullanan ağır araç oranı daha yüksektir. Çizelge 1 incelendiğinde her iki açıklamanın da doğru olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 2’de hacim ve zaman cinsinden aralıkların değişkenlik katsayısı arasındaki

ilişki gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi sağ şeritteki düşük hacim değeri aralıkların değişkenlik katsayısı değerine de yansımaktadır. Sol şeritte gözlenen yüksek hacim değerleri beraberinde değişkenlik katsayısındaki farklılıkları getirmiştir. Hacim değeri arttıkça her iki şerit içinde değişkenlik katsayılarının azaldığı görülmektedir.

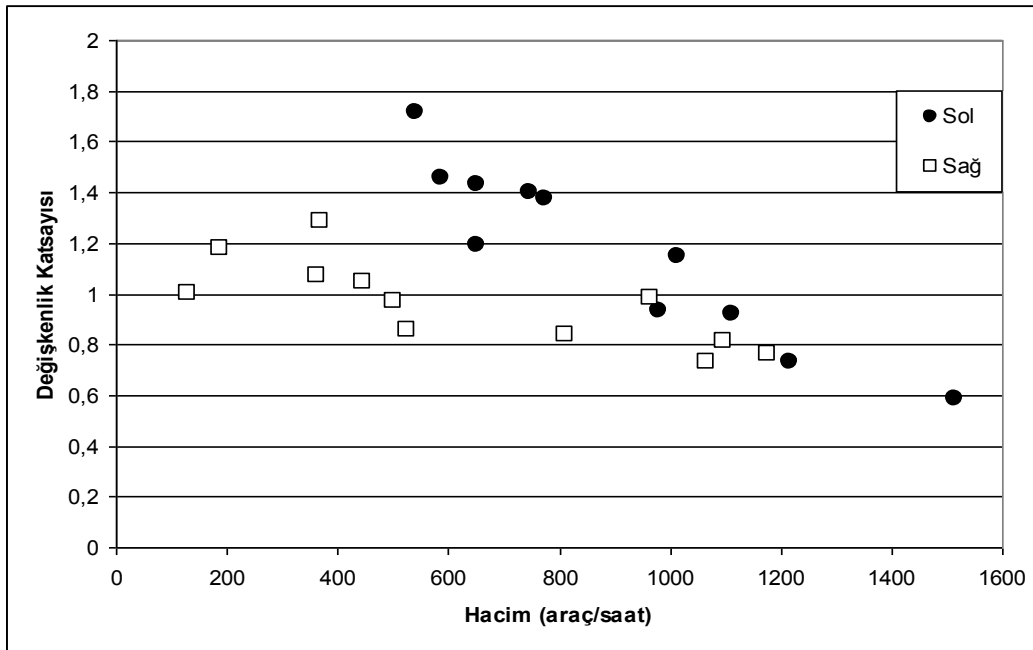
“Araç-Şerit” veri grupları ise, her şeritteki farklı araç türlerine ait zaman cinsinden aralık değerleri birleştirilerek elde edilmiştir. Bu veri grubuna ait istatistiksel değerler Çizelge 4’te görülmektedir. Çizelgeden, özellikle sağ şeritte bulunan otobüslere ait aralıkların varyansının, diğer araç türlerine oranla oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Sağ şeritteki otomobiller arasındaki zaman cinsinden aralıkların varyansı ise ikinci en büyük varyans değeridir. Bu da otomobillerin otobüslerin manevralarından etkilenebileceklerini gösterebileceği gibi, kısa süreli durma ve/veya park yeri ararken düşük hızlarda seyahat etme gibi sık gözlenen sürücü davranışlarından da kaynaklanabilir.

Çizelge 2. Gözlenen noktalardan elde edilen zaman cinsinden aralıklara ait istatistiksel değerleri

