

Gecikme Süresi Üzerindeki Sinyal Koordinasyon Ektisinin İrdelenmesi: Mazer-ı-Şerif, Afghanistan, Örnek Çalışması

¹Hakan Aslan and ^{*2}Suhrab Ahadi

¹Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
^{*2}Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Programı, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

Özet

Bu çalışmada; makaleye konu olarak ele alınan Afganistan'ın önemli bir şehri olan Mezar-ı-şerifte bulunan iki kavşaktaki mevcut durum ve sinyalizasyonla revize edilerek elde edilen yeni yapı, geometrik durumda yapılan değişiklikler de dikkate alınarak iki farklı VISSIM ve SIDRA yazılımları kullanılarak, gecikme süreleri ve kuyruklama uzunlukları ile ilgili parametreler çerçevesinde analiz edilmiştir. Bu anlamda, mevcut durum ve geometrik iyileştirme senaryolarına dahil edilen sinyal koordinasyonu ile, şimdiki ve gelecekteki gecikme süreleri ve kuyruk uzunluklarının azaltılması sayesinde trafik açısından hizmet seviyesinin iyileştirilmesi içerikli analizler yapılmıştır.

Araştırmada elde edilen bulgulara göre, geometrik tasarım iyileştirilmesinden önce incelenen birinci ve ikinci kavşak arasında koordinasyon sağlanması durumunda, sistem için toplam taşıt gecikmelerinde yüzde 3,36'a varan düşüşler görülmüştür. Geometrik tasarım iyileştirildikten sonra ise sistem için toplam taşıt gecikmelerinde yüzde 8,85'a varan iyileştirmeler görülmüştür. Mevcut durum ile iyileştirilmiş durum kıyaslandığında, iyileştirilmiş durumda koordinasyon öncesi sistem (ağ) için toplam taşıt gecikmelerinde yüzde 51,78'a, koordinasyon sonrası ise toplam taşıt gecikmelerinde de yüzde 54,51'e ulaşan düşüşler görülmüştür.

Anahtar kelimeler: VISSIM, SIDRA, Sinyal Koordinasyonu, Işıklı Kavşak, Gecikme, Kuyruk

Investigating the Effect of Signal Coordination on Delay Time: Case Study Mazer-e-Sharif, Afghanistan

Summary

In this study; delay times and queue length parameters were analysed for the new structure obtained by revising the current geometric situation and signalling system at two intersections in an important city of Afghanistan, Mezar-i-Sheriff, using two different VISSIM and SIDRA softwares. In addition to present and improved geometry scenarios, the traffic characteristics of the current and future cases to improve the service level of the network by reducing delay time and queue lengths through signal coordination were also investigated.

According to the analytical findings of the study, it was found that if the coordination is carried out between the first and the second intersection of Marmul Street before the improved geometric design, the total vehicle delays for the system decreased by up to 3.36 percent. After improving the geometric design, total vehicle delays for the system decreased by up to 8.85 percent. When the current and the improved situation are compared, it was seen that, in the improved case, the delays in the total vehicle delays for the pre-coordination and after coordination system (network) decreased 51.78 and 54.51 percent, respectively.

Keywords: VISSIM, SIDRA, Signal Coordination, Signal Intersection, Delay, Queue

1. Giriş

Ulaşım sistemine ait temel performans parametreleri olarak genellikle hız, seyahat süresi ve gecikme ile ilgili göstergeler kullanılmaktadır. Bu göstergelerin tümü, aslında sürücüler tarafından doğrudan hissedilen ve yolculuk süresi olarak bilinen temel bir faktörle ilgilidir. Sürücüler yolculuklarını mümkün olan en kısa sürede ve güvenlikle tamamlamak istedikleri için, trafik sistem performansı genellikle bu amaca ulaşmanın kalitesi olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak, gecikme, toplam seyahat süresinin bir parçasıdır. Seyahat süresinin gecikmeye karşılık gelen kısmı sürücüler tarafından yüksek etkinlikte hissedilir ve genel bir memnuniyetsizliğe neden olur. Örneğin, bir ana arter güzergâhında bulunan sinyalize sistem kavşakları, hareket halindeki araçları engelleyip bu araçların durma ve bekleme sürelerinin artmasına neden olabilir. Sinyalize kavşaklardaki gecikme, kavşaktan geçerken bir aracın maruz kaldığı gerçek seyahat süresi ile bu aracın sinyalize trafik kontrolü yokluğunda yaşayacağı seyahat süresi arasındaki fark olarak tanımlanır [1, 2, 3]. Bir kavşakta oluşacak gecikmeler; sürücülerin davranış şekilleri, kavşağa ait özel bölgesel koşullar, kavşağın geometrik özelliklerini belirleyen bağlantı caddeleri, kavşak ışıklarının faz ve periyodları ile kavşağı kullanmak isteyen trafik akım kollarına ait trafik hacimleri gibi faktörlerin karşılıklı etkileşimlerine bağlıdır [4]. Zaman bağımlılığı ve kuyruk oluşumunun niteliğinin karmaşıklığından dolayı kavşaklardaki gecikme süresinin hesaplanması her zaman zor olmuştur [5].

Gecikme, Trafik Simülasyon yazılımlarından da elde edilebilir. Saha deneyleri ve aktivitelerinden daha ucuz ve daha hızlı olmalarından dolayı mikro ölçekli simülasyon modelleri, hem ulaştırma operasyonlarında hem de yönetiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu anlamda gerçek saha uygulamalarından önce farklı zamanlama ve geometrik değişimleri değerlendirmeye imkan sağlayan mikro simülasyon yazılımları, farklı analizlerde kullanılabilir. Bununla beraber simülasyon modellerinde kullanılan birçok parametrenin saha ölçümlerinin zor olmasının model performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ifade etmek gerekmektedir. Önemli ve büyük ölçekli modellemelerde bu tip parametrelerin özenle elde edilmesi, beklenen sonuçlarda önemli bir etkiye sebep olabilecektir [6].

