

# YAPAY ZEKA TEKNİKLERİNİN TRAFİK KONTROLÜNDE KULLANILMASI ÜZERİNE BİR İNCELEME

Mehmet TEKTAŞ<sup>1</sup>

Ahmet AKBAS<sup>2</sup>

Vedat TOPUZ<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Marmara Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, 81040 Göztepe-İstanbul

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

<sup>1</sup>e-mail: [tektas@marmara.edu.tr](mailto:tektas@marmara.edu.tr) <sup>2</sup>e-mail: [ahmetakbas@marmara.edu.tr](mailto:ahmetakbas@marmara.edu.tr) <sup>3</sup>e-mail: [vtopuz@marmara.edu.tr](mailto:vtopuz@marmara.edu.tr)

## ÖZET

Kent içi karayolu ulaşım sistemi, işlevi itibarı ile canlı organizmaların dolaşım sistemine benzetilebilir. Dolaşım sistemindeki rahatsızlıkların, bütün organların sağlıklı çalışma şartlarını olumsuz yönde etkilemesi gibi; karayolu ulaşımının problemleri de, kentlerde ekonomik ve sosyal hayatın sağlıklı bir yapıya kavuşmasını olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle, kent içi karayolu ulaşımının sağlıklı bir yapıya kavuşturulması zorunlu bir ihtiyaçtır. Bu kapsamda ulaşım planlamasının yanı sıra, önemle üzerinde durulması gereken diğer bir olgu da trafiğin kontrolüdür. Günümüzde trafiğin kontrolü amacıyla geleneksel kontrol tekniklerine ilave olarak ileri trafik kontrol teknikleri de kullanılmaya başlanmıştır. Bu tekniklerinin önemli bir bölümünü yapay zeka teknikleri (artificial intelligence, AI) oluşturmaktadır.

Bilgisayar teknolojisi ve yapay zeka tekniklerinin gelişimine paralel olarak, çizelgeleme (scheduling), akış kontrol (flow control), yönlendirme (routing) gibi gerçek hayat problemlerinin çözümüne yönelik uygulamalar ve akademik çalışmaların son yıllarda giderek yaygınlaştığı gözlenmektedir. Bu çerçevede, trafik kontrol probleminin çözümüne yönelik yapay zeka tekniklerinin kullanımı da yaygınlaşmaktadır. Bu kapsamdaki başlıca konu başlıkları uzman sistem (expert system, ES) veya bulanık mantık (fuzzy logic, FL) yöntemleri ile transit ve kentiçi yollardaki trafik akımlarının kontrolü, yapay sinir ağları (artificial neural networks, ANN) ile trafik akışı tahmini, genetik algoritmalarla (genetic algorithms, GA) trafik optimizasyonu olarak sayılabilir.

Yapay zekanın amacı insanın zekasını bilgisayar aracılığı ile taklit etmek, bu anlamda belli bir ölçüde bilgisayarlara öğrenme yeteneği kazandırabilmektir. Bu şekilde yapay zeka çoğunlukla insanın düşünme yeteneğini, beynin çalışma modelini veya doğanın biyolojik evrimini modellemeye çalışan yöntemlerden oluşur. Yapay zeka yöntemlerinin başlıcalarını uzman sistemler, bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar oluşturur. Uzman sistemler kısaca bir kural tabanlı sistem olarak nitelendirilebilir. Burada oluşturulan kurallar bir uzmanın görüşü veya tecübesine dayandırılarak oluşturulur. Oluşturulan bu kurallardan, insanın neden-sonuç ilişkisine bağlı kalarak bir sonuca varması gibi mantıksal işlemler sonucunda bir çıkarım yapılır. Bulanık mantık da bir kural tabanlı sistem olarak düşünülebilir. Fakat burada nitelendirmeler, uzman sistemlerden farklı olarak kesin değildir. Bir insanın günlük hayatta yaptığı nitelermelerin büyük çoğunluğu da kesin değildir. Bulanık mantık bu şekilde kural tabanının günlük hayatta kullanılan kesin olamayan kelimelerle oluşturulmasına imkan sağlar. Beynin öğrenme kapasitesi nöronlar ve bunların birbiri ile olan bağlantısına bağlıdır. Yapay sinir ağları, adından da anlaşılacağı gibi, beynin çok basit bir nöron modelinin benzetimidir. Bu şekilde elde edilen ağ ile öğrenme olayı gerçekleşir. Genetik algoritma ise, doğanın kullanmış olduğu biyolojik evrim modelini benzeterek çözüm arayan bir optimal arama algoritmasıdır.

Bu çalışmada yapay zeka tekniklerinden uzman sistemler, bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritma yöntemleri tanıtılarak, bu tekniklerin trafik kontrol problemlerinde kullanımları üzerine araştırma yapılmıştır. Çalışmada trafik kontrolünde bu tekniklerin nerede ve nasıl uygulandığına ilişkin bir sınıflandırma yapılmıştır.

