

Determination of Traffic Light Time at Signalized Intersections with Fuzzy Logic Method

**Hüseyin AKBULUT¹, Cahit GÜRER¹, Şule YARCI¹, Burak Enis KORKMAZ¹*

Abstract

Increased number of vehicles due to various reasons brings along with drawbacks, such as traffic congestion and consequently, carbon dioxide emissions, loss of time, fuel and energy consumption. Traffic congestion reaches its peak value in intersections. One of the basic control methods used to provide solutions to the problems occurring especially at the intersections of urbans is signal control. Signalization is one of the factors that have a significant impact on cycle length, junction capacity, vehicle delay and other indicators [15]. In order for such an important factor to be functional, it is of great importance that the right of way given to the vehicle groups in the intersections is done with the right timing. There is a tendency for adaptive methods to be used because the existing fixed-loop control systems are beginning to be inadequate in rapid urban life over time. Today, the most common use of adaptive methods is the applications made by expert systems. One of these expert systems is the Fuzzy Logic approach. In this study, the time required for the green light in an isolated junction is modeled in the case of the change in the volume of traffic and the average speed of the vehicles in the intersection way with the help of the Fuzzy Logic Toolbox of the MATLAB package programme. In this way, it is aimed that the traffic control is dynamic and compatible with the current condition.

Keywords: Fuzzy Logic, Traffic Control, Intersection, Volume of Traffic, Green Light Timing.

¹*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar*

**Corresponding Author, e-mail: hakbulut@aku.edu.tr*

Bulanık Mantık Yöntemi ile Sinyalize Kavşaklarda Trafik Işığı Süresi Belirlenmesi

Özet

Çeşitli nedenlerle artan araç sayısı, trafik sıkışıklığını ve bunun sonucunda karbondioksit emisyonu, zaman kaybı, akaryakıt ve enerji tüketimi gibi olumsuzlukları beraberinde getirmektedir. Trafik sıkışıklığı, kesişen yol kesimlerinde zirve değerine ulaşmaktadır. Özellikle büyük kentlerin kavşaklarında meydana gelen sorunlara çözüm sunmak amacıyla kullanılan temel denetim yöntemlerinden biri sinyal kontrolüdür. Sinyalizasyon; döngü uzunluğu, kavşak kapasitesi, araç gecikmesi ve diğer göstergeler üzerinde önemli etkisi olan faktörlerden biridir [15]. Bu denli önemli bir faktörün işlevsel olabilmesi için kavşak kollarında araç gruplarına verilen geçiş hakkı doğru zamanlama ile yapılması oldukça büyük bir öneme sahiptir. Mevcut sabit süreli kontrol sistemleri zaman içerisinde hızlı kent yaşamına yetersiz gelmeye başladığından adaptif yöntemlerin kullanılmasına yönelik bir eğilim vardır. Günümüzde adaptif yöntemlerin en yaygın kullanımı, uzman sistemler aracılığı ile yapılan uygulamalardır. Bu uzman sistemlerden biri de Bulanık Mantık yaklaşımıdır. Bu çalışmada MATLAB paket programının “Fuzzy Logic (Bulanık Mantık) Araç Kutusu” yardımıyla trafik hacminin ve o kavşak kolundaki araçların ortalama hızının değişmesi durumunda, izole bir kavşakta yeşil ışık için gereken sürenin modellenmesi yapılmıştır. Bu şekilde, trafik kontrolünün dinamik ve mevcut koşula uyum sağlayabilen bir yapıda olması hedeflenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bulanık Mantık, Trafik Kontrolü, Kavşak, Trafik Hacmi, Yeşil Işık Süresi.

1. Giriş

Günümüzde ulaştırma konusunda en önemli sorunlardan biri; özellikle büyük şehirlerde hızla artan nüfus, yaygınlaşan araç kullanımı, araç sahipliğinin artması, altyapıdaki yetersizlikler, uygun teknolojilerin kullanılmaması gibi nedenlerden kaynaklanan trafik yoğunluğudur. Bu yoğunluk, trafik kazalarını, trafik sıkışıklığını, enerji ve zaman kaybını, artan emisyonlarla insan ve çevre sağlığına olan olumsuz etkileri tetiklemektedir. Oluşan olumsuzluklar, toplumsal sağlığın bozulmasına, çevresel tahribat ve ekonomik kayıpların artmasına neden olmaktadır. Kentsel trafik taleplerindeki artış, kavşaklarda trafik akışını yönetmek için çözümcül yaklaşımları zorunlu kılmaktadır. Trafik akışının doğru bir şekilde tanımlanması, sürdürülebilir yaklaşımların geliştirilmesi ve dikkatli bir şekilde düzenlenmiş sinyal zamanlamaları trafiğin sorunsuz akışını sağlayabilir [1].

