

Denetimsiz eşdüzey kavşakların performans analizi: Aydın örneği

Cenk OZAN^{1,*}, Özgür BAŞKAN², M. Metin MUTLU¹

¹Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Müh. Fak. İnşaat Müh. Böl., Efeler, Aydın.

²Pamukkale Üniversitesi Müh. Fak., İnşaat Müh. Bölümü, Kınıklı kampüsü, Denizli.

Geliş Tarihi (Received Date): 11.03.2020

Kabul Tarihi (Accepted Date): 16.05.2020

Öz

Bu çalışmada, ülkemizde kentiçi ulaşım ağlarında sıklıkla kullanılan eşdüzey kavşak türlerinden olan denetimsiz eşdüzey kavşakların performansları değerlendirilmiştir. Bu amaçla Aydın Adnan Menderes Üniversitesi merkez yerleşke girişi ve çevresinde bulunan 3 adet denetimsiz eşdüzey kavşak SIDRA Intersection trafik analiz yazılımında modellenmiştir. Analizi yapılan kavşaklar için mevcut trafik problemlerinin en aza indirilmesi amacıyla çözüm önerileri getirilerek performansları karşılaştırılmıştır. Performans ölçütü olarak gecikme değeri ve doygunluk derecesi parametreleri dikkate alınmıştır. Yapılan analizlerde, SIDRA Intersection yazılımında kullanılan kritik aralık kabulü yönteminin temel parametreleri olarak ülkemiz için önerilen değerler kullanılmıştır. Analizler sonucunda, uygulanan çözüm önerileri ile denetimsiz eşdüzey kavşakların performanslarının yaklaşık %38-50 arasında iyileştirilebileceği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Denetimsiz eşdüzey kavşak, performans analizi, SIDRA Intersection, gecikme, doygunluk derecesi.

Performance analysis of sign-controlled intersections: Case of Aydın

Abstract

In this study, the performances of sign-controlled intersections, which are frequently used in urban transportation networks in our country, were evaluated. For this purpose, 3 sign-controlled intersections located in and around Aydın Adnan Menderes University

* Cenk OZAN, cenk.ozan@adu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0690-6033>

Özgür BAŞKAN, obaskan@pau.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-5016-8328>

Mehmet Metin MUTLU, metin.mutlu@adu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0008-8279>

main campus are modeled in SIDRA Intersection traffic analysis software. In order to minimize the existing traffic problems for the analyzed intersections, solutions were proposed and their performances were compared. Delay value and degree of saturation parameters are taken into consideration as performance criteria. In the analysis, the values recommended for our country were used as the basic parameters of the critical gap acceptance method used in SIDRA Intersection software. As a result of the analyses, it has been observed that the performance of the sign-controlled intersections can be improved by approximately 38-50% with the proposed solution suggestions.

Keywords: *Sign-controlled intersection, performance analysis, SIDRA Intersection, delay, degree of saturation.*

1. Giriş

Teknolojik ve ekonomik gelişmelere bağlı olarak gittikçe artan ulaşım talebi ve toplu taşıma sistemlerinin yetersizliğinden dolayı artan özel taşıt kullanım oranları neticesinde özellikle kentiçi ulaşım ağlarında trafik sıklığı ve buna bağlı olarak ortaya çıkan birçok problem ile karşı karşıya kalınmaktadır. Bu problemler özellikle farklı doğrultudan ve farklı yönlerden gelen trafik akımlarının ortaklaşa kullandıkları alanlar olan kavşaklarda daha fazla öne çıkmaktadır. Dolayısıyla, kentiçi ulaşım ağlarının etkin bir şekilde yönetilebilmesi için kavşak performanslarının değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin alınmasının büyük önemi bulunmaktadır. Kavşaklar genel olarak eşdüzey ve farklı düzeyli kavşaklar olarak ikiye ayrılırken eşdüzey kavşaklar kendi içinde; sinyalize, denetimsiz ve dönel eşdüzey kavşaklar olarak üç gruba ayrılabilir. Denetimsiz eşdüzey kavşaklarda taşıt hareketleri trafik işaret levhaları ile düzenlenmektedir. Bu tür kavşaklarda, kavşağa bağlanan yollardan birisi trafik hacmi ya da geometrik özelliklerine göre diğerlerinden daha önemli kabul edilerek “ana yol” olarak adlandırılmakta ve bu yaklaşım üzerindeki taşıtlar kavşaktan ilk geçiş hakkına sahip olmaktadır. Diğer yaklaşım veya yaklaşımlar ise “yan yol” olarak adlandırılmaktadır. Bu tür kavşaklarda, trafik düzeninin sağlanabilmesi için kavşağın ana yol yaklaşımına bu yolun ana yol olduğunu belirten bir bilgi işaret levhası ve kavşağa yaklaşılmakta olduğunu belirten bir uyarı işaret levhası, yan yol yaklaşımlarına ise “yol-ver” veya “dur” işaret levhaları yerleştirilmektedir [1]. Bilindiği gibi denetimsiz eşdüzey kavşaklarda meydana gelen trafik sıklıkları ve bunun sonucunda ortaya çıkan gecikmeler özellikle kentiçi ulaşım ağlarındaki trafiği olumsuz anlamda etkilemektedir. Bu nedenle kentiçi ulaşımın etkin olarak sağlanabilmesi için sadece sinyalize eşdüzey kavşakların değil denetimsiz eşdüzey kavşakların da performanslarının analiz edilmesi ve performanslarının artırılması için gerekli iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir.

