

Kavşaklarda Trafik Sinyalizasyon Sisteminin Modellemesi ve Benzetimi

Fuat ŞİMŞİR¹, Emrah ÖZKAYNAK², Dursun EKMEKÇİ,³

¹ Karabük Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük

² Karabük Üniversitesi, Bilgisayar Programcılığı Bölümü, Karabük

³ Karabük Üniversitesi, Bilgisayar Programcılığı Bölümü, Karabük

fuatsimsir@karabuk.edu.tr, eozkaynak@karabuk.edu.tr, dekmekci@karabuk.edu.tr

Özet: Günümüzde gelişen şehirleşme ile birlikte ortaya çıkan trafik karmaşası ve kullanıma açılan yeni yollarla birlikte sayısı hızla artan kavşaklardaki trafik yoğunluğunun da artış göstermesi başlı başına çözülmesi gereken trafik sorunu haline gelmiştir. Kavşaklarda kullanılan trafik ışıklarının zaman optimizasyonlarında ve kavşaklarda bekleyen araçların yoğunluklarının belirlenmesinde en önemli faktörlerden birisi gecikmedir. Bu çalışmada bir kavşaktaki trafik lambalarının sinyalizasyon sürelerinin ve taşıt yoğunluğunun incelenmesi ele alınmıştır. Gecikmenin belirlenmesi için kullanılan geleneksel yöntemler trafiğin yoğun olarak seyrettiği kavşaklarda gerekli çözümü üretmede yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle de trafik hacmi, kırmızı ışık bekleme süreleri ve kuyrukta bekleyen araç sayılarının ortalaması da trafik sinyalizasyonlarının tasarlanmasında önemli parametreler olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışma trafik hacmi, kırmızı ışık bekleme süreleri ve kuyrukta bekleyen araç sayılarının ortalama verileri model üzerinde parametre olarak kullanılarak kavşaklardaki en uygun trafik sinyalizasyonunun oluşturulmasında gözlem yapabilme ve çözüm üretebilmede yardımcı olacaktır.

Anahtar Sözcükler: Sistem Benzetimi, Sistem Modelleme.

Intersections Traffic Signalling System Modeling and Simulation

Abstract: Today, with growing urbanization and the resulting traffic jams for use in the rapidly increasing number of pop-up with new ways to increase the traffic congestion at intersections in itself has become a traffic problem to be solved. Optimizations are used at intersections and junctions and traffic lights when the density of vehicles waiting to be one of the most important factors in determining the delay. In this study, the density of an intersection, traffic lights and vehicle examination of the duration of signaling is discussed. Watched as the traditional methods used to determine the delay at intersections where traffic flows are insufficient to produce the required solution. For this reason, the volume of traffic, red light, waiting times and average number of queued vehicles have emerged as important parameters in the design of the traffic sinyalizasyonlarının. This study is the volume of traffic, red light, waiting times and the average number of queued vehicles at intersections using the data as a parameter on the model, the most appropriate traffic signage solution for the creation, and will help to make the observation.

Keywords: System Simulation, Systems Modeling

1. Giriş

Kavşakların denetiminde sinyalizasyon sistemlerinden yaygın olarak yararlanılmaktadır. Sinyalizasyon sistemleri hem taşıt güvenliği hem yaya güvenliği hem de kavşak kapasitesinin artırılmasında önemli bir yer tutmaktadır. Bununla beraber yanlış uygulanan ve yetersiz kalan sinyalizasyon sistemleri, trafik akışının bozulmasına, trafik kazalarının olmasına, uzun araç kuyruklarının oluşmasına, gecikmelerin artmasına ve sonuç olarak trafik kurallarının uygulanmasında itaatsizliğe neden olmaktadır. Bunlar ve bunlara benzer olumsuz etkileri engellemek için trafik sinyalizasyonlarının doğru bir şekilde tasarlanması ve kavşak optimizasyonlarının en iyi şekilde uygulanması gerekmektedir. Trafik sinyalizasyonlarında en çok kullanılan iki yöntemden birincisi sabit zamanlı trafik sinyalizasyonları, ikincisi ise trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleridir. Sabit zamanlı sinyalizasyonda devre süreleri ve faz sıraları önceden belirlenir ve sistem bu şekilde sabit olarak çalışır. Trafik uyarmalı sinyalizasyonda ise günün değişik saatlerinde trafiğin yoğunluğuna göre devre süreleri ve faz sıraları dinamik olarak denetlenebilmekte ve değiştirilebilmektedir. Bu iki sistem içerisinde ise en çok tercih edileni trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleridir. Günümüzde trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemlerin geliştirilmesi üzerine çalışmalar yaygın olarak yapılmaktadır. Bu çalışmada kavşaklardaki sinyalizasyon sistemlerinin tasarımlarına yardım olabilecek bir kavşak sinyalizasyon modellemesi ve simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Dört yollu kavşaklardaki sinyalizasyon tasarımları için kullanabilecek olan bu modelleme çalışması ile trafik yoğunluğu, gecikmeler ve trafik ışıklarının bekleme süreleri benzetimi ile sistemin performansı ölçülebilmektedir.