## 1.GİRİŞ

Yapay zeka , insan tarafından yapıldığında zeka olarak adlandırılan davranışların (akıllı davranışların) makina tarafından da yapılmasıdır. Yapay zeka'nın insan aklının nasıl çalıştığını gösteren bir kuram olduğu da söylenebilir. Yapay zeka'nın amacı ,makinaları daha akıllı hale getirmek , zekanın ne olduğunu anlamak ve makinaları daha faydalı hâle getirmektir.

Yapay zekanın amacı insanın zekasını bilgisayar aracılığı ile taklit etmek, bu anlamda belli bir ölçüde bilgisayarlara öğrenme yeteneği kazandırabilmektir. Bu şekilde Yapay zeka çoğunlukla insanın düşünme yeteneğini, beynin çalışma modelini veya doğanın biyolojik evrimini modellemeye çalışan yöntemlerden oluşur.

Bilgisayar teknolojisindeki gelişime paralel olarak özellikle son yirmi yılda ulaşım alanında karşımıza çıkan ve sezgisel olarak çözülebilen yada çözülmesi matematik teknikler ile mümkün olmayan gerçek hayat problemlerini (Çizelgeleme, Gezgin Satıcı vb.) çözmeye yönelik ileri teknikler Yapay zeka teknikleri olarak adlandırılır. Bunların başlıcaları:

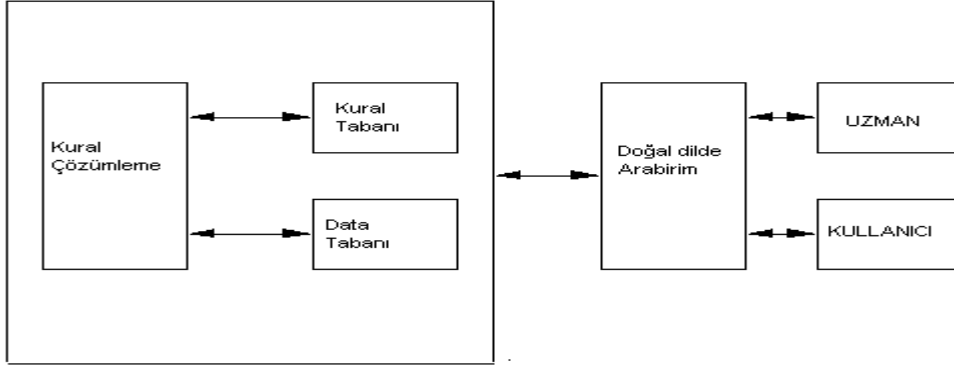
- a-) Bilgi tabanlı uzman sistem yaklaşımı
- b-) Yapay sinir ağları yaklaşımı
- c-) Bulanık mantık yaklaşımı
- d-) Geleneksel olmayan optimizasyon teknikleri
  - i-) Genetik algoritma
  - ii-) Benzetilmiş tavlama (Simulated annealing)
  - iii-) Hyprid algoritmalar
- e-) Nesne tabanlı (Object-oriented) programlama
- f-) Coğrafi bilgi sistemleri(GIS)
- g-) Karar destek sistemlerinin gelişimi
- h-) Esnek programlama (Soft computing )

Bu yöntemlerden sadece trafik alanında yaygın olarak kullanım alanı bulan uzman sistemler, yapay sinir ağları, genetik algoritma ve bunların kendi aralarında ikili veya üçlü birleşimiyle oluşan esnek programlama ile ilgilendik. Bunun için bu teknikleri çok detaylara girmeden özetleyip trafikte kullanım alanlarına göre tasnif çalışması yaptık.

## 2.KULLANILAN YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ

### 2.1.Uzman Sistemler (Expert Systems)

Yapay zekanın en önemli uygulama alanlarından biri *Uzman Sistemler*dir. Bu tip sistem belli bir alanda uzman olan kişilerin uzmanlıklarına dayanarak çözüm arar. Bunu bir tür bilgisayarda düzenlenmiş danışma sistemi olarak düşünebiliriz. Uzman sistemler hem makine hem de insan müdahalesine ihtiyaç duyan uygulamalarda kullanılır. Tıp, finansal planlama, bilgisayar konfigürasyonu, gerçek zamanlı sistemler, trafik yönetimi ve kontrolü, sigortacılık bazı uygulama alanlarıdır. Bir uzman sistem üç parçadan oluşur. Bunlar; Kural Tabanı, Data Tabanı ve Kural Çözümleyicidir. Bu şekilde oluşturulmuş bir Uzman Sistemim blok yapısı Şekil.1' de görülmektedir.



Şekil-1. Bir Uzman Sistemin Blok Yapısı.

Kural tabanında, kural çözümleyicinin sonuca varmak için kullanacağı kural kümesi bulunur. Pek çok uygulamada Kural tabanı IF-THEN kural yapısında tutulur. Bu kural kümesinde birkaç kuraldan birkaç bin kurala kadar olabilir. Data tabanında probleme özgü olgular tutulur. Bu olgular IF-THEN kural yapısındaki koşulların değerleridir. Kural çözümleyici ise kural tabanındaki kurallara bakarak yeni kurallar veya sonuçlar üretir. Böyle bir sistemi doğal bir dil arabirimi kullanarak kullanıcının akıllı bir sistem üzerinden bir uzman ile bağlantı kurması sağlanabilir.