Bu çalışmanın temel amacı, simülasyon yazılımları sayesinde kavşak tasarımının ana parametreleri olan periyod süresi, yeşil zaman, fazlama, geometrik şekil vb. üzerinde farklı senaryolar oluşturarak alternatif performans sonuçlarının üretilmesi ve karşılaştırılması ile hizmet düzeyi konseptli analitik sonuçları elde etmektir. Makalede saha çalışması olarak ele alınan Afganistan'ın önemli bir şehri Mezar-1-şerifte bulunan kavşaklardaki mevcut durum ve sinyalize sistemle revize edilerek elde edilen yeni yapı, geometrik durumda yapılan değişiklikler de dikkate alınarak iki farklı VISSIM Ve SIDRA yazılımları kullanılarak, gecikme süreleri ve kuyruklama uzunlukları ile ilgili parametreler çerçevesinde analiz edilmiştir. Bununla beraber, geometrik iyileştirilmelerin mevcut durum ve trafik akım değerlerine olan etkileri de incelenmiş ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

2. Literatür Araştırması

2.1. Koordineli Sinyal Çalışma Prensipleri

Kavşak sistemlerinin koordinasyonlu çalıştırılmaları çeşitli şekillerde ele alınabilir. Koordinasyonun faydalı olup olmayacağını belirlemek için kullanılan çok sayıda faktör vardır. Kavşaklar yakın ve koridor boyunca yüksek miktarda trafik olduğunda koordinasyonun uygulanma kararı çok daha kolay alınabilecektir. Bir koridor boyunca aralarındaki mesafe en fazla 800 metre (0,5 mil) olan kavşaklar, farklı devre sürelerinde çalıştırılmama prensibiyle koordine edilebilmektedirler. Sinyal koordinasyonu bu yaklaşım içeriğinde, ofsetleri kullanarak ardışık trafik kontrol sinyalleri arasında ilişkiler kurma yöntemidir [7].

2.2.1. Zaman – Mesafe Diyagramı ve İdeal Ofset

Zaman mesafe diyagramları; x-ekseni zamanı ve y-ekseni başlangıca göre mesafeyi ifade etmek üzere hazırlanan diyagramlardır. İki kavşak arasında geçerli olan zaman mesafe diyagramı Şekil 1.'de gösterilmektedir. Çoğu grafik, sadece efektif yeşil (—) ve efektif kırmızı (—) süreleri dikkate alınarak gösterilmektedir. Grafikte, araçların zamana bağlı buldukları güzergâh noktaları da belirtilmektedir. $t=t_1$ olduğunda ilk sinyalizasyon kavşakta sürücüler için yeşil ışık yakılmaktadır. Hızlanma süreçleri tamamlandıktan sonra araçlar hareket etmeye ve güzergâh boyunca ilerlemeye başlarlar. Şekilden de görüleceği üzere, $t=t_2$ anında ikinci kavşakta yeşil ışık yanmaya başlayacaktır. Bu anda kavşağa erişen araç veya araçlar sinyal durumuna bağlı olarak duracak veya seyahatlerine devam edeceklerdir. Dolayısıyla ile, yapılan tanım çerçevesinde $t_2 - t_1$ farkı, ofset olarak elde edilmiş olacaktır. Elde edilen bu ofset değeri de, 0 ile C (periyot süresi) arasında pozitif bir değer olarak hesaplamalarda kullanılmaktadır [1, 2, 8].

İdeal ofset: Bu değer, ilk araç grubu ilk kavşaktan hareket ettikten sonra ikinci kavşağa varır varmaz kavşağın yeşil ışık yanması durumundaki kavşaklar arasındaki ofset değeridir [1, 9]. Bu tanıma göre aralarında L kadar mesafe bulunan iki ardışık kavşak arasında V hızında hareket eden bir araç için ihtiyaç duyulacak ideal ofset değeri,

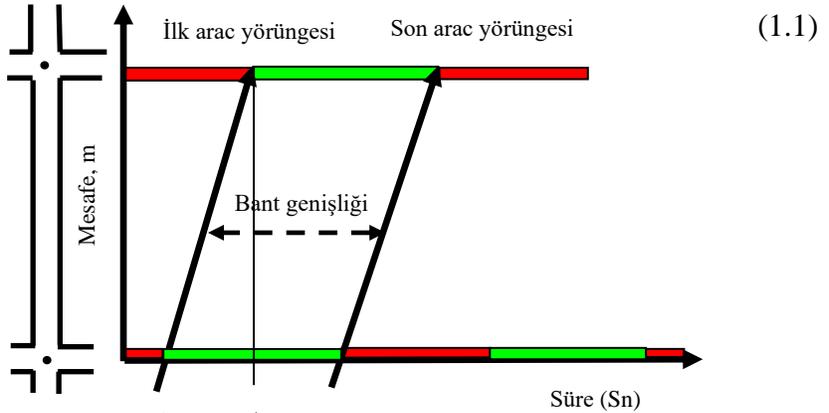
$$t_{ideal} = \text{ideal ofset, sn}$$

$$t_{ideal} = L/V$$

$$L = \text{kavşaklar arası mesafe, m}$$

$$V = \text{araç hızı, m/sn}$$

olacak şekilde,



Şekil 1. Zaman-mesafe diyagramı

Bant genişliği: Araç guruplarının sürekli olarak yeşil süreyi kullandıkları miktardır. Bant genişliği ilk ve son aracın hiç durmadan tüm sistemden geçtiği zaman farkı olup birimi saniyedir [1, 9].

2.2.2. Koordineli Sinyal Sistemlerinin Türleri:

Bu tip uygulamalarda sistemde bulunan kavşaklardaki talep ve boşaltma oranlarının birbirlerini etkilemeleri söz konusu olacaktır. Bir tür sinyal sisteminin koordineli olarak işletilip işletilmemesi, mevcut bütçe kaynaklarına ve söz konusu sistemin fiziksel uygulanabilirliğine dayanmaktadır. En yaygın kullanılan sinyal sistemleri Kentel Trafik Kontrol Sistemleri (KTKS-UTCS), Kapalı Döngü Sistemleri, Zaman Tabanlı Koordinasyon (ZTK-TBC) Sistemleri ve Trafik Adaptif Sinyal Kontrol sistemleridir [10, 11].

2.2.3. Trafik Sinyal Koordinasyonunun Avantajları ve Dezavantajları

Sinyal koordinasyonu, pek çok uzman tarafından dikkate alınan şebeke veya koridor sistemleri için avantajlı bir uygulama olarak algılanmaktadır. Sinyal koordinasyon sistemlerinin yaşam ve hareketlilik kalitesini arttırmada başarılı olduğu kanıtlanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki pratik deneyimler, koordineli hale getirilip, merkezi bir ana kontrol sistemi üzerinden optimize edilmiş zamanlama planları ile işletilen sistemler sayesinde, seyahat sürelerinde yüzde 10'dan yüzde 20'ye kadar bir azalmanın sağlanabildiğini göstermiştir [12].