| Gözlem Noktası | Şerit | Ortalama | Medyan | Standart Sapma | Varyans | Basıklık | Çarpıklık | Veri Sayısı |
|---------------------------------|-------|----------|--------|----------------|---------|----------|-----------|-------------|
| Cumhuriyet Meydanı Sabah | Sağ | 6,84 | 5,14 | 5,89 | 34,70 | 6,48 | 2,16 | 287 |
| Cumhuriyet Meydanı/ Akşam | Sağ | 4,43 | 3,33 | 3,72 | 13,84 | 18,22 | 3,27 | 495 |
| Cumhuriyet Meydanı/ Sabah | Sol | 3,67 | 2,67 | 3,43 | 11,76 | 16,97 | 3,66 | 652 |
| Cumhuriyet Meydanı/ Akşam | Sol | 2,96 | 2,39 | 2,18 | 4,73 | 31,25 | 4,50 | 832 |
| Güzelyalı Tansaş Üçkuyular Yönü | Sağ | 9,93 | 4,73 | 10,66 | 113,71 | 0,98 | 1,48 | 63 |
| Güzelyalı Tansaş Üçkuyular Yönü | Sol | 5,54 | 2,41 | 7,92 | 62,75 | 5,38 | 2,56 | 114 |
| Güzelyalı Tansaş Üçyol Yönü | Sağ | 9,75 | 4,57 | 12,54 | 157,20 | 6,31 | 2,46 | 112 |
| Güzelyalı Tansaş Üçyol Yönü | Sol | 6,67 | 2,30 | 11,46 | 131,37 | 10,28 | 3,13 | 154 |
| Hıfzısıhha Üçyol Yönü | Sağ | 8,11 | 4,99 | 8,51 | 72,35 | 8,00 | 2,47 | 123 |
| Hıfzısıhha Üçyol Yönü | Sol | 6,15 | 2,57 | 8,95 | 80,05 | 7,04 | 2,74 | 162 |
| Hıfzısıhha Üçkuyular Yönü | Sağ | 19,34 | 11,20 | 22,80 | 519,95 | 6,30 | 2,33 | 51 |
| Hıfzısıhha Üçkuyular Yönü | Sol | 4,83 | 2,37 | 6,76 | 45,74 | 18,19 | 3,70 | 205 |
| Karabağlar Gaziemir-Konak | Sağ | 3,73 | 2,67 | 3,67 | 13,43 | 18,28 | 3,53 | 277 |
| Karabağlar Gaziemir-Konak | Sol | 3,24 | 2,30 | 2,99 | 8,97 | 15,09 | 3,35 | 295 |
| Karabağlar Konak-Gaziemir | Sağ | 3,38 | 2,69 | 2,47 | 6,08 | 6,73 | 2,25 | 326 |
| Karabağlar Konak-Gaziemir | Sol | 2,38 | 1,98 | 1,40 | 1,95 | 21,18 | 3,62 | 466 |
| Konak Pier | Sağ | 3,06 | 2,31 | 2,35 | 5,51 | 14,29 | 2,94 | 1192 |



Şekil 1. Hacim ve aralıklara ait medyan değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 2. Hacim - Zaman cinsinden aralıklara ait değişkenlik katsayısı ilişkisi

Çizelge 3. "Şerit" veri grubuna ait istatistiksel değerler.

| Veri Grubu | Ortalama | Medyan | Standart Sapma | Varyans | Basıklık | Çarpıklık | Veri Sayısı |
|------------------|----------|--------|----------------|---------|----------|-----------|-------------|
| Tüm sağ şeritler | 5,060 | 2,922 | 7,321 | 53,604 | 77,231 | 6,809 | 3109 |
| Tüm sol şeritler | 3,775 | 2,359 | 4,911 | 24,115 | 35,325 | 5,056 | 4328 |

Çizelge 4. "Araç-Şerit" veri grubuna ait istatistiksel değerler

| Veri Grubu | Şerit | Ortalama | Medyan | Standart Sapma | Varyans | Basıklık | Çarpıklık | Veri Sayısı |
|-----------------|-------|----------|--------|----------------|---------|----------|-----------|-------------|
| Tüm Kamyonlar | Sağ | 4,014 | 3,141 | 2,893 | 8,37 | 3,172 | 1,667 | 100 |
| Tüm Kamyonlar | Sol | 3,243 | 2,625 | 1,912 | 3,655 | 1,153 | 1,411 | 39 |
| Tüm Minibüsler | Sağ | 4,385 | 2,781 | 5,349 | 28,616 | 32,515 | 4,844 | 383 |
| Tüm Minibüsler | Sol | 4,057 | 2,61 | 5,399 | 29,144 | 46,494 | 5,656 | 404 |
| Tüm Otobüsler | Sağ | 8,078 | 4,28 | 10,224 | 104,532 | 19,065 | 3,648 | 252 |
| Tüm Otobüsler | Sol | 4,813 | 3,145 | 4,772 | 22,771 | 8,986 | 2,916 | 108 |
| Tüm Otomobiller | Sağ | 4,893 | 2,829 | 7,286 | 53,079 | 92,535 | 7,512 | 2374 |
| Tüm Otomobiller | Sol | 3,72 | 2,31 | 4,878 | 23,796 | 33,952 | 5,013 | 3777 |

Trafik akımının özelliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için, gözlenen zaman cinsinden aralık değerlerinin modellenmesinde kullanılacak istatistiksel bir dağılım önerilmesi düşünülmüştür. Bu amaçla, tüm veri gruplarının basit dağılımlardan negatif üssel ve lognormal dağılımlara uygunluğu araştırılmıştır.