Literatürde denetimsiz eşdüzey kavşakların performans analizlerine yönelik çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Gedizlioğlu [1] denetimsiz eşdüzey kavşaklarda yan yol sürücülerinin davranışlarını dikkate alarak yan yolların pratik kapasitelerini saptayan bir model geliştirmiştir. Tanner [2] yaptığı çalışmada, denetimsiz eşdüzey kavşaklarda yan yol taşıtları için gecikmelerin belirlenmesi amacıyla yeni bir bağıntı önermiştir. Benzer şekilde Tanner [3] çalışmasında kendisi tarafından önerilen ve yan yol taşıtlarının gecikmelerini veren bağıntıyı kullanarak yan yolların kapasitesini belirlemiştir. Brilon [4] Batı Almanya’daki denetimsiz eşdüzey kavşakların kapasiteleri için kullanılan analitik yöntemler ile benzetim modellerini karşılaştırmıştır. Akçelik ve Chung [5] denetimsiz eşdüzey kavşaklarda gecikme, kuyruk uzunluğu gibi performans parametrelerinin

tahmini amacıyla yeni bir analitik model önermişlerdir. Çalışmada, önerilen modelin literatürdeki diğer modellerden farklı olduğu ve ana yol trafik hacminin yüksek olduğu durumlarda taşıtlar arasındaki zaman cinsinden aralığın dağılımının parametre tahmininde etkisinin oldukça önemli olduğu vurgulanmıştır. Brilon vd. [6] tarafından yapılan çalışmada, denetimsiz eşdüzey kavşakların performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerin çeşitli ülkelerdeki uygulamaları hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Bonneson ve Fitts [7] tarafından yapılan çalışmada, denetimsiz eşdüzey kavşaklarda sola dönüş manevrası yapacak taşıtların oluşturacağı kuyruktan kaynaklanan ana akım gecikmeleri hesaplanmaya çalışılmıştır. Çalışmanın sonuçlarında, ana akım trafik hacminin ve sola dönüş oranının artması ile ana akım gecikmelerinin arttığı belirtilmiştir. Troutbeck ve Brilon [8] ve Luttinen [9, 10] tarafından yapılan çalışmalarda denetimsiz eşdüzey kavşakların modellenmesiyle ilgili kullanılan yaklaşımlar ve hizmet düzeylerinin belirlenmesi için kullanılan yöntemler detaylı olarak açıklanmıştır. Li vd. [11] yaptıkları çalışmada, trafik akımındaki ağır ve hafif taşıt oranlarını ve kritik aralık kabulü yöntemini kullanarak denetimsiz eşdüzey kavşakların kapasitesinin belirlenmesi için yeni bir model önermişlerdir. Önerilen model, Çin'de Xinxiang City şehrindeki denetimsiz bir eşdüzey kavşak üzerinde uygulanmış ve modelin karşılaştırılan diğer modellere göre çalışma alanındaki trafik koşullarına daha uyumlu olduğu belirtilmiştir. Li vd. [12] yaptıkları çalışmada, denetimsiz eşdüzey kavşakların kapasitelerinin belirlenmesi için farklı parametreleri dikkate alan modeller önermişlerdir. Önerilen modellerin literatürdeki diğer modellerden en önemli farkının bisiklet ve yaya akımlarının dikkate alınması olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak, önerilen modellerin gerçekçi sonuçlar verdiği, ayrıca denetimsiz eşdüzey kavşaklarda bisiklet ve yaya akımlarının taşıt akımları üzerindeki etkilerinin performans analizlerinde ihmal edilmemesi gerektiği vurgulanmıştır. Ma vd. [13] denetimsiz eşdüzey kavşaklardaki ana yol taşıtlarının gecikme değerlerinin belirlenmesi amacıyla yeni bir model önermişlerdir. Önerilen model Changchun şehrindeki denetimsiz bir eşdüzey kavşakta uygulanmış ve gözlem değerleri ile model sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarında modelin performansının kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu belirtilmiştir. Çalışkanelli ve Tanyel [14] denetimsiz bir eşdüzey kavşakta yan yol kapasitesini hesaplamak için yeni bir benzetim programı geliştirmişler ve farklı trafik koşulları için ampirik kapasite bağıntıları önermişlerdir. Çalışkanelli ve Tanyel [15] yapmış oldukları çalışmada, denetimsiz bir eşdüzey kavşakta ana yol üzerindeki taşıtların gecikmesine neden olan etkenleri incelemişler ve AIMSUN benzetim yazılımı ile ana yol taşıtlarının gecikmelerini hesaplayan bağıntılar önermişlerdir. Abhishek vd. [16] yaptıkları çalışmada, denetimsiz eşdüzey kavşaklar için sabırsız sürücü davranışlarını ve farklı tipteki sürücü davranışları gibi unsurları da dikkate alan yeni bir kritik aralık kabulü modeli önermişlerdir. Sayısal uygulamalar sonucunda önerilen modelin diğer modellere göre daha tutarlı sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