Sinyal koordinasyonu uygulamalarının aşağıdaki gibi belirlenmiş bazı avantajları vardır [12];

- Bölgelerdeki trafik kazalarını azaltır
- Hareket etkinliğini ve erişimi artırır
- Enerji ve yakıt tüketimini azaltır
- Duruş sürelerini azaltır
- Azaltılmış araç emisyonları sayesinde çevresel faydalar sağlar
- Günlük trafik işlemlerini izleyebilme imkânı sunar (KTKS ve Closed-Loop).

Sahip olduğu bu avantajların yanında koordinasyonlu işletilen sinyalizasyon sistemlerinin dezavantajları da aşağıda sunulmuştur [12].

- Seyahat hızlarındaki artış, bölgede yaşayan veya ikamet eden toplumda olumsuz bir etkiye neden olabilir
- Avantajlı yönlerinden dolayı şebeke içindeki değişik koridordan ilave trafik çekebilir
- Bakım ve ekipman maliyetleri, kullanılan donanım ve yazılım türüne bağlı olarak yüksek olabilir ve sistemin işletilmesi nitelikli personel gerektirir.

3. Materyal ve Metot

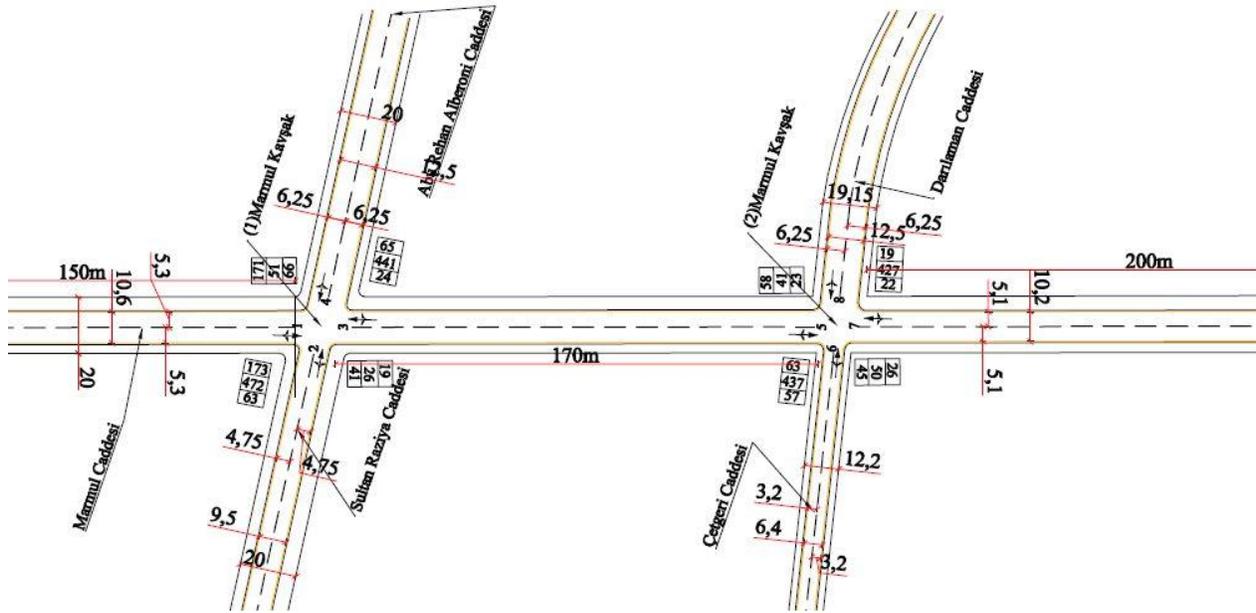
3.1. Materyal

Kavşakların analizi için gerekli olan trafik verileri, her kavşakta zemin seviyesinden yaklaşık 1,8 metre yükseklikte kurulmuş olan kameraların kullanıldığı video kayıt yöntemi ile toplanmıştır.

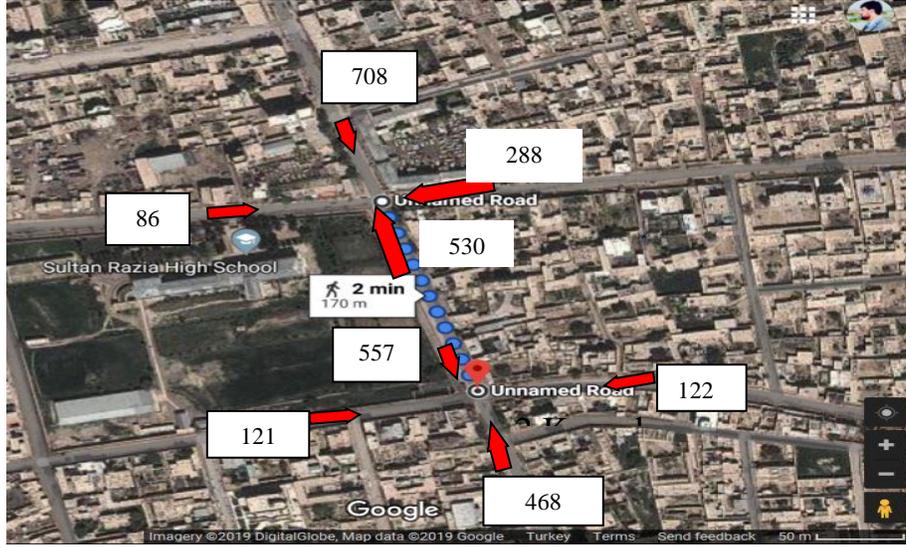
Kaydedilen videolar incelenerek kavşakların akım kollarına ait trafik hacim sayımları yapılmıştır. Çalışma alanındaki trafik hacimleri; akşam zirve saatleri olan 16:00-17:00 arasında yapılan analizlerle, Tablo 1’de verilen otomobil birim eşdeğerlerini kullanılarak belirlenmiştir. Kavşakları oluşturan caddelere ait şerit sayıları, genişlikler gibi mevcut geometrik tasarım özelliklerine ait bilgiler de ilaveten elde edilmiştir. Bu veriler ışığında Autocad yardımıyla tasarımı yapılan kavşaklar Şekil 2.’de gösterilmektedir. Zirve saat 16:00-17:00 trafik hacimleri ve çalışma alanı hava fotoğrafı da, Şekil 3.’de gösterilmektedir. Tablo 2 ve 3.’de kavşaklardaki akım kollarına ve yönlerine ait toplam taşıt miktarları, araç türleri dikkate alınarak sunulmuştur.