Negatif üssel dağılım, trafik mühendisliği uygulamalarında en çok kullanılan dağılımlardan birisidir. Özellikle basitliği, parametrelerinin kolayca bulunabilmesi ve uygulanabilirliği, negatif üssel dağılımın en önemli avantajları olarak ön plana çıkmaktadır. Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu, " $t > 0$ " için $f(t)$ aşağıda verilmiştir:

$$f(t) = qe^{-qt} \quad (2)$$

Kümülatif olasılık fonksiyonu ise aşağıdaki gibidir:

$$F(t) = 1 - e^{-qt} \quad (3)$$

Burada " q " değeri, saniyede geçen araç sayısı olup en basit şekli ile $q = 1/\bar{t}$, alınarak hesaplanabilir. " \bar{t} ", araçlar arasındaki zaman cinsinden aralık değerini, " t " ise gözlenen verilere ait ortalama değeri ifade etmektedir. Çalışmada kullanılan ikinci basit dağılım ise Lognormal dağılımdır. Olasılık kuramı ve istatistik bilim dallarında Lognormal dağılım, logaritması normal dağılım gösteren herhangi bir rastgele değişken için tek kuyruklu bir olasılık dağılımdır. Olasılık yoğunluk fonksiyonu, " $t > 0$ " için $f(t)$ aşağıda verilmiştir:

$$f(t) = \begin{cases} \frac{1}{t-\tau} \phi\left(\frac{\ln(t-\tau)-\mu}{\sigma}\right), & \text{if } t \geq \tau \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

Burada " μ " ve " σ " değişkenin logaritma değerleri için "ortalama" ve "standart sapma" sıdır. Kümülatif olasılık fonksiyonu ise Formül 5'te verilmiştir.

$$f(t) = \begin{cases} \frac{1}{t-\tau} \phi\left(\frac{\ln(t-\tau)-\mu}{\sigma}\right), & \text{if } t \geq \tau \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

Çalışma kapsamında negatif üssel ve lognormal dağılımların gözlenen zaman cinsinden aralık verilerinin dağılımlarına uygunlukları Anderson-Darling testi uygulanarak kontrol edilmiştir. Anderson-Darling testi bir örnek verisinin tam olarak belirlenmiş bir olasılık dağılımı gösteren bir ana kütlede gelip gelmediğinin sınanması için kullanılır. Kullanılan dağılım verilere ne kadar uygunsu "A.D." parametresi de o kadar küçük olur. Ayrıca "p-value" değeri "A.D." testlerinde kullanılan 0,05 anlamlılık düzeyinin altına düşerse, o dağılımın uygun olmadığı söylenebilir. Buna göre tüm veri grupları için elde edilmiş sonuçlar Çizelge 5'te gösterilmektedir. Çizelge'de gri hücreler, uyumsuzluğu ifade etmektedir. Buna göre 12 veri grubu, negatif üssel dağılım ile 5 veri grubu da lognormal dağılım ile tanımlanabilmektedir. Bir veri grubu için her iki dağılım da uygun sonuç verirken, yine bir veri grubu için her iki dağılım da uygunluk testinde başarısız olmuştur. Minimum zaman cinsinden aralık değerini ifade etmektedir. Çizelge 6 ve Çizelge 7 detaylı olarak incelendiğinde basit dağılımların bazı durumlarda araçlar arasındaki dağılımları ifade edebilmekte yetersiz kaldıkları görülmektedir. Daha önceki bölümlerde de açıklandığı gibi, trafik mühendisliğinde negatif üssel veya ötelenmiş negatif üssel gibi basit ancak trafik akımı hakkında daha tanımlayıcı olan karmaşık istatistiksel dağılım ailesine üye Cowan M3 dağılımının kullanımı son yıllarda oldukça artmıştır. Cowan M3 dağılımının olasılık dağılım fonksiyonu aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$F(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 - \alpha e^{-\lambda(t-\Delta)} & t \geq 0 \end{cases} \quad (6)$$

Burada α , akım içindeki serbest araç oranını; λ , düzeltme katsayısını, Δ ise birbirini takip eden araçlar arasındaki zaman cinsinden minimum takip aralığını ifade etmektedir.

