

BOĞAZ KÖPRÜSÜ YOLUNA KATILIM NOKTALARINDA TRAFİK AKIMLARININ BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI İLE KONTROLÜ VE BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ

Vedat TOPUZ¹ Ahmet AKBAŞ² Mehmet TEKTAŞ³

^{1,2,3} Marmara Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, 81040 Göztepe-İstanbul

Tel: 0-216-3365770/622-624, Fax: 0-216-4182505

¹e-mail: vtopuz@marmara.edu.tr ²e-mail: ahmetakbas@marmara.edu.tr ³e-mail: tektas@marmara.edu.tr

Özet

İstanbul kent içi ulaşımının bugünkü durumuna bakıldığında, karayolu ulaşımının toplam kent içi ulaşımı içerisinde %90'lık bir paya sahip olduğu dikkat çekmektedir. 1997 yılı itibariyle yaklaşık 1.5 milyon olan motorlu taşıt sayısı, 2001 yılı verilerine göre 2.5 milyona yaklaşmıştır. Buna karşılık, mevcut yol kapasitelerinin ve yollardaki hizmet düzeyinin, giderek artan ulaşım talebini karşılamaya uygun olduğundan bahsetmek oldukça zordur. Bu durumun bir sonucu olarak, kent içi karayollarında yaşanan sıkışıklıklar ve trafik kazaları, gün geçtikçe artmaktadır. Trafik sıkışıklıklarının sıklıkla yaşandığı yol kesimleri arasında ilk göze çarpanlar, Boğaz Köprüsü ve FSM Köprüsü ile bağlantılı çevre yolları, otoyollar ve bu yolların kent içi trafiğine katıldığı noktalara isabet eden kısımlarıdır.

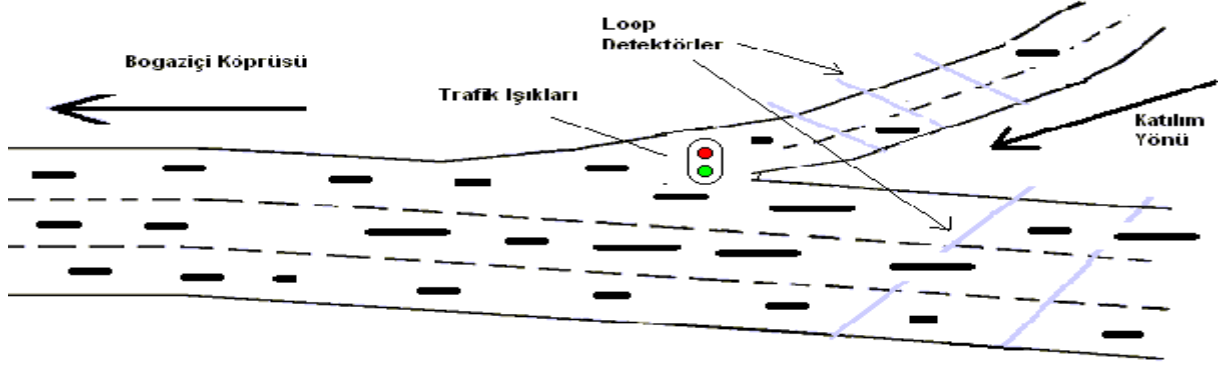
Bu şartlar altında, yol kapasitelerinin hızla artan ulaşım taleplerine cevap verebilecek şekilde arttırılmasındaki zorluklar da dikkate alınarak; kısa ve orta vadede trafik akımlarının daha etkili bir şekilde kontrol edilmesinin, üzerinde önemle durulması gereken acil bir durum haline geldiği söylenebilir. Bu kapsamda, gelişen ileri kontrol tekniklerinin kullanıldığı uygulamaların yaygınlaştırılması ile, özellikle yolların kritik bölgelerindeki trafik kazaları ve sıkışıklıklar önemli ölçüde azaltılabilir.