Uzman sistemler, çözümü kesin belli olmayan problem tipleri için bazı algoritmik olmayan uzmanlıkları somutlaştıran bilgi uygulamalarıdır. Örnek olarak, uzman sistemler hem makine hem de insan müdahalesine ihtiyaç duyan uygulamalarda kullanılır. Tıp, finansal planlama, bilgisayar konfigürasyonu, monitör gerçek zamanlı sistemler, trafik yönetimi, sigortacılık bazı uygulama alanlarıdır.

Uzman sistemlerin elemanları ve arayüzleri:

- Bilgi tabanı (knowledge base): Uzmanın bildirilerinden oluşur. If-then kurallarıyla yapılandırılır,
- Çalışma alanı (working space): Problem çözümünde gerekli özel bilgileri bulundurmaz,
- Çıkarım birimi (inference engine): Bilgi tabanından ve problemin özel verilerinden gelen tavsiyelerle değişen sistemin merkezindeki kod.

Uzman sistem dizaynının anlaşılması için; sistem ile birbirini etkileyen kişisel rollerinde anlaşılmasına ihtiyaç vardır. Bunlar:

- Ana uzman (domain expert): Problemin çözüm yolunu tespit eden kişi veya kişiler.
- Bilgi Mühendisi (knowledge engineer): Uzmanın bilgisini çözerek uzman sistemin kullanabileceği şekle dönüştüren kişi.
- Kullanıcı (user): Uzman tarafından verilen bilgileri problem çözümünde kullanacak kişi.

Uzman Sistemlerin Özellikleri:

- Geriye zincirleme (backward chaining): If- then kuralları kullanılarak alt amaçlardan bir amaca varılır.
- Belirsizlik ile işleme (coping with uncertainty): Sistemin yeteneği, tam bilinmeyen kurallar ve verilere verdiği cevaplar ile muhakeme edilir.
- İleri zincirleme (forward chaining): Başlangıç verilerinden If-then kuralları kullanılarak problem çözümüne gidilir.
- Veri temsili (data representation): Sistemde (erişilebilir ve depolanabilir) probleme özel veriler.
- Kullanıcı arayüzü (user interface): Sistem kullanılarak kolayca oluşturulan kod parçaları.

## 2.2. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

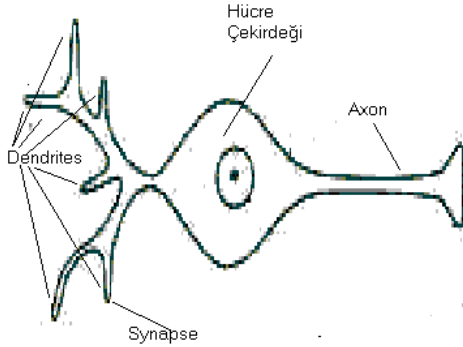
Bulanık mantık kavramı, ilk olarak 1965 yılında L.Zadeh tarafından kullanılmıştır. Bulanık mantık kavramı genel olarak insanın düşünme biçimin modellemeye çalışır. Klasik küme kavramında bir üye bir kümenin üyesidir veya üyesi değildir. Bulanık mantık kavramında bir üyenin bir kümenin üyesi olup olmadığı üyelik fonksiyonları ile belirlenir. Bu kavram ile bulanık mantığın kullandığı çıkarım yöntemleri kullanılarak olaylar hakkında yorum yapmaya çalışılır. Bulanık mantığın en güçlü tarafı var olan bir

uzman bilgisinin kullanılmasıdır. Bu durum uzman bilgisinin tam olarak elde edilemediği durumlarda ise büyük bir dezavantaj oluşturur. Sempozyumda sunduğumuz “Boğaz Köprüsü Yoluna Katılım Noktalarında Trafik Akımlarının Bulanık Mantık Yaklaşımı İle Kontrolü ve Bir Uygulama Örneği” isimli makalemizde bulanık mantık kavramı açıklandığından ayrıca açıklanmayacaktır.

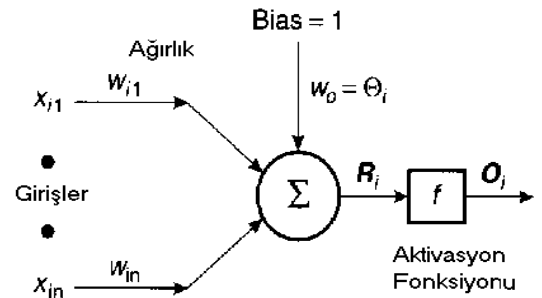
### 2.3.Yapay Sinir Ağları (Artificial Intelligence Networks)

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin nöronlardan oluşan yapısını ve öğrenme yöntemlerini inceler. 19.yüzyıldaki psikolog ve nöropsilogların insan beynini anlamaya çalışmaları YSA’ların temelini oluşturur. Fakat bu konulardaki ilk modern çalışmalar McCulloch ve W.Pitts ile başlar.