" λ " parametresi, negatif üssel dağılımda, trafik hacmine (araç/saniye) eşittir. Cowan M3 dağılımında ise Troutbeck (1991), " λ " katsayısını, bir azaltma faktörü olarak tanımlamıştır. Akçelik ve Chung (1994), " λ "'nın bir model parametresi olduğunu belirtmişlerdir. Hagring (1998), bir dağılımın üssel kısmının etkisi olarak " λ " parametresini açıklamaya çalışmıştır. Tanyel ve Yayla (2003) ise " λ " parametresini, "serbest araç oranı değişiminin, ana akım üzerindeki etkisi" olarak tanımlamışlardır. λ değeri aşağıdaki bağıntıdan bulunabilir:

$$\lambda = \frac{q\alpha}{1-q\Delta} \quad (7)$$

Serbest araç oranı (α), değişik koşullar altında sürücü davranışlarında farklılıkları gösteren bir parametre olarak kabul edilebilir. Değişik yol ve kavşak koşulları altında α değeri önemli farklılıklar gösterebilir. İncelenen kavşaktan önce sinyalize bir kavşak bulunması gibi sebeplerden, trafik akımı içindeki araçların serbest veya başka bir deyişle birbirlerinden bağımsız ve tamamen rastgele hareketlerinin kısıtlanabileceği açıktır. Özellikle kırmızı ışık sonrası araçların bir grup halinde harekete başladıkları gözlemlenmektedir. Yine de grubun en önündeki araçlar gibi gruptaki diğer araçların hızlarını onlara göre ayarladıkları ve/veya hareket edilen mesafe uzadıkça grupta beraber hareketine başlayan fakat hızını artırarak gruptan ayrı hareket etmeye çalışan araçlar olacaktır.

Cowan M3 dağılımının parametreleri literatürde üç ayrı şekilde hesaplanabilmektedir. Bunlar; 1-Momentler Yöntemi, 2- Maksimum Olabilirlik Yöntemi, 3-En Küçük Kareler Yöntemidir. Yöntemler çeşitli araştırmacılar tarafından karşılaştırılmış ve aşağıdaki görüşler ön plana çıkmıştır. Hagring (1996), Maksimum Olabilirlik Yönteminin sonuçlarının, gözlenen dağılıma uymadığını; Momentler Yöntemi ile daha uygun sonuçlar elde edildiğini öne sürmüştür. Troutbeck (1997), özellikle " Δ " değerinin belirlenmesinde ve " Δ " parametresine bağlı olarak diğer parametrelerin hesaplanmasında En Küçük Kareler Yönteminin uygulanmasının, iyi sonuçlar verdiğini öne sürmüştür. Luttinen (1999) ise Troutbeck (1997) gibi, " Δ " parametresinin, En Küçük Kareler Yöntemi ile hesaplanmasının daha uygun olacağını öne sürmüştür. Buna gerekçe olarak, " Δ " katsayısının sabit bir değer olarak seçilmesinin bazı sakıncalar doğurabileceğini; Momentler Yönteminde çarpıklık katsayısı kullanılarak " Δ " değerinin hesaplanabileceğini; ancak " α " değeri tahminlerinin, çarpıklık katsayısındaki küçük hatalara karşı bile çok hassas olduğunu ve gözlemlerin çarpıklık katsayısının varyansının değişken

olması sebebiyle " α "'nın hesaplanmasında Momentler Yönteminin kullanılmasının hataya yol açabileceğini belirtmiştir. Bunun yanında, gözlemlerin ortalama ve varyansları kullanılarak " α " ve " λ " parametrelerinin hesaplanmasının daha sağlıklı ve kolay olabileceğini öne sürmüştür. Ayrıca Luttinen, (1999) ve Akçelik ve Chung (1994), bazı durumlarda " Δ " değerinin sabit seçilmesinin uygun olabileceğini fakat farklı trafik ortamlarında farklı " Δ " değerlerinin hesaplanmasının daha sağlıklı olacağını söylemişlerdir.

Çalışmada dağılımın parametreleri, Momentler yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. En küçük takip aralığı " Δ " değerinin Troutbeck (1991, 1997) ve Sullivan ve Troutbeck (1997) tarafından da önerildiği gibi 2 saniye kabul edilmesinin bir sakınca taşımayacağı öngörülmüş ve hesaplar bu kabul doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Bu kabul doğrultusunda " α " ve " λ " değerleri aşağıdaki bağıntılar yardımıyla hesaplanmıştır.

$$M = \frac{1}{q} = \int_0^{\infty} tf(t)dt \quad (8)$$

Yukarıdaki ifadenin integrali alınarak, ortalama zaman cinsinden aralık (M) değeri aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$M = \Delta + \frac{\alpha}{\lambda} \quad (9)$$