Söz konusu kritik yol kesimleri arasında, Boğaz Köprüsü yoluna gidiş ve dönüş yönlerinde katılımların olduğu noktalar önemli bir yer tutmaktadır. Bu noktalarda çakışan akımların etkileşiminin, ana yol üzerindeki sıkışıklıklar için de bir odak işlevi gördüğü bilinmektedir. Dolayısıyla, bu kesimlerde özellikle trafiğin yoğun olduğu tepe saatlerde gerçekleştirilecek etkili bir kontrol işlevi, bütün çevre yollarındaki trafiği rahatlatan bir etki oluşturacaktır. Nitekim, Avrupa-Asya yönünde Ortaköy mevkiindeki katılım örneğinde olduğu gibi, bu anlamdaki kontrollerin halen bazı katılım noktalarında trafik polislerinin müdahalesiyle manuel olarak gerçekleştirildiği bilinmektedir. Bu uygulama, kırmızı ve yeşil ışık zamanlamalarının ana yoldaki ve katılım kolundaki akımlara ilişkin karakteristik verilerin gerçek zamanlı olarak ölçülüp değerlendirilmesi suretiyle belirlendiği bir sinyal gurubu kullanılarak, otomatik bir kontrol mekanizması şeklinde hayata geçirilebilir.

Bu makalede, böyle bir kontrol mekanizması için, katılım akımına yol hakkı verildiği yeşil ışık sürelerinin *bulanık (fuzzy) kontrol* yaklaşımı ile belirlendiği bir trafik kontrolörünün tasarımı ve uygulamasına ilişkin çalışmalar tanıtılmıştır. Buna göre, bulanık kontrolörün giriş değişkenleri olarak, ana yoldaki *akım (trafik hacmi)* ve katılım kolundaki *kuyruk uzunluğu*; çıkış değişkeni olarak da sinyal gurubunun *yeşil ışık süresi* kullanılmıştır. Sinyal gurubunun *çevrim süresi* sabit bir değer olarak seçilmiştir. Kırmızı ışık süresi, her yeni sinyal çevrimi için bulanık kontrolörün belirlediği sürenin bu değerden çıkarılması suretiyle belirlenmektedir.

1. GİRİŞ

Kent içinden geçen ekspres yolların en temel karakteristiği, trafik ışıklarının yerine trafik işaretlerinin kullanılmamasıdır. Bir başka karakteristik ise bu yollara gerek çevre yollardan gerekse kent içi yollardan katılımların olmasıdır. Bu yollarda trafiğin kontrolü için hız önemli bir kontrol parametresidir. Yan yollardan ekspres yollara katılım noktalarında bu parametrenin değişimine bağlı olarak diğer bir parametre olan yoğunluğun artması, yani trafik sıkışıklığı ortaya çıkar. İşte bu problemin çözümü için katılım noktalarından ekspres yollara giriş kısmında trafik ışıkları ile kontrolün sağlanması, hem ekspres yoldaki ulaşım hızını optimize etmede hem de katılımdaki bekleme ile kuyruklanmayı en aza indirmede önemli bir faktör olacaktır. Bunun için, kritik katılım noktalarından biri olan ve aşağıdaki şekilde ifade edilen Bogaziçi Köprüsü Altunizade katılımı örnek uygulama olarak çalışmamızda ele alınmıştır.



