**YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ ve UZMAN SİSTEMLERİN**

**KARASAL AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİNİN DENETİMİNDE**

**KULLANIMI**

**Hasan ERDAL**

M.Ü.Teknoloji Fak. Elektrik-Elektronik Müh.

[herdal@marmara.edu.tr](mailto:herdal@marmara.edu.tr), 05332561753

**Özet :** Günümüz karayolu ulaşım sistemlerinde trafik akışını düzenlemek üzere kullanılan sistemler genellikle geleneksel kontrol yaklaşımı tabanlıdır ve bu sistemlerin birçoğu da zaman tabanlı çalışan açık çevrim denetim sistemleridir. Özellikle büyük şehirlerdeki oluşan trafik keşmekeşinin bu tip yapıdaki sistemlerle çözümü imkânsız hale gelmiştir. Bu nedenle, geleneksel denetim yapılarının yerine, mevcut yol ve kavşak kapa­sitelerinin optimum kullanımı ile trafik akışını hızlandırıp gecikme sürelerinin azaltılmasını sağlayacak, kullanıcı-araç-altyapı-merkez arasında çok yönlü veri alışverişi ile, izleme, ölçme, analiz ve kontrol içeren, Akıllı Ulaşım Sistemleri’nin kullanılması zorunluluk haline gelmiştir. Karmaşık birçok yapıyı barındıran bu sistemlerin, insan faktörünü dışarıda bırakan yapay zekâ teknikleri ile oluşturulmuş uzman sistemler kullanılarak denetimi gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada akıllı ulaşım sistemlerinin denetiminde kullanılacak yapay zeka teknikleri ve uzman sistemler hakkında bilgi verilecektir.

**Anahtar kelimeler:** Akıllı ulaşım sistemleri, yapay zeka, uzman sistemler

**Abstract :** Systems used to regulate traffic flow in today's road transport systems are often based on conventional control approaches, many of which are time-based open loop control systems. Especially in the big cities, the traffic jam has become impossible to solve with such systems. Therefore, the use of Intelligent Transportation Systems with multi-directional data exchange between user-vehicle-infrastructure-center, monitoring, measuring, analyzing and controlling instead of traditional supervision structures, with the optimum use of existing road and intersection facilities to speed up traffic flow and reduce latency become a necessity. These systems, which have many complicated structures, are increasingly being controlled by using expert systems created by artificial intelligence techniques that exclude the human factor. In this study, artificial intelligence techniques and expert systems to be used in the control of intelligent transport systems will be given.

**Key words:** Intelligent Transport Systems, artificial intelligence, expert systems

1. **Giriş**

Akıllı Ulaşım Sistemleri(AUS); seyahat sürelerinin kısaltılması, trafik güvenliğinin ve seyahat konforunun artırılması, mevcut yol ve kavşak kapa­sitelerinin optimum kullanımı ile trafik akışını hızlandırıp gecikme sürelerinin azaltılması, mobilitenin arttırılması, enerji verimliliği sağlanarak ülke ekonomisine katkısı ve çevresel etkilerin azaltılması gibi amaçlar doğrultusunda geliştirilen kullanıcı-araç-altyapı-merkez arasında çok yönlü veri alışverişi ile, izleme, ölçme, analiz ve kontrol içeren sistemlerdir. Nüfus artışı ve diğer nedenlere bağlı olarak günlük trafik dolaşımındaki araç ve insan sayısının artması, buna karşılık yol ve kavşak düzenlemelerinin ve denetimlerinin yetersiz kalması kaçınılmaz olarak trafik sıkışıklığına neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak da çevre kirliliği, enerji ve zaman kaybı, mutsuz ve sinirli insanların sayısı artmaktadır. Bu durum özellikle büyük şehirlerde hayatı yaşanılmaz hale getirmeye başlamıştır. Geleneksel kavşak ve trafik akış denetimi ile bu sorunun üstesinden gelmek artık imkânsız hale gelmeye başlamıştır. Bu sistemlerin yerine, hızlı ölçme ve hızlı karar verme yeteneğine sahip akıllı karar verme yapılarının kullanılması gereklilik haline gelmiştir. Bu yapıların önemli bir bölümünü de yapay zeka teknikleri (artificial intelligence, AI) oluşturmaktadır.