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

$$\sigma^2 = \frac{\alpha(2-\alpha)}{\lambda^2} \quad (10)$$

Yapılan araştırmalar, Cowan M3 dağılımının en çok kullanılan uygunluk testlerinden geçmediğini göstermiştir. Bunun sebebi, Cowan M3 dağılımının gözlemlenen dağılımın modunu (en sık görülen değerini) iyi tanımlayamamasıdır. Ancak Cowan M3 dağılımının gözlemlenen dağılımın kuyruk kısmını (büyük aralıkları) daha iyi tanımlayabildiği belirlenmiştir. Cowan M3 dağılımının gözlem verilerine uygunluğu genelde "kalıntıların varyansı" yöntemi kullanılarak aşağıdaki bağıntı yardımıyla test edilmektedir.

$$Varyans_{kalıntı} = \sum_i^n \frac{[F_{(göz)}(t_i) - F_{(tah)}(t_i)]^2}{n-1} \quad (11)$$

Burada; $F_{(göz)}(t_i)$, gözlenen verilere ait olasılık dağılım fonksiyonunu; $F_{(tah)}(t_i)$, test edilen dağılımın olasılık dağılım fonksiyonunu ve (n-1) serbestlik derecesini göstermektedir.

Çizelge 5. Negatif üssel ve lognormal dağılımların hesaplanmış parametreleri

| NOKTA BAZINDA GENEL ÖZELLİKLER | | | | | Negatif Üssel Dağılım | Lognormal Dağılım | |
|---------------------------------|-------|-------------|-------|---------------|-----------------------|-------------------|--------|
| Gözlem Noktası | Şerit | Veri Sayısı | Trend | Otokorelasyon | λ | Şekil | Ölçek |
| Cumhuriyet Meydanı/ Sabah | Sol | 652 | Yok | Yok | 0,272533 | 1,069 | 0,6146 |
| Cumhuriyet Meydanı/ Yönu Akşam | Sol | 832 | Yok | Yok | 0,337792 | 0,9406 | 0,4889 |
| Güzelyalı Tansaş Üçkuyular Yönu | Sol | 114 | Var | Var | 0,180483 | 1,182 | 0,8827 |
| Güzelyalı Tansaş Üçyol Yönu | Sol | 154 | Yok | Yok | 0,149979 | 1,181 | 1,019 |
| Hıfzısıhha Üçyol Yönu | Sol | 162 | Yok | Yok | 0,162656 | 1,229 | 0,9664 |
| Hıfzısıhha Üçkuyular Yönu | Sol | 205 | Yok | Yok | 0,207071 | 1,061 | 0,9187 |
| Karabağlar Gaziemir-Konak | Sol | 295 | Yok | Yok | 0,308477 | 0,9309 | 0,6432 |
| Karabağlar Konak-Gaziemir | Sol | 466 | Yok | Yok | 0,420572 | 0,7532 | 4512 |
| Konak Pier | Sol | 1028 | Var | Var | 0,281333 | 0,9212 | 0,7486 |
| Susuzdede Üçkuyular Yönu | Sol | 190 | Yok | Yok | 0,180954 | 1,26 | 0,8966 |
| Susuzdede Üçyol Yönu | Sol | 230 | Yok | Yok | 0,215326 | 1,07 | 0,8682 |
| Cumhuriyet Meydanı/ Sabah | Sağ | 287 | Var | Var | 0,146111 | 1,626 | 0,7675 |
| Cumhuriyet Meydanı/ Akşam | Sağ | 495 | Yok | Yok | 0,225505 | 1,258 | 0,647 |
| Güzelyalı Tansaş Üçkuyular Yönu | Sağ | 63 | Yok | Yok | 0,10067 | 1,805 | 0,9718 |
| Güzelyalı Tansaş Üçyol Yönu | Sağ | 112 | Yok | Yok | 0,102608 | 1,693 | 1,046 |
| Hıfzısıhha Üçyol Yönu | Sağ | 123 | Yok | Yok | 0,123318 | 1,679 | 0,9066 |
| Hıfzısıhha Üçkuyular Yönu | Sağ | 51 | Yok | Yok | 0,05171 | 2,363 | 1,16 |
| Karabağlar Gaziemir-Konak Yönu | Sağ | 277 | Yok | Yok | 0,267866 | 1,002 | 0,7888 |
| Karabağlar Konak-Gaziemir Yönu | Sağ | 326 | Yok | Yok | 0,295835 | 1,013 | 0,6288 |
| Konak Pier | Sağ | 1192 | Var | Var | 0,326529 | 0,9235 | 0,5899 |
| Susuzdede Üçkuyular Yönu | Sağ | 37 | Yok | Yok | 0,035745 | 2,851 | 1,075 |
| Susuzdede Üçyol Yönu | Sağ | 146 | Yok | Yok | 0,139126 | 1,566 | 0,9192 |
| Konak Pier | Orta | 1114 | Yok | Yok | 0,304504 | 0,9672 | 0,6338 |

Not: Çizelgelerde, gri renk uyumsuzluğu temsil etmektedir.

