

Bulanık Mantık Yöntemi İle Trafik Işıklarının Akıllı Kontrolü

Intelligent Traffic Lights Control Using Fuzzy Logic Method

Sinan İlgen¹, Akif Durdu²

¹Mekatronik Mühendisliği Bölümü
KTO Karatay Üniversitesi
sinan.ilgen@karatay.edu.tr

²Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Selçuk Üniversitesi
durdu.1@selcuk.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, 4 yollu bir kavşaktaki trafik ışıklarının akıllı denetim mekanizması altında çalışması sunulmuştur. Modelleme aşamasında kural tabanlı bulanık modelleme tekniği kullanılarak, araç yoğunluğu ve kırmızı ışık süresi sistem parametreleri olarak belirlenmiştir. Giriş parametreleri yolların araç yoğunlukları, çıkış parametreleri ise yolların kırmızı ışık süreleri; Bulanık Mantık (BM) tarafından tanımlanmıştır. Giriş ve çıkış parametrelerinin sayısal verileri bulanıklaştırılmıştır. Sistem için bulanık mantıkla oluşturulan kurallar sayesinde trafiğin yoğunluğuna göre kırmızı ışık süresi ayarlanmıştır. Bu çalışma ile bir kavşaktaki trafik ışıklarının, akıllı kontrol sistemlerinden birisi olan bulanık mantık yöntemiyle başarıyla kontrol edildiği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Trafik kontrol, Bulanık mantık, Kavşak

Abstract

In this study, working principle of four-way junction under intelligent control mechanism is presented. In modelling stage, Rule-Based Fuzzy (RBF) modeling technique is used and then vehicle density and duration of red lights are defined as system parameters. Input parameters vehicle density of each way of the junction; output parameters duration of red lights of each way of the junction were described by RBF. Numerical parameters of input and output variables are fuzzified. Thanks to fuzzy logic rules are created for the system, the durations of red lights are set according to the density of traffic. This study indicates that traffic lights of the junction are successfully controlled by Fuzzy Logic Method which is one of the intelligent control systems.

Keywords: Traffic control, Fuzzy logic, Junction

1. Giriş

Kavşaklar, metropol şehirlerde şehrin farklı kısımlarını birbirine bağlarlar ve trafiği organize etmek için yaygın bir şekilde kullanılırlar. Trafik sinyalleri ise ulaşım ağını

yönetmek için gerekli en temel unsur olarak öne çıkmaktadır. Temel olarak kullanımda olan iki tür trafik sinyal kontrol sistemi vardır. Birinci tip sistemde, ışıkları değiştirmek için daha önceden ayarlanmış döngü süresi kullanılır. İkinci tip sistemlerde ise daha önceden belirlenen döngü süresi ile yaklaşım sensörleri kombine şekilde kullanılarak ışık ve döngü sürelerinde değişiklik gerçekleştirilebilmektedir. Araç sayısı az olan yollar için normal bir döngüye gerek olmadığı sensörler yardımı ile tespit edilmekte ve ışık süreleri değiştirilerek araç yoğunluğunun daha fazla olduğu yollara yeşil ışığın daha uzun süreli yanması sağlanabilmektedir [1].

Günümüzde otomobil sayısının sürekli artmasıyla birlikte, mevcut yol kapasitesini en iyi şekilde kullanmak için trafik akışının verimli bir şekilde yönetilmesi her zamankinden daha önemli bir hale gelmiştir. Yüksek yakıt maliyeti ve çevresel kaygılar da trafikten dolayı oluşan gecikmeleri en aza indirmek için önemli teşvikler sağlamaktadır [2]. Trafik sıklığının artması, örneğin; taşıma işi yapan şirketlerde ürünlerin taşınması için daha fazla zaman ve ücret harcanmasına sebep olabilmektedir. Bundan ötürü de insanlar yollarda fazla vakit kaybetmekte ve araçlar gereğinden fazla yakıt harcayarak enerji tüketmekte ve çevreyi kirleterek ciddi oranda yaşam kalitesini düşürmektedir [3].