YSA beynin Nöron modelini benzeterek, beynin bazı işlevlerini yerine getirmeye çalışan bir sistemdir. İnsan beyninde yaklaşık  $10^{11}$  nöron ve her bir nöronda yaklaşık  $10^4$  dendrities vardır. Sinir sisteminin en küçük birimi olan nöron’ un biyolojik modeli Şekil.2’deki gibidir. Bu Nöronun YSA modeli ise Şekil.3’deki gibi çizilebilir.



Şekil.2 Nöron’ un Biyolojik Modeli.



Şekil.3 Bir Nöronun YSA Modeli.

YSA’lar özellikle öğrenme üzerinde odaklanmıştır ve lineer olmayan sistemlerde veya sisteme ait bilginin tam olmadığı, hatalı olduğu sistemlerde çözüme ulaşmak için uygundur. YSA’ların en önemli dezavantajı ise var olan bir uzman bilgisinin problem çözümüne aktarılmasındaki zorluktur. YSA kullanım alanları; kontrol ve sistem tanımlama, görüntü ve ses tanıma, tahmin ve kestirim, arıza analizi, tıp, haberleşme, trafik, üretim yönetimi olarak sayılabilir.

### 2.3. Genetik Algoritma (Genetic Algorithm)

Genetik algoritma (GA) süreci doğal evrime benzetilir. Bu nedenle Üreme (Reproduction), Çaprazlama (Crossover), Mutasyon (Mutation) gibi doğal evrimde kullanılan operatörleri içerir.

Üreme, uygunluk (fitness) değerlerine bakılarak stokastik yöntemlerle seçilen bireylerden yeni bir popülasyon oluşturma işlemidir. Bu işlem, ilerleyen generasyonlarda daha yüksek uygunluk değerlerine sahip bireylerin oluşmasına neden olur. Bu nedenle bu işleme en uygunun hayatta kaldığı test (survival of the fittest ) adı verilir.

Çaprazlama, çoğunlukla rastgele olarak seçilen iki bireyin kromozomları çaprazlanarak gerçekleşir. Bu işlemde, bireylerin kromozomunu oluşturan dizilerin değişik kısımlar yer değiştirilerek yeni döl üretimi sağlanır. Bu döl popülasyonunda daha az uygunluk değerine sahip “zayıf” bireylerin yerine konabilir. Çaprazlama, genetik algortimada en önemli operatördür ve generasyonda yeni çözümlerinin üretiminden sorumludur.

Mutasyon, bireyin kromozomunu oluşturan dizideki tek bir elemanın değerinin rastgele olarak değişmesidir. Mutasyon, çözümün alt optimal noktalara takılmasını önleyen ve çok düşük olasılık değeri ile uygulanan operatördür.

Genel olarak genetik algoritma, çözüm bilgisinin hiç olmadığı veya çok az olduğu bir durumla aramaya başlar. Çözüm çevreden gelen etkileşime ve genetik operatörlere bağlıdır. GA, aramaya paralel bir şekilde, birbirinden bağımsız noktalardan başlar, bu nedenle alt optimal çözümlere takılma olasılığı azdır. Bu nedenle GA, karmaşık arama problemleri “birden çok alt çözüm kümesi olan” için en iyi optimizasyon tekniği olarak bilinir. GA ‘yı diğer Evrim Algoritması (EA) türlerinden farklı kılan özellikleri;

- Eşeyli üreme yöntemini,
- Mutasyon ve çaprazlama operatörlerini,
- Stokastik veya deterministik seçim yöntemlerini,
- Problemin çözümü için problemin kendisi yerine kodlanmış bir dizisini kullanması olarak gösterilebilir.

Bu şekilde GA diğer EA türlerinden daha esnek bir yapı sağlar. Bir evrim işlemi, potansiyel çözüm uzayında, popülasyonu oluşturan kromozomlar içinde en uygun kromozomu arama işlemidir. Böyle bir arama iki zıt amacı dengelemeyi gerektirir. Bu amaçlar; en iyi çözümlerin aranması (Exploit) ve arama uzayının genişletilmesidir (Explore) Genetik algoritma ile geleneksel optimizasyon teknikleri (özellikle nümerik metotlar) arasındada çok önemli farklılık vardır. Bu farklılıklar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

i-) GA optimize edilecek olan parametrelerin kendileri ile değil kodlanmış dizileri üzerinde çalışır. Pekçok durumda ikili (binary) kodlama kullanılır. Fakat genetik algoritmalar için bu bir gereklilik değildir. Gerçek sayı kodlama, ağaç yapılı kodlama (tree coding) gibi farklı kodlama sistemleri de kullanılabilir.

ii-) GA, bir popülasyon içinde arama yapar. Bu popülasyon, problemin bütün olası çözümlerini temsil eden uzayı oluşturur. Başlangıç popülasyonu genellikle rastgele üretilen bireyleri içerir.

iii-) GA, problemin çözümünü belirlenen çözüm uzayında aramak için bir uygunluk fonksiyonu (fitness function) kullanır. Bu uygunluk fonksiyonu klasik optimizasyon tekniklerinde kullanılan amaç fonksiyonuna benzetilebilir.

iv-) GA, sonuca ulaşmak için stokastik yöntemler kullanır.