1. **AUS Kontrol Yapısı**

Yukarıda özet bölümünde AUS tanımı içerisinde zikredilen amaçların gerçekleştirilebilmesi, aşağıdaki üç temel işlemin düzgün yapılabilmesine bağlıdır[1-4].

* Gerçek zamanlı doğru ölçümlerle sağlıklı verilerin elde edilmesi
* Elde edilen verilerin uygun ölçütlerle değerlendirilmesi ve analizi
* Yapılan değerlendirmeye göre doğru karar verilerek amacın gerçekleştirilmesi

Aşağıda Şekil 1. de, bu üç temel işlemin birbiriyle ilişkisi verilmiştir. Bu yapı, geri beslemeli bir otomatik kontrol sisteminin de temel yapısıdır.

Karar Verme

Ölçme, Algılama

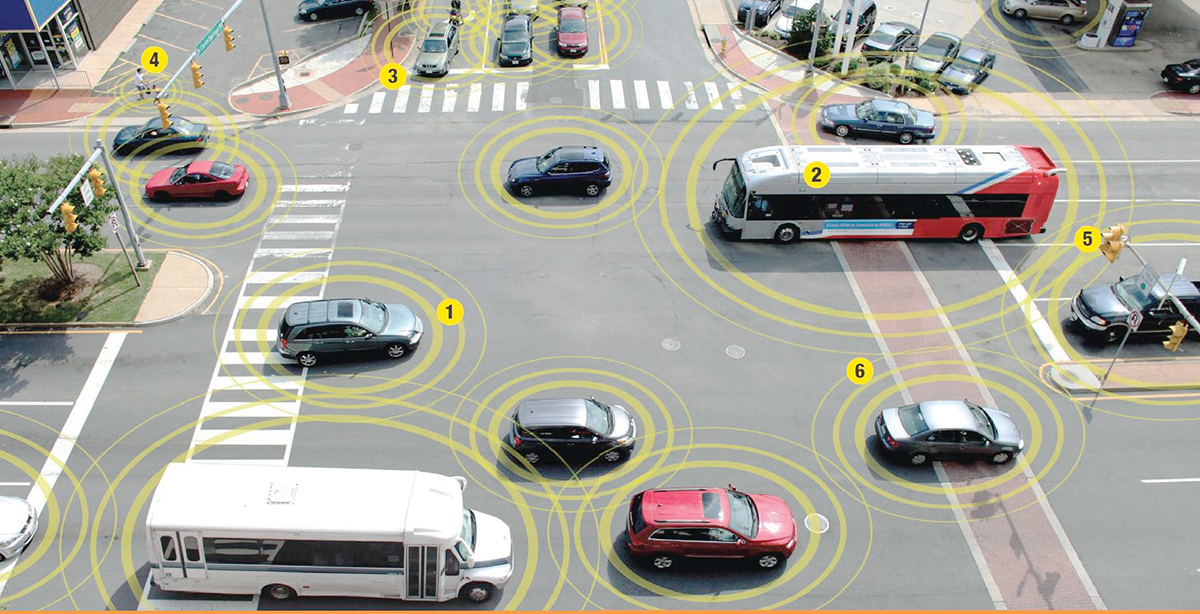
Değerlendirme ve Analiz

Referans

Amaç

Şekil 1. AUS’un amaçlarını gerçekleştirecek üç temel işlemin ilişkisi

AUS içinde yer alan Şekil 1. deki sistem, genellikle çok girişli-çok çıkışlı (MIMO) veya çok girişli tek çıkışlı (MISO) bir yapıdadır. Örneğin, çoklu bir kavşağın kapa­sitesinin optimum kullanımı ile trafik akışını hızlandırıp gecikme sürelerinin azaltılmasını amaçlayan bir uygulama çok girişli-çok çıkışlı yapıdadır. Şekil 2’deki gibi bir kavşakta verimli ve düzgün bir işleyiş için Şekil 1.’deki gibi bir denetim yapısı kurulmalıdır.