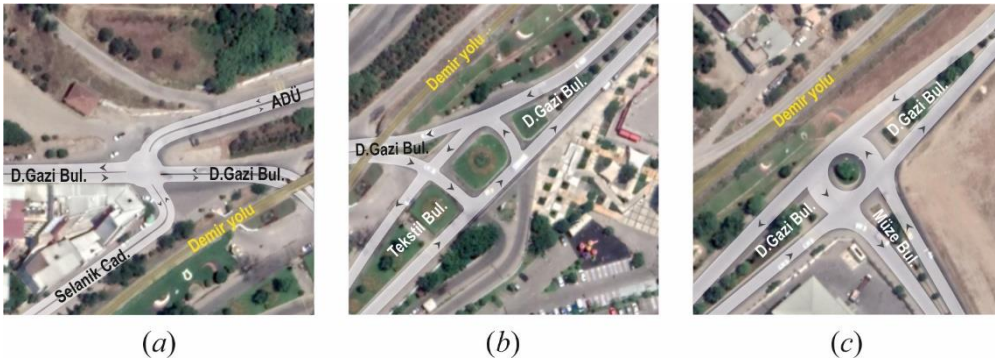
Denetimsiz eşdüzey kavşakların modellenmesinde ve performans analizlerinde SIDRA Intersection trafik analiz yazılımı [17] sıklıkla kullanılmaktadır. Akçelik ve Troutbeck [18] çalışmalarında öncelikli olarak sinyalize kavşakların analizi için geliştirilen SIDRA yazılımı içine Avustralya dönel kavşak analiz yöntemini entegre etmişlerdir. Sonrasında Akçelik vd. [19] tarafından yapılan çalışmada, Highway Capacity Manual-94 (HCM-94) modeli, Akçelik-Troutbeck [18] modeli ve SIDRA (versiyon 5) yazılımının gecikme modelleri denetimsiz eşdüzey kavşaklar için karşılaştırılmıştır. Çalışmada, SIDRA ve Akçelik-Troutbeck gecikme modellerinin benzer sonuçlar verdiği ve her iki modelin HCM-94 modeline göre daha gerçekçi sonuçlar ürettiği belirtilmiştir. Akçelik [20] yaptığı çalışmada, denetimsiz eşdüzey kavşakların kapasite analizlerinde kullanılan kritik aralık

kabulü modelleri ile SIDRA içindeki modelleri kıyaslamıştır. Benzer şekilde Akçelik [21, 22] yaptığı çalışmalarda, denetimsiz eşdüzey kavşakların performans analizlerinde SIDRA için kritik aralık kabulü yöntemi parametrelerinin geometri ve trafik koşullarına uygun olarak kalibrasyonunu sağlayan yeni bir model önermiştir.

Literatürden görüldüğü üzere, denetimsiz eşdüzey kavşakların performans analizlerinde çoğunlukla kritik aralık kabulü yöntemi kullanılarak genellikle kapasite ve gecikme parametreleri dikkate alınmıştır. Bu çalışmada, kentiçi ulaşımında sinyalize eşdüzey kavşaklar kadar önemli yeri olan denetimsiz eşdüzey kavşakların performans analizi amaçlanmıştır. Bu amaçla, özellikle sabah zirve saatlerde yaşanan trafik problemleri nedeniyle Aydın Adnan Menderes Üniversitesi merkez yerleşkesine ana erişimi sağlayan denetimsiz eşdüzey kavşak ile çevresindeki denetimsiz eşdüzey kavşaklar seçilmiştir. Kavşakların performans analizleri gecikme ve doyumluk derecesi parametreleri birlikte ele alınarak ve kritik aralık kabulü yöntemi kullanılarak SIDRA yazılımında yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşakların daha etkin hale getirilmesi için çözüm önerileri getirilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde analizi yapılan kavşaklar tanıtılmıştır. Sonraki bölümde yapılan analizler ve çözüm önerileri ile ilgili bilgiler verilmiştir. Son bölümde ise çalışmanın sonuçları ve gelecekte yapılması planlanan çalışmalar sunulmuştur.

2. Çalışma alanı

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi merkez yerleşkesi büyük çoğunluğu öğrenci olmak üzere yaklaşık 25000 kişiye hizmet vermektedir. Ayrıca, merkez yerleşkede Tıp Fakültesi Uygulama Araştırma Hastanesi'nin bulunması yerleşkeye olan ulaşım talebinin artmasına neden olmakta ve bu durum hem yerleşke giriş kavşağında hem de çevresindeki kavşaklarda özellikle sabah zirve saatte trafik problemlerine neden olmaktadır. Söz konusu trafik problemlerinin en fazla görüldüğü ve çalışma kapsamında ele alınan kavşaklar Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1(a)'da görülebileceği gibi yerleşkeye erişimi sağlayan dört kollu denetimsiz eşdüzey (DK1) kavşağın kuzeydoğu ve güneybatı yaklaşım kolları "YOL VER" levhaları ile yönetilmektedir. DK1'in batı kolu yaklaşım ve çıkış yönlerinde iki şerit, diğer kolların yaklaşım ve çıkış yönlerinde tek şerit bulunmakta olup şerit genişlikleri 3 m'dir. Kavşağın batı kolunun her iki yönünde de kavşaktan yaklaşık 20 m mesafeden itibaren taşıtların park etmesine izin verilmektedir.