Trafik sinyali, ulaşım ağını yönetmek ve trafik akışını kontrol etmek için önemli bir elemandır. Geleneksel trafik kontrol sistemlerinde, geçişleri kontrol eden trafik ışıkları her koşula uygun olmayan sabit bir zaman diliminde değişir. Fakat bu tür sistemler genellikle normal trafik koşullarında çalışırken, alışılmadık dışı karşılaşılabilecek koşullarda yetersiz kalmaktadır. Bu gibi durumlara, olağandışı trafik koşullarına uyum sağlayabilen sinyal kontrol sistemleri çözüm sağlayabilir [2]. Trafikteki gecikmeyi; duran araçlar, çukurlar, yol bakımı, yavaş veya hızlı hareket eden araçların oranı ve trafik yoğunluğu gibi faktörler etkileyebilir. Gecikmeyi

azaltmak için trafiği yoğun olan fazda yeşil ışık süresinin uzatılması gibi önlemler alınabilir [2].

Literatür incelendiğinde, farklı sistemler üzerinde yapay zeka uygulamalarının alt disiplini olan bulanık mantık yöntemi kullanılarak modelleme çalışmalarının olduğu görülür. Trafik ışıklarının kontrolünde iki tipik yaklaşım kullanılmaktadır [16]. En basit yöntem sabit zaman yaklaşımı kullanmaktır. Yeşil süresi, kontrol cihazının yerleştirildiği trafik durumuna ilişkin yapılan çalışmalara dayanarak belirlenir. Trafik pik saatlerinde daha fazla yeşil süre, pik saatler dışında ise daha az yeşil süre ayrılır. Bu yaklaşım normal trafik koşullarında oldukça etkili olsa da trafik koşulundaki ani bir değişiklik bu yaklaşımın başarısız olmasına neden olur. Aynı zamanda bu yaklaşımda kırmızı fazda olan şeritlerde trafik koşullarını dikkate almaz. Başka bir deyişle, bu iki yaklaşımda fazların koordinasyonu yoktur. Bu nedenle, değişen trafik koşullarını dinamik olarak adapte edebilecek yaklaşımların geliştirilmesi arzu edilmektedir. Dinamik sinyal kontrolü ise hem artan kavşak kapasitesini hem de azalan gecikmeleri içeren karmaşık bir olgudur [3]. Fahmy, M.M.M. (2007), yapmış olduğu çalışmada dört kollu kavşak için bulanık mantığa dayalı adaptif trafik sinyalizasyon yöntemi sunmuş, mevcut sinyal fazının uzatılmasının veya sonlandırılmasının ve bir sonraki fazların sırasının seçilmesi sürecini bulanık mantık kullanarak belirlemeyi önermiştir. Çalışma sonunda, bulanık

mantık içeren trafik ışığı denetleyicisinin sabit zamanlı denetleyiciden, hatta araçla çalıştırılan denetleyicilerden daha iyi performans gösterdiğini ve bunun nedeninin, kavşak kollarına yaklaştığı algılanan araç sayısını sayma ve bekleme sürelerinde en yüksek önceliğe sahip yaklaşımı sağladığını ifade etmiştir [4].

Taha et al. (2012), yaptıkları çalışmada herhangi bir bulanık mantık tabanlı trafik yönetim sisteminin test edilmesi ve değerlendirilmesi için tasarlanmış bir simülasyon ortamı sunmuşlardır. Kullanıcının birden fazla şeritli trafik izole kavşak veya kavşak ağını taklit edebildiği, ayrıca girdi parametrelerini belirleyebildiği, trafik akışını kontrol eden bulanık kurallar oluşturabildiği ve çıktı parametrelerini kullanarak modelin verimliliğini izlemek amacıyla modeli simüle edebildiği bir arayüz önermişlerdir. Önerilen bulanık mantık sistemi ve sabit zaman kontrolörünün, sürekli trafik akışı olan durumlarda kullanıldığında ortalama gecikme açısından sonuçlarda çok az fark yarattığı ve zamanla değişen trafik koşullarında, önerilen bulanık mantık sisteminin sabit zaman denetleyicisinden daha üstün olduğunu belirtmişlerdir [5]. Alam et al. (2013), yaptıkları çalışmada izole edilmiş bir trafik kavşağının durumunu simüle etmek için MATLAB'da Bulanık Mantık yaklaşımı kullanmışlardır. Çalışma sonunda, simülasyon sonuçlarının, bulanık mantık denetleyicisinin daha iyi performansa sahip olduğu ve sabit zaman denetleyicisinden daha düşük maliyetli olduğunu gösterdiği bilgisine ulaşarak bulanık optimizasyonun

geleneksel tekniklerden daha esnek olduğu kanısına varmışlardır [6].

2. Materyal ve Yöntem

İnsan benzeri karar verme sürecine sahip bulanık sistemlerin kabiliyetinden yararlanıldığı bulanık denetleyicileri kullanan, esnek yapılı çalışma sistemine sahip olmasından hareketle, sinyalize bir kavşakta yeşil ışık süresini optimize etmek için Bulanık Mantık Modeli seçilmiştir [7, 8]. Bu yöntem, karmaşık olmayan işlem adımlarından oluşur ve işlemsel karışıklığı önler. Çalışmada, trafiğin özelliği dikkate alınarak trafik ışığının dinamik zamanlamasını ve MATLAB programını kullanarak bulanık yöntemle yeşil ışık süresini belirlemek amacıyla izole edilmiş bir kavşak için modellenmiştir [1]. Algoritma, kavşak sırasında araçların "ortalama hız" ve "trafik hacmi" parametrelerini kullanarak yeşil ışık için gereken süreyi hesaplama üzerine kurulmuştur.