Çizelge 6. Sadece şerit bazında gruplanmış veri sonuçları

| SADECE ŞERİT BAZINDA GENEL ÖZELLİKLER | | Negatif Üssel Dağılım | Lognormal Dağılım | | | |
|---------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------------|--------|--------|---------|
| Veri Grubu | Veri Sayısı | λ | Şekil | Ölçek | A.D. | P-Value |
| Tüm sağ şeritler | 3109 | 0,197629 | 1,210 | 0,8094 | 32,773 | <0,005 |
| Tüm orta şeritler | 1114 | 0,304504 | 0,9672 | 0,6338 | 7,206 | <0,005 |
| Tüm sol şeritler | 4328 | 0,264931 | 0,9869 | 0,7137 | 86,715 | <0,005 |

Not: Çizelgelerde, gri renk uyumsuzluğu temsil etmektedir.

Çizelge 6'da, Negatif Üssel ve Cowan M3 dağılımlarının kalıntıların varyansı yöntemine göre uygunlukları verilmiştir.

Çizelge 6 incelendiğinde 23 gözlem noktasının 11'inde Cowan M3 dağılımının, 9'unda Negatif Üssel dağılımın uygun olduğu, 3 veri grubunda her iki dağılımında uygun sonuç verdiği görülmüştür.

Yine Çizelge 6 incelendiğinde birçok veri grubunda elde edilen sonuçların birbirine çok yakın olduğu, dolayısıyla her iki dağılımında kapasite ve başarımlar analizlerinde kullanılabileceği belirlenmiştir.

Ancak Cowan M3 dağılımı, özellikle serbest araç oranı (α) ve en küçük takip aralığı (Δ) gibi parametreleri tanımlama olanağı vermesi sebebiyle trafik akımı hakkında araştırmacılara daha detaylı bilgi verebilmektedir.

Çizelge 7. Araç türü ve şerit bazında gruplanmış veri sonuçları

| ARAÇ VE ŞERİT BAZINDA GENEL ÖZELLİKLER | | | Negatif Üssel Dağılım | Lognormal Dağılım | | | |
|--|-------|-------------|-----------------------|-------------------|--------|--------|---------|
| Gözlem Noktası | Şerit | Veri Sayısı | λ | Şekil | Ölçek | A.D. | P-Value |
| Tüm Kamyonlar | Sağ | 100 | 0,249129 | 1,149 | 0,7321 | 0,487 | 0,220 |
| Tüm Kamyonlar | Sol | 39 | 0,308361 | 1,035 | 0,5229 | 0,493 | 0,205 |
| Tüm Minibüsler | Sağ | 383 | 0,228068 | 1,112 | 0,8053 | 2,177 | <0,005 |
| Tüm Minibüsler | Orta | 85 | 0,272373 | 1,107 | 0,6077 | 0,292 | 0,598 |
| Tüm Minibüsler | Sol | 404 | 0,246465 | 1,063 | 0,7047 | 8,185 | <0,005 |
| Tüm Otobüsler | Sağ | 252 | 0,123788 | 1,631 | 0,8922 | 3,158 | <0,005 |
| Tüm Otobüsler | Sol | 108 | 0,207776 | 1,297 | 0,6683 | 2,400 | <0,005 |
| Tüm Otomobiller | Sağ | 2374 | 0,204391 | 1,184 | 0,7911 | 29,150 | <0,005 |
| Tüm Otomobiller | Orta | 1016 | 0,308712 | 0,9526 | 0,6328 | 7,282 | <0,005 |
| Tüm Otomobiller | Sol | 3777 | 0,268809 | 0,9693 | 0,7152 | 78,862 | <0,005 |

Not: Çizelgelerde, gri renk uyumsuzluğu temsil etmektedir.