Şekil 1. (a) DK1 kavşağı (b) UK1 kavşağı (c) UK2 kavşağı

Şekil 1(b)'de verilen üç kollu kavşak (UK1) ortasında ada bulunmasına rağmen denetimsiz eşdüzey kavşak olarak işletilmektedir. UK1'in kuzeydoğu ile güneybatı

kollarının ana yol olması nedeniyle bu kollar üzerindeki taşıtların kavşaktan geçiş önceliği bulunmakta, batı yaklaşım kolu ise “DUR” işaret levhası ile yönetilmektedir. Kavşağın batı kolu yaklaşım ve çıkış yönlerinde tek şerit, diğer kolların yaklaşım ve çıkış yönlerinde iki şerit bulunmakta ve şerit genişlikleri 3 m’dir. Şekil 1(b)’de görülebileceği gibi UK1’in batı kolunun üzerinden demiryolu köprüsü geçmektedir. Köprünün orta ayağı batı kolu üzerindeki şeritlerin ortasında bulunmaktadır. Diğer taraftan kavşağın kuzeydoğu kolu yaklaşımı üzerinde toplu taşıma taşıtları için durak bulunurken, kuzeydoğu kolu çıkış yönünde kavşaktan yaklaşık 20 m mesafeden itibaren ve güneybatı kolu hem yaklaşım hem de çıkış yönünde kavşaktan yaklaşık 30 m mesafeden itibaren taşıtların park yapmasına izin verilmektedir. Şekil 1(c)’de verilen üç kollu kavşak (UK2) UK1 kavşağına benzer şekilde ortasında ada bulunmasına rağmen denetimsiz eşdüzey kavşak olarak işletilmektedir. Kavşağın kuzeydoğu ile güneybatı kolları ana yol, güneydoğu kolu ise yan yol olarak kabul edilmektedir. Yan yol olan güneydoğu yaklaşım kolu “YOL VER” işaret levhası ile yönetilmektedir. Kavşağın tüm kollarının hem yaklaşım hem de çıkış yönlerinde iki şerit bulunmakta ve şerit genişlikleri 3 m’dir. Kavşağın güneybatı kolu yaklaşım yönünde kavşaktan yaklaşık 50 m mesafeden itibaren, çıkış yönünde ise kavşaktan yaklaşık 160 m mesafeden itibaren taşıtların park etmesine izin verilmektedir. Güneydoğu kolunun hem yaklaşım hem de çıkış yönünde kavşaktan yaklaşık 100 m mesafeden itibaren taşıtlar park edebilmektedirler.

3. Performans analizleri

Çalışma kapsamında yapılan analizler için kullanılan SIDRA programı şerit bazlı mikro analitik bir yazılımdır. SIDRA programı ile sinyalizasyon, dönel ve denetimsiz kavşakların tasarımı ve performans analizleri yapılabilmektedir. Analizi yapılan kavşağına ait performans ölçütleri (gecikme, doyumluk derecesi, kuyruk uzunluğu, yakıt tüketimi vb) kullanılarak kavşağın hizmet düzeyi belirlenebilmektedir. Bilindiği gibi literatürde yaygın olarak kullanılan performans ölçütlerinden olan gecikme (d), taşıtların kavşak veya kontrol edilen bir kesimde, diğer taşıtlar, geometrik özellikler ve kontrol sistemleri nedeniyle kaybettiği zaman olarak tanımlanmaktadır. Bu gecikme değeri taşıtların hızlanması ve yavaşlaması sırasında oluşan gecikmeleri de içermektedir. SIDRA yazılımının standart gecikme modeli, taşıtların gecikme değerlerini HCM-2000 [23] yöntemini esas alarak belirlerken kavşağın geometrik özelliklerinden kaynaklanan geometrik gecikme değerlerini de modele dâhil etmektedir. Bir diğer performans ölçütü olan doyumluk derecesi (x) ise trafik hacminin kapasiteye oranı olarak ifade edilmektedir [17]. Denetimsiz eşdüzey bir kavşakta trafik hacminin ana yol yaklaşımlarında daha yüksek olması durumunda yan yol yaklaşımlarındaki gecikme değerleri yüksek olmasına rağmen yan yol yaklaşımlarındaki doyumluk dereceleri düşük olabilmektedir. Bu nedenle tek başına doyumluk derecesi ilgili kavşağın performansını değerlendirmek için yeterli olamamaktadır. Ters durumda ise, yan yol yaklaşımlarındaki taşıtların gecikme değerleri düşük fakat yan yol yaklaşımlarının doyumluk derecesi yüksek olabileceğinden benzer şekilde tek başına gecikme değeri kavşağın performansını değerlendirmek için yeterli olamayabilecektir. Bu nedenle, çalışma kapsamında ele alınan denetimsiz eşdüzey kavşakların performans analizlerinde, ilgili kavşağın hizmet düzeyinin belirlenmesi için gecikme ve doyumluk derecesi performans ölçütleri birlikte ele alınmıştır. Benzer şekilde SIDRA yazılımında da denetimsiz eşdüzey kavşakların performansları değerlendirilirken gecikme ve doyumluk derecesi ölçütlerinin birlikte ele alınması önerilmektedir [17, 24].