Genetik algoritmaları cazip kılan özelliklerinin bazıları şunlardır:

**Öğrenme:** Genetik algoritma global arama tekniklerinde yaygınca kullanılır ve en iyisi olarak bilinir. Mevcut performans ölçütlerini kullanarak verilen bir arama uzayında arama uzayını genişletme ve en iyiyi arama özelliklerini kullanma yeteneğine sahiptir. Bu özelliklerini çaprazlama, mutasyon ve üretim gibi genetik operatörlerle kullanarak öğrenme yeteneğine sahiptir.

**Genetik kod yapısı:** Genetik algoritma doğrudan parametrelerle değil, kodlanmış parametre dizisiyle çalışır. Bu, kullanıcıya problemleri bir değişken optimizasyon problemi gibi çözmesine imkan verir.

**Çözümlerin optimalliği:** Pekçok gerçek hayat problemlerinin *Çok Modellilik* (Multimodal) ve doğrusal olmama gibi özellikleri vardır. Geleneksel arama teknikleri böyle arama uzaylarında yetersiz kalır. Genetik algoritma ise böyle karmaşık arama uzaylarında optmale yakın çözümler bulma yeteneğine sahiptir. Genetik algoritma, mühendislik, bilim, ekonomi çok değişik alanlardaki problemler için gürbüz (Robust) bir optimizasyon aracı olarak son yıllarda büyük bir önem kazanmıştır.

Genetik algoritmanın uygulama alanlarından bazıları; haberleşme şebekleri tasarımı, elektronik devre dizaynı, gaz boruları şebekeleri optimizasyonu, görüntü ve ses tanıma, veri tabanı sorgulama optimizasyonu, uçak tasarımı, fiziksel sistemlerin kontrolü, gezgin satıcı problemlerinin çözümü, ulaşım problemleri, optimal kontrol problemleridir .

## 2.4.Esnek Programlama (Soft Computing)

Uzman sistemler, bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritma uygulamalarda tek başlarına kullanılabildikleri gibi birçok uygulamada her bir yöntemin avantaj ve dezavantajları göz önüne alınarak birlikte kullanılır. İşte böyle bir yaklaşıma esnek programlama adı verilir. Bu şekilde çok daha etkin yöntemler geliştirilmiştir.

## 3.TRAFİKTE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI

Ulaşımın planlanması esas olarak transit şebeke tasarımı, şebeke değerlendirmesini, transit işlemler vb.den oluşur. Transit şebeke tasarımı, rotaların tasarımı, çizelgeleme, yükleme modelini vb. Konuları içerir. Transit şebeke tasarımı; geleneksel olarak matematik optimizasyon teknikleri yada sezgisel teknikler kullanılarak yapılmaktadır. Genelde optimizasyon teknikleri sadece küçük şebekelere uygulanabilir. Büyük şebekelerde optimizasyon teknikleriyle gereken bilgisayar zamanının çok olmasından dolayı sezgisel yöntemler büyük şebekeler için tercih edilir.

Transit şebekelerin analizi ve değerlendirmesi aşağıdaki başlıklara göre oldukça zordur. Bunlar; lineer olmayan ve konveks olmayan bir yapıda olması, NP- sınıfı problem olması ve polinom olmayan yapıda karmaşıklıkla sahip olmaları (NP- sınıfı karmaşıklık).

Çok amaçlı ve çok kriterli problem olarak ele alındığında bu tip problemlerin çözümü için hesaplama olarak uygun hızlı tekniklerin sezgisel kurallar kullanılarak geliştirilmesi gerekir. İşte bu noktada çalışmamızın konusu olan trafik kontrolünde karşımıza çıkan bu tip problemlerin çözümünde yapay zeka tekniklerinin trafikte nerede ve ne şekilde kullanıldığını ele alıyoruz. Bilgisayar teknolojisinin gelişimiyle doğru orantılı olarak hesaplama tekniklerinin gelişmesi özellikle son yirmi yılda ulaşım alanında etkili olmuştur.

Amerika başta olmak üzere pek çok ülkede Zeki Ulaşım Sistemleri (ITS – Intelligent Transport System) ve yapay zeka teknikleri trafiğin kontrolünde önemli bir yere sahiptir. Trafiğin kontrolü, trafik akımlarının kontrolü olarak düşünülürse, kapasite kullanımının en iyi duruma getirilmesi, kent içi yollarda ana arterler ve arterlerdeki kavşakların bölgesel kontrolü ile kent içi yolları otoyollara birleştiren katılım ve ayrılım noktalarındaki denetim ile sağlanır. Bu bağlamda kuyruklanmayı en aza indirmek, trafik sıkışıklığına engel olmak, ulaşım hızını arttırmak vb. kriterler lineer olmayan yapıdaki karmaşık optimizasyon problemlerinin çözülmesini gerektirir. Bilinen mevcut optimizasyon teknikleri ile çözülemeyen bu tip problemler için yapay zeka teknikleri (yapay sinir ağları, genetik algoritmalar, bulanık mantık, uzman sistemler v.b.) problemin tipine göre kullanılmaktadır. Trafik alanında bu tekniklerin nerelerde kullanıldığına geçmeden önce trafikte hangi tip problemler ile karşılaşıldığında hangi tip problemin hangi teknikle çözülebilir ve tekniklerin problem tiplerine göre birbirlerine karşı avantaj ve dezavantajlarını inceleyelim.