Şekil.1 Gerçekleştirilen Sistem

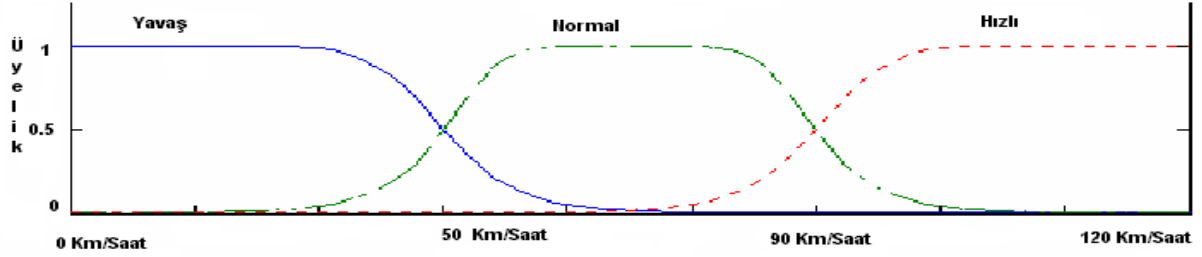
Şekil.1'den görüldüğü gibi bu katılımdaki araçların kontrolsüz olarak ekspres yola çıkması trafik sıkışıklığına ve daha ilerdeki boğaziçi köprüsü gişelerine doğru trafiğin kilitlenmesine sebep olmaktadır. Bogaziçi köprüsündeki yoğunluğun önlenmesi için bu katılımdaki trafiğin kontrolü önemlidir.

Bu amaçla buradaki trafiğin kontrolü için modern trafik kontrol teknikleri incelenmiş ve yapay zeka uygulamalarının bir alt disiplini olan *Bulanık Kural Tabanlı Uzman Sistem* bu tür problemin çözümünde uygun bir yöntem olduğu görülmüştür. Bu çalışmada ekspres yoldaki parametremiz hız ve katılımdaki parametremiz kuyruk uzunluğu olup bunlara bağlı olarak yeşil süresi optimize edilerek trafiğin kontrolü sağlanır.

2. BULANIK MANTIK

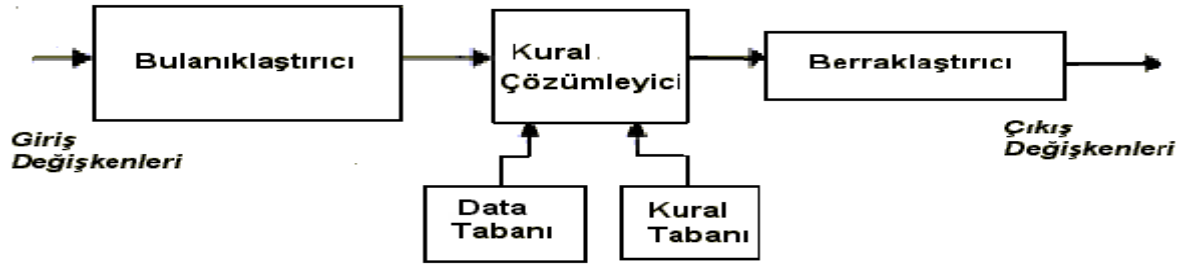
Bulanık mantık, bir bulanık küme mantığına dayanır ve ilk olarak Lofti A.Zadeh tarafından tanımlanmıştır. Bulanık küme, küme'ye aitlik derecesi *üyelik değeri* ile tanımlanmış olan kümeyi ifade eder. Klasik küme kavramında bir eleman bir kümenin üyesidir veya değildir. Bulanık mantıkta küme aitlik derecesi μ , 0 ile 1 arasında değişir. 0 kümeye ait olmamayı, 1 ise kesin olarak o kümenin üyesi olmayı gösterir. Küme aitlik derecesi üçgen, yamuk, Gaus eğrisi gibi standart fonksiyonlarla tanımlanabildiği gibi çok farklı fonksiyonlarda oluşturulabilir.

Örnek olarak bir otomobilin otoyol üzerinde yapabileceği hızı 0 ile 120 km/saat arasında olabileceğini varsayalım. Bu hız uzayını *Yavaş* (0 ile 40 km/saat), *Normal Hızda* (60 ile 80 km/saat) ve *Hızlı* (100 ile 120 km/saat) gibi 3 ayrı kümeye ayıralım. Bu otoyolda 70 km/saat hızında giden bir otomobil *Normal* kümesine, 90 km/saat hızında giden bir otomobil ise belli bir üyelik derecesinde *Normal* ve belli bir üyelik derecesinde *Hızlı* kümesine girer. Bu örneğe göre otomobil $\mu_{Hızlı}(90)=0.5$ ve $\mu_{Normal}(90)=0.5$ üyelik değerlerinde her iki kümenin üyesidir. Çan eğrisi üyelik fonksiyonu kullanılarak oluşturulan bu otomobilin hızına ait bulanık üyelik değerleri Şekil.2'de görülmektedir.