2.1 Bulanık Mantık

Bulanık Mantık, 1965 yılında Lotfi Zadeh tarafından sunulmuş olan ve belirsizliği ele alan matematiksel bir araçtır. Hesapta yapay zeka kullanarak, bu hesapları kelimelerle ifade etme kavramını ortaya çıkarmıştır. Bilginin ayrıntıları ile ilgili bir teknik sunmaktadır. Bulanık teori, "çok", "düşük", "orta", "sıklıkla", "az" gibi sözel yapıları temsil eden bir mekanizma sağlamaktadır. Genel olarak, bulanık mantık, insanın akıl yürütme kabiliyetlerini sağlayan bir çıkarım yapısı oluşturmaktadır.

Geleneksel küme teorisi, Bulanık Teorinin aksine olayları net şekilde, “gerçekleşen” veya “gerçekleşmeyen” olarak tanımlamaktadır. Bir olayın gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini açıklamak için olasılık teorisini kullanır ve belirli bir olayın gerçekleşmesine dair olasılığı ölçer.

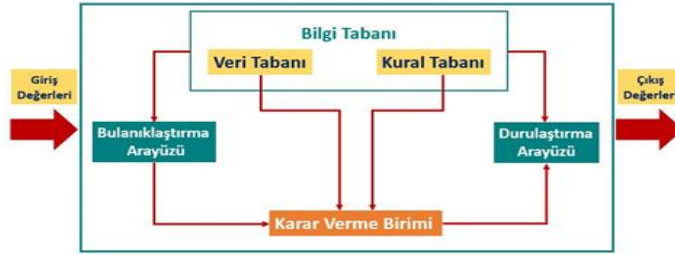
Bulanık mantık teorisi, nitel olarak derecelendirilmiş üyelik kavramına dayanmaktadır ve böylece zihinsel ve bilişsel süreçlerin işlevleri olarak sınıflandırılmaktadır.

Bulanık kümelerin en önemli özelliği, gerçek hayatta çok sık karşılaşılan belirsiz verileri modelleme yeteneğidir [9].

2.1.1 Bulanık Çıkarım Sisteminin Parametreleri

Bulanık çıkarım sistemi Şekil 1’de de gösterildiği gibi bir bulanıklaştırma arayüzü, bir kural tabanı, bir veri tabanı, bir karar verme birimi ve son olarak bir durulaştırma arayüzünden oluşur. Bunlar sisteme ait parametreler şu şekilde özetlenebilir:

- “EĞER...O HALDE...” kurallarını içeren bir kural tabanı,
- Bulanık kurallarda kullanılan bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarını tanımlayan bir veri tabanı,
- Kurallara göre çıkarım işlemlerini gerçekleştiren bir karar verme birimi,
- Net giriş parametrelerini sözel ifadelere dönüştüren dönüştüren bir bulanıklaştırma arayüzü,
- Çıkarımın bulanık sonuçlarını net çıktı parametrelerine dönüştüren bir durulaştırma arayüzü [9].



Şekil 1. Bulanık mantık çıkarım akış diyagramı [17]

2.1.2 Bulanık Çıkarım Yöntemleri

En önemli iki bulanık çıkarım yönteminden en sık kullanılanı Mamdani'nin bulanık çıkarım yöntemidir. Bu yöntem, Mamdani ve Assilian (1975) tarafından tanıtılmıştır. Bilinen bir başka çıkarım yöntemi, “Sugeno” diye tabir edilen Takagi-Sugeno Kang yöntemidir. Bu yöntem

Sugeno (1985) tarafından tanıtılmıştır [9].

Mamdani Tipi Bulanık Çıkarım Sistemi, özellikle karar destek uygulaması için yaygın olarak kullanılmaktadır ancak önemli bir hesaplama yükü gerektirmektedir. Öte yandan, Sugeno Tipi Bulanık Çıkarım Sistemi, metodu hesaplama açısından verimlidir ve

optimizasyon tekniklerinde iyi çalışır ve bu da kontrol problemleri açısından, özellikle dinamik lineer olmayan sistemler için çok önemlidir. Mamdani ve Sugeno yöntemleri arasındaki temel fark, net çıktı parametrelerinin bulanık girdilerden elde edilme biçiminde yatmaktadır. Mamdani yöntemi, bulanık çıktının durulaştırma tekniğini kullanırken, Sugeno yöntemi net çıktıyı hesaplamak için ağırlıklı ortalama kullanır, bu nedenle Sugeno yönteminde çıktı parametrelerinin fonksiyonları doğrusal ya da sabit ancak Mamdani yönteminin çıktı değerlerinin fonksiyonlarının da bulanık olması beklenir. Ayrıca, Sugeno metodu daha iyi işlem süresine sahiptir, çünkü ağırlıklı ortalama, zaman alan durulaştırma işleminin yerini almaktadır [10]. Yapılan çalışmada çıkış değişkeni için gereken değer, sabit bir fonksiyon olduğundan Sugeno Yöntemi kullanılmıştır.