Bugünlerde, yapılan araştırmaların çoğu uzman sistemler, bulanık mantık vb. yapay zeka tekniklerinin uygulamaları odaklıdır. Mevcut ulaşım sistemlerindeki trafik akış ve güvenliğini iyileştirmek, otomasyon ve akıllı kontrol yöntemlerini uygulamakla mümkün olmaktadır. Modern trafik kontrol sisteminin karmaşıklığı trafiğin tasarımını ve optimizasyonunu karmaşık bir hale getirmektedir. Buna rağmen, iyi yapılandırılmış trafik sistemleri trafik ağındaki gereksiz tıkanıklığı önlemek için ve trafiğin olumsuz ekonomik ve çevre etkilerini azaltmak için gereklidir [4].

Literatür incelendiğinde, araştırmacıların bulanık mantık yöntemini kullanarak oluşturdukları farklı sistemlere ait modelleme çalışmalarının olduğu görülür. Akanbi ve Olajubu çalışmalarında bulanık mantık metodunu kullanarak bir kavşaktaki araç yoğunluğuna göre trafiği düzenlemek için bir akıllı trafik kontrolcüsü geliştirmişlerdir. Bu çalışmada,

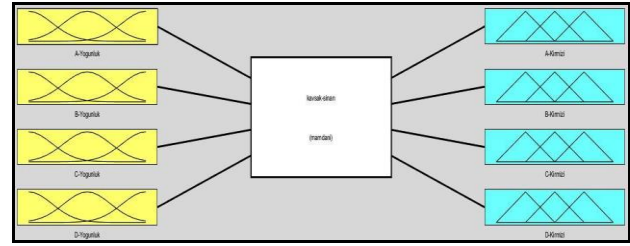
özellikle VIP sınıfındaki insanları taşıyan araçların kavşağa geldiğinde kavşakta oluşacak olan karmaşıklıkla önleme konusuna yoğunlaşmıştır [1]. Zade ve Dandekar verimli bir trafik akışının sağlanması için Mamdani tipi bulanık modelleme gerçekleştirmişlerdir. Trafik yoğunluğu ve trafik akış hızını temel olarak yeşil ışık süresinin etkili bir biçimde kontrol edilmesini sağlamışlardır [4]. Karakuzu ve Demirci bulanık mantık tabanlı, kavşaktaki trafik ışıklarının kontrolünü sağlayan akıllı bir sistem geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri simülatörle donanımsal olarak sistemin performansını aktif olarak görme şansı elde etmişlerdir [5]. Tan ve arkadaşları, bulanık mantık metodunu kullanarak trafik ışıklarının akıllı bir şekilde çalışmasını sağlayan bir kontrolcü geliştirmişler. Geliştirmiş oldukları yazılımla görsel olarak farklı trafik yoğunlukları için kavşaktaki durumun gözlenebileceği bir simülasyon ortamı oluşturmuşlardır. Yaptıkları karşılaştırmayla bulanık mantık denetleyicisinin geleneksel yöntemlere göre daha etkili ve verimli olduğu sonucuna varmışlardır [6]. Khan ve Lai yaptıkları çalışmada bulanık mantık ve görüntü işleme tekniklerini kullanarak bir “T” kavşağın akıllandırılmasını gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlar geleneksel kontrol yöntemleriyle kıyaslandığında sistemde %26 oranında gelişme olduğu tespit edilmiştir [7]. Fahmy çalışmasında 4 yollu dönel kavşaktaki trafik sıkışıklığını önlemek ve kavşağın akıllı kontrolünü sağlamak için bulanık mantık metodunu kullanmıştır. Elde ettiği sonuçlara göre bulanık mantık metoduyla yapılan kontrolün geleneksel metotlara göre daha avantajlı olduğunu kanıtlamıştır [8].

Bu çalışmada, 4 yollu bir kavşaktaki trafik ışıklarının bulanık mantık tabanlı akıllı bir denetim mekanizması ile kontrol çalışması sunulmuştur. Sistemin modellenmesinde kural tabanlı Mamdani tipi bulanık modelleme tekniği kullanılmıştır. Araç yoğunluğu ve kırmızı ışık süresi sistem parametreleri olarak belirlenmiş ve bu parametreler bulanık mantık tarafından tanımlanmıştır. Giriş parametreleri 4 yolun ayrı ayrı araç yoğunlukları, çıkış parametreleri ise 4 yolun ayrı ayrı kırmızı ışık süreleri olarak tanımlanmıştır. Gündelik hayattaki bir kavşakta yapılan gözlemin ardından her bir kavşak için araç yoğunluğu 0-20 araç, kırmızı ışık süresi ise 0-70 saniye arasında olacak şekilde sistemin modellemesi yapılmıştır. Giriş parametreleri bulanıklaştırılarak “çok az (L_1)”, “az (L_2)”, “orta (L_3)”, “fazla (L_4)”, “çok fazla” (L_5) gibi, çıkış parametreleri ise bulanıklaştırılarak “çok az (T_1)”, “az (T_2)”, “orta (T_3)”, “fazla (T_4)”, “çok fazla” (T_5) gibi 5 farklı dilsel değişken atanmıştır. Farklı araç yoğunlukları için kırmızı ışık sürelerindeki değişim gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, bulanık mantık metoduyla kontrol edilen sistemlerin gündelik hayattaki sabit döngü süresi ile çalışan sistemlere göre daha etkili ve verimli şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir.

