



Araç Sınıflandırılmalı Trafik Hız Sınırı Ceza Sisteminin Bulanık Mantık Temelli Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

Fuzzy Logic Based Design and Implementation of Vehicle Classified Traffic Speed Limit Penalty System

¹Yalçın IŞIK , ²Mehmet KEHYA , ³Ahmet KAYABAŞI 

¹Selçuk Üniversitesi, Silifke-Taşucu Meslek Yüksekokulu, Silifke/Mersin, Türkiye

²Silifke Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Silifke, Mersin, Türkiye

³Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Karaman, Türkiye

isiky@selcuk.edu.tr, mehmetkehya@hotmail.com, ahmetkayabasi@kmu.edu.tr [Araştırma Makalesi/Research Article](#)

ARTICLE INFO

Article history

Received : 2 March 2023

Accepted : 2 April 2023

Keywords:

Traffic, Radar, Speed Limit, Fuzzy Logic, Fuzzy

ABSTRACT

In our country, the speed limits for the vehicles are determined according to the nature of the road and type of the vehicle, and some sanctions are applied to those who do not comply with these speed limits. The most commonly used of these sanctions is fines. The fine applied to drivers who violate the speed limit rule consists of three levels, and the drivers are fined according to these levels. This fine is applied as 314 TL, 652 TL and 1339 TL for 2021 when ordered according to levels. As can be seen, there is a very wide range between the fines in these three levels. It was thought that it would be more appropriate to create more intermediate stages by reducing these intervals. In this work, by researching the traffic radar system in our country, two different vehicle classes, private and commercial, were considered for regions with four different speed limits (50 Km/h, 90 Km/h, 110 Km/h, 120 Km/h). According to the class of the vehicles and the speed limit region, the fines to be imposed on the drivers were calculated using the fuzzy logic method, thus a fairer fine system was applied.

© 2023 Bandırma Onyedi Eylül University, Faculty of Engineering and Natural Science. Published by Dergi Park. All rights reserved.

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihleri

Gönderim : 2 Mart 2023

Kabul : 2 Nisan 2023

Anahtar Kelimeler:

Trafik, Radar, Hız Sınırı, Bulanık Mantık, Fuzzy

ÖZET

Ülkemizde yolun özelliğine ve aracın cinsine göre araçların uyması gereken hız sınırları belirlenerek bu hız sınırlarına uymayanlara bazı yaptırımlar uygulanmaktadır. Bu yaptırımlardan en çok kullanılanı para cezasıdır. Hız sınırı kural ihlali yapan sürücülere uygulanan para cezası üç kademededen oluşmakta ve sürücülere bu kademelere göre para cezası kesilmektedir. Bu para cezası kademelere göre sıralandığında 2021 yılı için 314 TL, 652 TL ve 1339 TL olarak uygulanmaktadır. Görüldüğü üzere bu üç kademedeki para cezalarının aralarında bir hayli geniş bir aralık bulunmaktadır. Bu aralıkların azaltılarak çok daha fazla ara kademe oluşturulmasının daha uygun olacağı düşünülmüştür. Bu çalışmamızda ülkemizdeki trafik radar sistemi araştırılarak, dört farklı hız sınırı olan (50 Km/h, 90 Km/h, 110 Km/h, 120 Km/h) bölgeler için hususi ve ticari olmak üzere iki farklı araç sınıfı göz önünde bulundurulmuştur. Araçların sınıflarına ve bulunulan hız sınırı bölgesine göre sürücülere kesilecek olan para cezası bulanık mantık yöntemi ile hesaplatılmış böylelikle daha adil bir para cezası sistemi uygulanmıştır.

© 2023 Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi. Dergi Park tarafından yayınlanmaktadır. Tüm Hakları Saklıdır.

ORCID: ¹0000-0001-9223-5381

²0000-0002-2532-4082

³0000-0002-9756-8756

1. GİRİŞ

Karar verme sürecinde insan beyni zaman, mekân, fiziksel şartlar, artılar-eksiler vb. durumları dikkate alır ve sonuçta var veya yok mantığının dışına çıkarak var ile yok arasındaki opsiyonları da göz önünde bulundurup bir sonuç ortaya çıkarır. Bu özellik Lutfi Aliasker Zadeh'in 1965 yılında Bulanık Mantığı temel alan makalesini yayımlayınca kadar insan beynini makinelerden ayıran en büyük özellikti. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin geride kalmamak için ciddi yatırımlar yaptıkları önemli kontrol yöntemlerinden biri olan Bulanık Mantık, bilgisayarları siyah veya beyaz, var veya yok, az veya çok gibi kesin yargıya varılmış kavramlardan kurtarıp onların insan beyni gibi düşünebilmelerinin yolunu açmayı hedeflemekteydi. Böylelikle bilgisayarların karar verirken kullandıkları 0-1 mantığı aşılabacak ve programcının tercihine göre 0 ile 1 arasında yüzlerce hatta binlerce değerler üretmesi sağlanabilecekti.

O tarihten sonra Bulanık Mantık üzerinde birçok çalışma yapıldı ve bu çalışmalar günlük hayatımıza uyarlanarak yaşam kalitemizi azımsanmayacak derecede arttırdı. Örnekler verecek olursak bilgisayar kontrollü bir asansöre binildiğinde asansör kabini aniden harekete geçmeyecek veya istenilen kata geldiğinde aniden durmayacak bunun yerine insanlara hissettirmeden harekete geçip durması mümkün olabilecek, aynı mantıkla tren, metro, metrobüs gibi toplu taşıma araçlarının da kullanıcıları rahatsız eden ani kalkış ve duruşları engellenip daha rahat bir kalkış ve duruşları sağlanabilecekti. Klimalar çok daha hassas derecelere ayarlanarak oda sıcaklıkları istenilen değerlerde sabit tutulabilecek, çamaşır makineleri kullanılacak deterjan miktarını, su sıcaklığını, çalışma süresini ve devir sayısını otomatik olarak kendileri ayarlayabileceklerdi. Yıllar içerisinde bu projeler hayata geçirildi ve çok başarılı olundu. Evlerde, iş yerlerinde, fabrikalarda, organize ve savunma sanayinde, tarım sektöründe ve hayatımızın teknolojiye temas eden birçok alanında Bulanık Mantık ile kontrol edilen elektronik cihazları görmek mümkündür.

Ülkemizde otomobiller için uygulanan hız sınırları yolun bulunduğu bölgeye ve durumuna göre değişmektedir. Genellikle şehir içinde 50 km/h, şehirlerarası yollarda hususi araçlar için, 90 km/h, 110 km/h ve otoyollarda 120 km/h gibi değerler olmaktadır. Bu hız sınırlarına uymayan sürücülere Maliye Bakanlığı tarafından belli oranlarda trafik cezası verilmektedir [1,2]. Günümüzde hız sınırı aşımı durumunda sürücülere uygulanan para cezaları üç kademeli olarak uygulanmakta ve bu kademeler arasındaki aralık oldukça geniş tutulmaktadır. Böylece aynı kademedeki para cezası alan sürücülerin hızlarının birbirlerinden çok farklı oldukları görülmektedir. Bu hız aralığının 10 Km/h'ten 24 Km/h'e, para cezası aralığının ise 338 TL'den 687 TL'ye kadar çıktığı görülmektedir. Bu çalışmada mevcut sistemdeki para cezası kademelerinin Bulanık Mantık yöntemi ile doldurularak sürücülere aşılacak hız kadar para cezası kesilmesi amaçlanmış, böylelikle sürücülere verilen para cezalarının araçların hız aşımına göre daha adil bir şekilde hesaplanmasını sağlamak amaçlanmıştır.

Yapılan uygulamada hangi hız sınırı bölgesinde bulunduğu (50 Km/h, 90 Km/h, 110 Km/h, 120 Km/h) bir arayüz ile seçilecek, araçların plakaları plaka tanıma sistemi ile sayısal veriye dönüştürülecek, bu bilgi kullanılarak veri tabanında kayıtlı olan bilgilerden aracın hangi sınıfta (ticari, hususi) olduğu belirlenecek ve Bulanık Mantık yöntemi kullanılarak hız sınırı ihlali yapan aracın sürücüsüne aştığı hız kadar para cezası kesilecektir. Plaka tanıma işlemi ve veri tabanından aracın cinsini çekme işlemi için Python programlama dilinde OpenCv, Tensorflow, Keras, Numpy, PyQt5, sqlalchemy kütüphaneleri, Bulanık Mantık ile ceza belirlenmesi işleminde de bu kütüphanelere ek olarak skfuzzy kütüphanesi kullanılarak kodlama yapılmıştır.