2.1.3 Bulanıklaştırma Aşaması

Bulanıklaştırma olarak tanımlanan aşama, bulanık değişkenlerin farklı bölümleri için üyelik dereceleri oluşturmak amacıyla kullanılır. Bulanıklaştırma, bulanık sistemin davranışının nitel tanımları olan üyelik işlevleriyle temsil edilen her bulanık nicelik için sayısal bir değer atama sürecidir [11].

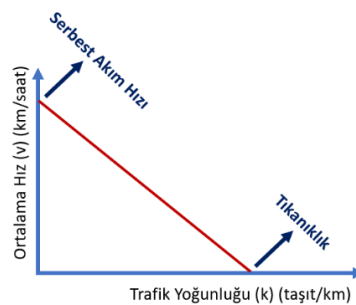
2.1.4 Durulaştırma Aşaması

Durulaştırma, bulanık kümeler ve buna karşılık gelen üyelik dereceleri verilen netlik mantığında ölçülebilir bir sonuç üretme sürecidir. Bulanık bir kümesi net

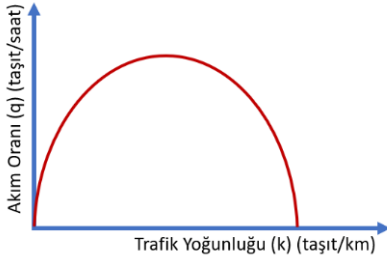
bir kümeye eşleyen süreçtir. Genellikle bulanık kontrol sistemlerinde gereklidir. Bunların bir dizi değişkeni bulanık bir sonuca dönüştüren bir dizi kuralı olacaktır, yani sonuç bulanık kümelere üyelik olarak açıklanmaktadır [12].

2.2 Kullanılan Parametreler

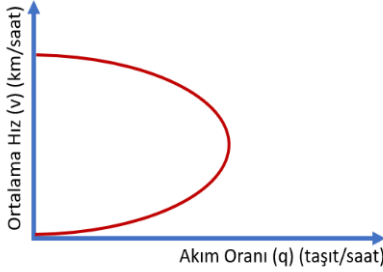
Trafik akımı; hız(v), trafiğin yoğunluğu (k) ve akım oranı (q) olarak ifade edilen üç parametreden oluşmaktadır. Akım oranı; hız ve trafik yoğunluğunun çarpımı ile bulunur. Bu parametrelerden öncelikli olanı hızın ortalama değeri olduğundan ve trafiği oluşturan her bir taşıt kendi hız karakteristiğini oluşturduğundan trafik akım değeri temsili bir hız ile ifade edilememektedir. Bu nedenle hız ifadesi, tek bir hız (v) değeri tanımlanarak sabit bir işletme hızı kullanılır. Belirli bir yol kesiminde seyahat eden taşıtların, o yolun uzunluğuna oranına "yoğunluk", belirli bir süre içinde geçen taşıtların saatlik olarak hesaplandığı değere "akım oranı" denir. Tüm bu parametreler karayolu tasarımında önem arz etmektedir.



Şekil 2. Ortalama hız ve trafik yoğunluğu grafiği [13]



Şekil 3. Akım oranı ve trafik yoğunluğu grafiği [13]



Şekil 4. Ortalama hız ve akım oranı grafiği [13]

Şekil 2’de verilen grafikte, ortalama hız ile trafik yoğunluğu arasındaki fonksiyonun doğrusal ilişkisi, trafik akımının durma düzeyine ulaşması ve serbest akımdaki hız parametreleri gösterilmektedir. Bu fonksiyon gerçek modelde doğrusal olmamasına rağmen doğrusal olarak kabul edilmektedir. Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4’te verilen grafiklerin her üçü de “kapasite” kavramı ile ilişkilendirilmektedir. Hız ve yoğunluk arasındaki ilişkiyi gösteren grafikten (Şekil 2) yola çıkılarak diğer iki grafik kolaylıkla açıklanabilir (Şekil 3, Şekil 4). Şekil 4 değerlendirildiğinde, trafik hacmi ve ortalama hız arasında oluşan ters orantı, maksimum akım oranına karşılık gelen ortalama hız değerine kadar sürmektedir. Bu değer aynı zamanda trafik kapasite değerine

vardığı noktadır. Bu noktaya yaklaşan alt ve üst değerler akımın gecikmelere eriştiği noktalardır. Tüm bu grafiklerden; trafik yoğunluğundaki ve trafik hacmindeki artış durumunun, trafiğin ortalama hızını oldukça düşürdüğü sonucu ortaya çıkmaktadır [13].

Zirve Saat Faktörü, Otoyol Kapasite El Kitabı (HCM,2000) tarafından, zirve saat faktörünü, zirve saat içindeki zirve 15 dakikalık akış hızına bölünen, günün maksimum hacim saati boyunca saatlik hacim olarak tanımlanmıştır ve bu değişken yoğun saatteki trafik talebi dalgalanmasının bir ölçüsüdür.

Başkan vd. (2017) yaptıkları çalışmada Denizli’nin belirli kavşaklarından aldıkları bazı parametreler kullanılarak kent içi yollarda hız yoğunluk kapasite ilişkisi ve kapasite kullanım oranının belirlenmesini amaçlamışlardır. Bu parametrelerin bir kısmı Tablo 1’de verilmiştir [13].