2. Literatür Araştırması

Kavşaklardaki sinyalizasyon çalışmalarını kolaylaştırmak üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Çalışmalarda yoğun olarak yapay

sinir ağları ve bulanık mantık denetimleri ile karar verici sistemler tasarlanmıştır. 1977 yılında Pappis ve Mandani sinyal devresi, kuyruk uzunluğu, yaklaşım kolu trafiği ve uzatma süresini parametre olarak kullanarak bir karar verici model tasarlamışlardır[1]. Tzes ve arkadaşları 1995 yılında ulaşım ağları için bir trafik sinyal kontrolü tasarlamışlardır[2]. Tzes, McShane ve Kim yine bulanık mantığa dayalı bir benzetim modeli geliştirmişler ve bunun sabit zamanlı sinyalizasyon ile karşılaştırmasını yapmışlardır.[2] Jongwan Kim ise geliştirdiği denetim algoritması ile ayrı ve 4 fazlı denetlenen kavşaklar için bir benzetim modeli geliştirerek bunların sabit zamanlı sinyalizasyon ile farklarını belirlemiştir.[3] J.P.Niittymaki ayrı ve 2 fazlı denetlenen kavşaklar için geliştirdiği denetim algoritmasının benzetimi ile trafik uyarlamalı denetimi ortalama gecikme ve duruş oranı gibi performans kriterleri bakımından karşılaştırmalar yaparak bunların üzerinde iyileştirmeler yapmıştır[4]. Hoyer ve Jumar ise değişken faz düzenini ele alan bir model geliştirmişler ve yaklaşım kollarındaki trafik hacmi ile kırmızı ışık sinyal süresine bağlı olarak faz sürelerinin ayarlanması üzerine karşılaştırmalar yapmışlardır[5].

3.Yöntemler

Bu çalışmada 4 fazlı denetlenen bir kavşak için sinyalizasyon model benzetimi C# programlama dili kullanılarak görsel olarak tasarlanıp kodlanmıştır. Çalışmada sinyalizasyon sisteminin tasarlanmasında Sonlu Durum Makinaları(Finite State Machines) algoritmaları kullanılmıştır. [6,7,8,9]

3.1 Sonlu Durum Makinaları

Sonlu durum makinaları, belirli ya da sınırlı sayıda durumdan, durumlar arası geçişlerden ve eylemlerin birleşmesiyle oluşan bir modeldir. Durum geçmiş hakkında bilgi saklar, örneğin başlangıçtan şu anki duruma kadar girdi değişimlerini gösterir. Geçiş durum değişimini gösterir ve geçişi sağlamak için yapılması gereken koşullar tanımlanır.

Eylem belirli bir zamanda gerçekleştirilen etkinliğin tanımıdır. Bir çok eylem tipi vardır:

Giriş eylemi

Bu eylem duruma geçerken gerçekleştirilir

Çıkış eylemi

Bu eylem durumdan çıkarken gerçekleştirilir

Girdi eylemi

Mevcut duruma ve girdi koşullarına bağlı gerçekleştirilen eylemdir

Geçiş eylemi

Belirli bir geçiş gerçekleştirilirken oluşan eylemdir

Sonlu durum makinaları durum çizgeleriyle (veya geçiş çizgeleriyle) temsil edilir (Tablo 1). Bunun dışında çok sayıda durum geçiş tablo tipleri kullanılmaktadır. En çok karşılaşılan temsil aşağıda gösterilmiştir: mevcut durum (B)'de iken koşul (Y) gerçekleştiğinde sonraki durum (C) ortaya çıkar. Tüm eylemlerin bilgisi ancak dipnot kullanımıyla eklenebilmektedir. Tüm eylemlerin bilgisini içeren bir SDM tanımı durum tablolarını kullanarak mümkündür.[6,7,8,9]