2. Bulanık mantık denetleyicisi

Sistemin bulanık mantık tabanlı modellemesi bilgisayar ortamında yapılmıştır. Bu ortamda, sisteme ait giriş ve çıkış parametrelerinin belirlenmesi, her bir parametreye ait bulanık küme oluşturulması ve bu sistemin çalışması için kuralların belirlenmesi aşamalarına sahiptir. Oluşturulan kurallar ile sistemin eğitilmesi sonucunda, istenen giriş değerlerine göre çıkış değerleri elde edilir [4]. Bu çalışmada kullanılan Mamdani tip bulanık mantık modeli “Bulanıklaştırma”, “Kural

Tabanı” ve “Berraklaştırma” olmak üzere üç ana kısımdan oluşmaktadır. Dört giriş ve dört çıkıştan oluşan sistemin elde edilen modeli Şekil 1’de görülmektedir.

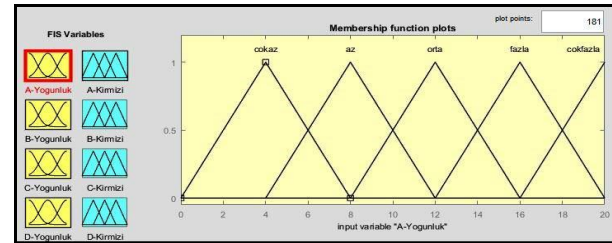


Şekil 1: Sistemin Mamdani tip bulanık mantık modeli

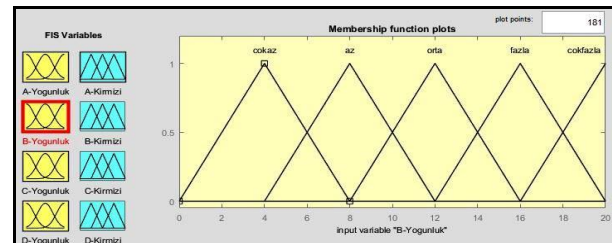
2.1. Bulanıklaştırma

Bulanık mantık modelleme sırasında giriş-çıkış parametrelerini belirledikten sonra her birisinin fonksiyon kümeleri oluşturulur. Bu fonksiyon kümeleri oluşturulurken, giriş-çıkış değerlerinin kaç tane dilsel değişkenle isimlendirileceğine karar verilir. Bu aşamadan sonra üyelik fonksiyonu çeşitlerinden hangisinin kullanılacağı belirlenir. Bu çalışmada, giriş ve çıkış parametresi olarak seçilen araç yoğunluğu ve kırmızı ışık süresi zamana bağlı lineer bir şekilde değişkenlik gösterdiği için modelleme sırasında üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır.

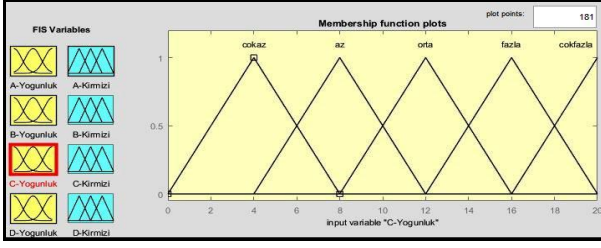
Kavşaktaki yollar sırasıyla A, B, C ve D harfleri ile isimlendirilmiş ve giriş parametresi için her yolun araç yoğunluğu “A-yoğunluk”, “B-yoğunluk”, “C-yoğunluk”, “D-yoğunluk” şeklinde adlandırılarak sisteme tanıtılmıştır. Belirtilen dört yol için ayrı ayrı araç yoğunlukları 0-20 araç aralığı şeklinde belirlenmiş ve beş farklı üçgen üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. Bunlar: “çok az (L_1)”, “az (L_2)”, “orta (L_3)”, “fazla (L_4)”, “çok fazla” (L_5) dir. Yollara ait giriş üyelik fonksiyonları Şekil 2-5’te görülmektedir.



