



## Teknik Not

# Yapay Zeka Tekniklerinin İnşaat Mühendisliği Problemlerinde Kullanımı

Tayfun UYGUNOĞLU, Şaban YURTCU

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, 03200 Afyonkarahisar

## ÖZET

Yapay zeka teknikleri mühendislik çalışmalarında, daha çok optimizasyon için kullanılmakta ve diğer klasik yöntemlere göre daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmektedir. Bu çalışmada, inşaat mühendisliği sistemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan yapay zeka teknikleri, teknik yönleri ve temel prensipleri ile incelenmiştir. Son olarak yapay zeka tekniklerinin son beş yıl içerisinde inşaat mühendisliği alanındaki uygulamaları için literatür taraması yapılmış ve bu çalışmalar ve sonuçları hakkında bilgi sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay zeka, inşaat mühendisliği, optimizasyon, uygulama

## 1. GİRİŞ

Yapay zekâ, insanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirmeye çalışmak olarak tanımlanır. Yani programlanmış bir bilgisayarın düşünme girişimidir. Daha geniş bir tanıma göre ise, yapay zekâ, bilgi edinme, algılama, görme, düşünme ve karar verme gibi insan zekâsına özgü kapasitelerle donatılmış bilgisayarlardır. Yapay zekâ konusundaki ilk çalışma McCulloch ve Pitts tarafından yapılmıştır [1].

Son yıllarda gelişen bilgisayar teknolojisi ile beraber geniş bir kullanım alanı bulan yapay zeka teknikleri, mühendislik alanında en çok optimizasyon amaçlı olarak kullanılmakta ve diğer klasik yöntemlere göre daha iyi sonuç vermektedir.

Yapay zeka tekniklerinin kullanımı ile ilgili literatür araştırması olan bu çalışmada İnşaat mühendisliği problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan yapay zeka tekniklerinden bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar kısaca açıklanmıştır. Çalışma sonunda ise konu ile ilgili son beş yılda yapılan çalışmalar sunulmuştur.

## 2. İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE KULLANILAN YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ

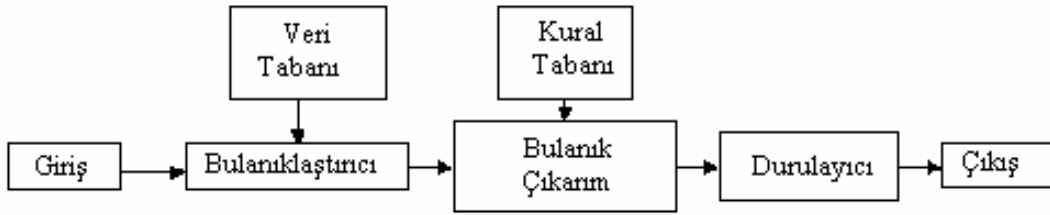
Bu bölümde inşaat mühendisliği problemlerinin çözümünde kullanılan yapay zekâ tekniklerinden olan bulanık mantık, yapay sinir ağları, sinirsel-bulanık sistem ve genetik algoritma teknikleri kısaca izah edilmiştir.

## 2.1. Bulanık Mantık

Bulanık mantık (Fuzzy Logic) sistemlerin ve modellerin tanımlanmasında ve kontrol edilmesinde geniş çapta kullanılan bir sistemdir. Bu yaklaşım ilk olarak 1965 yılında L. A. Zadeh tarafından tanımlanmıştır [2]. Zadeh bu çalışmada insan düşüncesinin büyük çoğunluğunun bulanık olduğunu, kesin olmadığını belirtmiştir. Araştırmalar bulanık mantık denetimi ile elde edilen sonuç performansının klasik yöntemlerle elde edilenlere göre daha iyi olduğunu göstermiştir [3].

Klasik kümeler olarak bilinen kesin kümeler ait olduğu evrensel kümenin her bir elemanına 1 ya da 0 değerini atamaktadır. Bir nesne 1 değerini alırsa kümenin elemanıdır, 0 değerini alırsa kümenin elemanı değildir. 0 ve 1 değerlerini alan kesin kümelere karşılık olarak bulanık mantık kümelerinde 0 ve 1 arasında değişebilen değerler vererek üyelik işlevlerini ortaya koymuştur. Bulanık mantıkta belirsizlik durumları, bu durumu temsil eden küme elemanlarına üyelik fonksiyonlarının verilmesi ile tanımlanır. En büyük önem derecesine sahip olan öğelere 1 değeri atanırsa, diğerleri 0 ile 1 arasında değişim gösterir. Bu şekilde 0 ile 1 arasındaki değişimin her bir öğe için değerine üyelik derecesi ve bunun bir alt küme içindeki değişimine de üyelik fonksiyonu denilmektedir [4].

BM bulanık denetleyiciden oluşmaktadır. Şekil 1’de basit bir bulanık denetleyici görülmektedir. Bulanık denetleyici, giriş, veri tabanı, bulanıklaştırma, bulanık çıkarım, kural tabanı, durulaştırma ve çıkış işlemlerinden meydana gelmektedir [5].