Tablo 1. Otomobil birim eşdeğerleri UK, Bangledesh [13]

Taşıt kategorileri	Webster (1958)	MoC(2001)
Otomobil	1	1
Orta büyüklükteki taşıtlar (Minibüs, vb)	1,75	-
Kamyon, Tır	-	3
Otobüs	2,25	3
Motosiklet	0,3	0,75
Üç Tekerli motosiklet (Auto-Richshaw)	-	0,75
Bisiklet	0,2	0,5



Şekil 2. Marmul caddesindeki birinci ve ikinci kavşakların mevcut durum geometrik yapıları



Şekil 3. Çalışma alanı ve akım yönlü toplam trafik miktarları

Tablo 2. Marmul caddesine ait birinci kavşağın akım yönlü trafik kompozisyonu

Akım Yönü	Otomobil	Ağır Taşıt	Otobüs	Toplam
Marmul Caddesi-1(Batı)	702	6	0	708
Sultan Raziya Caddesi-2(Güney)	85	0	1	86
Marmul Caddesi-3(Doğu)	523	7	0	530
Abu.al-Birooni Caddesi-4 (Kuzey)	286	1	1	288
Toplam	1596	14	2	1612

Tablo 3. Marmul Caddesine ait ikinci kavşağın akım yönlü trafik kompozisyonu

Akım Yönü	Otomobil	Ağır Taşıt	Otobüs	Toplam
Marmul Caddesi-5 (Batı)	549	8	0	557
Çetgeri Caddesi-6 (Güney)	120	1	0	121
Marmul Caddesi-7 (Doğu)	464	4	0	468
Darılaman Caddesi-8 (Kuzey)	118	4	0	122
Toplam	1251	17	0	1268

3.2. Metot

Bu araştırma, sahadan elde edilen verilere dayanarak trafik simülasyon yazılımı yardımı ile yapılmış, tanımlayıcı-analitik bir araştırmadır. Bu anlamda mevcut durum irdelenmiş, kavşaklara ait trafik işletim sisteminin senkronizasyonlu sinyalizasyon kavşak uygulamaları ile iyileştirilmesi, geometrik tasarımların yeniden düzenlenmesi de dikkate alınarak yapılmıştır. Bu çalışmada, SIDRA yazılımı ile kavşak sinyalizasyon ve devre süresi analizleri, mikro ölçekli trafik simülasyon yazılımı olan PTV - VISSIM ile de gecikme etüdlerinin yapıldığı iki aşamalı bir yöntem uygulanmıştır. SIDRA yazılımının sonuçlarını elde ettikten sonra, (PTV - VISSIM) yazılımı ile simülasyon modellemesi ve gecikme etüd analizi yapılmış ve değerlendirilmiştir.

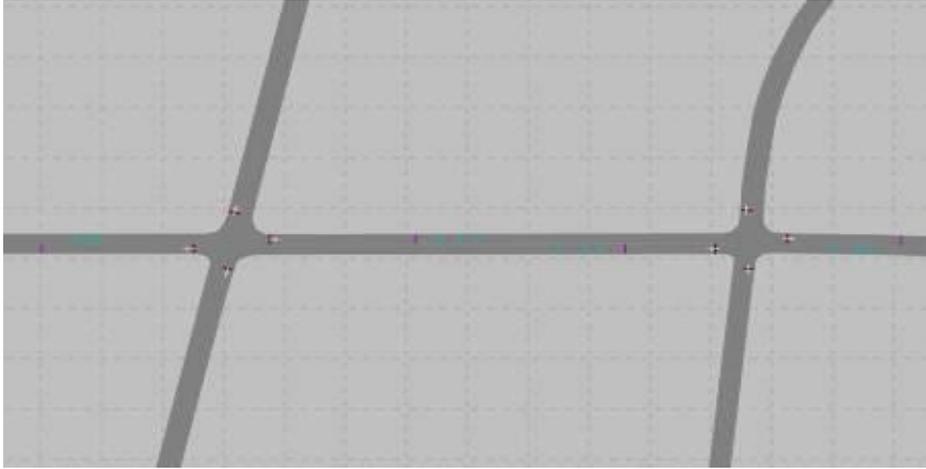
4. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Sinyalizasyonun gecikme süresi üzerindeki etkisi, kavşak geometrilerinde yapılan değişiklikler ve farklı trafik akım miktarları kullanılarak, SIDRA ve VISSIM yazılımları ile, kentlerdeki ulaşım problemlerinde önem derecesi yüksek bir kavram olarak kabul edilen trafikte kaybedilen zaman ve kuyruk uzunluk parametreleri açısından irdelenmiştir. Mevcut ve iyileştirilmiş durum üzerinde ki sinyal koordinasyonunun etkilerini bulmak için elde edilen veriler, koordinasyon öncesi koşullarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Araştırma ile ilgili olarak elde edilen bulgular aşağıda alt başlıklar halinde detaylı bir şekilde gösterilmektedir.

4.1. Sinyal Koordinasyonundan Önce ve Sonra Simülasyon Modellemesi ve Analizleri

4.1.1. Mevcut Durum

Kavşakların mevcut geometrisi ve akım yönlü trafik hacim değerleri SIDRA programına girilerek devre süreleri elde edilerek Tablo 4.'da gösterilmiştir. Daha sonra elde edilen bu devre süreleri, akım değerleri ile beraber VISSIM de modellenmiş, böylece her iki kavşak başına, ortalama taşıt gecikmeleri, ortalama ve maksimum kuyruk uzunlukları sinyal koordinasyon öncesi ile koordinasyon sonrası senkronize edilmiş sisteme ait taşıt başına ortalama gecikme ve kuyruk uzunluk değerleri elde edilmiştir. Mevcut koşullardaki değişikliklerin sonuçlarını karşılaştırmak ve sinyal koordinasyon etkilerini değerlendirme içerikli temel amaç doğrultusunda elde edilen sonuçlar, aşağıda tablo ve grafikler halinde verilmektedir.



Şekil 4. Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşağının mevcut durum simülasyon modeli

Tablo 4. Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşağın SIDRA dan elde edilen faz ve devre süreleri

Kavşak No	Sinyal Durumu	Batı (faz2)	Güney (faz1)	Doğu (faz3)	Kuzey (faz4)	Devre süresi(sn)
Birinci kavşak	Koordinasyondan önce	43	6	33	18	120
	Koordinasyondan sonra	44	6	33	12	115
İkinci kavşak	Koordinasyondan önce	26	6	22	6	80
	Koordinasyondan sonra	34	10	41	10	115

Sarı Süre: 2 saniye Ortak Kırmızı Süre: 3 saniye, (Her faz geçişinde) yukarıda belirtilen fazlara ait yeşil süreler dahildir.