Trafikte seyreden araçlar arttıkça araç plakasını tanıyan sistemlerin kullanımı da artmıştır. Plaka tanıyan sistemler otoyol girişlerinde, otopark girişlerinde ve daha pek çok yerde kullanılmaktadır. Plaka tanıma sürecinde kullanılan görüntü işleme tekniklerinde eski yıllarda pek çok önışlem kullanılırken, artık önışlem ihtiyacının daha az olduğu teknikler kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan plaka tanıma yöntemlerinde plakanın konumu ve plakadaki karakterlerin tespiti iki ardışık işlem olarak gerçekleştirilmektedir. Daha önceleri kullanılan plaka tanıma yapılarında kenar bulma, renk bulma, doku bulma veya karakter tespiti gibi yöntemler kullanılmaktayken, günümüzde kullanılan yeni tekniklerle ham görüntü üzerinden plaka tanıma işlemleri yapılabilmektedir [3].

Bulanık mantık düşüncesini öncelikle 1964 yılında Azeri A.Zadeh önermiştir. Bulanık mantık yönteminde standart sayısal sistemlerde kullanılan sıfır ve bir seviyeleri yerine, çıkışlar ve girişler pek çok üyelik fonksiyonlarına sahip olabilmektedirler. Bulanık mantık sisteminde öncelikle girişler bulandırılır. Bulandırma işlemi üyelik fonksiyonları kullanarak yapılır. Bulandırma işleminden sonra kural çıkartma yapılır. Belirlenen kurallara göre sistemin çıkış vermesi sağlanarak gereken kontrol işlemi daha hassas olarak sağlanır [4].

Bulaşık Makinesinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi isimli çalışmada günlük hayatımızın bir parçası olan bulaşık makinelerinin kontrolü bulanık mantık ile modellenmiştir. Bu çalışmada girişler bulaşık miktarı, kirlilik derecesi ve bulaşığın cinsi olarak, çıkışlar ise yıkama süresi, deterjan miktarı, su sıcaklığı, üst sepet pompa devri ve alt sepet pompa devri olarak belirlenmiştir. Sistemin girişlerini A ve B, çıkışı ise C olarak belirlendikten sonra kuralları $EĞER A = x \text{ ve } B = y \text{ ise } O \text{ HALDE } C = z$ olacak şekilde ele alınmıştır. Böylece bulaşığın kirlilik derecesine, bulaşık miktarına ve bulaşığın cinsine göre en ekonomik yıkama şartları sağlanmıştır [5].

Bir çalışmada da akademik performans değerlendirme sistemlerinde daha objektif olabilmek için bulanık mantık yaklaşımını kullanılmıştır. Değerlendirme esnasında gerekli kriterleri baz alarak çıkış üyelik dereceleri hesaplatılmıştır. Bu üyelik derecelerini hesaplatırken "ÇOK YETERSİZ", "YETERSİZ", "NORMAL", "BAŞARILI", "ÇOK BAŞARILI" olarak üçgen üyelik fonksiyonunu kullanılmıştır. Sonuç olarak klasik yöntem ile değerlendirme mantığından bulanık mantık değerlendirme yöntemine geçilmesi ile daha esnek ve objektif değerlendirmeler yapılabileceği görülmüştür [6]. Bir başka çalışmada da otoyollarda değişken hız sınır kontrolü

bulanık mantık kullanılarak yapılmış ve kontrolsüz duruma göre seyahat zamanında % 12.39 azalma sağlanmıştır [7]. Bir çalışmada da bulanık mantık yine aracın hızını belirlemek için kullanılmış, ancak bu kez aracın hızını belirlemek için yolun durumu, araca ait özellikler, sürücüye ait özellikler gibi pek çok faktör dikkate alınarak üyelik fonksiyonları belirlenmiştir [8]. Benzer başka bir çalışmada da üyelik fonksiyonuna hava şartları ve yoldaki araç sayısı gibi daha farklı kriterler eklenerek uygun hız değerleri belirlenmiştir [9]. Benzer bir başka çalışmada yine bulanık mantık temelli hız belirleme işlemi otonom araçlar için uygulanmıştır [10]. Brezilya'da yapılan bir çalışmada, Brezilya otoyollarının değişik kısımlarında uygulanacak hız sınırları bulanık mantık yöntemiyle belirlenmiştir [11]. Bizim yaptığımız çalışma ile çok az hız sınırı aşım farklılıklarının büyük ceza farkı oluşturmasının önlenmesi amaçlanmakta, bunu sağlamak için de Bulanık Mantık yöntemi kullanılmaktadır. Hız sınırı aşım miktarına bağlı olarak Bulanık Mantık yöntemi daha makul cezalar üretebilmektedir. Farklı üyelik fonksiyonu tanımlamalarıyla istenen oranlarda ceza değeri üretilebilir. Çünkü değişen bakış açılarına bağlı olarak hız sınırı aşım değeri büyüdükçe az farklılıkların daha büyük ceza artışları oluşturması da gerekebilir. Bu çalışmayla ceza kesim işlemi ilgili memurun birtakım değerler girerek ceza belirlemesine gerek kalmadan ceza belirleme işlemi otomatik olarak gerçekleştirilmektedir.

2. GÖRÜNTÜ İŞLEME

Çok geniş bir kullanıma alanına sahip olan görüntü işleme teknikleri bilim insanlarının ilgisini gün geçtikçe üzerine toplamaktadır. Hızla gelişen teknolojiler arasında yer alan görüntü işleme temel olarak üç aşamadan oluşur. Bunlar, görüntüyü kamera, fotoğraf makinesi gibi elektronik cihazlar kullanarak alıp sayısal ortama aktarma, kamera, fotoğraf makinesi gibi elektronik cihazlar kullanarak dış ortamdan görüntü alma ve alınan bu görüntüyü sayısal ortama atma işlemidir. Sayısal ortama atılmış olan görüntünün üzerinde bazı teknikler kullanarak görüntüyü değiştirme, düzeltme, alan belirleme, çıkarma ve ekleme işlemleri yapma, renk değiştirme, karakter tespit etme gibi işlemler yapılır. Parlaklık dönüşümü yapılarak pikselin parlaklığı ve kontrastı değiştirilebilir, ancak bu dönüşüm pikselin renk özelliklerine bağlıdır. Çıkış pikselinin alacağı parlaklık ve kontrast değerini yalnızca ona karşılık gelen giriş pikselinin değeri belirler. Gri tonlamalı dönüşüm de bu teknik ile gerçekleştirilir. RGB uzayındaki görüntü üç ana renk olan kırmızı yeşil ve mavi renklerini içermektedir. Görüntüyü gri seviyeli bir resme dönüştürmek için kırmızı kanalın %30'u yeşil kanalın %59'u, mavi kanalın %11'i alınmaktadır. Üzerinde işlemler yapılacak bir görüntünün gri tonlamaya dönüştürülmesi onun üzerinde daha kolay bir yer tespiti yapabilmemize olanak tanır [12].