Tablo 1. Denizli’de belirli kavşaklardan alınmış veriler [13]

Kavşak Numarası	Veri Sayısı	Bölge Adı	Ortalama Hız (km/saat)	Trafik Hacmi (taşıt/saat)	Zirve Saat Faktörü (ZSF)
1	1	Eğitim (Sağ)	25,35	20	0,17
	2	Eğitim (Sol)	23	590	0,53
	3	Lise (Sol)	27,7	609	0,70
	4	Lise (Sağ)	30,7	10	0,17
2	1	Kampüs (Sağ)	32,67	98	0,36
	2	Kampüs (Sol)	38,87	377	0,57
	3	B. Yeri (Sol)	33,7	1061	0,67
	4	B. Yeri (Sağ)	31,2	73	0,27
3	1	Çınar (Sağ)	22,75	39	0,11
	2	Çınar (Sol)	29,50	71	0,34
	3	Garaj (Sol)	37,23	346	0,44
	4	Garaj (Sağ)	24,72	76	0,14

Bu makalede, Denizli’nin belirli kavşaklarından elde edilmiş veriler, yapılan uygulamada sınır değerleri olarak kullanılmıştır.

Sinyalize bir kavşağın tek bir kolu için yapılan modellemede, o kavşak kolundaki araçların ortalama hızları ve o kavşak kolundan saatte geçen taşıt sayıları kavşak sonundaki trafik ışığında ilgili araç grubuna geçiş hakkı sağlayan yeşil ışık süresi arasında bir bağıntı bulunmaktadır. Bu bağıntı, sözel

ifadelere dönüştürülerek MATLAB Paket Programında uygulanmıştır.

2.3 MATLAB Programında Modelleme

MATLAB programında yapılan modellemede oluşturulan sistemin giriş ve çıkış parametreleri girilmiş, çıkarım yöntemi belirlenmiştir (Şekil 5). “Ortalama Hız”, “Trafik Hacmi” ve “Yeşil Işık Süresi” parametrelerine ait üyelik fonksiyonları ve üyelik dereceleri Tablo 2’de düzenlendiği şekilde belirlenmiştir (Şekil 6, Şekil 7, Şekil 8).

Tablo 2. Modellemede kullanılan değişkenler ve özellikleri

Değişken Adı	Üyelik Dereceleri	
Ortalama Hız (km/saat)	(yavaş) y	[0,40]
	(orta) o	[30,60]
	(hızlı) h	[50,90]
Trafik Hacmi (taşıt/saat)	(düşük) d	[0,400]
	(orta) o	[100,500]
	(yüksek) y	[600,1400]
Yeşil Işık Süresi (saniye)	24, 48, 72, 96, 120	

Girilen fonksiyonlar için 9 adet kuraldan oluşan bir kural tablosu oluşturulmuştur. Kurallara ait matris Tablo 3'te verilmiştir.

Kural oluşturulurken "EĞER...O HALDE..." yapısı kullanılmıştır (Şekil 9). Örneğin;

"EĞER **orthiz** (ortalama hız değeri) "y (yavaş)" ve **trafik hacmi** (saatte geçen

araç sayısı) "d (düşük)" ise, O HALDE **yis** (yeşil ışık süresi) "48 (saniye)" olarak belirlensin."

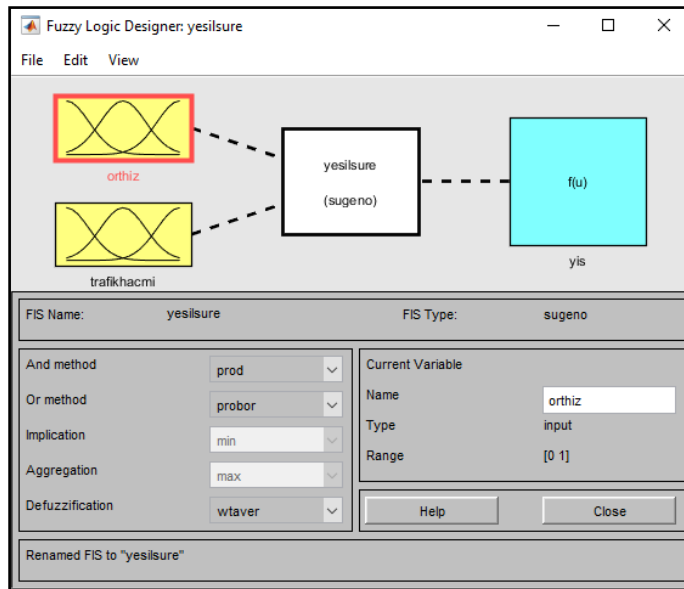
"EĞER **orthiz** (ortalama hız değeri) "o (orta)" ve **trafik hacmi** (saatte geçen araç sayısı) "o (orta)" ise, O HALDE **yis** (yeşil ışık süresi) "72 (saniye)" olarak belirlensin."