Trafik alanında çözülmesi gereken yada sezgisel olarak yürütülen temel konu başlıkları şunlardır:

- Kavşak optimizasyonu
- Katılım–ayrılım denetimi
- Trafik sıkışıklığı
- Şerit denetimi
- Rota seçimi ve sürücünün bilgilendirilmesi
- Teknolojik alt ve üst yapı (ITS)
- Ulaşım süresinin tahmini

Şimdi bunları sırasıyla açıklayalım. Koordineli ve trafik uyarımlı katılım denetimi için bulanık mantık yaklaşımı kullanılır. Burada amaç, sistemdeki toplam harcanan zamanı en aza indirmektir. Bunun için adaptif bir bulanık algoritma kullanılmıştır. Bu FREQ simülasyon modeli ile 25 km’lik bir alanda gerçekleştirilmiş ve tatminkar çözümler elde edilmiştir.

Diğer bir uygulamada gerçekleştirilen simülasyonla bulanık kurallar ve yapay sinir ağları kullanılarak trafik ışıklarının kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucunda, ortalama araç bekleme süresinin %10-

%32 arasında azaldığı, ortalama araç hızının geliştirilen optimal en kısa yol algoritması ile arttığı görülmüştür. Bu çalışma ile ortaya çıkan paket yazılımda ayrıca;

- Bulanık mantık kullanarak optimal devrenin (çevrim) belirlenmesi.
- Bulanık-Yapay trafik ışığı ile araç uzunluğu tahmini.
- Yapay Sinir Ağları kullanarak taşıt başına yolcu hesabı uygulamaları verilmiştir.

Dia tarafından geliştirilen yapay sinir ağları modelinde sabit dedektör verisi ve araç probu kullanılarak arter boyunca meydana gelen olaylar denetlenmiştir. Bunun için gerçek zamanlı trafik ölçümleri ve ulaşım süresi verisi kullanılmıştır. Bu veriler ve gözlemlere göre, sürücünün seyahat süresini arttıran, kuyruklanmaları ve gecikmeleri azaltan ve yol kapasitesini arttıran bir model geliştirilmiştir. Kent içi ulaşım ağlarında ulaşım seçim davranışı için bir bulanık–genetik yaklaşımı ile %84 oranında durumlar doğru olarak tahmin edildi. Böylece, bulanık yaklaşım ile ulaşım seçim işleminin daha iyi tamamlandığı görülmüştür.

Trafik akımı simülasyonu ulaşım faaliyetlerinin farklı tasarım alternatifleri için trafik durumlarını değerlendirmekte etkili bir yöntemdir. Trafik simülasyon modelleri son yıllarda ITS stajyerleri için önemli bir araç olmuştur. Her bir araç izlenerek sistemde bir aracın hareketi, araç performansı, sürücünün karakterististikleri ve çevredeki araçlar ve ağ geometrisi ile ITS etkileşimleri kullanılarak belirlenir.

Trafik simülasyon modelleri iki çeşittir. Bunlar:

- 1-) Makroskopik trafik akım simülasyonu: Araç hareketini yönetmek için akım–yoğunluk ilişkisi kullanılır. Modelde tek araç kullanılmaz.
- 2-) Mikroskopik trafik akım simülasyonu:

Başlıca simülasyon programları: Integration, Vissim, Mitsim, Watsim, Paramics, Transims , Corsim, Fresim, Alinea, Metacor, Hutsim vb.

### **3.1.Uzman Sistemlerin Trafikte Kullanımı**

- Katılım denetimi
- Kavşak optimizasyonu
- Sinyal optimizasyonu

### **3.2.Bulanık Mantığın Trafikte Kullanımı**

Bulanık kontrolörlerin ulaşım sistemlerinde planlama, yönetim ve kontrol alanlarında oldukça geniş bir uygulama alanı vardır. Bu uygulamalardan bazıları:

- Bulanık mantık kuralları kullanarak araç yönlendirme,
- İzole edilmiş sinyalizasyon kavşaklarında bulanık mantık ile kontrol,
- Kent içi ekpres yollarda bulanık kontrol sistemleri,
- Bulanık ve geleneksel metodları kullanarak trafik akış ve kontrol simülasyonu,
- Bulanık mantık ile kontrol problemlerinin çözümü, olarak verilebilir.