Mevcut Durum -> Koşul	Durum A	Durum B	Durum C
Koşul X
Koşul Y	...	Durum C	...
Koşul Z

Burada gösterilen tepkisel sistemleri modellemeye ek olarak, sonlu durum makinaları çok farklı alanda önemlidir, bu alanlar elektrik mühendisliği, dilbilim, bilgisayar bilimleri, felsefe, biyoloji, matematik ve mantık olarak sayılabilir. Sonlu

durum makinaları otomata teorisi ve hesaplama teorisinde çalışılan otomatların bir sınıfıdır. Bilgisayar bilimlerinde, sonlu durum makinaları uygulama davranışı, donanım sayısal sistemlerinin tasarımı, yazılım mühendisliği, ağ protokolleri ve hesaplama ve dillerin öğretilmesinde geniş ölçüde kullanılmaktadır.[6,7,8,9]

3.1.1.Sınıflandırma

Alıcı ("Acceptor")/Tanıyıcı ("Recognizer") ve dönüştürücü ("Transducer") olmak üzere iki farklı grup vardır.

3.1.1.1.Alıcılar/Tanıyıcılar

Alıcılar ve tanıyıcılar girdinin makina tarafından kabul edilip edilmediğini belirten evet/hayır (0 veya 1, ikili çıktı) cevaplarından birini verirler. Sonlu durum makinalarının tüm durumlarının kabul eden veya kabul etmeyen olması gerekir. Girdiler işlenirken, mevcut durum kabul eden bir durumsa, girdi kabul edilir; kabul etmeyen bir durumsa girdi red edilir. Kural olarak girdiler için karakterler sembol olarak kullanılır, eylemler yoktur.

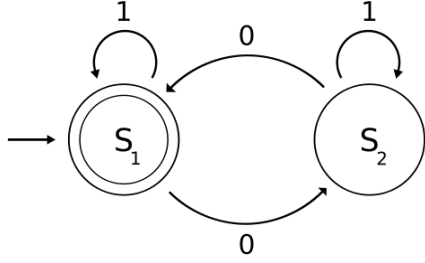
Makina ayrıca makinanın kabul ettiği tüm kelimeleri içeren, makinanın reddettiği tüm kelimeleri içermeyen dil olarak tanımlanabilir. Tanım gereği, Sonlu durum makinaları tarafından kabul edilen diller Düzenli Diller'dir, bu ifade ayrıca bir dilin kendisini kabul eden Sonlu durum makinaları olması durumunda düzenli bir dil olduğunu gösterir.

Başlangıç durumu

Başlangıcı gösteren ve "Start" ifadesiyle veya hiçbir yerden gelen bir okla gösterilen durumdur.

Kabul durumu

Makinanın yordamını başarıyla gerçekleştirdiği durumdur. Çift halka ile temsil edilir. Yordamın bitişini gösterir.



Şekil 3.1. Sonlu Durum Makinaları İşleyiş Yordamı

Yukarıdaki şekilde çift sayıda sıfır içeren ikili ifadeleri oluşturan deterministik sonlu otomata örneği görülmektedir. Soldan gelen ok sayesinde S1'in başlangıç durumu olduğunu ve iç içe çift halka sayesinde de yine S1'in kabul durum olduğunu anlayabiliyoruz. Bu şekilde ifadeye bir sıfır geldiği zaman S2'e geçerek ek olarak mutlaka bir sıfır daha ekleneceği garantilenmiş oluyor ve her zaman kabul edilen ifade çift sayıda sıfır içeriyor[6,7,8,9].

4. Uygulama

Çalışmada 4 faz denetimli bir kavşak için model yapılmıştır. Modelde cadde isimleri, caddelerdeki araç yoğunlukları, sinyalizasyonların bekleme süreleri değişken olarak tanımlanmıştır. Model çalıştırıldıktan sonra herhangi bir anda durdurulduğunda caddelerdeki sinyalizasyonlarda bekleyen araçların anlık ve ortalama sayıları, anlık ve ortalama bekleme süreleri hakkında sayısal ve grafiksel olarak istatistik bilgileri verilmektedir. Şekil1.1'de programın genel görünümü verilmiştir.