Tablo 3. Oluşturulan kuralların ilişki matrisi

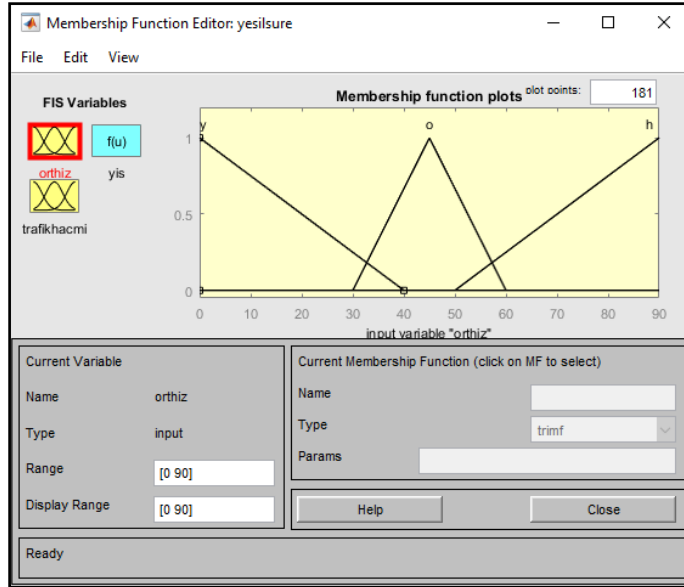
	Trafik Hacmi (taşıt/saat)			
	düşük	orta	yüksek	
Ortalama Hız (km/saat)	yavaş	48 s	72 s	120 s
	orta	48 s	72 s	96 s
	hızlı	24 s	72 s	120 s

Oluşturulan kurallar, kural görüntüleyici ile ekrana getirildiğinde giriş parametreleri değiştirilerek çıkış parametresinin sonuçları

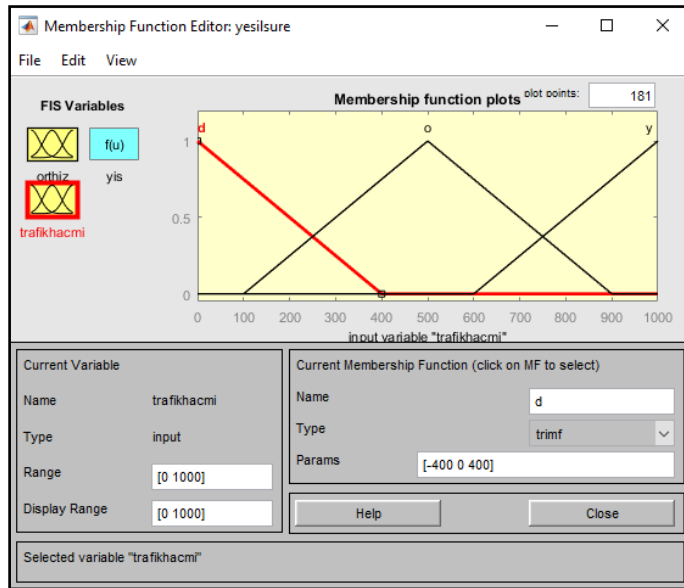
toplanabilmektedir (Şekil 10). Ayrıca bu kuralların birbiri ile olan ilişkilerinin 3 boyutlu yüzeysel bir grafiği de Şekil 11'deki gibi görüntülenebilmektedir.



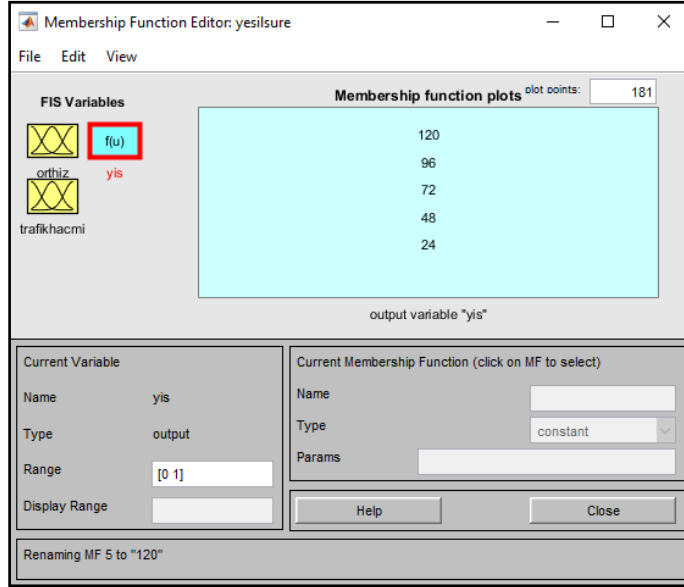
Şekil 5. Bulanık mantık modelleme ara yüzü



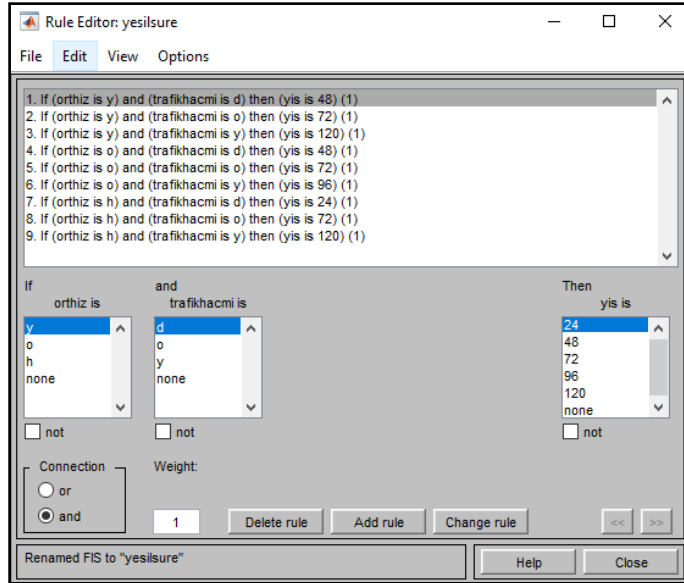
Şekil 6. Ortalama hız giriş parametresi üyelik fonksiyonu