SIDRA yazılımında gecikme ve doyunluk derecesi parametrelerine bağlı olarak hizmet düzeyleri Berry [25] tarafından önerilen yöntemle göre belirlenmektedir. Bu yöntem uygulanırken şerit ve akımların hizmet düzeylerinde ortalama gecikme değeri ile doyunluk derecesi birlikte dikkate alınırken, kavşak ve yaklaşım kollarının hizmet düzeylerinde ise sadece ortalama gecikme değeri dikkate alınmaktadır. Ayrıca, HCM-6'da [26] “*özellikle denetimsiz eşdüzey kavşaklarda hizmet düzeyleri sadece yan yol akımları ve ana yol dönüş akımları için belirlenirken, ana yol akımları ve kavşak için hizmet düzeyleri belirlenmemektedir*” denilmektedir. Bunun nedenleri HCM-6'da (i) ana yol yaklaşımları üzerindeki akımların gecikme yaşamadıkları kabulünün yapılması (ii) ana yol akımları içinde düz giden taşıt sayısının dönüş yapan taşıt sayısına göre genellikle daha fazla olmasının kavşak gecikme değerinin daha düşük belirlenmesine neden olması (iii) düşük belirlenen gecikme değerlerinin, yan yol akımlarının ve şeritlerinin hizmet düzeylerinin hatalı değerlendirilmesine neden olması olarak sıralanmıştır [26]. SIDRA yazılımındaki gecikme ve doyunluk derecesi parametrelerine bağlı hizmet düzeyleri Tablo 1'de verilmiştir [17].

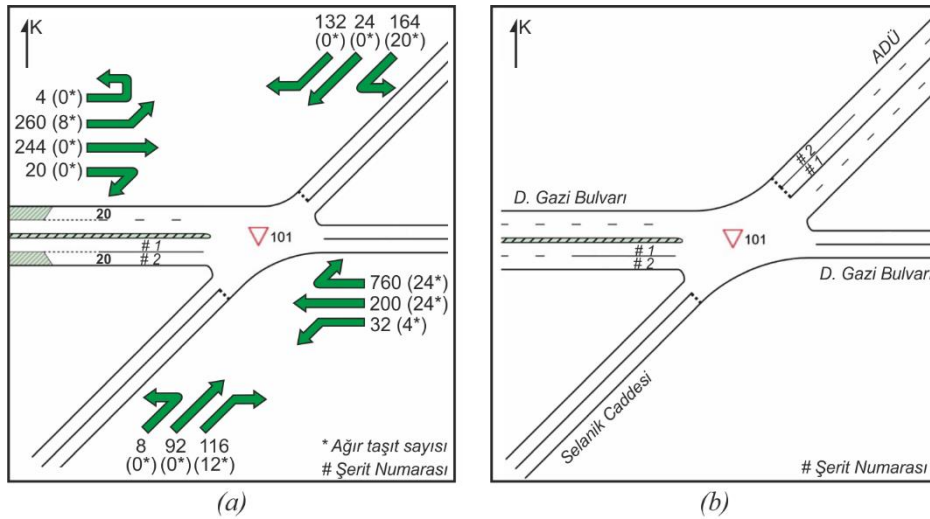
Tablo 1. Denetimsiz eşdüzey kavşaklar için hizmet düzeyleri

Hizmet düzeyi	Gecikme (d) (sn/ta)	Doyunluk derecesi (x)
A	$d \leq 10$	$0 < x \leq 0,85$
B	$10 < d \leq 15$	$0 < x \leq 0,85$
C	$15 < d \leq 25$	$0 < x \leq 0,85$
D	$25 < d \leq 35$	$0,85 < x \leq 0,95$
E	$35 < d \leq 50$	$0,95 < x \leq 1,00$
F	$d > 50$	$x > 1,00$

Diğer taraftan denetimsiz eşdüzey kavşaklarda, ana yol yaklaşımlarındaki taşıtların geçiş önceliğine sahip olmasından dolayı bu tür kavşakların kapasitesi ve performansları yan yol yaklaşımlarının kapasitesine ve performansına bağlı olmaktadır. Denetimsiz eşdüzey kavşaklarda yan yol kapasitesinin belirlenmesi için kullanılan yöntemlerden biri “*kritik aralık kabulü yöntemi*” dir. Bu yöntemle göre; yan yoldan gelen bir sürücü kendisi için güvenli gördüğü bir zaman cinsinden kritik aralık değerine eşit veya daha büyük bir aralığı ana akım içinde bulduğunda kavşağa giriş yapabilecektir [27, 28]. Bir başka deyişle, yan yol yaklaşımının kapasitesi bu yaklaşımdaki taşıtların ana yoldaki taşıtlar arasında buldukları aralıkları değerlendirerek kavşağa güvenli bir giriş yapmalarına bağlıdır [14]. Dolayısıyla, kritik aralık değeri, gecikmeyi en aza indirecek minimum zaman cinsinden aralık değeri olarak da ifade edilebilmektedir [28]. SIDRA yazılımında kullanılan kritik aralık kabulü yönteminin temel parametreleri; yan yol taşıtlarına ait kritik aralık kabul değeri (t_c), yan yoldan giriş yapan taşıtlar arasındaki en küçük zaman cinsinden takip aralığı (t_f), ana yoldaki taşıtlar arasındaki en küçük zaman cinsinden takip aralığı (Δ) ve ana yolda birbirinden bağımsız hareket eden serbest taşıt oranıdır (ϕ). SIDRA yazılımı kritik aralık kabulü yönteminde kullanılacak parametre değerleri ile ilgili çeşitli önerilerde bulunmaktadır. Ayrıca, çeşitli araştırmacılar, ülkemizde yapılan çalışmalar sonucunda kritik aralık kabulü yöntemi parametreleri ile ilgili değerler hakkında önerilerde bulunmuşlardır. Yan yol taşıtlarına ait kritik aralık kabul değeri (t_c) değeri için 2,5-3,5 sn, yan yoldan giriş yapan taşıtlar arasındaki en küçük zaman cinsinden takip aralığı (t_f) değeri için 2,0-2,5 sn ve ana yoldaki taşıtlar arasındaki en küçük zaman cinsinden takip aralığı (Δ) değeri için ise 1,5-2,5 sn alınması önerilmiştir [1, 28]. Bu

önerilere uyumlu olarak çalışma kapsamında t_c , t_f ve Δ değerleri için sırasıyla 3, 2 ve 2 sn alınmıştır.