Çizelge 8. Kalıntıların varyansı yöntemine göre negatif üssel ve cowan M3 dağılımlarının karşılaştırılması

| Gözlem Noktası | Şerit | Hacim | Cowan M3 Parametreleri | | | Kalıntıların Varyansı | |
|--|-------|-------|------------------------|----------|-------|-----------------------|----------|
| | | | Δ | α | Lamda | Negatif Üssel | Cowan M3 |
| Cumhuriyet Meydanı/Alsancak-Konak Yönü Sabah | Sağ | 0,146 | 2 | 0,807 | 0,167 | 0,00018 | 0,00003 |
| Cumhuriyet Meydanı/Alsancak-Konak Yönü Akşam | Sağ | 0,226 | 2 | 0,600 | 0,246 | 0,00017 | 0,00009 |
| Cumhuriyet Meydanı/Alsancak-Konak Yönü Sabah | Sol | 0,273 | 2 | 0,383 | 0,229 | 0,00017 | 0,00020 |
| Cumhuriyet Meydanı/Alsancak-Konak Yönü Akşam | Sol | 0,338 | 2 | 0,326 | 0,340 | 0,00017 | 0,00014 |
| Güzelyalı Tansaş Üçkuyular Yönü | Sağ | 0,101 | 2 | 0,713 | 0,090 | 0,00270 | 0,00201 |
| Güzelyalı Tansaş Üçkuyular Yönü | Sol | 0,180 | 2 | 0,333 | 0,094 | 0,00225 | 0,00128 |
| Güzelyalı Tansaş Üçyol Yönü | Sağ | 0,103 | 2 | 0,552 | 0,071 | 0,00121 | 0,00108 |
| Güzelyalı Tansaş Üçyol Yönü | Sol | 0,150 | 2 | 0,285 | 0,061 | 0,00268 | 0,00079 |
| Hıfzısıhha Üçyol Yönü | Sağ | 0,123 | 2 | 0,681 | 0,111 | 0,00040 | 0,00060 |
| Hıfzısıhha Üçyol Yönü | Sol | 0,163 | 2 | 0,354 | 0,085 | 0,00124 | 0,00065 |
| Hıfzısıhha Üçkuyular Yönü | Sağ | 0,052 | 2 | 0,733 | 0,042 | 0,00155 | 0,00218 |
| Hıfzısıhha Üçkuyular Yönü | Sol | 0,207 | 2 | 0,298 | 0,105 | 0,00041 | 0,00061 |
| Karabağlar Ulaştırma Kavşağı/Gaziemir-Konak Yönü | Sağ | 0,268 | 2 | 0,366 | 0,211 | 0,00019 | 0,00042 |
| Karabağlar Ulaştırma Kavşağı/Gaziemir-Konak Yönü | Sol | 0,308 | 2 | 0,293 | 0,236 | 0,00026 | 0,00026 |
| Karabağlar Ulaştırma Kavşağı/Konak-Gaziemir Yönü | Sağ | 0,296 | 2 | 0,477 | 0,346 | 0,00024 | 0,00015 |
| Karabağlar Ulaştırma Kavşağı/Konak-Gaziemir Yönü | Sol | 0,421 | 2 | 0,137 | 0,362 | 0,00029 | 0,00029 |
| Konak Pier | Sağ | 0,327 | 2 | 0,340 | 0,320 | 0,00007 | 0,00006 |
| Konak Pier | Orta | 0,305 | 2 | 0,373 | 0,291 | 0,00006 | 0,00006 |
| Konak Pier | Sol | 0,281 | 2 | 0,254 | 0,163 | 0,00007 | 0,00008 |
| Susuzdede Üçkuyular Yönü | Sağ | 0,036 | 2 | 0,924 | 0,036 | 0,00108 | 0,00115 |
| Susuzdede Üçkuyular Yönü | Sol | 0,181 | 2 | 0,446 | 0,126 | 0,00037 | 0,00042 |
| Susuzdede Üçyol Yönü | Sağ | 0,139 | 2 | 0,709 | 0,137 | 0,00016 | 0,00014 |
| Susuzdede Üçyol Yönü | Sol | 0,215 | 2 | 0,292 | 0,110 | 0,00037 | 0,00048 |

Not: Tablolarda, gri renk uyumsuzluğu temsil etmektedir.

Tartışma ve Sonuç

İzmir’de önemli sinyalizasyon arterler üzerinde yer alan 6 farklı noktada araçlar arasındaki takip aralıklarının modellenmesi amacıyla gözlem yapılarak veri toplanmıştır. Yapılan gözlemlerden, öncelikli olarak trafik akımını istatistiksel olarak tanımlamaya yardımcı parametreler hesaplanmış, daha sonra akım içerisindeki araçlar arasındaki zaman cinsinden aralık değerlerinin çeşitli dağılımlara uygunlukları incelenmiştir.

Yapılan analizler incelenmiş olan basit dağılımlardan negatif üssel dağılımın, lognormal dağılıma göre trafik akımını tanımlamada daha başarılı sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Negatif üssel dağılım gerek parametre azlığı gerekse uygulama kolaylığı açısından özellikle simülasyon işlemleri için uygun olacaktır.