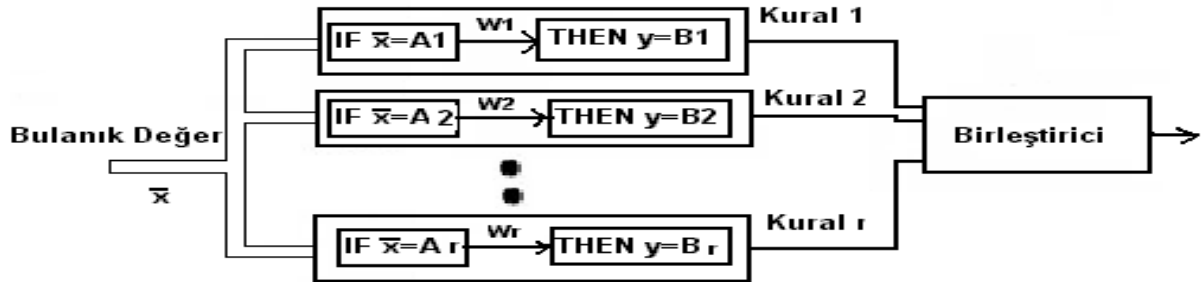
Şekil.2. Örnek bir Otomobil Hız Uzayının Bulanıklaştırılması.

Bulanık kontrolör, giriş ve çıkış parametrelerinden bir kısmı veya tamamı bulanık üyelik fonksiyonları tarafından tanımlanan kural tabanlı bir kontrol sistemidir. Böyle bir kontrol sisteminin önemli özellikleri, kuralların sözel değişkenlerle ifade edilebilir olması, uzman bilgisinin tam olarak kontrol kurallarına yansıtılabilmesi ve kesin olmayan bilgiler üzerinden çıkarım yapabilme yeteneğine sahip olmasıdır. Ayrıca çıkışta elde edilen bulanık değerleri bulanık olmayan bir değere dönüştüren berraklaştırıcı mevcuttur. Bu şekilde oluşturulan bir bulanık kontrolör Şekil.3'de görülmektedir.



Şekil.3. Genel Bir Bulanık Kontrolör Yapısı.

Bir bulanık kontrolörün temelini kural çözümleyici, data tabanı ve kural tabanından oluşan kural tabanlı sistem oluşturur. Burada uzman sistemlerde olduğu gibi kural tabanında IF-THEN yapısında oluşturulan kurallar, data tabanında ise kullanılan üyelik fonksiyonlarının tipleri ve sınır değerleri tutulur. Bulanık kontrolörde kullanılan bir kural tabanlı çıkarım sisteminin iç yapısı daha ayrıntılı olarak Şekil.4 de görülmektedir.



Şekil.4. Bulanık Kural Tabanlı Çıkarım Sistem Yapısı.

Bir bulanık kural tabanlı sistemde, farklı çözümleme yöntemleri uygulanabilir. Bunlardan en önemlileri Mamdani ve Sugano modelidir. Ayrıca birleştiricide birden fazla kural arasında oluşturulacak olan ilişkilerde uygulanan farklı çıkarım yöntemleri mevcuttur. Bulanık kontrolörde farklı berraklaştırma yöntemlerinde vardır. Bu yöntemlerin bazıları; yamuk ağırlık noktası, ağırlıklı ortalama yöntemi, maksimumların ortalaması yöntemidir. Kullanılan berraklaştırma yöntemi bulanık kontrolörün performansını önemli ölçüde etkiler.