Görüntü üzerinde bazı işlemler gerçekleştirilir. Histogram eşitleme renk değerleri düzgün dağılımlı olmayan resimler için uygun bir iyileştirme metodudur. Bir resimdeki renk değerlerinin belli bölgelerde kümelenmiş olmasından kaynaklanan renk dağılımı bozukluğunu gidermek için kullanılan histogram eşitleme yöntemi plaka tanıma sisteminde karakterlerin tanınması sırasında daha doğru sonuçlar almamızı sağlamaktadır. Görüntü işleme programlarında kolaylıkla yapılabilen bu işlem Matlab, C++, Python gibi gelişmiş programlama dillerine ait kodlarla da yapılabilmektedir. Görüntü filtreleme işlemiyle, işlenecek olan görüntüden alınması istenen bölümün çekilmesi ya da istenmeyen kısımların çıkarılması yapılır. HSV renk uzayı parlaklık, doygunluk ve renk özü değerlerini kullanır. RGB uzayından HSV renk uzayına dönüştürülmüş olan görüntüden belirli değerlere sahip olan kısımların alınması ya da bu değerinin altında kalan bölgenin atılması yapılabilir. Gürültü, işlenecek olan resmin üzerinde benekli bir görünüm oluşturur [13]. Fotoğraf çekimi sırasında kullanılan sayısal sensörün düşük bir sinyal/gürültü oranına sahip olmasından kaynaklanır. Ayrıntıları gizlemesi ve görüntünün kötü görünmesine sebep olur. Fotoğraf sayısal ortamda yakınlaştırıldığında belirgin bir şekilde gözükür. Görüntü işleme algoritmaları fotoğraflarımızın gürültülerden büyük oranda temizlenmesini sağlar. Eşiklemeye, istenmeyen kısımları görüntü arka planından ayırmak için kullanılan bir yöntem olan eşikleme, görüntü bölümlenme için kullanılan en önemli yöntemlerden biridir [14]. Daha çok nesne tespiti için kullanılır. Bu yöntem ile görüntü ikili sayı sistemine dönüştürülür. Daha açık bir ifade ile gri tonlarına dönüştürülmüş bir fotoğrafta belirlenen bir eşik değerinin altında kalan piksellerin siyaha, üstünde kalan pikselleri ise beyaza dönüştürülme işlemidir. Bu eşik değeri belirleme işlemi 1979 yılında Nyoboki OTSU tarafından belirlenmiş ve Otsu metodu olarak adlandırılmıştır. Bu yöntem daha çok plaka tanıma sistemlerinde fotoğraftan plaka görüntüsünü çıkarmak için kullanılmaktadır.

Karakter tespit etme, görüntü üzerinde karakterlerin olduğu alan tespiti ve ayrıştırılması işlemi yapıldıktan sonra bu karakterlerin okunup sayısal ortama aktarılabilmesi için geliştirilen algoritmadır. Ayrılan alan üzerindeki harfler ve rakamlar gibi karakterleri diğer nesnelere ayırma işlemi yapılır [15]. Okunacak olan bölgeyi görüntüden çıkardıktan sonra karakterleri birbirinden ayırma işlemine geçilir. Bu işlemin ardından bir birden ayrılmış olan her bölümün pikselleri x ekseninde soldan sağa doğru taranır ve bu ekseninde bulunan siyah piksel sayıları bulunur. Yapay sinir ağları yöntemi karakterleri tanımak için son zamanlarda kullanılan yaygın yöntemlerden biridir. Yapay sinir ağlarında amaç insan beyninden yararlanılarak bir olayı öğrenebilmektir. Farklı bir hesaplama yöntemi ile bulunduğu ortama uyum sağlayan, yetersiz bilgi olsa bile karar verebilen bir sistemdir. [16]. Siyah-beyaz renklere dönüştürülmüş ve karakterleri birbirinden ayrılmış bir görüntü alanında siyah renkleri 1 ve beyaz renkleri 0 olarak tanımlayacak olursak, tüm rakam ve harflere ait matrislerin sisteme tanıtılması gerçekleştirildikten sonra resimde bulunan rakam ve harflere ait matrisler sisteme yüklenerek YSA'dan okunan karakterlerin sayısal karşılığı elde edilir [17].

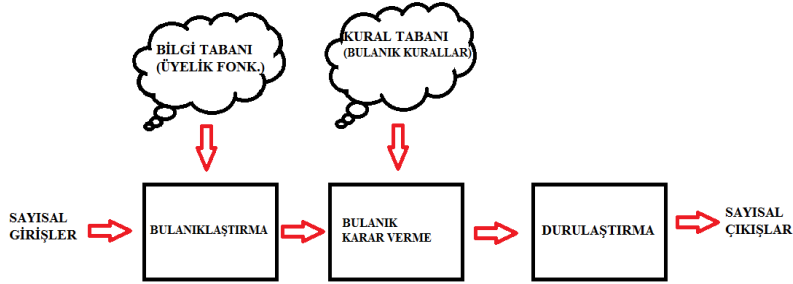
3. BULANIK MANTIK

3.1. Bulanık Mantık Kavramı

Bulanık Mantık, ilk olarak bulanık kümelerle bir dizi kural oluşturma süreci ve ikinci evrede bulanık karar verme sürecidir. Bulanık küme kuramı, şayet eldeki veriler belirsiz, eksik ve kesin olmayan veriler ise bunları değerlendirebilmek ve yaklaşık da olsa sonuçlar üretmek için bize matematiksel araçlar sağlar. Az, çok, sıcak, soğuk, hızlı, yavaş gibi sözel ifadeler bu sayede bilgisayarların hesap yapabileceği bulanık kümelere çevrilir. Bu kuramın mühendislik veya diğer alanlarda uygulanmasındaki temel amaç, kesin olmayan veriler ışığında tutarlı sonuçlar elde edebilmektir.

Bizler karşımıza çıkan problemleri aşmak için vereceğimiz kararlarda bilgilerimizi ve tecrübelerimizi kullanırız. Bu kararların ne kadar doğru olduğu muhakkak ki zamanla kendini göstermektedir. Bilgisayarların bu gibi durumlarda doğru değerlendirmeler yapabilmesi ile birlikte etkili sonuçlar üretebilmesi için bilgi ve tecrübelerimizden oluşan bir dizi kuralı onlara aktarabilmemiz gerekmektedir. Bilgisayarların ortamın ışığını kontrol ettikleri bir çalışmada “Eğer ortamın ışığı az ve aynı ortamda hareket var ise aydınlatma lambalarının ışık şiddetlerini bir miktar artır” gibi sözel kuralların sayısal karşılıklarını makinelere aktarma sırasında bulanık kümeler oluşturmamız ve bu bulanık kümeleri birbirleri ile uygun bir şekilde bağlamamız gerekmektedir. Bu süreç bulanık karar verme sürecidir ve Şekil 1’de bulanık karar verme sisteminin yapısı blok diyagram şeklinde gösterilmiştir.

Bulanıklaştırma aşamasında genellikle sensörler vasıtası ile dışarıdan alınan ve sayısal değerlere sahip olan giriş verileri bilgi tabanındaki üyelik fonksiyonları vasıtası ile sözel ifadelere ve giriş verisinin bu ifadeyi hangi oranda desteklediğini gösteren üyelik derecelerine dönüştürülür. Bulanık karar aşamasında ise bulanıklaştırma aşamasının çıkışından alınan sözel ifadeler kural tabanındaki önermelerle karşılaştırılarak yine sözel yargı sonuçları elde edilir. Bu sonuçların hangi oranda geçerli olduğu yine girişteki üyelik dereceleri tarafından belirlenir. Bulanık karar verme sürecinin çıkışından alınan sözel ifadeler ve bunların destek dereceleri bulanık çıkışlar olarak ifade edilir. Bulanık çıkışlar bir makinenin anlayamayacağı sözel ifadelerdir. Eğer bu çıkışlar ile bir makine kontrol edilecekse tekrar sayısal ifadelere dönüştürülmesi gerekmektedir ki bu işlemi gerçekleştiren katman durulaştırma katmanıdır. Yapılan bir çalışmada son 20 yılda Bulanık Mantık ile yapılan çalışmalar özetlenmiştir [18].



Şekil 1. Bulanık karar verme sisteminin yapısı.

Bulanık Mantık esaslarını Zadeh şu şekilde ifade etmiştir [19].

- Bulanık Mantık sisteminde kesin değerler yerine yaklaşık değerler kullanılır.
- Bulanık Mantıkta bilgi çok az, az, küçük, büyük gibi sözel olarak ifade edilir.
- Bulanık Mantık sisteminde bütün değerler [0-1] aralığında bir üyelik derecesine sahip olur.
- Her bir mantıksal ifade bulanık ifadeye dönüştürülebilir.
- Sistemlerde matematiksel modeli oluşturmak çok karmaşıksa Bulanık Mantık çok rahatlıkla kullanılabilir.