Şekil 7. Trafik hacmi giriş parametresi üyelik fonksiyonu

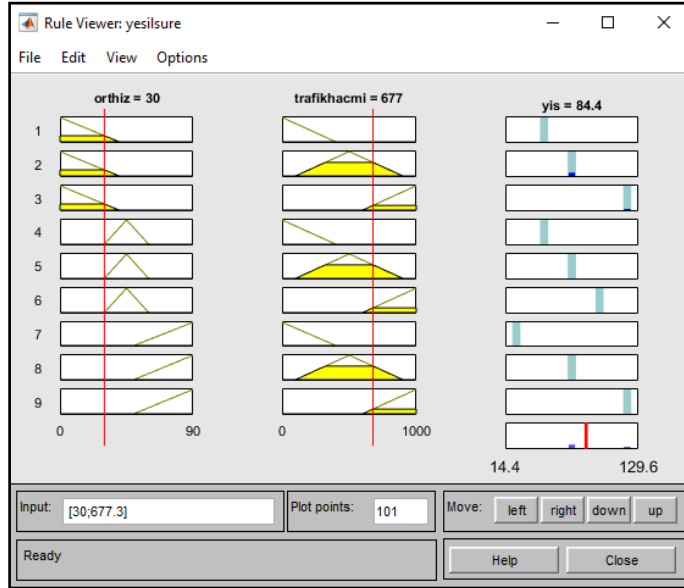


Şekil 8. Yeşil ışık süresi çıktı parametresi fonksiyonu

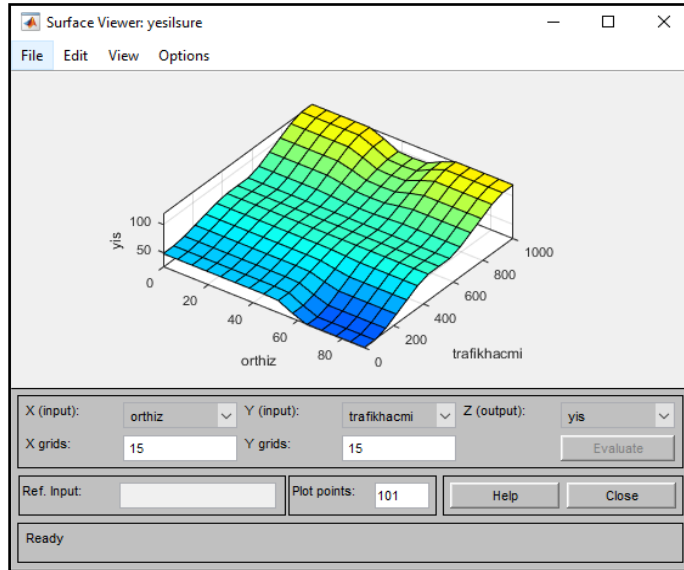


Şekil 9. Giriş ve çıkış parametreleri ile oluşturulan kural tablosu

3. Bulgular



Şekil 10. Giriş ve çıkış parametreleri ile oluşturulan kural görüntüleyici



Şekil 11. Oluşturulan kuralların 3 boyutlu yüzeysel grafiği

Yapılan uygulama sonucunda genel model üzerindeki kural görüntüleyicide “ortalama hız” ve “trafik hacmi” verileri girildiğinde elde edilen yeşil ışık süreleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Verilere bağlı yeşil ışık süresi

Kavşak No	Veri Sayısı	Bölge Adı	Ortalama Hız (km/saat)	Trafik Hacmi (taşıt/saat)	Zirve Saat Faktörü (ZSF)	Yeşil Işık Süresi (saniye)
1	1	Eğitim (Sağ)	25,35	20	0,17	48
	2	Eğitim (Sol)	23	590	0,53	72
	3	Lise (Sol)	27,7	609	0,70	73,4
	4	Lise (Sağ)	30,7	10	0,17	48
2	1	Kampüs (Sağ)	32,67	98	0,36	48
	2	Kampüs (Sol)	38,87	377	0,57	70,2
	3	B. Yeri (Sol)	33,7	1061	0,67	105
	4	B. Yeri (Sağ)	31,2	73	0,27	48
3	1	Çınar (Sağ)	22,75	39	0,11	48
	2	Çınar (Sol)	29,50	71	0,34	48
	3	Garaj (Sol)	37,23	346	0,44	67,7
	4	Garaj (Sağ)	24,72	76	0,14	48

4. Sonuç ve Öneriler

MATLAB Bulanık Mantık Araç Kutusu ile modellenmiş uygulamada değerlendirildiğinde, çıktı değişkeni olan yeşil ışık süresi (saniye) elde edilmiştir.