Tablo 5. Marmul caddesine mevcut duruma ait birinci ve ikinci kavşağın sinyal koordinasyonundan önce ve sonraki simülasyon uygulamalarının sonuçları

Kavşak No	Birinci Kavşak		İkinci Kavşak	
	Koordinasyondan önce	Koordinasyondan sonra	Koordinasyondan önce	Koordinasyondan sonra
Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	52,78	53,85	34,35	27,7
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	52,55	53,88	34,27	27,54
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	66,75	37,68	41,21	42,44
Otobüs ortalama gecikmesi (sn)	104,26	116,82	-	-
Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	43,56	43,73	19,57	15,53
Maksimum kuyruk uzunluğu (m)	168,67	194,55	152,47	128,47

Tablo 5. incelendiğinde, birinci kavşakta mevcut akım değerlerine göre sinyal koordinasyonundan sonra VISSIM simülasyon sonucu elde edilen toplam taşıt ortalama gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi, otobüs ortalama gecikmesi, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerlerinin arttığı görülecektir. Bununla beraber ağır taşıt ortalama gecikmesi ise azalmıştır. Artışların sebebi Tablo 4.'den de görüldüğü üzere kuzey yönünün faz süresinin 18 saniyeden 12 saniye ye düşüşünün sahip olduğu etkiye bağlı olarak ifade edilebilir.

Tablo 6. Kavşaklarda mevcut durumuna ait koordinasyondan önce ve sonra ağ için VISSIM simülasyon sonuçları

Parametreler	Koordinasyondan Önce	Koordinasyondan Sonra
Toplam taşıt gecikme (saat)	37,05	35,80
Otalama taşıt gecikme (sn)	71,63	69,22
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	71,42	69,21
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	86,67	62,82
Otobüs ortalama gecikmesi(sn)	104,43	116,98
Toplam taşıt ortalama hızı (km/sa)	16,18	16,48
Otomobil ortalama hızı (km/sa)	16,21	16,49
Ağır taşıt ortalama hızı (km/sa)	14,16	17,18
Otobüs ortalama hızı (km/sa)	10,25	9,34

Tablo 5.'de ağır taşıt ortalama gecikme değerindeki azalma ise, bu taşıt türü hareketliliğinin daha yoğun olarak doğu-batı akım yönünde olması ve bu yöndeki faz süresindeki artıştan kaynaklanmaktadır. İkinci kavşakta; ortalama taşıt gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi ve ortalama kuyruk uzunlukları değerlerinde azalma gözlemlenmiş olmakla beraber, ağır taşıt ortalama gecikmesi ve maksimum kuyruk uzunluk değerlerinde artış söz konusu olmuştur.

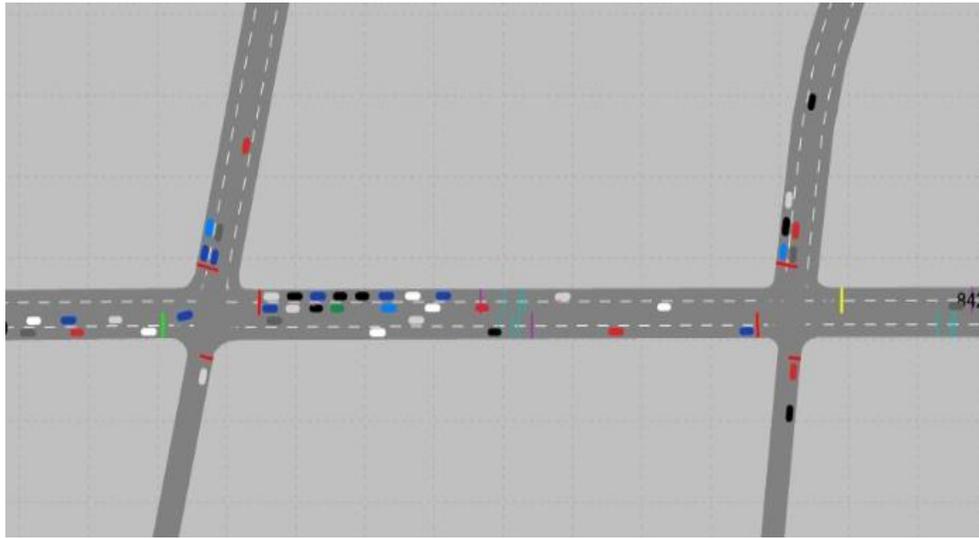
4.1.2. İyileştirilmiş Durum

Mevcut duruma ait geometrik tasarımda iyileştirmeler yapılmış ve mevcut trafik akım değerleri kullanılarak, geometrisi iyileştirilmiş durum VISSIM simülasyonu ile analiz edilmiştir. Tablo 7.'de yapılan geometrik iyileştirme verileri gösterilmektedir.

Tablo 7. Birinci ve ikinci kavşaklara ait iyileştirilme öncesi ve sonrası geometrik parametreler

Kavşak No	Caddeler	Mevcut durum			İyileştirilmiş durum		
		Şerit sayısı	Şerit genişliği (m)	Drenaj	Şerit sayısı	Şerit genişliği (m)	Drenaj
1	Marmul Caddesi 1	2	5,3m	açık	4	3m	kapalı
	Sultan Raziya Caddesi 2	2	4,75m	açık	2	4,5m	kapalı
	Marmul Caddesi 3	2	5,3m	açık	4	3m	kapalı
	Abu.Alberoni Caddesi 4	2	6,25m	açık	4	3m	kapalı
2	Marmul Caddesi 5	2	5,3m	açık	4	3m	kapalı
	Çetgeri Caddesi 6	2	3,2m	açık	2	3,2m	kapalı
	Marmul Caddesi 7	2	5,1m	açık	4	3m	kapalı
	Darılaman Caddesi 8	2	6,25m	açık	4	3m	kapalı

Marmul Caddesine ait birinci ve ikinci kavşaklara ait caddelerin geometrik tasarımı iyileştirildikten sonra ilgili değerler ve mevcut trafik akım değerleri SIDRA yazılımına aktarılmış; elde edilen devre süreleri Tablo 8.'de gösterilmiştir. Daha sonra, geometrisi iyileştirilmiş kavşaklara ait mevcut trafik akım değerleri ile SIDRA dan elde edilen devre ve faz süreleri VISSIM'e aktarılmıştır. Böylece, kavşaklar için sinyal koordinasyonundan önce ve sonrası senaryolara ait VISSIM simülasyonu yapılmıştır. Analiz sonuçları aşağıda tablo ve grafik şeklinde verilmektedir.