Bulanık Mantık kavramı ilk olarak Assilian ve Mandami tarafından 1975 yılında bir buhar makinesinin kontrol edilmesinde kullanılarak uygulamaya geçmiştir. “Eğer türbinin hızlanma ivmesi yükseliyorsa basınç çok düşünce buhar vanasını bir miktar aç” şeklindeki kurallar ile bu sistemi gerçekleştirmişlerdir [20]. Japonya’nın Sendai şehrindeki bir metroda Bulanık Mantık kuramının uygulanması ile enerjide %10 tasarruf sağlanmasının yanında trenin istenilen konumda durması üç kat daha iyi hale getirilmiştir. Ayrıca finans sektöründe kullanılmak üzere Yamaichi Securities tarafından tasarlanan Bulanık Mantık temelli sistemin Tokyo Borsasında 1988 yılında yaşanan krizi 18 gün önceden tahmin etmiş olması bu kurama olan ilgiyi Dünya geneline yaymıştır. Bu başarılı sonuçların elde edilmesinin ardından 1989 yılında IBM, Matsuhita, Toshiba, Omron, SGS, Thomson gibi büyük firmalarında aralarında bulunduğu 51 firma birlik oluşturarak Laboratory for Interchange Fuzzy Engineering laboratuvarını oluşturmuşlardır [4].

3.2. Klasik Küme ve Bulanık Küme Kavramları

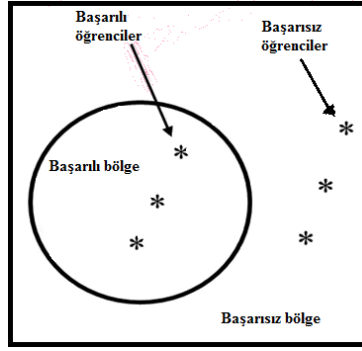
Klasik kümelere bir nesnenin bir kümeye ait olması ya da olmaması söz konusudur (Şekil 2). Bu yaklaşıma bir okulun dönem sonunda başarılı ya da başarısız sayılacak öğrencilerini konu alan bir örnek verilecek olunursa,

okulun belirlemiş olduğu kriterleri karşılayan öğrenciler başarılı diğer öğrenciler başarısız olarak kabul edilir. Öğrenciler bu kriterleri ya karşılarlar ya da karşılamazlar. Kısacası var ya da yok mantığı olarak tanımlanabilir. Bu kümeleri ifade etmekte karakteristik fonksiyonlar kullanılır ve 1 ya da 0 olarak tanımlanır. Klasik mantık kavramında bir A kümesine ait x elemanının alabileceği değerler Eş. 1' de gösterilmiştir.

$$\chi_A: X \rightarrow \{0,1\}$$

$$\forall x \in X, \chi_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

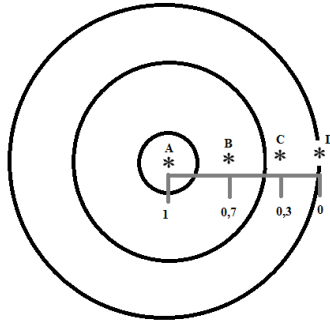
Söz konusu fonksiyonda görüldüğü gibi A kümesine ait elemanlar 1 değerini alırken, ait olmayan elemanlar ise 0 değerini almaktadır.



Şekil 2. Klasik küme kavramı.

Bulanık küme kuramı, bir elemanın bir kümeye kısmi üyeliğine olanak sağlar. Eğer üyelik derecesi olarak adlandırılan üyelik fonksiyonunun değeri 1'e eşit ise x elemanı bulanık kümeye tamamen aittir. Eğer bu değer 0 ise x bulanık kümeye ait değildir. Eğer üyelik derecesi sıfır ile bir arasında ise x elemanı bulanık kümenin kısmi üyesidir [21].

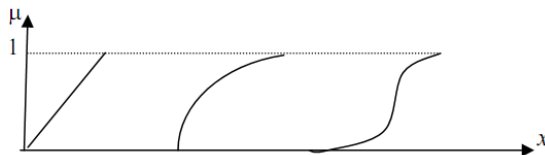
Şekil 3 incelendiğinde bulanık küme kavramının klasik küme kavramına göre ara değerler içerdiği daha net anlaşılmaktadır. Şekil 3'te merkezi başarılı, dış çemberi ise başarısız olarak kabul edersek A, B, C ve D ile gösterilen öğrencilerin başarı durumları ve bu durumlara ait üyelik dereceleri 0 ile 1 aralığında gösterilmektedir. Buna göre A harfi ile gösterilen öğrencinin üyelik derecesi 1 olduğundan başarılı sayılacağı, B ve C harfleri ile gösterilen öğrencilerin üyelik dereceleri (0,7 - 0,3) oranında kısmen başarılı sayılacakları, D harfi ile gösterilen öğrencinin ise üyelik derecesi 0 olduğu için başarısız sayılacağı görülmektedir. Bu şekilde öğrencilerin kümeye kısmi üyeliğine olanak sağlanmaktadır.



Şekil 3. Bulanık küme kavramı.

3.3. Bulanık Mantıkta Üyelik Fonksiyonları

Üyelik fonksiyonları üyelik derecelerinin 0'dan 1'e ne şekilde değişeceğini gösterir (Şekil 4). Üyelik fonksiyonunun şekli, kümenin ifade etmek istediği uygulama alanına göre değişiklik gösterir. En çok kullanılan üyelik fonksiyonları üçgen, yamuk, Gauss dağılımlı, çan eğrisi şekillerinde ya da Z veya S tipi sigmoid'ler şeklindedir.



Şekil 4. 0'dan 1'e üyelik değerlerinin değişim grafiği.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Hız Sınırı Cezalarının Hesaplanması

Ülkemizde otomobiller için uygulanan hız sınırları yolun bulunduğu bölgeye ve durumuna göre değişmektedir. Genellikle şehir içinde 50 km/h, şehirlerarası yollarda, 90 km/h, 110 km/h ve otoyollarda 120 km/h gibi değerler olmaktadır. Bu hız sınırlarına uymayan sürücülere Maliye Bakanlığı tarafından belli oranlarda trafik cezası verilmektedir.

Mevcut hız sınırı cezası hesaplama sistemi üç kademeli ve bu kademelerin arasındaki aralık çok açıktır. Hız sınırının 90 Km/h olduğu durum için örnek verecek olursak 100 Km/h hızla giden bir araç ile 117 Km/h hızla giden bir araca aynı kategoriden yani 1. kademedeki ceza uygulanmakta ve bu ceza 314 TL olmaktadır. Aynı durumda 118 Km/h hızla gitmekte olan bir araca ise 2. kademedeki yani 652 TL ceza verilmektedir. Her üç kademe için de bu duruma örnekler vermek mümkündür. Yani şu an kullanılan sistem trafik hız sınırı cezalarının uygulanmasında adil olmayan bir durum ortaya çıkarmakla birlikte sürücülerin araçlarının hızlarını ayarlamalarında zorluklar yaşamalarına sebep olmaktadır.

4.2. Plakalarına Göre Araç Bilgilerinin Veri Tabanına Yüklenmesi

DB Browser (SQLite) programında veri tabanı oluşturulmuş ve fotoğrafları çekilen araçlar veri tabanına yüklenmiştir. Uygulamada 10 adet aracın resmi çekilmiş, her bir aracın plaka bilgisi, sahiplerinin isim-soy isim bilgileri ile birlikte aracın hangi sınıfa (hususî-ticari) girdiği bilgisi de veri tabanına yüklenmiştir. Böylelikle fotoğrafı çekilecek olan ya da depolama alanındaki dosyadan seçilecek olan araca yazılacak olan cezanın hesaplanması için programa aracın fotoğrafı yüklendiğinde programda kullanacağımız bilgiler veri tabanından çekilerek işlem yapılmaya başlanacaktır.