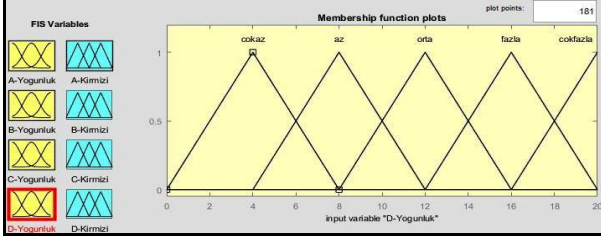
Şekil 2: A kavşağı için giriş üyelik fonksiyonları



Şekil 3: B kavşağı için giriş üyelikleri fonksiyonları

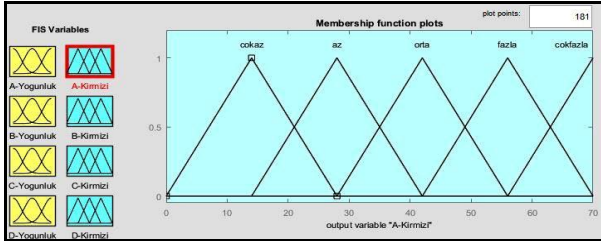


Şekil 4: C kavşağı için giriş üyelikleri fonksiyonları

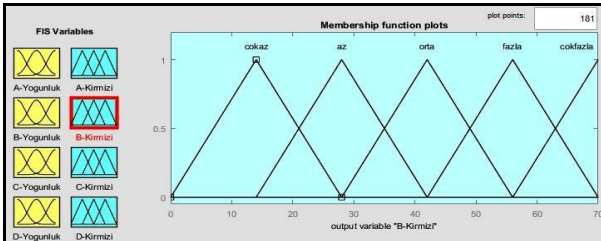


Şekil 5: D kavşağı için giriş üyelikleri fonksiyonları

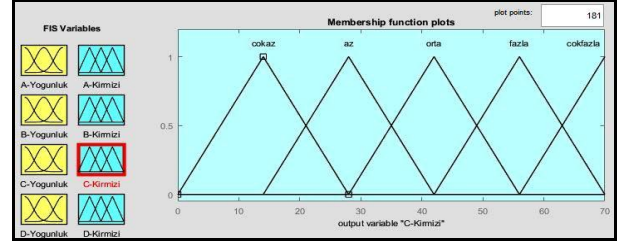
Sistemin çıkış parametresi, kavşaktaki trafik ışıklarının kırmızı ışık süresi olarak belirlenmiştir. Araç yoğunluğundaki değişime göre kırmızı ışık sürelerinin otomatik şekilde ayarlanması hedeflenmiştir. Belirtilen dört yol için ayrı ayrı kırmızı ışık süreleri 0-70 saniye aralığı şeklinde belirlenmiştir. Sistemdeki kırmızı ışıklara “A-kırmızı”, “B-kırmızı”, “C-kırmızı”, “D-kırmızı” adları verilmiştir ve girişte olduğu gibi çıkışta da beş farklı üçgen üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. Bunlar: “çok az (T_1)”, “az (T_2)”, “orta (T_3)”, “fazla (T_4)”, “çok fazla” (T_5) dır. Kavşaktaki yollara ait çıkış üyelik fonksiyonları Şekil 6-9’da verilmiştir.



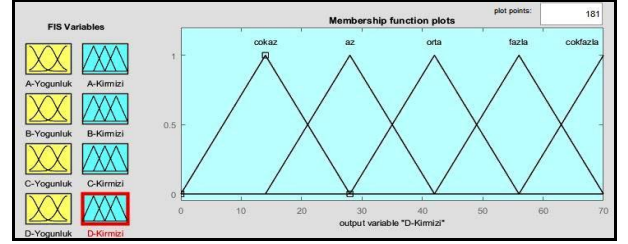
Şekil 6: A kavşağındaki kırmızı ışık için çıkış üyelik fonksiyonları