Çalışma kapsamında analizi yapılan kavşaklarda eşzamanlı olarak 28.02.2018 günü sabah 08.00 ile 09.00 saatleri arasında dijital kameralar ile çekim yapılmıştır. Daha sonra kaydedilen kamera görüntüleri ofis ortamında incelenerek çözümlenmiştir. Gözlem sonuçlarına göre DK1 kavşağının mevcut durumunun SIDRA yazılımında modellenmiş hali, zirve saat trafik hacim değerleri (tş/sa) ve önerilen çözüm Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2(a)’dan görülebileceği üzere, DK1’in doğu yaklaşım kolundan 760 taşıt, batı kolundan 260 taşıt ve güneybatı kolundan 92 taşıt olmak üzere toplam 1112 taşıt sabah zirve saatte yerleşkeye giriş yapmaktadır. Kuzeydoğu kolunun yerleşkeye ana girişi sağlaması ve sadece bu kol üzerindeki şerit sayısının artırılması imkânının bulunması nedeniyle Şekil 2(b)’de görülebileceği gibi kavşağın bu kolunun yaklaşım ve çıkış yönlerine birer şerit eklenerek iki şeritli hale getirilmiştir. Kavşağın batı kolunun hem yaklaşım hem de çıkış yönü üzerinde taşıtların park etmesi engellenerek bu kol üzerindeki ikinci şeritlerin kısa şerit olmasının önüne geçilmiştir. Ayrıca, batı kolu yaklaşımı üzerinde “u dönüşü” yasaklanmıştır.



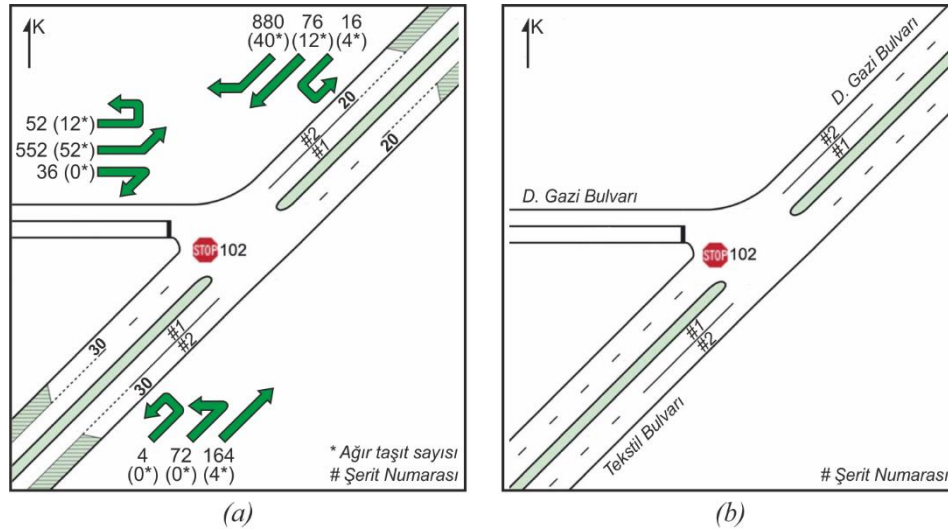
Şekil 2. DK1 kavşağı (a) mevcut durum (b) önerilen çözüm

DK1 kavşağının mevcut durumunun ve önerilen çözüme ait performans analiz sonuçları Tablo 2’de verilmektedir. Tablodan görülebileceği üzere, DK1’in yaklaşım kolları içinde en yüksek gecikme değeri 237,5 sn ile doğu yaklaşım koluna ait olup kavşak bazında ortalama gecikme değeri 146,6 sn’dir. En yüksek doyumluk derecesi ise yine doğu yaklaşım kolunda olup 1,50’dir. Mevcut durumda DK1 kavşağının batı yaklaşım kolu haricindeki tüm yaklaşım kollarının şeritleri F hizmet düzeyinde hizmet vermektedir. Bu kavşak için önerilen iyileştirmenin uygulanması sonucunda, kavşağın yaklaşım kolları üzerindeki ortalama gecikme değerlerinde azalma görülmesine rağmen doğu yaklaşım kolunun doyumluk derecesinin 1’in üzerinde olduğu Tablo 2’de görülmektedir. Kavşak bazında ortalama gecikme değeri mevcut duruma göre yaklaşık %50 azalarak 73 sn olarak elde edilmiştir. Ayrıca, merkez yerleşkeye ana erişimi sağlayan ve çözüm önerisi kapsamında şerit ilavesi yapılan kuzeydoğu kolunun hizmet düzeyinde belirgin bir şekilde iyileşme olduğu görülmektedir.