4.3. Bölgenin Hız Sınırının Girilmesi

KGM'den alınan bilgilere göre ülkemizde hız sınırları yerleşim yeri içi, şehirlerarası çift yönlü karayolu, bölünmüş yollar ve otoyollar olmak üzere 4 guruba ayrılmıştır ve bu gurupların her biri için ayrı hız sınırları belirlenmiştir. Ayrıca araçların sınıflarına göre de otomobil, minibüs, otobüs, kamyonet, panelvan, kamyon, çekici, motosiklet, motorlu ve motorsuz bisiklet, lastik tekerlekli traktörler, arızalı bir aracı çeken araçlar ve iş makineleri gibi guruplara ayrılmış ve araç sınıflarına göre azami hızları ayrı ayrı belirlenmiştir.

Tablo 1'de görüldüğü gibi bu çalışmada hız sınırı bölgelerini 50 Km/h, 90 Km/h, 110 Km/h, 120 Km/h olacak şekilde 4 gurupta, araç sınıflandırmasını ise otomobil (hususî) ve otobüs (ticari) olacak şekilde iki gurupta ele almış bulunmaktayız.

Tablo 2' de ülkemiz'de hız sınırlarının aşılması durumunda sürücülere verilecek olan para cezalarının 2021 yılı için ne kadar olduğu gösterilmiştir.

4.4. Kameradan ve Dosyadan Araçların Görüntülerinin Yüklenmesi

Python programlama dilinde yazmış olduğumuz programda tasarlanan arayüze kameradan ve dosyadan fotoğraf alınabilecek şekilde iki adet buton eklenmiştir. Kameradan butonu seçildiğinde bilgisayarın web kamerası devreye girip fotoğraf almakta, dosyadan butonu seçildiğinde ise daha önceden resimleri çekilip yerel diske kaydedilmiş olan on adet aracın içerisinde herhangi birinin fotoğrafının seçilmesi sağlanmıştır. Böylelikle kameradan görüntüsü alınacak ya da dosyadan seçilecek olan araç bilgisayar programında işleme alınacaktır.

Tablo 1. Türkiye'de araçların uymaları gereken yasal hız sınırı.

Araç Cinsi	Yerleşim Yeri İçinde (Km)	Yerleşim Yeri Dışında		Otoyollarda (Km)
		Şehirlerarası Çift Yönlü Bölünmüş Yollarda (Km)	Bölünmüş Yollarda (Km)	
Otomobil (Hususî)	50	90	110	120
Otobüs (Ticari)	50	80	90	100

Tablo 2. Hız limiti aşımalarına uygulanan cezalar.

%1-%10	%11-%30	%31-%50	%51 VE ÜZERİ
Ceza yazılmaz	314 TL	652 TL	1339

4.6. Aracın Hızının Sisteme Girilmesi

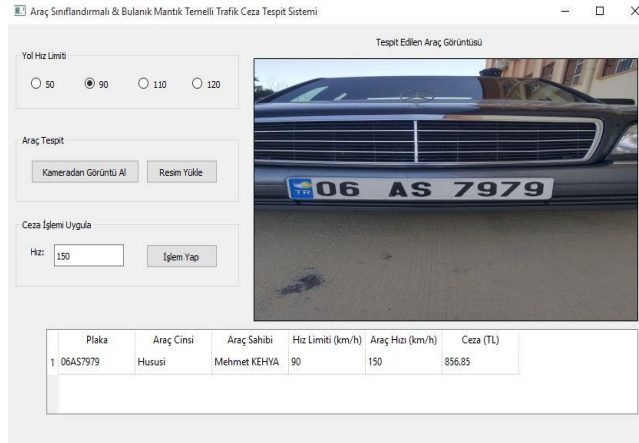
Hız sınırı cezası belirlemeden önceki son aşamada ise aracın yapmış olduğu hızın girilmesi gerekmektedir. Hazırlanmış olan arayüzde aracın hızı textbox kutusuna elle girilmektedir. Bu adımdan sonra arayüzde bulunan işlem yap butonuna tıklanacak ve plaka tanıma sistemi devreye girecektir (Şekil 5).

4.7. Plaka Tanıma Sistemi

Teknolojinin gelişmesi insanlara daha rahat ve konforlu bir yaşam sunmakla birlikte bazı karmaşaların ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Trafikte gün geçtikçe artan motorlu taşıt sayıları sürücülerin kurallara uymalarını kontrol etmekte zorlanmamıza sebep olsa da bu zorlukları teknolojik gelişmelerle kolayca aşabilmek mümkündür. Her motorlu taşıtın kendine ait ve tek olan bir plakası vardır ve son yıllarda oldukça gelişen görüntü işleme teknikleri ile bu taşıtların plakaları yüksek çözünürlüklü kameralar ile kolaylıkla okunarak sayısal ortama atılmaktadır.

Kameralar aracılığı ile dış ortamdan alınan görüntüler içerisindeki yazı ve rakamları sayısal ortama atmak için o görüntü üzerinde özel işlemler yapılması gerekmektedir.

Görüntü üzerinde okunacak bölgenin seçilmesi ve ayrılması işleminin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için fiziksel koşulların (hava, parlaklık, aydınlık, kamera camı temizliği) iyi olması gerekmektedir. Kameradan aldığımız görüntü RGB uzayındadır. İlk olarak RGB uzayında bulunan görüntüdeki renkler griye dönüştürülüp gürültü temizleme işlemi yapılır. Gri tonlarına dönüştürülen görüntüye daha iyi sonuç elde etmek için histogram eşitleme işlemi uygulanır. Daha sonra sırası ile dikdörtgen yapı elemanı ile morfolojik açılım, morfolojik açılımı yapılmış görüntüyü histogram eşitlenmiş görüntüden çıkarma işlemi, görüntü eşikleme işlemi ve Canny Edge işlemi uygulanır. Son olarak kenarları belirlenen bölge görüntü üzerinden alınır. Böylece okunacak olan plaka karakter okumaya hazır hale getirilmiş olur.



Şekil 5. Sistem arayüzü.

Ülkelerde taşıt plakalarındaki alanlar farklı farklı yerleştirilmiştir. Türkiye’de bu alanlar üç bölüme ayrılmış, birinci bölümde illerin kodları, ikinci bölümde harfler ve üçüncü bölümde rakamlar bulunmaktadır. İlk olarak bu alanların, daha sonra ise bu alanlardaki karakterlerin birbirlerinden ayrılması gerekmektedir. Plakalar üzerindeki bölgeler arasındaki boşluklar karakterler arasındaki boşluklardan daha fazladır. Bu sebeple plaka üzerindeki boşlukların hesaplanması işlemi yapılır. Bulunan boşluklara göre plaka üzerindeki bölgeler tespit edilir. Alanlar ayrıştırıldıktan sonra aynı yöntemle karakterlerin ayrıştırılması işlemi yapılır ve böylece harflerin ve rakamların tanınması işlemine geçilir [7].

Harfler ve rakamlar tespit edilirken görüntü piksel piksel soldan sağa doğru taranır. Birinci satır tarandıktan sonra ikinci satıra geçer. Bu işlem satırlar bitene kadar devam ettirilir. Tarama işleminde beyaz piksellere 0, siyah piksellere 1 değeri atanarak bir her karaktere ait matris elde edilir. Bulunan matrisler YSA ile eğitilmiş olan sisteme yüklenerek karakterin hangi harf ya da rakam olduğu belirlenmiş olur.

Karakterler tespit edildikten sonra sayısal ortamda yan yana getirilerek hangi plaka olduğu belirlenip veri tabanından hangi araca ait olduğu bilgisi çekilir. Aracın yaptığı hız bilgisi de sistem arayüzüne girildikten sonra bulanık mantık yöntemi ile araca yazılacak olan para cezasını hesaplama işlemine geçilir.

4.8. Bulanık Mantık Temelli Para Cezası Hesaplanması

4.8.1. Projenin tasarlanması

Uygulamanın sonucunda en uygun sonuçları alabilmek için öncelikle kurallar tablosunun oluşturulması gerekmektedir (Tablo 3). Bu tabloda hız sınırını belirlenen değerlerde sabit tutmamız, aracın gerçekleştirdiği hızı ise hız yok, yavaş, normal, hızlı ve çok hızlı gibi sözel ifadelerle hazırlamamız gerekmektedir. Aşağıdaki gibi bir tablo hazırlandıktan sonra projenin MATLAB programı Fuzzy editöründeki aşamasına geçilmiştir.