Şekil 2. Yoğunluğu ve kol sayısı fazla olan bir kavşak yapısı [5]

Şekil 1.’de görülen sistemde çıkış olarak da isimlendirebileceğimiz amacın gerçekleşmesinde en önemli unsur kuşkusuz ölçme ve algılama sistemidir. Günümüz AUS yapılarında ölçme ve algılama işlemi için;

* Trafik Gözlem Kameraları,
* Trafik Ölçüm Dedektörleri,
* Meteoroloji Gözlem Sensörleri,
* Uydu Bağlantılı Gözlem ve Harita Sistemleri,
* Loop dedektörleri

gibi yapılar kullanılmaktadır[6]. İlk AUS uygulaması olarak kabul edilen ve zaman tabanlı çalışan trafik ışıkları, artan araç, yol, kavşak ve insan sayısı gibi nedenlerle yetersiz kalmaya başlayınca yeni çözüm yolları arayışları günümüzde de devam etmektedir. Şekil 1.’deki sistemde yer alan “Değerlendirme ve Analiz” ile “Karar Verme” işlemleri büyük ölçüde ilgili merkezlerdeki operatörler tarafında icra edilmektedir. Bu nedenle sistemin başarısı işlemi icra eden operatörün maharetine bağlı olarak değişmektedir. AUS’erdeki başarının artırılması hızlı ve doğru karar verilebilmesi için operatöre bağımlılığın en alt seviyeye düşürülmesi gerekir. Bunun için de modelleme, değerlendirme ve karar verme işlemlerinde Yapay Zeka (Artificial Intelligence) teknikleri ve Uzman Sistemlerin (Expert Systems) AUS’lerdeki kullanımının hızla artması gerekmektedir.

1. **Yapay Zeka Teknikleri ve Uzman Sistemler**

Günümüzde bir çok alanda yaygın olarak kullanılan ve yapay zeka teknikleri (Artifical Intelligent), genel adıyla yapay zeka olarak bilinen;

* Tavlama Benzetimi (Simulated Annealing),
* Uzman Sistemler (Expert Systems),
* Bilgisayarlı Görme (Computer Vision),
* Konuşma Tanıma (Speech Recognition),
* Yapay Sinir Ağları, YSA (ANN: Artificial Neural Networks),
* Bulanık Mantık, BM (Fuzzy Logic),
* Genetik Algoritmalar, GA (Genetic Algorithms),
* Karınca Algoritması, KKA (Ant Algorihms),
* Kaotik Modelleme,
* Bunların bir veya birkaçının kullanılmasıyla oluşturulan hibrid (karma) sistemler

başlıca teknikleri oluşturmaktadır[7-9].

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.

Bu yöntemler, AUS gibi özellikle sistem davranışının birden çok parametreye bağlı olduğu çok girişli sistemlerde klasik kontrol algoritmalarıyla kıyaslanamayacak kadar başarılı olmaktadır. Yine kontrol edilecek sistemin doğrusal yapıda olmadığı durumlarda modelleme işleminde yine bu tekniklerin kullanımı ile modelleme ve benzetim çok daha kolay gerçekleştirilebilmektedir. Yapay zekâ tekniklerinin temel dayanağı verilerdir. Bir sistemin davranışına ait anlamlı veriler mevcutsa bu teknikler kullanılarak sistemin yaklaşık modeli çıkarılabilir ve uzman sistemler yardımıyla da karar verme işlemi gerçekleştirilebilir[10-12]. Şu an için bu tekniklerin AUS da kullanımına yetecek veriler ilgili kurumlarda mevcuttur. AUS alanında çalışacak araştırmacılarla çok önemli bir atılım yapılması ve birçok probleme çözüm bulunması mümkün olacaktır.