### **3.3. Yapay Sinir Ağlarının Trafikte Kullanımı.**

Yapay sinir ağlarının otoyol ulaşım süresi tahmininde kullanım avantajları şunlardır:

a-) Giriş ve çıkış değişkenleri arasında fonksiyonel bir yapı tanımlamaya ihtiyaç duymaması. Bunun yerine şebeke trafik verisinde uzaya ait veya geçici modelleri tanıtarak ve sınıflandırarak ilişkiler geliştirir.

b-) Yapay sinir ağlarının giriş hatasında büyük yanlışlıklara rağmen doğru bir çıkış verebilme yeteneğine sahip olmasıdır. Bu özellikle ulaşım süresi tahmin modelleri için yapay sinir ağlarının geleneksel modellerinin pek çoğundaki sınırlamaların üstesinden gelme yeteneğine sahip olmasıdır.

- Trafik sıkışıklığı tahmini,
- Otoyol trafik veri tahmini,
- Trafik kontrolü,

- Yol durum tahmini,
- Bölgesel trafik akım kontrolü, başlıca uygulama alanlarıdır.

### 3.4. Genetik Algoritmanın Trafikte Kullanımı.

Araç rotalama probleminin genellemesi olan zaman-bağımlı araç rotalama problemi, NP\_sınıfı bir problem olup bu problemi çözecek ve polinom zamanda çalışan kesin bir algoritma mevcut değildir. Bu nedenle bu tip problemlerin çözümünde sezgisel yöntemlerden yararlanmak gerekir. Son beş yılda genetik algoritmalar bu tip problemlerin çözümünde çok etkili sonuçlar vermiştir.

Trafikte ITS'nin en önemli elemanlarından biri olan gelecek zamanın ulaşım süresi tahmini genetik algoritma yaklaşımı ile çözülür. Çünkü gelecekteki ulaşım tahmini, trafik akımları, hız, kuyruklanma ve olayları gibi pekçok temel trafik karakteristiklerinin bir fonksiyonu olup böyle bir problem birleşik optimizasyon problemidir ve NP-sınıfı bir problemidir. Böyle bir problemin çözümü için en uygun teknik matematiksel kavramlar ve karmaşıklık içermeyen genetik algoritma yöntemidir. Bu yöntem optimale yakın çözümler verir. Genetik Algoritmanın trafikte kullanıldığı alanlar şunlardır:

- Çevrim Süresi Optimizasyonu
- Ulaşım Hızının Optimizasyonu
- Katılım Denetimi
- Araç Rotalama
- Yeşil Süresi Optimizasyonu

### 3.5. Esnek Programlamanın Trafikte Kullanımı.

Bu yaklaşım trafik uygulamalarında son dönemde birden fazla tekniği içinde barındırdığından en çok tercih edilen ve en iyi sonuçlar veren tekniktir. Esnek Programlamanın trafikte kullanıldığı alanları;

- Katılım denetimi için YSA-Bulanık yaklaşımı
- Bulanık-YSA kullanarak ulaşım zamanı tahmini
- Ulaşım tipi seçiminde Bulanık-Genetik yaklaşım
- Ortalama araç hızını artırma ve ortalama araç bekleme süresini indirmek için bulanık kurallar ve sınır ağları kullanarak trafik ışığı kontrolü
- Anayol katılım noktalarında Bulanık-Genetik yaklaşım ile trafik akım kontrolü
- Bulanık-Yapay trafik ışığı ile araç uzunluğu tahmini, şeklinde verebiliriz.

### Sonuç ve Öneriler:

ITS'deki gelişmelere paralel olarak yapay zeka tekniklerinin trafikteki uygulamaları son dönemlerde gerek simülasyon bazında gerekse saha bazında Amerika başta olmak üzere pek çok ülkede gerçek hayata aktarılmış ve bu çalışmalarla ilgili yüzlerce makale, rapor, proje, seminer ve diğer akademik etkinlikler gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde ise boğaz köprüsüne katılım noktasında yeşil ışık süresini bulanık mantık yaklaşımıyla kontrolü, ayrıca anayol katılım noktalarında trafik akımlarının genetik-bulanık yaklaşımı ile kontrolü hakkında iki çalışma tarafımızdan yapılmıştır. Gerek ülkemizde gerekse dünyada yapay zeka tekniklerinin trafikte kullanımı mevcut kapasitenin en iyi şekilde kullanımını amaçlamaktadır. Bu amaca ulaşmak için kentiçi karayollarında ulaşım hızını arttırmak, kentiçi yolları otoyollara bağlayan katılım ve ayrılma noktalarında kuyruklanmayı en aza indirmek, otoyoldaki ulaşım hızını arttırmak ve trafik sıkışıklığına engel olmak ve buna bağlı olarak gecikmeleri en aza indirerek seyahat süresini azaltmak gerekir. Bunun için bölgesel trafik kontrolü ele alınmalıdır. İşte bu noktada çalışmamızın konusu olan yapay zeka tekniklerinin bu amaca ulaşmada ne kadar önemli bir rol oynadığı yapılan çalışmalarda performans kriterleri ile ortaya konulmuştur.