Tablo 2. DK1 kavşağı performans analizleri

DK1 (mevcut durum)					
	Yaklaşım kolu				
	Kuzeydoğu	Doğu	Güneybatı	Batı	
d (sn)	144,0	237,5	67,0	9,8	
x	1,20	1,50	0,94	0,63	
	Şerit 1	Şerit 1	Şerit 1	Şerit 1	Şerit 2
Hizmet düzeyi	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
DK1 (öneri)					
	Yaklaşım kolu				
	Kuzeydoğu	Doğu	Güneybatı	Batı	
d (sn)	28,1	130,2	34,4	8,1	
x	0,87	1,26	0,76	0,57	
	Şerit 1	Şerit 2	Şerit 1	Şerit 1	Şerit 2
Hizmet düzeyi	<i>D</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>D</i>	<i>A</i>

Çalışma kapsamında analizi yapılan üç kollu kavşaklardan ilki olan UK1 kavşağının mevcut durumunun ve önerilen çözümün SIDRA yazılımında modellenmiş hali Şekil 3(a) ve 3(b)'de görülmektedir. UK1 kavşağının kuzeydoğu kolu yaklaşımı üzerinde bulunan toplu taşıma durağının kapasiteye olan olumsuz etkisini ortadan kaldırmak amacıyla toplu taşıma durağı kaldırılmıştır. Ayrıca kuzeydoğu kolunun çıkış yönünde ve güneybatı kolunun hem yaklaşım hem de çıkış yönlerinde taşıtların park etmesi engellenmiş ve bu kollar üzerindeki ikinci şeritlerin kısa şerit olmasının önüne geçilmiştir. Ayrıca, batı kolu yaklaşımı üzerinde “u dönüşü” yasaklanmıştır. Bu kavşakta geometrik düzenleme için yeterli alan bulunmadığı için başka herhangi bir geometrik düzenleme önerisi yapılamamıştır.



Şekil 3. UK1 kavşağı (a) mevcut durum (b) önerilen çözüm

UK1 kavşağı için mevcut durumda en yüksek gecikme değeri 559,5 sn ile batı yaklaşım koluna ait olup bu kavşaktaki ortalama gecikme değeri 202,9 sn'dir. Batı yaklaşım kolunun doygunluk derecesi ise 2,20'dir. UK1 kavşağı için yapılan çözüm önerilerinin uygulanması sonucunda kavşak bazında ortalama gecikme değeri 124,4 sn elde edilerek

sonucunda, en yüksek gecikme süresinin 15,9 sn ile güneydoğu yaklaşım kolunda olduğu ve bu değerın mevcut durumdaki gecikme değerine göre yüksek olduğu Tablo 4'den görülebilmektedir. Buna rağmen, kavşak bazında ortalama gecikme değeri mevcut duruma göre yaklaşık %44 bir iyileşme ile 13 sn olarak elde edilmiştir. Ayrıca, bu kavşakta kuzeydoğu yaklaşım kolu üzerindeki şeritlerin hizmet düzeyleri B'den C'ye düşmesine rağmen diğer yaklaşım kolları üzerindeki şeritlerin hizmet düzeylerinde iyileşme gözlemlenmiştir.

Tablo 4. UK2 kavşağı performans analizleri

UK2 (mevcut durum)						
	Yaklaşım kolu					
	Kuzeydoğu		Güneydoğu		Güneybatı	
d (sn)	12,9		30,4		16,2	
x	0,27		0,91		0,65	
	Şerit 1	Şerit 2	Şerit 1	Şerit 2	Şerit 1	Şerit 2
Hizmet düzeyi	B	B	D	D	D	B
UK2 (öneri)						
	Yaklaşım kolu					
	Kuzeydoğu		Güneydoğu		Güneybatı	
d (sn)	15,9		9,9		9,7	
x	0,75		0,20		0,52	
	Şerit 1	Şerit 2	Şerit 1	Şerit 2	Şerit 1	Şerit 2
Hizmet düzeyi	C	C	B	A	C	A