Bunun yanı sıra karmaşık istatistiksel dağılımlardan olan Cowan M3 dağılımının da araçlar arasındaki aralıkları

temsil etmek amacıyla kullanılabilirliği görülmüştür. Dağılımlara ait parametreler incelendiğinde Cowan M3 dağılımının negatif üssel dağılıma göre trafik akımı hakkında daha fazla tanımlayıcı parametre içerdiği görülmektedir (serbest araç oranı ve minimum takip aralığı gibi). Bu sebeple özellikle sinyalizasyon bir arterde yan yol katılımı için bir analiz yapılması durumunda Cowan M3 dağılımının kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir. Ancak hesap kolaylığı açısından negatif üssel dağılımda kullanılabilir.

Çalışma sonuçlarının, İzmir dışındaki kentlerden toplanacak veriler ışığında ilerletilebileceği ve Türkiye’deki sürücülerin özelliklerine bağlı olarak uygun dağılımların belirlenebileceği düşünülmektedir. Ayrıca çalışmada ağır araç etkisi dikkate alınmamıştır. İleride yapılacak çalışmalarda ağır araç etkisinin incelenmesinde büyük fayda görülmektedir.

Kaynaklar

- Akçelik, R., Chung, E. 1994. Calibration Of The Bunched Exponential Distribution Of Arrival Headways, Road & Transport Research, 3, 42-59.
- Brilon, W. Koenig, R. Troutbeck, R. 1997. Useful estimation procedures for critical gaps, Proceedings of the Third International Symposium on Intersections Without Traffic Signals, Portland, Oregon, USA, pp. 71.
- Cowan R. C. 1975. Useful Headway Models. Transportation Research, 9, 6, 371-375.
- Gedizlioğlu, E. 1979., Denetimsiz kavşaklarda yanyol sürücülerinin davranışlarına göre pratik kapasite saptanması için bir yöntem, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Mühendislik Fakültesi, İstanbul, 123s.
- Griffiths J. D., Hunt J. G. 1991. Vehicle Headways İn Urban Areas. Traffic Engineering & Control, 32, 10, 458-462.
- HA, D., Aron, M., Cohen, S. 2010. Time Headway Variable And Probabilistic Modeling. Summer Meeting TFTC. University Paris-Est The French National Institute For Transport Network And Safety Research, INRETS. 07-09 July, Paris, 23 Pp
- Hagring, O. 1996. The Use Of Cowan M3 Distribution For Modelling Roundabout Flow. Traffic Engineering & Control, 37(5), 328-332.
- Hagring, O. 1998. Vehicle-Vehicle Interactions At Roundabouts And Their Implications For The Entry Capacity, Bulletin 159. Univ. Publisher, Lund, Sweden, 186 Pp.
- Luttinen, R. T. 1996. Statistical Analysis of Vehicle Time Headways, Otaniemi, 1996. 193 pp.
- Luttinen, R. T. 1999. Properties Of Cowan M3 Headway Distribution, Transportation Research Board Annual Meeting Preprints, TRB, 1678, 189-196.
- Mei M., Bullen A. G. R. 1993. Lognormal Distribution For High Traffic Flows. Transportation Research Record, , 1398, 125-128.
- Murat Y.Ş., Gedizlioğlu E. 2007. Investigation Of Vehicle Time In Turkey. Proceedings Of The ICE - Transport, No. 2, 73 -78.
- Sullivan, D.P., Troutbeck, R. 1997. An Exponential Relationship For The Proportion of Free Vehicles On Arterial Roads, Transportation Research Part A, 31(1), 21-33.
- Tanyel, S. 2001. Türkiye'deki Dönel Kavşaklar için Kapasite Hesap Yöntemi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 153s.
- Tanyel, S., Yayla, N. 2003. A Discussion On The Parameters Of Cowan M3 Distribution For Turkey, Transportation Research Part A: Policy And Practice, 37(2), 129-143.
- Troutbeck, R. 1991 Unsignalized Intersections And Roundabouts İn Australia: Recent Developments. Pp. 38-57. W. Brilon (Editor). Intersections Without Traffic Signals II, Publishing by, Springer-Verlag, Germany, 361 pp.
- Troutbeck, R. 1997. A Review On The Process To Estimate The Cowan M3 Headway Distribution Parameters, Traffic Engineering & Control, 38(11), 600-603.
- Xu. F. Tian, Z. Z. 2008. Driver Behavior and Gap-Acceptance Characteristics at Roundabouts in California, Journal of the Transportation Research Board, TRB, Issue Number:2071 Publisher: Transportation Research Board, 117-124.