Uygulama sonunda şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Kavşak kolunu kullanan araçların ortalama hızları ve aynı kavşak kolundan 1 saatlik zaman dilimi içerisinde geçen araç sayısı ile elde edilen yeşil ışık süresine dair sonuçlar, kavşak kolunda geçiş önceliği gerektiren durumlara uyum sağlayan bir yapı oluşturulabileceğini göstermiştir.
- Yapılan değerlendirmede Zirve Saat Faktörü (ZSF) ile yeşil ışık süresi arasında bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Bu şekilde gerçek

bir sinyalize kavşağa yerleştirilecek sistemler yardımıyla yeşil ışık süresi, geçiş önceliği sağlayarak trafikteki sıkışıklığın ve dalgalanmaların önüne geçerken aynı zamanda trafikte kavşak analizi için gereken veriler için de kolaylık sağlayabilir.

Konuyla ilgili yapılacak çalışmalarda:

- ✓ Benzer bir uygulama, kavşağa yaklaşan dört kol için de ayrı ayrı yapılarak daha hassas sonuçlara ulaşılabileceği belirtilebilir.
- ✓ Uygulama esnasında kullanılan Sugeno ve Mamdani çıkarım yöntemleri ayrı ayrı uygulanarak sonuçlar karşılaştırılabilir.
- ✓ Gerçek bir kavşakta sensörler yardımıyla alınacak veriler ile trafik ışıklarının kontrolünü bulanık

mantık ile yapabilen bir sistem geliştirilerek pilot bir uygulama yapılabilir.

✓ Daha çok giriş parametresi kullanılarak, o parametrelerin her birinin yeşil ışık süresine etki etme ağırlığı değerlendirilebilir.

Kaynaklar

- [1] Kooykhi, E., Ekbatanifard, G., 2018. An Optimal Dynamic Control Method For An Isolated Intersection Using Fuzzy Systems. *Iranian Journal of Optimization*. 10.2 :151-164.
- [2] Nair, M., Cai, J., 2007. A Fuzzy Logic Controller For Isolated Signalized Intersection With Traffic Abnormality Considered. *IEEE intelligent vehicles symposium*. p. 1229-1233.
- [3] Murat, Y. S., Gedizlioglu, E., 2005. A Fuzzy Logic Multi-Phased Signal Control Model For Isolated Junctions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 13(1),19-36.
- [4] Fahmy, M. M. M., 2007. An Adaptive Traffic Signaling For Roundabout With Four Approach Intersections Based On Fuzzy Logic. *Journal of computing and information technology*. 15(1) 33-45.
- [5] Alam, J., Pandey, M. K., and Ahmed, H., 2013. Intellegent Traffic Light Control System For Isolated Intersection Using Fuzzy Logic. *Proceedings of the Conference on Advances in Communication and Control Systems*, Atlantis Press.
- [6] Taha, M.A., Ibrahim, L., 2012. Traffic Simulation System Based On Fuzzy Logic. *Procedia Computer Science* 12: 356-360.
- [7] Pappis, P. and Mamdani, E.H., 1977. A Fuzzy Logic Controller For A Traffic Junction, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 707-717.
- [8] Niittymäki, J., Pursula, M., 1997. Saturation Flows At Signal-Group-Controlled Traffic Signals. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1572, 24-32.
- [9] Sivanandam, S.N., Sumathi, S., Deepa, S.N., 2007. Introduction To Fuzzy Logic Using MATLAB. Vol. 1. Berlin: Springer.
- [10] Blej, M., Azizi, M., 2016. Comparison Of Mamdani-Type And Sugeno-Type Fuzzy Inference Systems For Fuzzy Real Time Scheduling, *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(22) 11071-11075.
- [11] Prontri, S., Wuttidittachotti, P., Thajchayapong, S., 2015. Traffic Signal Control Using Fuzzy Logic, *12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON) IEEE*, pp.1-6.
- [12] Wikipedia, (<http://www.wikizeroo.net/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEuY2F0aW9u>), Erişim Tarihi: 09.03.2019
- [13] Başkan, Ö., Ceylan, H., Haldenbilen, S., Ceylan, H., 2007. Kentiçi yollarda hız yoğunluk kapasite ilişkisi ve kapasite kullanım oranının belirlenmesi, *5. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu*, 147-158.
- [14] Highway Capacity Manuel, 2000, 5-11.
- [15] Ma, X., Chen, H., Zhao, D., Yang, S., Song, Z., 2017. Optimization Method of Cycle Time In Signalized Intersection. *17th COTA International Conference of Transportation*.

- [16] Wey, W. M., Jayakrishnan, R., McNally, M.G., 1995. A Local Feedback Controller For Oversaturated Intersection Control Based On Dynamic Road Traffic Models. *Vehicle Navigation and Information Systems Conference Proceedings. 6th International VNIS*. pp. 172-178
- [17] Ajao, L.A., Ajao, F. J., Adegboye, M.A., Ismail, A.A., 2018. An Embedded Fuzzy Logic Based Application For Density Traffic Control System. *International Journal of Artificial Intelligence Research* 2.1: 6-13.