Bulanık kontrolörde bulanık giriş ve çıkış parametrelerini sayısı, kullanılan üyelik fonksiyonlarının tipi ve adedi, kural tabanını oluşturan kurallar, kural çözümleme yöntemi, birleştirme operatörleri, berraklaştırma metodu belirlenmesi gereken en önemli parametrelerdir. Bu parametrelerin belirlenmesinde bazı sayısal yaklaşımlar var ise de çoğunlukla bu parametreler bir uzman tarafından veya deneme yanılma metodu ile test edilerek oluşturulur.

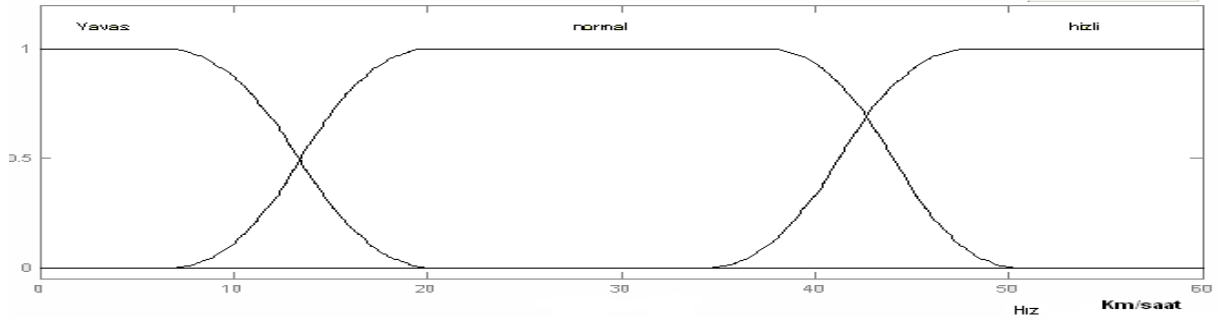
Bulanık kontrolörlerin ulaşım sistemlerinde planlama, yönetim ve kontrol alanlarında oldukça geniş bir uygulama alanı vardır. Bu uygulamalardan bazıları; bulanık mantık kuralları kullanarak araç yönlendirme¹, izole edilmiş sinyalizasyon kavşaklarında bulanık mantık ile kontrol², kent içi ekpres yollarda bulanık kontrol sistemleri³, bulanık ve geleneksel metodları kullanarak trafik akış ve kontrol simülasyonu⁴, bulanık mantık ile kontrol problemlerinin çözümü⁵ olarak verilebilir.