Tipik bir AUS aşağıdaki yapılardan oluşur[13]:

* Trafik Kameraları
* Yol Sensörleri
* Trafik Yoğunluk Haritası
* DMS (Değişken Mesaj Sistemi)
* Mobil Bilgi Sistemi
* Trafik Analiz Sistemi
* Kural İhlal Tespit Sistemi
* Trafik Yazılımları
* Seyahat Süresi

1. **Yapay Zeka Tekniklerinin AU Sistemlerinde Kullanımı**

Uzman sistemler, bilgi tabanlı sistemler olup, problemleri daha geniş bir perspektifte inceleyip çözümünde insan zekâsını taklit etmeyi hedefleyen yapay zekânın bir uygulama alanıdır. Bu taklit içerisinde algoritma ve çıkarım mekanizmaları etkileşimde bulunarak işlemektedir. Daha spesifik bir tanım yapma gerekirse, bir uzmandan alınan bilgilere dayanarak oluşturulan, karmaşık problemleri çözmek için olayları ve deneyimleri kullanan etkileşimli bilgisayar destekli karar aracıdır[14].

ABD başta olmak üzere pek çok ülkede AUS ve yapay zekâ teknikleri trafiğin kontrolünde önemli bir yere sahiptir. Trafiğin kontrolü, trafik akımlarının kontrolü olarak düşünülebilir. Kapasite kullanımının en iyi duruma getirilmesi, şehir içi yollarda ana arterler ve arterlerdeki kavşakların bölgesel kontrolü ile şehir içi yolları otoyollara birleştiren katılım ve ayrılım noktalarındaki denetim ile sağlanır. Bu bağlamda kuyruklanmayı en aza indirerek trafik sıkışıklığına engel olmak, trafik akışını hızlandırmak vb. kriterler doğrusal 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 akışı ile ilgili olarak denetimi ve düzenlenmesi gereken temel konu başlıkları;

* Kavşaklardaki akışın optimize edilmesi
* Katılım–ayrılım denetimi
* Trafik akışının sürekliliği
* Şerit denetimi
* Rota seçimi ve sürücülerin bilgilendirilmesi
* Teknolojik alt ve üst yapı (ITS)
* Ulaşım süresinin tahmini ve sürücülerin bilgilendirilmesi

Şeklindedir[8]. Bu konuların çözümü için kullanılan yapay zeka teknikleri aşağıda sıralanmıştır.

**4.1. Bulanık Mantığın 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 sinyalize kavşaklarda 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.

**4.2. Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı**

Yapay sinir ağları genellikle tahmin işleminde kullanılmaktadır. Bu tekniğin kullanımıyla;

* Trafik sıkışıklığı tahmini,
* Otoyol trafik veri tahmini,
* Süre tahmini

yapılabilmektedir.

**4.3. Genetik Algoritmanın Kullanımı.**

AUS’nin en önemli elemanlarından biri olan ileriye dönük ulaşım süresi tahmini genetik algoritma yaklaşımı ile çözülebilmektedir. Gelecekteki ulaşım süresi tahmini, trafik akımları, hız, kuyruklanma ve olayları gibi pekçok temel trafik karakteristiklerinin bir fonksiyonu olup böyle bir problem birleşik optimizasyon problemidir ve böyle bir problemin çözümü için en uygun teknik matematiksel kavramlar ve karmaşıklık içermeyen genetik algoritma yöntemidir. Bu yöntem optimale yakın çözümler vermektedir. Genetik Algoritmanın trafikte kullanıldığı alanlar şunlardır[10]:

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

**4.4. Esnek Programlamanın 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[10];

* Katılım denetimi için YSA-Bulanık yaklaşımı
* Bulanık-YSA kullanarak ulaşım zamanı tahmini
* Ulaşım tipi seçiminde Bulanık-Genetik yaklaşım
* Ortalama araç hızını arttırma ve ortalama araç bekleme süresini indirgemek için bulanık kurallar ve sinir ağları kullanarak trafik ışığı kontrolü
* Anayol katılım noktalarında Bulanık-Genetik yaklaşım ile trafik akım kontrolü
* Bulanık-Yapay trafik ışığı ile araç uzunluğu tahmini, şeklinde verilebilir