Şekil 7: B kavşağındaki kırmızı ışık için çıkış üyelik fonksiyonları



Şekil 8: C kavşağındaki kırmızı ışık için çıkış üyelik fonksiyonları



Şekil 9: D kavşağındaki kırmızı ışık için çıkış üyelik fonksiyonları

2.2. Kural Tabanı

Bu çalışmada sistemin akıllı kontrol mekanizması altında çalışmasının sağlanması için toplamda 170 kural oluşturulmuştur. Bu kurallar oluşturulurken iki adım izlenmiştir: Birinci adımda, herhangi üç yolun yoğunluğunun “orta” seviyesinde kabul edilip diğer yolun yoğunluğunun değiştirilmesi suretiyle yapılan kombinasyonlarla 20 kural elde edilmiştir. İkinci adımda ise, herhangi iki yolun yoğunluğunun “orta” seviyesinde kabul edilip diğer iki yolun yoğunluklarının değiştirilmesi işlemiyle de 150 kural elde edilmiştir. Çizelge 1’de yazılmış kurallardan 145. ile 150. kural arasındakiler gösterilmiştir.

Çizelge 1: Kural Tablosu

KURAL	Giriş				Çıkış			
	A	B	C	D	A	B	C	D
145	L_3	L_3	L_4	L_5	T_3	T_3	T_2	T_1
146	L_3	L_3	L_5	L_1	T_3	T_3	T_1	T_5
147	L_3	L_3	L_5	L_2	T_3	T_3	T_1	T_4
148	L_3	L_3	L_5	L_3	T_3	T_3	T_1	T_3
149	L_3	L_3	L_5	L_4	T_3	T_3	T_1	T_2
150	L_3	L_3	L_5	L_5	T_3	T_3	T_1	T_1

Örneğin; Çizelge 1’deki 146. kural, kavşakta A ve B yollarının “orta (L_3)”, C yolunun “çok fazla (L_5)”, D yolunun ise “çok az (L_1)” yoğunlukta olduğu durumda, kırmızı ışıkların A’da ve B’de “orta (T_3)” süreyle, C’de “çok az (T_1)” süreyle ve D’de “çok fazla (T_5)” süreyle yanmasını gerektiğini belirtmektedir.

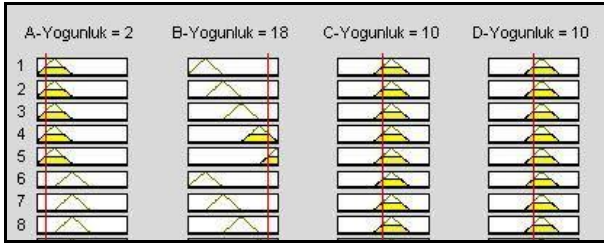
2.3. Durulaştırma

Bulanık mantık modellemenin ardından elden edilen bulanık sonuç kümesinin tam bir değere dönüştürülmesi işlemine durulaştırma (berraklaştırma) denir. Ağırlık merkezi,

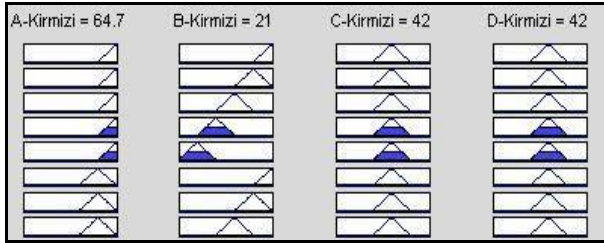
Toplamların Merkezi, Maksimum Ortalaması vb. gibi birkaç durulaştırma metodu mevcuttur. Bu çalışmada durulaştırma işlemi için Ağırlık Merkezi yöntemi kullanılmıştır. Ağırlık merkezi yöntemi en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Yöntem ile oluşan çıkarım kümesinin şeklinin ağırlık merkezi bulunur ve keskin değer olarak bu merkeze karşılık gelen değer alınır. Oluşan her tür çıkarım kümesine çözüm bulması çok yaygın olarak kullanılmasının en önemli nedenidir [9].