Şekil 4.1. Kavşak Sinyalizasyon Programı

Programın detaylarını başlıklar halinde inceleyecek olursak;

4.1.Caddeler ve Araç Yoğunlukları :



Şekil 4.2. Cadde İsimleri ve Araç Yoğunlukları

Şekil 4.2.'de Cadde ve caddelerdeki araç yoğunluklarının giriş ekranı görülmektedir. Caddelerdeki araç yoğunlukları, caddeye bir dakika içerisinde giriş yapan araç sayıları ile ifade edilmektedir. Caddelere araçların girişi araç sayısına bağlı olarak randomize şekilde sağlanmaktadır. Cadde isimlerinin ve araç yoğunluklarının dinamik olarak kullanılması programın herhangi bir 4 faz denetimli bir kavşakta ve trafik yoğunluğunun değişkenlik gösterdiği durumlarda kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır.

4.2.Yeşil Işık Sinyalizasyon Süreleri :



Şekil 4.3. Kırmızı Işık Sinyalizasyon Süreleri

Şekil 4.3.'de kavşakta bulunan sinyalizasyon lambalarının yeşil ışık sürelerini giriş ekranı gösterilmektedir. Bu ekranda her bir caddede bulunan sinyalizasyon lambalarının yeşil ışık bekleme süreleri dinamik olarak değiştirilebilmektedir. Bu sayede trafik yoğunluğuna bağlı olarak her bir caddeye en uygun yeşil ışık için bekleme süresi verilebilmektedir. Ekrandaki L1 parametresi Cadde1'deki sinyalizasyon lambasını, L2 parametresi Cadde2'deki sinyalizasyon lambasını, L3 parametresi Cadde3'deki sinyalizasyon lambasını ve L4 parametresi ise Cadde4'deki sinyalizasyon lambasını ifade etmektedir.

4.3.Anlık İstatistik Verileri:

Caddelerdeki Durum				
	Geçen	Bekleyen	Bek. Süre	Işık
A	17	0	0	■
B	15	0	0	■
C	29	6	52	■
D	18	9	155	■

Şekil 4.4. Anlık İstatistik Verileri

Şekil 4.4.'de kavşaktaki araç yoğunluğu ile ilgili anlık veriler gösterilmektedir. Bu ekrandaki verileri inceleyecek olursak;

Geçen etiketi, modelin çalıştırıldığı andan itibaren mevcut çalışma süresine kadar caddelerdeki sinyalizasyon lambalarından geçen araç sayılarına veriyi ifade etmektedir.

Bekleyen Etiketi, modelin çalıştığı an itibariyle sinyalizasyon lambalarında bekleyen araç sayılarına ait veriyi ifade etmektedir. Buradaki veri her sinyalizasyon lambasının kırmızı durumunda bekleyen araç sayıdır. Yani ışık yeşil olduğu zaman bekleyen araç sayısı azalmakta ve yeşil ışıkta geçen her araç geçen araç etiketindeki verilere kayıt olmaktadır.

Bekleme Süresi Etiketi, modelin çalıştığı an itibariyle kırmızı ışıkta bekleyen araçların bekleme sürelerinin toplamını vermektedir. Bu etiketlerdeki veriler her turda yenilenerek

araç kuyruğunun değerlendirilmesine olanak sağlar.

Işık Etiketi, modelin çalıştığı an itibariyle caddelerdeki sinyalizasyon lambalarının durumu hakkında bilgi verir.

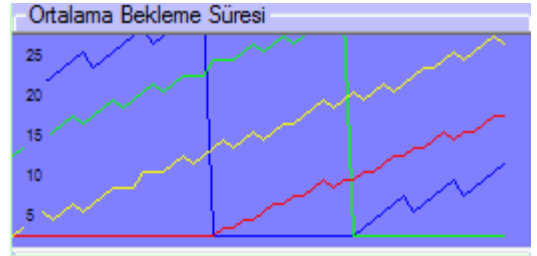
4.4.Caddelerin Kullanım Yoğunluğu:

	A	B	C	D
A	■	6	7	9
B	9	■	12	12
C	16	15	■	13
D	13	11	13	■

Şekil4.5 Caddelerin Kullanım Yoğunluğu

Şekil4.5.'de caddelerde yeşil ışıktan geçen araçların sayısal verileri gösterilmektedir. Örneğin A caddesinde yeşil ışıktan geçen araçların 6 tanesi B caddesine, 7 tanesi C caddesine ve 9 tanesi de D caddesi yönlenmişlerdir. Yeşil ışıktan geçen araçların hangi caddelere yönlenecekleri ister rastgele istersek manuel olarak belirlenebilmektedir.