Şekil 1. Bulanıklaştırma-Durulaştırma birimli bulanık sistem [6].

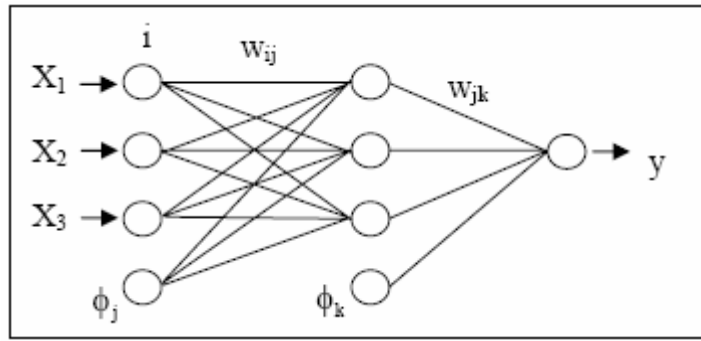
- **Giriş/Veri Tabanı:** İncelenecek olan olayın maruz kaldığı girdi değişkenlerini ve bunlar hakkındaki tüm bilgileri içerir. Buna **veri tabanı** veya kısaca **giriş** adı da verilir. Genel veri tabanı denilmesinin nedeni, buradaki bilgilerin sayısal ve/veya sözel olabilmesidir.
- **Bulanıklaştırıcı:** Sistemden alınan denetim giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işleminin yapıldığı bölümdür.
- **Bulanık Kural Tabanı:** Veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal, **EĞER-İSE** türünde yazılabilen bütün kuralların tümünü içerir. Bu kuralların yazılmasında sadece girdi verileri ile çıktılar arasında olabilecek tüm aralık bağlantıları düşünülür. Böylece, her bir kural girdi uzayının bir parçasını çıktı uzayına mantıksal olarak bağlar. İşte bu bağlamaların tümü kural tabanını oluşturur.
- **Bulanık Çıkarım:** Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan parça ilişkilerin hepsini bir arada toplayarak sistemin bir çıkışlı davranmasını temin eden işlemler topluluğunu içeren bir mekanizmadır. Bu motor her bir kuralın çıkarımlarını bir araya toplayarak tüm sistemin girdileri altında nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesine yarar.
- **Durulaştırma:** Bulanık çıkarım motorunun bulanık küme çıktıları üzerinde ölçek değişikliği yapılarak gerçek sayılara dönüştürüldüğü birimdir.
- **Çıkış:** Bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım vasıtasıyla etkileşimi sonucunda elde edilen çıktı değerlerinin topluluğunu belirtir [7].

Bulanık küme kavramında belirli bir çerçeve ile sınırlandırılmış bir küme içindeki elemanların çeşitli üyelik dereceleri ile kümeye ait olabilir. Bu üyelik derecelerinin belirlenmesinde pek çok formülasyon ve

teknik kullanılmaktadır. Bunlar lineer ve lineer olmayan fonksiyonlar olabileceği gibi üçgen ve çan eğrisi olarak adlandırılabilirler bilinen şekillerde de olabilmektedir [8].

## 2.2. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, giriş ve çıkış veri kümelerini kullanarak sistem davranışını öğrenebilen esnek bir matematik modelleme yöntemidir. Yapay sinir ağları herhangi bir problem hakkında girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkiyi (doğrusal olsun veya olmasın), mevcut örneklerden genelleme yaparak daha önce hiç görülmemiş veya uygulanmamış olan örnekler kabul edilebilir çözümler üretir. Öğrenme yeteneği, kolayca farklı problemlere uyarlanabilirliği, genelleme yapabilmesi, daha az bilgi gerektirmesi, paralel yapılarından dolayı hızlı çalışabilme yeteneği ve kolay bir şekilde uygulanabilmesi gibi pek çok avantajından dolayı yapay sinir ağları mühendisliğin pek çok alanında farklı problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Genellikle bir yapay sinir ağı girdi, gizli ve çıktı tabakaları olmak üzere üç birimden oluşmaktadır. Girdi ve çıktı tabakasında çözülecek problemdeki girdi ve çıktı sayısı kadar nöron bulunur. Gizli tabakadaki nöron sayısının belirli bir sistematiği bulunmamaktadır. Bu tabakadaki nöron sayısı deneme yanılma yolu ile belirlenir [9]. Şekil 2’de tipik bir üç tabakalı yapay sinir ağının yapısı görülmektedir.



Şekil 2. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı [10].

### 2.2.1. Yapay Sinir Ağ Yapıları

Yapay Sinir Ağları farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Birçok YSA yapısı vardır. Bu nedenle bu çalışmada YSA’lar sadece ileri veya geri beslemeli olarak ikiye ayrılacaktır.