3. TASARLANAN BULANIK KONTROLÖR

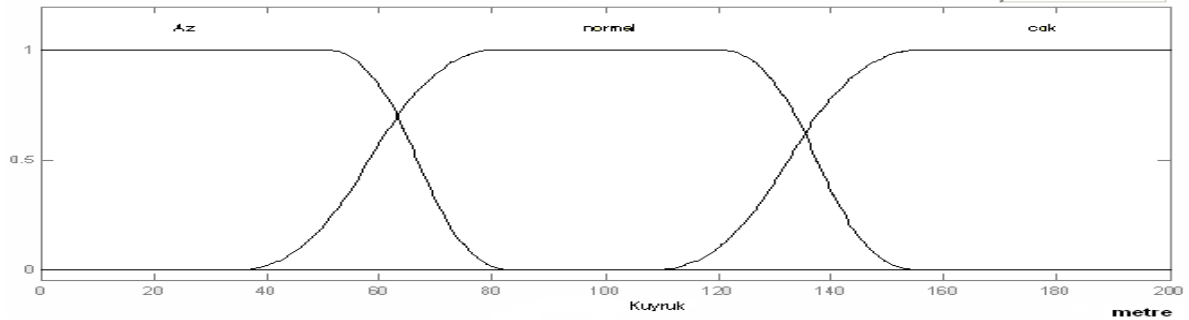
Gerçekleştirilen bulanık kontrolör, bir simülasyon programı kullanılarak gerçekleştirildi. Uygulama için, Boğaz Köprüsü yoluna Asya-Avrupa yönünde Altunizde köprüsünden bir katılımlın olduğu yol kesimi seçildi. Bu amaçla önce, Boğaz Köprüsü yolunun katılım noktasını da kapsayan bir krokisi, arka plandaki haritadan yararlanarak simülasyon ortamında oluşturuldu. Trafiğin yoğun olduğu bir saatte yapılan kamera çekimlerinden yararlanarak belirlenen trafik kompozisyonu ve akım değerlerine ilişkin saha bilgileri, simülatöre aktarıldı. Toplam 1 saat süreli test sürecinde giriş değişkenlerine ilişkin simülatörün ürettiği veriler, 5 dakikalık aralıklarla alınarak bulanık kontrolöre girildi. Bulanık kontrolörün her seferinde belirlediği yeşil ışık süreleri, bir sonraki simülasyon aralığı için dikkate alınacak şekilde simülasyon işlemi tekrarlandı. Bu şekilde yapılan yeni iterasyonlar sonucunda 1 saatlik bulanık kontrol süreci tamamlandı. Gerçekleştirilen bulanık kontrolör kural yapısı Şekil-5 de, bulanıklaştırılmış giriş ve kontrol değişkenlerine ait üyelik fonksiyonları Şekil.6,7,ve 8'de görülmektedir Şekil-9 da ise bulanık üyelik fonksiyonlarını değişimi görülmektedir.

1. If (Hız is Hızlı) then (YeşilZamani is Uzun) (1)
2. If (Hız is Normal) and (KuyrukUzunluğu is Az) then (YeşilZamani is Kısa) (1)
3. If (Hız is Normal) and (KuyrukUzunluğu is Normal) then (YeşilZamani is Ortalama) (1)
4. If (Hız is Normal) and (KuyrukUzunluğu is Çok) then (YeşilZamani is Uzun) (1)
5. If (Hız is Yavaş) and (KuyrukUzunluğu is Az) then (YeşilZamani is Ortalama) (1)
6. If (Hız is Yavaş) and (KuyrukUzunluğu is Normal) then (YeşilZamani is Ortalama) (1)
7. If (Hız is Yavaş) and (KuyrukUzunluğu is Çok) then (YeşilZamani is Uzun) (1)

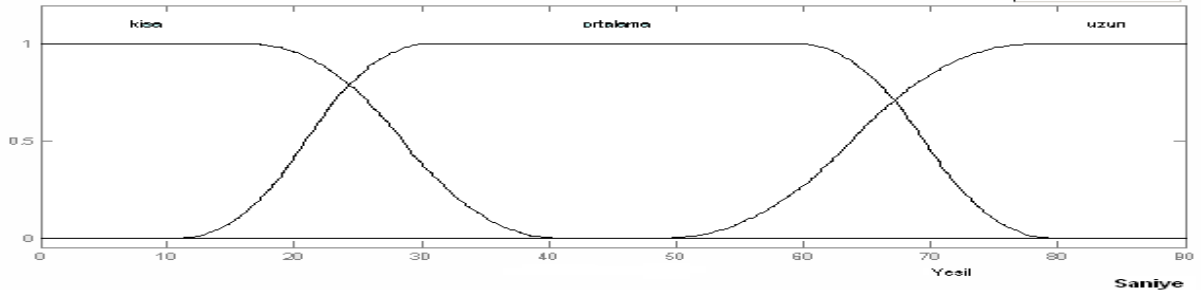
Şekil. 5 Bulanık Kontrolör Kural Yapısı.