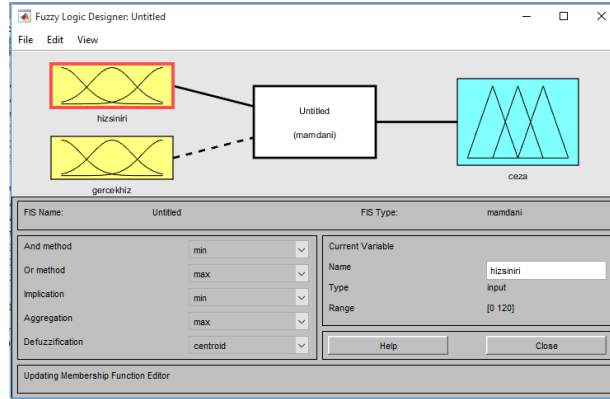
Kurallar tablosunun oluşturulmasından sonra MATLAB programında FUZZY LOGIC DESIGNER aracı ile ‘hız sınırı’ ve ‘gerçek hız’ adında iki giriş parametresi ve ‘ceza’ adında bir çıkış parametresi oluşturmamız gerekmektedir (Şekil 6). Kurallar tablosunda ise Mamdani yaklaşımını kullanılmaktadır.

Hız sınırı ifadesi sürücülerin akıllarında net bir ifade olmalıdır (Hız sınırı 50 Km/h gibi). Günlük hayatta hız sınırlarını sözel ifadelerle (yavaş, normal vs.) kullanmak karışıklığa sebep olacaktır. Bu yüzden bu girişimizi sabit değerlerde tutmamız gerekecektir ve üyelik derecelerini 1 olarak almamız uygun olacaktır. Nihayetinde Şekil 7’teki gibi bir tasarım oluşturmamız gerekmektedir.

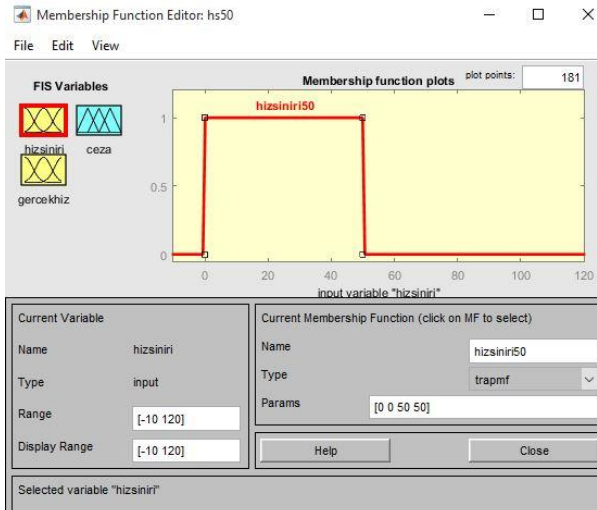
Gerçek hız girişini oluşturmada Şekil 8’de görülen kurallar tablosundaki gibi araçların hızlarını sözel ifadeler ile yazarak bu girişi tamamlayabiliriz. Burada hız sınırı altındaki değerlerde para cezası yazılmaması için üyelik fonksiyonu sabit tutulmuş ve ‘hizyok’ ismi verilmiş ve Type kısmında trapmf seçeneği kullanılmıştır. Daha sonra sırası ile ‘yavas’, ‘normal’ ve ‘hızli’ adlarındaki üyelik fonksiyonları tasarlanmış ve Type kısmında trimf seçeneği kullanılmıştır. ‘cokhızli’ üyelik fonksiyonu için ise Type kısmında belli bir değerden sonra uygulanacak cezanın sabit tutulabilmesi için Trapmf seçeneği kullanılmıştır.

Tablo 3. Kural tablosu.

HIZ SINIRLARI (Km/h)	ARACIN HIZI				
	HIZ YOK	YAVAŞ	NORMAL	HIZLI	ÇOK HIZLI
50	Ceza Yok	Az Ceza	Normal Ceza	Çok Ceza	Maksimum Ceza
90	Ceza Yok	Ceza Yok	Az Ceza	Normal Ceza	Çok Ceza
110	Ceza Yok	Ceza Yok	Ceza Yok	Az Ceza	Normal Ceza
120	Ceza Yok	Ceza Yok	Ceza Yok	Ceza Yok	Az Ceza



Şekil 6. MATLAB’da giriş ve çıkış parametrelerini oluşturma.

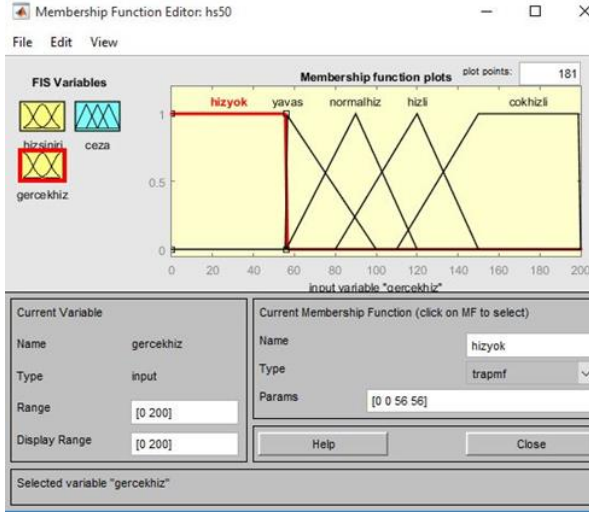


Şekil 7. MATLAB’da hız sınırı üyelik fonksiyonu oluşturma.

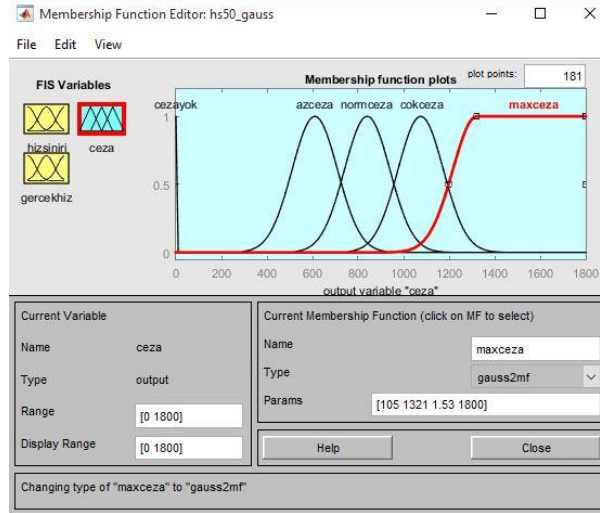
Ceza adını verdiğimiz çıkış üyelik fonksiyonu Şekil 9’daki gibi oluşturulur. Bu aşamada ‘cezayok’ üyelik fonksiyonunu 1 değerinde sabit tutmak için Trimf üyelik fonksiyonu [0 0 0] değerleri kullanılmıştır. Ardından ‘azceza’, ‘normceza’ ve ‘cokceza’ üyelik fonksiyonlarını oluştururken Type bölümünde ‘gaussmf’, ‘maxceza’ üyelik fonksiyonunu oluştururken ise Type bölümünde ‘gauss2mf’ seçenekleri tercih edilmiştir. Böylelikle bizlerin belirleyeceği bir değer üzerinde ceza değeri sabit tutulabilecektir.

Eğer hız sınırı 50 Km/h ve aracın hızı 56 Km/h'nın altındaysa ceza yazılmaması için ve diğer durumların gerçekleşmesi durumunda gerekli ceza değerlerinin hesaplanması için;

1. If (hizsiniri is hizsiniri50) and (gercekhiz is hizyok) then (ceza is cezayok)
 2. If (hizsiniri is hizsiniri50) and (gercekhiz is yavas) then (ceza is azceza)
 3. If (hizsiniri is hizsiniri50) and (gercekhiz is normalhiz) then (ceza is normceza)
 4. If (hizsiniri is hizsiniri50) and (gercekhiz is hizli) then (ceza is cokceza)
 5. If (hizsiniri is hizsiniri50) and (gercekhiz is cokhizli) then (ceza is maxceza)
- şeklinde kural tablosu oluşturulmuştur.



Şekil 8. MATLAB'da gerçek hız üyelik fonksiyonu oluşturma.