Şekil 5. Marmul caddesine ait geometrik tasarımı iyileştirilmiş birinci ve ikinci kavşağın VISSIM simülasyonu modeli

Tablo 8. Marmul Caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılan birinci ve ikinci kavşağın koordinasyon öncesi ve sonrasındaki akım kollarının faz ve devre süreleri

Kavşak No	Sinyal Durum	Batı (faz2)	Güney (faz1)	Doğu (faz3)	Kuzey (faz4)	Devre süresi(sn)
Birinci kavşak	Koordinasyondan önce	15	6	11	8	60
	Koordinasyondan sonra	13	6	10	6	55
İkinci kavşak	Koordinasyondan önce	13	6	10	6	55
	Koordinasyondan sonra	15	6	8	6	55

Sarı Süre: 2 Sn Ortak Kırmızı Süre: 3 Sn, (Her faz geçişinde) yukarıda belirtilen fazlara ait yeşil süreler dahildir.

Tablo 9. Marmul caddesine ait geometrik iyileştirilmesi yapılmış birinci ve ikinci kavşağın sinyal koordinasyondan önce ve sonra kavşak başına simülasyon uygulamasının sonuçları

Kavşak Sayısı	Birinci Kavşak		İkinci Kavşak	
	Koordinasyondan önce	Koordinasyondan Sonra	Koordinasyondan önce	Koordinasyondan Sonra
Ortalama taşıt gecikme (sn)	22,72	22,2	19,49	15,9
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	22,69	22,19	19,46	15,8
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	23,68	31,25	20,91	21,56
Otobüs ortalama gecikmesi (sn)	30,29	30,29	-	-
Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	9,46	8,95	6,27	5,11
Maksimum kuyruk uzunluğu (m)	75,89	62,61	48,94	54,49

Tablo 10. Kavşaklarda geometrik iyileştirilmesi yapılmış duruma ait sinyal koordinasyonundan önce ve sonra tüm ağ için simülasyon uygulamasının sonuçları

Parametreler	Koordinasyondan Önce	Koordinasyondan Sonra
Toplam taşıt gecikmesi (saat)	17,87	16,29
Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	34,29	31,25
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	34,24	31,17
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	37,49	36,64
Otobüs ortalama gecikmesi (sn)	30,75	31,68
Toplam taşıt ortalama hızı (km/sa)	25,34	26,54
Otomobil ortalama hızı (km/sa)	25,36	26,57
Ağır taşıt ortalama hızı (km/sa)	24,51	24,81
Otobüs ortalama hızı (km/sa)	23,71	23,3

Tablo 9. analiz edildiğinde, geometrik iyileştirme ve sinyal koordinasyon sonrasında VISSIM ile yapılan değerlendirme sonuçlarına göre birinci kavşaktaki tüm akım kolları için mevcut trafik akım değerleri çerçevesinde toplamdaki ortalama taşıt gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi ve otobüs ortalama gecikmesi ile ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerlerinin azaldığı görülmektedir. Öte yandan ağır taşıt ortalama gecikmesi ise artmıştır. Bu artışın nedeni, gerek batı gerekse de doğu akım yönlerinde ağır taşıt trafik miktarının çokluğuna rağmen her iki akım kollarına ait devre sürelerinin düşmesi ile ilgilidir. İyileştirme sonrası VISSIM uygulaması sonuçlarına bakıldığında ikinci kavşak için araç başına ortalama toplam gecikmenin azalmasının temel nedeni, Tablo 8.'den görülebileceği üzere ikinci kavşağa ait ana akım kolu olan Doğu-Batı aksına ait batı akım yönünün sinaylasyon faz süresinin koordinasyon sonrası 13 saniyeden 15 saniyeye çıkmasıdır. Koordinasyon sonrası benzer azalmalar, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluklarında da gözlemlenmiştir. Yapılan koordinasyon ile bazı akım kollarına ait faz süreleri artarken, bazılarında ise azalma söz konusu olmuştur. Bu duruma bağlı olarak bazı kavşaklardaki

araç başına gerçekleşen ortalama gecikme ve kuyruklanma değerleri artarken, bazılarında ise azalma gerçekleşmiştir.

4.1.3. Araştırma sonuçlarının değerlendirilmesi

Bu bölümde, VISSIM’de gözlemlenen ortalama taşıt gecikmesi, otomobil ortalama gecikmesi, toplam taşıt gecikmesi, ortalama taşıt hızı ile ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerlerinin üzerinde ki sinyal koordinasyonunun etkilerini belirlemek için elde edilen veriler, koordinasyon öncesi koşullarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

4.1.3.1. Mevcut Durum

Tablo 11.’de kavşakların mevcut geometrisi ile akım yönlü trafik hacim değerlerine göre, tekil olarak birinci ve ikinci kavşak için VISSIM simülasyon sonuçlarına dayalı sinyal koordinasyonun etkileri sunulmaktadır.

Tablo 11. Mevcut durum trafik değerleri açısından birinci ve ikinci kavşak için VISSIM simülasyon sonuçlarına dayalı sinyal koordinasyonun etkileri (%)

Kavşak No	Birinci Kavşak	İkinci Kavşak
Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	2,03-Artış	19,36-Düşüş
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	2,53-Artış	19,64-Düşüş
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	43,55-Düşüş	-2,98-Artış
Otobüs ortalama gecikmesi (sn)	12,05-Artış	-
Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	0,39-Artış	20,64-Düşüş
Maksimum kuyruk uzunluğu (m)	15,34-Artış	15,74-Düşüş

Tablo 11.’de görüldüğü üzere, sinyal koordinasyonu birinci kavşak için etkin olmamış fakat ikinci kavşak için ilgili zamansal ve kuyruklanma parametrelerinde önemli düşüşler sağlamıştır. Tablo12.’de tüm sistem (ağ) için sinyal koordinasyonun etkileri gösterilmektedir.