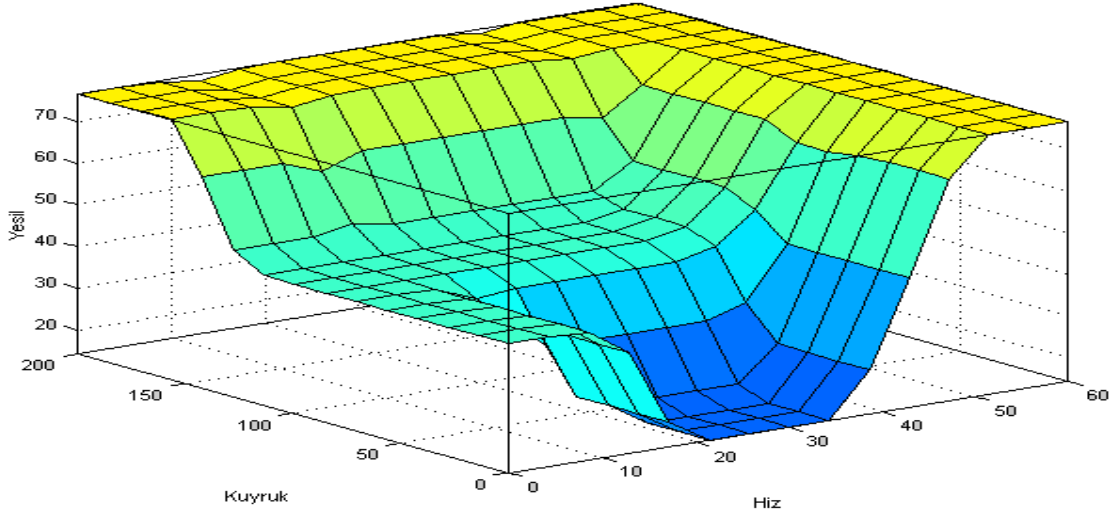
Şekil 6 Anayoldan Gelen Araçların Hızlarının Bulanıklaştırılmış Değerleri.



Şekil.7 Katılım Kolunda Bekleyen Araçların Oluşturduğu Kuyruk Uzunluğunun Bulanıklaştırılmış Değerleri.



Şekil. 8 Yeşil Işık Süresine Ait Çıkış Bulanık Değerleri.



Şekil.9 Bulanık Kontrolör Üyelik Fonksiyonlarının Değişimi.

4. SONUÇ

Gerçekleştirilen kontrol sürecinde elde edilen performans artışını tespit etmek üzere, simülasyon bir kez de aynı trafik akımı şartlarında ve hiçbir kontrolün söz konusu olmadığı şartları simüle edecek şekilde tekrarlandı. Simülasyonun gerek kontrollü ve gerekse kontrolsüz şartlar için ürettiği performans verileri yine 5'er dakikalık aralıklarla alınarak karşılaştırmalar yapıldı. Sonuçlar, kontrolsüz şartlarda oluşan taşıt başına gecikme süreleri, duruş sayıları ve kuyruk uzunluklarının bulanık kontrol sürecinde %30'a varan oranlarda iyileştiğini gösterdi.

Kaynaklar:

- 1- Teodorovic, D.; Vukadinovic, K.: (1998) *Traffic Control and Transport Planning A Fuzzy Setes and Neural Networks Approach* (Sayfa 69), Kluwer academic Publishers .
- 2- Teodorovic, D.; Vukadinovic, K.: (1998) *Traffic Control and Transport Planning A Fuzzy Setes and Neural Networks Approach* (Sayfa 89), Kluwer academic Publishers .
- 3- Teodorovic, D.; Vukadinovic, K.: (1998) *Traffic Control and Transport Planning A Fuzzy Setes and Neural Networks Approach* (Sayfa 95), Kluwer academic Publishers .
- 4- Robert L.K.; Keith R.B.: (1993) *Fuzzy Logic and Control* (sayfa 262) ,Prentice Hall .
- 5- Brubaker, D.; Sheerer C.: (Haziran, 1992) EDN Magazin (Sayfa 121).