1. **Sonuç**

Günümüz ulaştırma sistemlerinin karmaşık ve çok değişkenli yapısı, bu sistemlerin geleneksel yöntemlerle kontrol edilmesini imkânsız kılmaktadır. Bu sistemlerin kontrolünde, yukarıda zikredilen yapay zeka teknikleri ve uzman sistemlerin kullanılması kaçınılmazdır. Bu tekniklerin kullanımıyla günümüz ulaştırma sistemleri gerçek anlamda Akıllı Ulaştırma Sistemleri ne dönüşmüş olacaktır. Bunun için bu konuda araştırma-geliştirme yapabilecek bireylerin yetiştirilmesi bir zorunluluktur. Bu konuda uzman yetiştirecek bir enstitünün açılması AUS ile ilgili yapıların geliştirilmesinde ve problemlerin çözümünde çok büyük katkılar sağlayacağı aşikardır.

**Kaynaklar**

[1] Kılıç, N., SMART TRANSPORTATION SYSTEMS, Bahçeşehir Ün. F.B.E. Yüksek Lisans Tezi, 2012, İSTANBUL,

[2] Tektaş, M., Korkmaz, K., Erdal, H., AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİNİN GELECEĞİ (EKONOMİK VE ÇEVRESEL FAYDALARI), ICOMEP 2016, International Congress of Management Economy and Policy, 26-27 Kasım 2016, İstanbul.

[3] Shaheen S.A., and Finson R , Intelligent Transportation Systems, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier, 2013. 11-Sep-13 doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.01108-8.

[4] Alam M., Ferreira J., Fonseca J. (2016) Introduction to Intelligent Transportation Systems.In: Alam M., Ferreira J., Fonseca J. (eds) Intelligent Transportation Systems. Studies in Systems, Decision and Control, vol 52. Springer, Cham

[5] http://www.endustriotomasyon.com/tr/icerik/sayfa/ulasim-sistemlerinin-yeni-cagi-akilli-ulasim-sistemleri

[6] Tufan, H., AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ UYGULAMALARI VE TÜRKİYE İÇİN BİR AUS MİMARİSİ ÖNERİSİ, Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2014, Ankara.

[7] Elmas, Ç., Yapay Sinir Ağları, Seçkin Yayıncılık, 2003.

[8] http://www.imo.org.tr/resimler/dosya\_ekler/0b763525afdffe5\_ek.pdf?dergi=172

[9] Narendra, K.S., Parthasarathy, K.,Identification and Control of Dynamical Systems Using Neural Networks, IEEE Transactions on Neural Networks, 1990.

[10] Topuz V., Akbaş A., Tektaş M., (2002), Yapay Zeka Tekniklerinin Trafik Kontrolünde Kullanılması Üzerine Bir İnceleme, I. Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi.

[11] Özçalık, H.R.,Küçüktüfekçi, A., Dinamik Sistemlerin Yapay Sinir Ağları İle Düz ve Ters Modellenmesi, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 2003.

[12] Karslı, N., AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ İÇİN YAPAY BAĞIŞIKLIK SİSTEMLERİ VE GENETİK ALGORİTMA İLE YENİ STOKASTİK EN KISA YOL ALGORİTMALARININ GELİŞTİRİLMESİ, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, 2010.

[13]http://muhendislik.istanbul.edu.tr/insaat/wp-content/uploads/2016/12/Hafta-7-Ak%C4%B1ll%C4% B1-Ula%C5%9F%C4%B1m-Sistemleri.pdf

[14] Ahmet KASTAL, Ahmet Onur Köse, http://inet-tr.org.tr/inetconf14/bildiri/74.pdf