Şekil 9. MATLAB'da hız sınırı cezası için çıkış üyelik fonksiyonu oluşturma.

4.8.2. Uygulamanın simülasyon programında test edilmesi

Uygulama programında tasarım yapıldıktan sonra test aşamasına geçilmiştir. Hız sınırının 50 Km/h ve gerçekleşen hızın 80 Km/h olduğu durumda elde edilen sonuç Şekil 10'daki gibi olmuştur. 80 Km/h hız %50 sınırımı geçtiği için 1339 TL ceza olacakken bu uygulamada 562 TL olmuştur. Eğer 75 Km/h hız ile gidilseydi ceza 652 TL olacaktı. Yani 5 Km/h hız farkı normalde 687 TL fark oluşturacakken, bu uygulamada 75 Km/h hıza yakın bir ceza oluşmuştur.

Hız sınırının 50 Km/h ve gerçekleşen hızın 81 Km/h olduğu durumda elde edilen sonuç Şekil 11'deki gibi olmuştur. Bir önceki duruma göre sadece 1 Km/h hız artışı sadece 14 TL ceza artışına sebep olmuştur. Normal uygulanan sistemde ise 1 Km/h hız artışı bazı aralıklarda ceza farkına sebep olmazken, bazı sınır noktalarında ise 2 katından fazla ceza artışlarına sebep olabilmektedir.

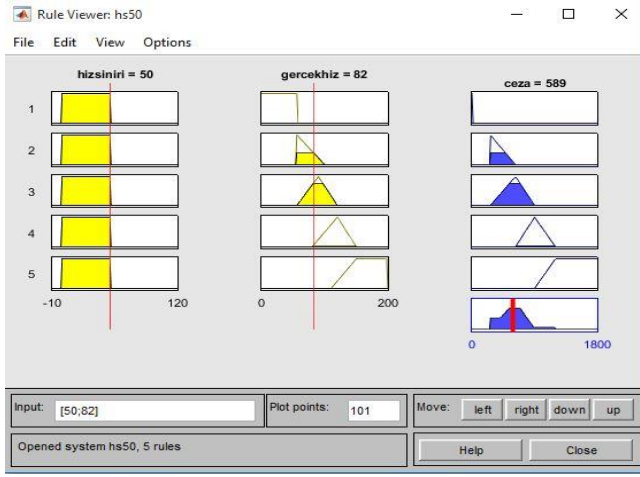
Hız sınırının 50 Km/h ve gerçekleşen hızın 82 Km/h olduğu durumda elde edilen sonuç Şekil 12'deki gibi olmuştur. Görüldüğü gibi 1 Km/h ilave hız artışı 13 TL ceza artışına sebep olmuştur. Sadece 50 Km/h hız limiti için yapılan bu detaylı incelemenin ardından diğer hız limitleri için hususi ve ticari olmak üzere hız artışlarına karşılık ceza grafikleri oluşturulmuştur.



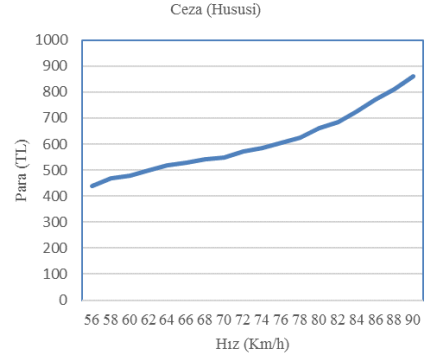
Şekil 10. HS 50 ve GH 80 olma durumu.



Şekil 11. HS 50 ve GH 81 olma durumu.



Şekil 12. HS 50 ve GH 82 olma durumu.



Şekil 13. Hız sınırı 50 Km/h için elde edilen sonuç grafiği.

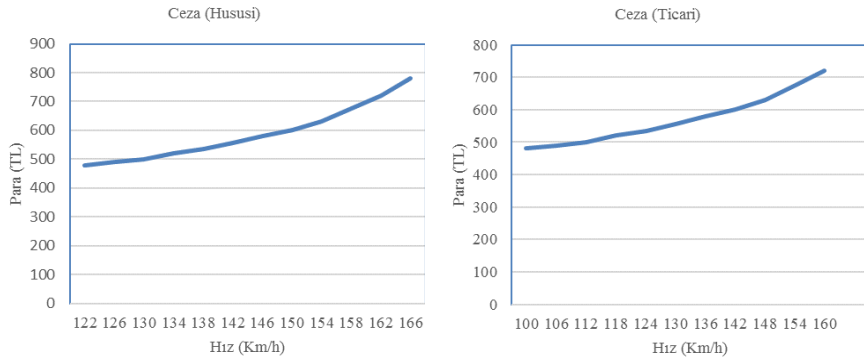
5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Dış ortamdaki görüntü almak için kullanılacak olan kameranın çözünürlüğünün ve görüntü yakalama hızının yüksek olması plaka tanıma sisteminde daha doğru sonuçlar elde etmek için faydalı olacaktır. Bu çalışmada yatayda ve dikeyde 100 ile 300 dpi arasında çözünürlük uygun sonuçlar elde etmemizi sağlamıştır.

Günümüz trafik hız sınırı cezası uygulamasında hız sınırının 50 Km/h olduğu bir bölgede 75 Km/h hızla giden bir araç 652 TL, 76 Km/h hızla giden bir araç ise 1339 TL trafik cezası ödemektedir. Bulanık mantık temelli trafik hız sınırı cezası hesaplama yönteminde ise hız sınırının 50 Km/h olduğu bir bölgede 74 Km/h hızla giden bir araca 625 TL, 75 Km/h hızla giden bir araca 651 TL, 76 Km/h hızla giden bir araca ise 674 TL trafik cezası uygulanmaktadır. Bu şekilde istenilen lineer artış elde edilmiştir.

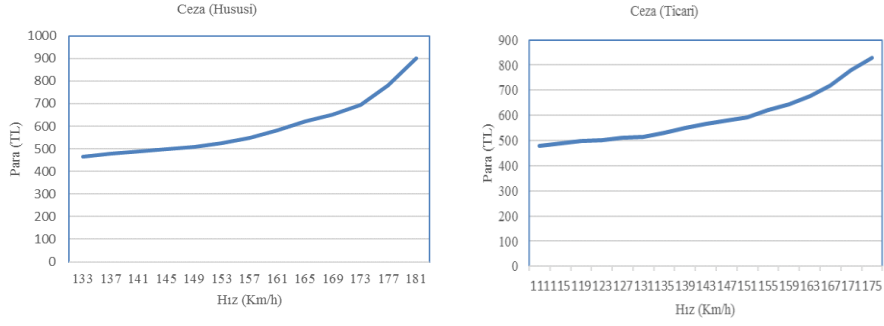
Hız sınırı bölgesi, dış ortamdaki veya yerel hafızadan alınan görüntü ve gerçekleşen hızın arayüze yüklenmesi sonrası hesaplama yapıldığında elde edilen sonuçlar Excel programına yüklendikten sonra aşağıdaki gibi grafikler elde edilmiştir. Böylelikle 50 km/h hız sınırı hususi ve ticari araçlar için Şekil 13, 110 km/h hız sınırı hususi araçlar ve 90 Km/h hız sınırı ticari araçlar için Şekil 14, 120 km/h hız sınırı hususi araçlar ve 100 km/h hız sınırı ticari araçlar için Şekil 15 ve 90 km/h hız sınırı hususi araçlar ve 80 Km/h hız sınırı ticari araçlar için Şekil 16'daki gibi sonuçlar oluşmuştur.

Şekil 14'de de hususi (110 Km/h hız sınırı) ve ticari (90 Km/h hız sınırı) araçlar için görüldüğü gibi sert geçişlerin olmadığı bir ceza değerlendirmesi oluşmuştur. Hususi araçlar için 122 Km/h hız ve 143 Km/h hız için 314 TL ceza, 144 Km/h ve 165 Km/h hız için 652 TL ceza, 166 Km/h hız için 1339 TL ceza ödenecekken görüldüğü gibi her hız limiti aşımı için makul bir ceza artışı elde edilmiştir. Benzer durum ticari araçlar için de 100 Km/h hız ve 117 Km/h hız için 314 TL ceza, 118 Km/h hız ve 135 Km/h hız için 652 TL ceza, 136 Km/h hız için 1339 TL ceza ödenecekken yine hız limiti aşımaları için makul ceza artışları elde edilmiştir.