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmanın amacı, gözlem yoluyla elde verilerin yardımıyla bir kavşaktaki kırmızı ışıkların akıllı kontrol mekanizması altındaki çalışma performanslarının, BM modelleme tekniği ile modellenmesidir. Performans parametreleri, araç yoğunluğu ve trafik ışıklarının kırmızı ışık süresi olarak belirlenmiştir. Sistemin girişi ile çıkışı arasındaki ilişkiyi tanımlayan ve bulanık mantık denetleyicinin davranışlarını tespit eden denetim kuralları oluşturulmuştur. Bu kuralların sonucu olarak, sistem girişine uygulanan farklı araç yoğunluğuna bağlı kırmızı ışıkların yanma sürelerindeki istenen değişim görülmüştür. Örneğin; Şekil 10'da görüldüğü gibi A kavşağında 2 araç, B kavşağında 18 araç, C ve D kavşaklarında 10'ar araç olduğu durumda sistem çıkışları Şekil 11'deki gibi olmaktadır.



Şekil 10: Sistem girişine uygulanan araç yoğunlukları



Şekil 11: Sistem çıkışında elde edilen kırmızı ışık süreleri

Şekil 11'de de görüldüğü üzere trafik yoğunluğu çok az (2 araç) olan A kavşağının kırmızı ışık süresi diğer kavşaklara oranla daha fazladır (Yaklaşık 65 saniye). Aynı doğrultuda, trafik yoğunluğu çok fazla (18 araç) olan B kavşağının kırmızı ışık süresi ise diğer kavşaklara oranla daha düşüktür (21 saniye). Yoğunlukları orta derecede (10 araç) olan C ve D kavşakları için ise kırmızı ışık süresinin orta derecede (42 saniye) olduğu görülmektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, 4 yollu bir kavşaktaki trafik ışıklarının akıllı kontrolü trafik yoğunluğu ve kırmızı ışık süresi parametreleri

bakımından incelenmiş ve bulanık mantık yöntemi ile modellenmiştir. Geliştirilen bulanık mantık tabanlı bu sistemde, çıkış parametresi olan 4 yolun kırmızı ışık süreleri; giriş parametreleri olan 4 yolun araç yoğunlukları kullanılarak ayrı ayrı tespit edilmiştir. Bulanık mantık denetleyici davranışını belirlemek ve sistemin giriş-çıkış arasındaki ilişkisini tespit etmek için 170 kural belirlenmiştir. Bu kuralların sonucu olarak, araç yoğunluğu fazla olan yolun kırmızı ışık süresinin diğer kavşaklara göre daha kısa olduğu, araç yoğunluğu az olan yolun kırmızı ışık süresinin ise daha uzun olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar bulanık mantık model tekniğinin kavşakların akıllı kontrolünün sağlanmasında kullanılabileceğini göstermiştir.

5. Kaynaklar

- [1] Akanbi, L.A. ve Olajubu, E.A., "A fuzzy-Based Intelligent Traffic Control System for Managing VIP-Induced Chaos at Road Intersections", *African Journal of Computing & ICT*, 5, 109-120, 2012.
- [2] Chiu, S. ve Chand, S., "Adaptive Traffic Signal Control Using Fuzzy Logic", *Proceedings of the Intelligent Vehicles '92 Symposium*, 1992, 98-107.
- [3] Chou, C.H. ve Teng, J.C., "A fuzzy logic controller for traffic junction signals", *Information Science*, 143, 73-97, 2002.
- [4] Zade, A.R. ve Dandekar, D.R., "Simulation of Adaptive Traffic Signal Controller in MATLAB Simulink Based on Fuzzy Inference System", *National Conference on Innovative Paradigms in Engineering & Technology*, 2012, 9-13.
- [5] Karakuzu, C. ve Demirci, O., "Fuzzy logic based smart traffic light simulator design and hardware implementation", *Applied Soft Computing*, 10, 66-73, 2010.
- [6] Tan, K.K., Khalid, M. ve Yusof, R., "Intelligent Traffic Lights Control by Fuzzy Logic", *Malaysian Journal of Computer Science*, 9, 29-35, 1996.
- [7] Khan, B.A., ve Lai, N.S., "An Intelligent Traffic Controller Based On Fuzzy Logic", *The First International Conference on Green Computing, Technology and Innovation (ICGCTI2013)*, 2013, 89-93.
- [8] Fahmy, M.M.M., "An Adaptive Traffic Signaling for Roundabout with Four-Approach Intersections Based on Fuzzy Logic", *Journal of Computing and Information Technology - CIT*, 15, 2007, 33-45.
- [9] Pfluger, N., Yen, J. ve Langari, R., "A Defuzzification Strategy for a Fuzzy Logic Controller Employing Prohibitive Information in Command Formulation", *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, 1992, 717-723.