4.5.Ortalama Bekleme Süresi :



Şekil4.6. Ortalama Bekleme Süresi

Şekil4.6.'de modelde an itibariyle sinyalizasyon lambalarında kırmızı ışıkta bekleyen araçların ortalama bekleme sürelerinin grafiği gösterilmiştir. Grafikteki her bir renk birer caddeyi temsil etmektedir. Hangi rengin hangi caddeye ait olduğuna dair bilgi Şekil4.4.'de gösterilmiştir.

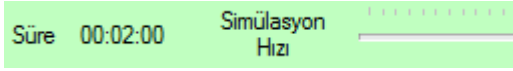
4.6.Ortalama Değerler:

Ortalama Değerler				
	A	B	C	D
Bekleyen Araç	4	12	10	7
Bekleme Süresi	23	22	25	21

Şekil4.7. Ortalama Değerler

Şekil4.7.'da modelin çalıştırıldığı süre boyunca caddelerde kırmızı ışıkta bekleyen araçların ortalama sayısını ve yine caddelerde kırmızı bekleyen araçların ortalama bekleme sürelerine ait veriler gösterilmiştir. Bu ortalama veriler sayesinde modelin çalıştığı süre içerisinde girilen değişkenlere göre sinyalizasyon modelinin kavşak için uygun olup olmadığı değerlendirilebilmektedir.

4.7.Simülasyon Hızı :



Şekil4.8. Ortalama Değerler

Şekil4.8.'de simülasyon modelinin çalıştırılma hızı ve simülasyon modelinin toplam çalışma süresi gösterilmiştir. Simülasyon hızı ayar çubuğu iler artırılıp azaltılabilmektedir.

5. Sonuç ve Öneriler

Modelin çeşitli kavşaklardaki araç yoğunluklarına bağlı olarak çalıştırılması sonucunda kırmızı ışıkta oluşan kuyrukların boyutunun tespit edilmesinde, kırmızı ışıklarda bekleme sürelerinin dinamik olarak ayarlanması sonucu trafik yoğunluğunun gözlemlenmesinde yararlı olduğu görülmüştür. En uygun bekleme ve gecikme sürelerinin tespiti caddelerdeki araç yoğunluğuna bağlı olarak değişkenlik göstermesinden dolayı modelin kullandığı kavşaklara göre değişkenlik göstermiştir. Bu çalışma ile 4 faz denetlenen kavşaklarda trafik sinyalizasyonlarının kavşaklar için en uygun bekleme ve gecikme sürelerinin tespiti yapılmıştır. Simülasyon modelinin çalışma

hızının da değişken olması bir kavşak için kısa zamanda uygun verilerin tespitinde faydalı olmuştur.

Bu modelin giriş parametreleri korunarak aynı çalışma düzeni içerisinde bulanık mantık veya yapay sinir ağları ile denetlenebilir bir sistem haline getirilmesi sisteme tahmin kabiliyeti kazandıracağından dolayı uygun verilerin ve kararların tespiti için karar vermede yardımcı olacağı düşünülmektedir.

5. Kaynaklar

[1] Pappis, C.P.,Mamdani, E.H., “A Fuzzy Logic Controller for a Traffic Junction”, **IEEE Transactions on systems**, Man and Cybernetics, , 707-717,(1977).

[2] Tzes A.ç McShane and Kim, S., “Expert Fuzzy Logic Traffic Signal Control for Transportation Networks”, **Instute of Transportation Engineers 65th Annual Meeting**, Denver USA, 154-158, (1995).

[3] Kim, Jongwan, “A Fuzzy Logic Control Simulator for Adaptive Traffic Management”, **Proc IEEE International Conference on Fuzzy Systems**, 1519-1524, (1997).

[4] Niittymaki, Jarkko, P., “Isolated Traffic Signals- Vehicle Dynamics and Fuzzy Control”, **Ph.D. Thesis**, Helsinki University of Technology, Civil and Environmental Engineering, (1997).

[5] Hoyer, R., Jumar, U., “Fuzzy Control Traffic Control of Traffic Lights”, **Proc. IEEE International Conference on Fuzzy Systems**, 1526-1531, (1994).

[6]tr.wikipedia.org(2012),
<http://tr.wikipedia.org/wiki/Sonlu_durum_makin%C4%B1>,(10 Aralık 2012)

[7] Wagner, F., "Modeling Software with Finite State Machines: A Practical Approach", **Auerbach Publications**, (2006)

[8] Samek, M., "Practical Statecharts in C/C++", **CMP Books**, (2002)

[9]Cassandras, C., Lafortune, S., "Introduction to Discrete Event Systems". Kluwer, (1999)