Trafik uyarımlı kontrol tekniklerinin sabit zamanlı kontrol tekniklerine göre ulaşım performansını arttırdığı kanıtlanmıştır. Yapay zeka teknikleri yapısı itibari ile trafik uyarımlı kontrol tekniklerinin gerçekleştirilmesi için çok uygundur.

Sonuç olarak, küreselleşen dünyada en önemli problemlerinden biri olan trafik probleminin en uygun çözümü, mevcut kapasiteyi en iyi şekilde kullanmaktır. Bunun için, yapay zeka tekniklerinin donanım veya yazılım bazında bu problemin çözümünde yaygın olarak kullanılması kaçınılmazdır. Ayrıca, bu



tekniklerle elde edilen ekonomik fayda birçok çalışmada ortaya konulduğu gibi önemli bir yüzdeye sahiptir. Yapay zeka tekniklerinin trafiğin kontrolü için kullanımı sosyal, ekonomik ve ekolojik açıdan önemli faydalar sağlar.

#### **Kaynaklar**

- 1- Kosko, B.: "Fuzzy Engineering", Prentice Hall.
- 2- Klir, G. J.; Yuan, B.: "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications", Prentice Hall.
- 3- Goldberg, D. E.: "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning", Addison Wesley Publishing Inc.
- 4- Michalewicz, Z.: "Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs", Springer Verlag
- 5- Linkens, D. A.; Nyongesa, M.: "Genetic Algorithms for Fuzzy Control Part 1: Offline systems development and applications", IEE Proc.-Control Theory Applications, 142 (1995).
- 6- Lee, A. M.; Takagi, H.: "Dynamic Control of Genetic Algorithms using Fuzzy Logic Techniques", Fifth International Conference on Genetic Algorithms, Morgan Kaufmann, (1993).
- 7- Chiang, K. C.; Chung, H. Y.; Lin, J. J.: "A Self Learning Fuzzy Logic Controller Using Genetic Algorithms with Reinforcement", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 5, August, (1997).
- 8- Herrera, F.; Lozano, M.; Verdegay, J. L.: "Genetic Algorithms and Fuzzy Logic in Control Processes", Technical Report #DECSAI 95109, Universidad de Granada, İspanya, (1995).
- 9- Papageorgiou, M.; Kotsialos, A.: "Freeway Ramp Metering: An Overview", IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceeding, Dearborn (MI), USA, 2000
- 10- Teodorovic, D.; Vukadinovic, K.: "Traffic Control and Transport Planning A Fuzzy Sets and Neural Networks Approach", Kluwer academic Publisher, (1998).
- 11- Taylor, C.; Meldrum, D.: "Evaluation of a Fuzzy Logic Ramp Metering Algorithms: A Comparative Study Among three Ramp Metering Algorithms used in Greater Seattle Area", Draft Research Report, University of Washington,
- 12- Bogenberger, K.; Keller, H.: "An Evolutionary Fuzzy System for Coordinated and Traffic Responsive Ramp Metering", Proceeding of the 34th Hawaii international Conference on System Sciences, (2001).
- 13- Fuzzy model for real-time reservoir operation. Journal of Water Resources Planning and Management Vol 128, N.O 1(2002) 66-73. (Co-authors Tanja Dubrovin and Ari Jolma.)
- 14- Many-valued Similarity Reasoning. An Axiomatic Approach. Int. Jour. Multiple-Valued Logic. (2002) (Co-author Paavo Kukkurainen.)
- 15- Traffic Signal Control on Similarity Logic Reasoning. Fuzzy sets and Systems. (Co-author Jarkko Niittymäki.)
- 16- Survey of Theory and Applications of Lukasiewicz-Pavelka Fuzzy Logic. in: Lectures on Soft Computing and Fuzzy Logic. Advances in Soft Computing. Physica-Verlag, Heidelberg 2001. 313-337. (Eds. A. di Nola and G. Gerla).
- 17- Dia, Hussein., Freeway Travel Time Estimation Using Neural Networks, Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference Smart Solution at Works, May, 1999, Adelaide.
- 18- Dia, Hussein., An Object-Oriented Neural Network Approach to Short-Term Traffic Forecasting, 11<sup>th</sup> Mini Euro Conference on Artificial Intelligence in Transportation Systems and Science, August, 1999, Helsinki, Finland.
- 19- Dia, Hussein., (1996). Artificial Neural Network Models for Automated Freeway Incident Detection. Ph. D. Dissertation. (Monash University: Clayton).
- 20- Dia, Hussein. and Rose, G. (1998). Development and Evaluation of Neural Network Freeway Incident Detection Models Using Field Data. Special Issue on the Applications of Neural Network in Transportation. Transportation Research Part C, Vol. 5, No. 5, pp. 313-331
- 21- Smith, B.L. and Demetsky, M.J. (1994). Short-Term Traffic Flow Prediction: Neural Network Approach Transportation Research Record, 1453, pp. 98-104
- 22- Dia, Hussein., (1997). Artificial Neural Network Models for Automated Freeway Incident Detection. Ph. D. Dissertation. (Monash University: Clayton).