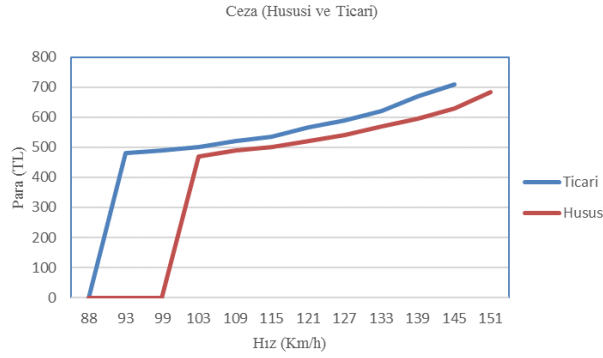
Şekil 14. Hız sınırı 110 Km/h hususi ve 90 Km/h ticari araçlar için sonuç grafiği.

Şekil 15'de de hususi (120 Km/h hız sınırı) ve ticari (100 Km/h hız sınırı) araçlar için görüldüğü gibi sert geçişlerin olmadığı bir ceza değerlendirmesi oluşmuştur. Hususi araçlar için 133 Km/h hız ve 156 Km/h hız için 314 TL ceza, 157 Km/h ve 180 Km/h hız için 652 TL ceza, 181 Km/h hız için 1339 TL ceza ödenecekken görüldüğü gibi her hız limiti aşımı için makul bir ceza artışı elde edilmiştir. Benzer durum ticari araçlar için de 111 Km/h hız ve 130 Km/h hız için 314 TL ceza, 131 Km/h hız ve 150 Km/h hız için 652 TL ceza, 151 Km/h hız için 1339 TL ceza ödenecekken yine hız limiti aşımaları için makul ceza artışları elde edilmiştir.



Şekil 15. Hız sınırı 120 Km/h hususi ve 100 Km/h ticari araçlar için elde edilen sonuç grafiği.

Şekil 16'da hususi (90 Km/h hız sınırı) ve ticari (80 Km/h hız sınırı) araçlar için ceza değerlendirmesi tek grafikte verilmiştir. Görüldüğü gibi her iki araç türünde de %10 tolerans limitinde bir ceza oluşmamış, hususi araçlarda 99 Km/h hız değerinden sonra, ticari araçlarda da 88 Km/h hız değerinden sonra cezalandırma başlamıştır. Bu durumda %10 tolerans değerinden sonra dar bir aralıkta fazla ceza artışları olurken, daha sonrasında daha doğrusala yakın bir ceza artışı oluşmuştur.



Şekil 16. Hız sınırı 90Km/h hususi ve 80 Km/h ticari araçlar için sonuç grafiği.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Plaka tanıma sistemi görüntü üzerinden ilgili bölümü alma, karakterleri parçalara ayırma ve karakterleri tanıma olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Görüntü alınırken daha doğru sonuçlar elde etmek için çözünürlüğün yüksek tutulması gerekir. Bu şekilde plaka bölgesinin resimden ayrılması işleminde işlemcinin daha fazla çalışmasına karşın daha az hata yapılmış olur.

Python programı ile bu çalışma yapılırken arduino programlama kartı yerine bilgisayar kullanılması gerekmektedir. Program, işlemci ve ram kapasitesi düşük bilgisayarlarda çalıştırıldığında sık sık durabilmekte veya kendini kapatabilmektedir.

Matlab Fuzzy Logic programında tasarım aşamasında çıkış üyelik fonksiyonları belirlenirken type kısmında gaussmf ve gauss2mf seçilmesi ceza belirleme aşamasında daha istenilen sonuçların alınmasını sağlamıştır.

İlerleyen aşamalarda programı geliştirmek adına çıkışta daha lineer çıktılar elde edebilmek için Python programlama dilinde Sugeno yaklaşımı kullanılarak program üzerinde değişiklikler yapılabilir. Bu işlem için program içerisindeki üyelik dereceleri hesaplama, kural tablosu oluşturma ve durulaştırma bölümleri Sugeno yaklaşımına göre yeniden yazılabilir.

Yazar Katkıları

Her bir yazar da çalışmaya eşit miktarda katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler

KAYNAKÇA

[1] <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Trafi k/HizSinirlari.aspx>, Erişim tarihi Ocak 11, 2021.

[2] <http://trafik.gov.tr/kurumlar/trafik.gov.tr/03-Mevzuat/2021-yili-trafik-idari-para-ceza-rehberi.pdf>, Erişim tarihi Ocak 11, 2021.

- [3] F. Bayram “Derin öğrenme tabanlı otomatik plaka tanıma”, *Politeknik Dergisi*, vol. 23, no. 4, pp. 955-960, 2020.
- [4] H.M. Ertunç “Introduction To Fuzzy Logic”, Kocaeli Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği, 2012.
- [5] A.E. Tiryaki, ve R. Kazan “Bulaşık Makinesinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi”, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Mühendis ve Makine Dergisi, vol. 48, no. 565, 2007.
- [6] İ. Ertuğrul “Akademik Performans Değerlendirmede Bulanık Mantık Yaklaşımı”, *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, vol. 20, no. 1, pp. 155 – 176, 2006.
- [7] D. Li, P. Ranjitkar “A Fuzzy Logic-Based Variable Speed Limit Controller”, *Journal of Advanced Transportation*, vol. 49, no. 8, 2015.
- [8] F. Barreno, M. Santos, M.G. Romana “A Novel Adaptive Vehicle Speed Recommender Fuzzy System For Autonomous Vehicles On Conventional Two-Lane Roads, *Expert Systems*, 2022.
- [9] X.R. Liang, D.Q. Wang “Design and Simulation of Speed Limit Controller Based on Fuzzy Logic Inference”, *Home Applied Mechanics and Materials Applied Mechanics and Materials*, vols. 220-223, pp. 988-991, 2012.
- [10] B. Öztürk, V. Sezer “A New Speed Planning Method Based On Predictive Curvature Calculation For Autonomous Driving”, *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, vol. 30, no. 4, 2022.
- [11] G. Lanzaro, M. Andrade “A Fuzzy Expert System For Setting Brazilian Highway Speed Limits”, *International Journal of Transportation Science and Technology*, 2022.
- [12] E. Deniz “Plaka Tanıma Sistemi”, Kocaeli Üniversitesi Bilişim Sistemleri Mühendisliği, 2018.
- [13] M. Ünay “Bilgisayarlı Görü Teknikleri Kullanılarak Yapay Zeka Temelli Limon Ağacı Rekolte Tahmini”, Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman, 2021.
- [14] A. Kızılkaya “Sayısal Görüntü İşleme”, Pamukkale Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği, 2008.
- [15] J.W. Hsieh, S.H. Yu, and Y.S. Chen “Morphology-based License Plate Detection from Complex Scenes”, *IEEE Proceedings of the 16th International Conference on Pattern Recognition*, Quebec City, Canada, vol. 3, pp. 176-179, 2002.
- [16] V. Nابیev “Yapay Zeka Problemler”, *Yöntemler, Algoritmalar, Seçkin Yayıncılık*, 2013.
- [17] K.S. Narendra ve S. Mukhopadhyay “Adaptive control using neural networks and approximate models”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 8, no. 3 pp. 475-485, 1997.
- [18] O. Özdemir, Y. Kalıncara “Bulanık Mantık: 2000-2020 Arası Tez ve Makale Çalışmalarına Yönelik Bir İçerik Analizi”, *ACTA INFOLOGICA*, İstanbul University Press, vol. 4, no. 2, pp. 155-174, 2020.
- [19] Ç. Elmas “Yapay Zeka Uygulamaları”, *Seçkin Yayıncılık*, 2007.
- [20] J. Bih “Paradigm shift - an introduction to fuzzy logic”, *Potentials.IEEE*, vol. 25, no. 1, pp. 6-21, 2006.
- [21] R. Babuska “Fuzzy Modeling for Control”, *Kluwer Academic Publisher*, 1998.