4. Sonuçlar ve öneriler

Bu çalışmada, özellikle sabah zirve saatlerde yaşanan trafik problemleri nedeniyle Aydın Adnan Menderes Üniversitesi merkez yerleşkesine ana erişimi sağlayan denetimsiz eşdüzey kavşak ile çevresindeki denetimsiz eşdüzey kavşakların performans analizleri yapılmıştır. Analizler sabah zirve saatleri için kritik aralık kabulü yöntemi kullanılarak SIDRA yazılımında yapılmıştır. Kritik aralık kabulü yönteminin parametreleri olarak literatürde ülkemiz için önerilen değerler kullanılmış ve kavşakların performansları değerlendirilirken gecikme değeri ve doyumluk derecesi birlikte ele alınmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, kavşakların daha etkin hale getirilmesi için çözüm önerileri getirilmiştir. Getirilen çözüm önerileri sonucunda, denetimsiz eşdüzey kavşakların performanslarının yaklaşık %38-50 arasında iyileştirilebileceği görülmüştür. Bu sonuçlar denetimsiz eşdüzey kavşakların performanslarının uygun çözümlerin uygulanması neticesinde artırılabilirliğini göstermektedir. Gelecek çalışmalarda gözlem verileri kullanılarak kritik aralık kabulü yöntemi parametrelerinin elde edilmesi ve gözlem gecikme değerleri ile SIDRA yazılımının performansının test edilmesi planlanmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimince desteklenen MF-17006 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Gedizlioğlu, E., Denetimsiz kavşaklarda yan yol sürücülerinin davranışlarına göre pratik kapasite saptanması için bir yöntem, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, (1979).
- [2] Tanner, J. C., A theoretical analysis of delays at an uncontrolled intersection, **Biometrika**, 49, 1-2, 163–170, (1962).
- [3] Tanner, J. C., The capacity of an uncontrolled intersection, **Biometrika**, 54, 3-4, 657–658, (1967).
- [4] Brilon, W., **Recent developments in calculation methods for unsignalized intersections in West Germany** in Brilon, W., *Intersections without Traffic Signals*, Springer-Verlag, Berlin, 111-153, (1988).
- [5] Akçelik, R. ve Chung, E., Traffic performance models for unsignalized intersections and fixed-time signals, **Proceedings of The Second International Symposium on Highway Capacity**, Australian Road Research Board, 1, 21-50, Sydney, (1994).
- [6] Brilon, W., Troutbeck, R. J. ve Tracz, M., Review of international practices used to evaluate unsignalized intersections, Transportation Research Circular, No: 468, Transportation Research Board / National Research Council, 44, Washington, D.C., (1997).
- [7] Bonneson, J. A. ve Fitts, J. W., Delay to major street through vehicles at two-way stop-controlled intersections, **Transportation Research Part A**, 33, 237-253, (1999).
- [8] Troutbeck, R. J. ve Brilon, W., **Unsignalized Intersection Theory** in Gartner, N., Messer, C. J. ve Rathi, A. K., *Traffic Flow Theory A State-of-the-art Report*, Transportation Research Board, Committee on Traffic Flow Theory and Characteristics (AHB45), 257-306, (2001).
- [9] Luttinen, R. T., Capacity at Unsignalized Intersections, TL Research Report 3, TL Consulting Engineers, Ltd., Lahti, (2003).
- [10] Luttinen R. T., Capacity and level of service at finnish unsignalized intersections, Finnra Reports 1, Finnish Road Administration, 214, Helsinki, (2004).
- [11] Li, W., Wang, W. ve Jiang, D., Capacity of unsignalized intersections with mixed vehicle flows, **Transportation Research Record**, 1852, 265-270, (2003).
- [12] Li, H., Deng, W., Tian, Z. ve Hu, P., Capacities of unsignalized intersections under mixed vehicular and nonmotorized traffic conditions, **Transportation Research Record**, 2130, 129-137, (2009).
- [13] Ma, D.-f., Ma, X.-l., Jin, S., Sun, F. ve Wang, D.-h., Estimation of major stream delays with a limited priority merge, **Canadian Journal of Civil Engineering**, 40, 1227–1233, (2013).
- [14] Çalışkanelli, S. P. ve Tanyel, S., Denetimsiz kavşaklarda yan yol katılım kapasitesinin modellenmesi, **TMMOB-İnşaat Mühendisleri Odası, Teknik Dergi**, 27, 1, 7309-7324, (2016).
- [15] Çalışkanelli, S. P. ve Tanyel, S., Işıksız kavşaklardaki ana yol araç gecikmelerinin irdelenmesi, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 24, 6, 1093-1099, (2018).
- [16] Abhishek, Boon, M. A. A. ve Mandjes, M., Generalized gap acceptance models for unsignalized intersections, **Mathematical Methods of Operations Research**, 89, 385–409, (2019).
- [17] Akcelik and Associates, SIDRA INTERSECTION 8 User Guide (for Version 8), Akcelik and Associates Pty Ltd, Melbourne, (2019).

- [18] Akçelik, R. ve Troutbeck, R., Implementation of the Australian roundabout analysis method in SIDRA, **Proceedings of The International Symposium of Highway Capacity**, Highway Capacity and Level of Service, 7-34, Karlsruhe, (1991).
- [19] Akçelik, R., Christensen, B. ve Chung, E., A comparison of three delay models for sign-controlled intersections, **Third International Symposium on Highway Capacity**, Road Directorate, Ministry of Transport, 1, 35-56, Copenhagen, (1998).
- [20] Akçelik, R., A review of gap-acceptance capacity models, **29th Conference of Australian Institutes of Transport Research**, University of South Australia, 1-25, Adelaide, (2007).
- [21] Akçelik, R., An improved method for estimating sign-controlled intersection capacity, **New Zealand Modelling User Group NZMUGS 2012 Conference**, Auckland, (2012).
- [22] Akçelik, R., Issues in performance assessment of sign-controlled intersections, **25th ARRB Conference – Shaping The Future: Linking Policy, Research and Outcomes**, Australian Road Research Board, Perth, (2012).
- [23] HCM-2000, **Highway Capacity Manual 2000**, Transportation Research Board (TRB), National Research Council, Washington D. C., (2000).
- [24] Akcelik and Associates, SIDRA INTERSECTION Training Workshop İstanbul – Introduction & Intermediate Workshop Notes, Akcelik and Associates Pty Ltd, Melbourne, (2010).
- [25] Berry, D. S., Using the volume-to-capacity ratios to supplement delay as criteria for levels of service at traffic signals, **Transportation Research Record**, 1112, 23-28, (1987).
- [26] HCM-6, **Highway Capacity Manual 6th Edition**, Transportation Research Board (TRB), National Research Council, Washington D. C., (2016).
- [27] Hagring, O., Roundabout entry capacity, Bulletin 135, Department of Traffic Planning and Engineering, Lund, (1996).
- [28] Tanyel, S., Türkiye’deki dönel kavşaklar için kapasite hesap yöntemi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2001).