Tablo 12. Mevcut duruma ait sistem (ağ) için sinyal koordinasyonun total etkileri (%)

Parametreler	Sistem (Ağ)
Toplam taşıt gecikmesi (saat)	3,36 -Düşüş
Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	3,36 -Düşüş
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	3,09 -Düşüş
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	27,52-Düşüş
Otobüs ortalama gecikmesi (sn)	12,02-Artış
Ortalama taşıt hız (km/sa)	1,85-Artış
Otomobil ortalama hızı (km/sa)	1,73-Artış
Ağır taşıt ortalama hızı (km/sa)	21,33-Artış
Otobüs ortalama hızı (km/sa)	8,88 -Düşüş

Mevcut trafik miktarlarının geçerli olduğu durum için tüm ağ (sistem) üzerinde sinyal koordinasyonun etkili olduğu Tablo 12.’de ki veriler incelendiğinde görülmektedir. Bununla beraber, birinci kavşakta kuzey-göney yaklaşım kollarında otobüs miktarı fazla olduğu için bu taşıt cinsi ile ilgili olarak gecikme miktarında artış gözlemlenmiştir.

4.1.3.2. İyileştirilmiş Durum

Bu bölümde, daha önce belirtilen iyileştirilmiş geometrik düzenlemeler çerçevesinde kavşak için geliştirilen yeni tasarıma ait trafik miktarları değiştirilmeden uygulanan senaryolara göre VISSIM simülasyonu ile yapılan analizler açıklanmıştır. Tablo 13.'de iyileştirilmiş duruma ait birinci ve ikinci kavşak için VISSIM simülasyon sonuçlarına dayalı sinyal koordinasyonun etkileri gösterilmektedir.

Tablo 13. İyileştirilmiş duruma ait birinci ve ikinci kavşak için VISSIM simülasyon sonuçlarına dayalı sinyal koordinasyonun etkileri (%)

Kavşak No	Birinci Kavşak	İkinci Kavşak
Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	2,29-Düşüş	0,70-Düşüş
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	2,20-Düşüş	0,71-Düşüş
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	31,97-Artış	0,14-Artış
Otobüs ortalama gecikmesi (sn)	0,00	-
Ortalama kuyruk uzunluğu (m)	5,39-Düşüş	0,07-Düşüş
Maksimum kuyruk uzunluğu (m)	17,50-Düşüş	2,72-Artış

Kavşakların iyileştirilmiş durumunda sinyal koordinasyonu uygulamasının tekil kavşaklar üzerinde düşük düzeyde etkili olduğu Tablo 13.'den görülmektedir. Öte yandan ağır taşıt ortalama gecikmesinde özellikle birinci kavşak özelinde önemli bir artış görülmüştür. Bu artışın nedeni, doğu akım yönünde ağır taşıt trafik miktarının çokluğuna rağmen doğu (doğu bant genişliği) akım yönünde sinyal koordinasyonun sağlanamaması ile ilgilidir. Tablo 14.'de sinyal koordinasyonun tüm sisteme (ağ) ait parametreler açısından total etkileri gösterilmektedir.

Tablo 14' dikkatle irdelendiğinde, iyileştirilmiş durumda sinyal koordinasyonu uygulamasının sistem (ağ) için etkin sonuçlar ürettiği görülmektedir. Bununla beraber, otobüs miktarı birinci kavşakta kuzey-güney yaklaşım kollarında fazla olduğu için otobüs ortalama gecikmesinde artış görülmektedir.

Tablo 14. İyileştirilmiş duruma ait sistem (ağ) için sinyal koordinasyonun etkileri (%)

Parmetreler	Sistem(ağ)
Toplam taşıt gecikmesi (saat)	8,85-Düşüş
Ortalama taşıt gecikmesi (sn)	8,87-Düşüş
Otomobil ortalama gecikmesi (sn)	8,97-Düşüş
Ağır taşıt ortalama gecikmesi (sn)	2,27-Düşüş
Otobüs ortalama gecikmesi (sn)	3,02-Artış
Ortalama taşıt hız (km/sa)	4,74-Artış
Otomobil ortalama hızı (km/sa)	4,77-Artış
Ağır taşıt ortalama hızı (km/sa)	1,22-Artış
Otobüs ortalama hızı (km/sa)	1,73-Düşüş

4.1.3.3. Kavşakların Geometrik İyileştirmesi ve Performansa Etkisi

Geometrisi iyileştirilmiş tüm sistem (ağ) için mevcut durum ve trafik akım değerlerine göre VISSIM den elde edilen analiz sonuçlarına dayalı sinyal koordinasyon öncesi ve sonrası performans değerleri incelendiğinde, sistem (ağ) için yapılan geometrik iyileştirmenin sinyal koordinasyonu öncesi mevcut duruma göre; toplam taşıt gecikmesini %51,78, ortalama taşıt gecikmesini % 52,13, otomobil ortalama gecikmesini %52,06, ağır taşıt ortalama gecikmesini %56,74, otobüs ortalama gecikmesini %70,55 oranında düşürdüğü görülmüştür. Bununla beraber ortalama taşıt hızını % 56,61, otomobil ortalama hızını %56,45, ağır taşıt ortalama hızını % 73,09, otobüs ortalama hızını da % 131,32 oranında arttırmıştır. Geometrik iyileştirme ve sinyal koordinasyonu kombinasyonu sonrası ise toplam taşıt gecikmesi %54,51, ortalama taşıt gecikmesi %54,85, otomobil ortalama gecikmesi % 54,96, ağır taşıt ortalama gecikmesi % 41,67, otobüs ortalama gecikmesi % 72,92 oranında azalmıştır. Ayrıca, ortalama taşıt hızı % 61,04, otomobil ortalama hızı % 61,13, ağır taşıt ortalama hızı % 44,41, otobüs ortalama hızı da % 149,46 oranında artmıştır. Dolayısı ile kavşakların geometrik tasarımının iyileştirilmesinin hizmet düzeyinin artmasındaki olumlu etkisi açıkça görülmektedir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

4.1. Sonuçlar

Bu araştırmanın analizler bölümü mevcut durum ve iyileştirilmiş durumdan oluştuğu için her bir kısım ayrı ayrı ele alınmış ve incelenmiştir. Araştırmanın birinci kısmında, mevcut geometrisi ve trafik miktarları açısından kavşakların tekil ve sistemsel (ağ) analizleri yapılmıştır. Bu kısımda, sinyal koordinasyonu öncesi ve sonrası ortalama taşıt gecikmesi, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluk değerleri gözlemlenmiştir. Bu amaçla SIDRA yazılımı ile elde edilen sinyalizasyon faz ve devre süreleri ve mevcut trafik akım değerleri, VISSIM de yapılan simülasyon uygulamasında girdi olarak kullanılmıştır. Çalışmalar sonucunda, kavşak geometrisi iyileştirilmesi olmaksızın, kavşaklar arası sinyal koordinasyonu oluşturulması durumunda, sistem için toplam taşıt gecikmelerinde yüzde 3,36'a varan düşüşler görülmüştür. Ayrıca, birinci ve ikinci kavşağa ait ana akım kolu olan batı-doğu akım yönünde sinyal koordinasyonun etkin olduğu görülmüştür.

Araştırmanın ikinci kısmında, geometrik iyileştirmeler dikkate alınarak, sinyal koordinasyonu öncesi ve sonrası her bir kavşak için ayrı ayrı elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Ayrıca her iki kavşağın birlikte oluşturduğu sisteme (ağa) ait analiz sonuçları çerçevesinde, mevcut durum ile iyileştirilmiş durum kıyaslanmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda elde edilen sonuçlar şu şekilde değerlendirilmektedir

- Geometrik iyileştirmeden önce birinci kavşağın devre süresi 120, ikinci kavşağın devre süresi ise 80 saniye olarak elde edilirken, sinyal koordinasyonu sonrası kavşakların devre süresi 115 saniye olarak elde edilmiştir. Geometrik tasarım iyileştirilmesinden sonra birinci kavşağın devre süresi 60 saniye'ye düşerken ikinci kavşağın devre süresi de 55 saniye olarak elde edilmiştir. Bununla beraber, sinyal koordinasyonu sonrası kavşakların devre süresi ise 55 saniye olarak elde edilmiştir.

- Geometrik tasarım iyileştirildikten sonra Marmul caddesine ait birinci ve ikinci kavşak arasında koordinasyon sağlanması durumunda sistem için toplam taşıt gecikmelerinde yüzde 8,85' e varan düşüşler görülmüştür.
- VISSIM den elde edilen analiz sonuçlarına göre mevcut duruma ait birinci kavşağın hizmet düzeyi D, ikinci kavşağın hizmet düzeyi C olarak görülmüştür. İyileştirilmiş duruma ait birinci kavşağın hizmet düzeyi C, ikinci kavşağın hizmet düzeyi de B olarak elde edilmiştir.
- Mevcut durum ile iyileştirilmiş durum kıyaslandığında, iyileştirilmiş durumda koordinasyon öncesi sistem (ağ) için toplam taşıt gecikmelerinde yüzde 51,78' a, koordinasyon sonrası ise toplam taşıt gecikmelerin de yüzde 54,51'e ulaşan düşüşler görülmüştür.

4.2. Öneriler

Bu çalışmada, gecikme tahminleri VISSIM Simülasyon yazılımı ile yapılmıştır. VISSIM yazılımının ihtiyaç duyduğu sinyal devre ve faz süreleri içinde SIDRA programı kullanılmıştır. Çalışma konusuna ait inceleme hacminin oldukça kapsamlı olması nedeniyle, yaya hareketlilikleri ve parklanma etkisi göz önünde bulundurulmamıştır.

- Gelecekte yapılması planlanan çalışmada, güzergâh boyunca park halindeki taşıtların ve yayaların etkisinin araştırılması da düşünülmektedir.
- Sinyalize kavşaklara öncelikli sistemlerin de dâhil edilmesi ile gecikme, hız ve kuyruklanma optimizasyonunu sağlayan devre ve faz sürelerinin elde edilmesi üzerine Afganistan özelinde araştırmalar yapılacaktır.
- Farklı simülasyon yazılımları ile, Afganistan'da trafik sorunlarının çözümü için mevcut geometrik ve iyileştirilmiş senaryolar çerçevesinde etkin uygulama stratejilerinin, belirlenmesinin Afganistan ekonomisine olacak katkılarının tespit edilmesi de bir diğer öneri olarak sunulmaktadır.
- Son olarak, Afganistan'da sürücü davranışları ve trafik özellikleri için özgün bir yazılımın geliştirilmesi ve Afganistan'daki trafik çalışmalarında kullanılmak üzere güvenilir bir veri tabanının oluşturulması önerilmektedir.

5. Kaynakça

- [1] Roess, R. P., Prassas, E. S. and McShane, W. R., Traffic Engineering, Pearson Education, Limited, 2010.
- [2] Roess, R. P., Prassas, E. S. and McShane, W. R., Traffic Engineering (4th edition), Pearson Higher Education, 2011.
- [3] Çakıcı, Z., Sinyalize Dönel (Yuvarlakada) Kavşakların Tasarım Esaslarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
- [4] Mohimani, G. H., Ashtiani, F., Javanmard, A. & Hamdi, M., Mobility modeling, spatial traffic distribution, and probability of connectivity for sparse and dense vehicular ad hoc networks. IEEE Transactions On Vehicular Technology, Vol. 58, No. 4, 2009
- [5] Fu, L., and Hellinga, B., Delay variability at signalized intersections. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No.1710, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2000, pp.215-221.
- [6] Park, B. B., and Schneeberger, J., "Microscopic Simulation Model Calibration and validation: case study of VISSIM simulation model for a coordinated actuated Signal system," Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol. 1856, pp. 185-192, 2003.
- [7] Bhattarai, B. and Marsani, A., Time Based Traffic Signal Coordination (A Case Study of Gattaghar and Naya Thimi Intersections), Proceedings of IOE Graduate Conference, pp. 48-54, 2015
- [8] Şahin, F. E., Eskişehir Yeni Garının Trafik Etkilerinin Değerlendirilmesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2015
- [9] Ocakdan, S., Arterlerin Yeniden Yapılandırılmasında Simülasyon Tekniği ile Karar Verme Ve Bir Kavşak Uygulaması, İstanbul teknik üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2010
- [10] Minnesota Department of Transportation. Traffic Signal Timing and Coordination Manual, 2013.
- [11] Fred L. & Orcutt Jr., The Traffic Signal Book, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J, 1993.
- [12] Nesheli, M. M., Puan, O.C. and Roshandeh, A. M., Optimization Of Traffic Signal Coordination System On Congestion: A Case Study, Wseas Transactions On Advances In Engineering Education, Issue 7, Vol: 6, 2009
- [13] Saha, P., Hossain, Q. S., Mahmud, H. M. I. and Islam, Z. Passenger Car Equivalent (PCE) Of Through Vehicles At Signalized Intersections In Dhaka Metropolitan City, Bangladesh. IATSS Research Vol.33 No.2, 2009