### 2.2.2. İleri Beslemeli Ağlar

Her bir katmandaki hücreler sadece bir önceki katmanın hücrelerince beslenir [11]. İleri beslemeli YSA’da, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan orta (gizli) katmandaki hücrelere iletir. Bilgi, orta ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir [12].

### 2.2.3. Geri Beslemeli Ağlar

En az bir hücre sonraki katmanlardaki hücrelerce de beslenir [11]. Geri beslemeli ağlarda çıkıştan girişe doğru ters yönlü ilişkiler mevcuttur. Ağın girişine vektör verildikten sonra nöronların durumları belirlenir, sonra çıkış nöronları girişe bağlı olduğundan dolayı, yeni giriş vektörü olarak ağı etkiliyor ve durum yeniden düzenleniyor. Bu çeşit sinir ağlarının dinamik hafızaları vardır ve bir andaki çıkış hem o andaki hem de önceki girişleri yansıtır [13].

### 2.3. Sinirsel - Bulanık Sistem (Neuro Fuzzy)

Sinirsel - bulanık sistem birleşimi yıllardır kontrol, veri analizi, karar destek gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Bulanık sınıflayıcıların veriden öğrenmesi, sinirsel - bulanık sistem yaklaşımı ile basit bir şekilde sağlanmaktadır. Sinirsel - bulanık sistemleri açıklamak ve diğer sistemlerden ayırmak için şu özellikleri sıralayabiliriz:

- Sinirsel - bulanık sistem, bir bulanık sistemdir ve öğrenme algoritması için sinir ağı teorisi kullanılarak eğitilir.
- Bir sinirsel - bulanık sistem, özel bir 3 katmanlı ileri beslemeli sinir ağı olarak görülebilir. Bu ağın üniteleri, sinir ağındaki aktivasyon potansiyeli yerine t - norms veya t - conorms kullanırlar. İlk katman giriş değişkenlerini, orta katman bulanık kuralları ve üçüncü katman ise çıkış değişkenlerini içermektedir.
- Bir sinirsel - bulanık sistem genellikle bir bulanık kurallar sistemi gibi düşünülür.
- Bir sinirsel - bulanık sistem, n boyutlu bir fonksiyon çıkarımı yapar. Bu da eğitim verisi ile verilmektedir. Bir sinirsel - bulanık sistemi, bulanık uzman sistemi gibi görülmemelidir. Sinirsel - bulanık sistem, veriden bir bulanık sistem oluşturma tekniği veya örneklerden öğrenerek bunu geliştiren bir teknik olarak düşünülmektedir.

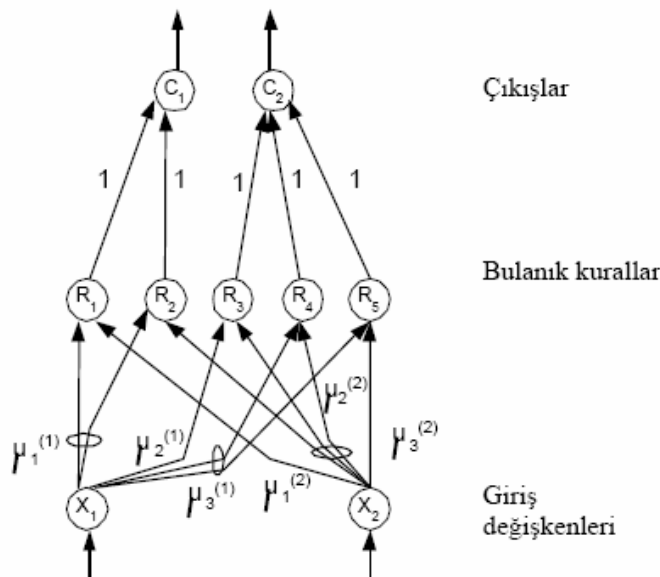
İstatistiksel halde verilen veriler, sinir ağı ile öğretilip, bulanık kurallar yardımıyla sınıflama yapılmaktadır. Bulanık kurallar;

Eğer  $x_1, \mu_1$  ve  $x_2, \mu_2$  ve.....ve  $x_n, \mu_n$  ise sınıf  $(c_1, c_2, \dots, c_n)$  şeklinde ifade edilmektedir.

Burada  $x_1, \dots, x_n$  giriş değişkenleri  $\mu_1, \dots, \mu_n$  bulanık kümelerdir ve bu kurallar bir bulanık karar sistemini ve bulanık kümelemeyi temsil etmektedir. Aynı zamanda sınıflamanın bulanık kümeleme ile gerçekleşmesi, sinirsel-bulanık sistemin performansını arttırmakta ve sınıflamaya ait bazı avantajlar sağlamaktadır. Şöyle ki ;

- Belirsiz (bulanık) bilgi kullanılabilir.
- Sınıflayıcı, dilsel kurallar formunda yorumlanabilir.

Uygulama açısından sınıflayıcının uyarlanması, kullanılması ve anlaşılması kolay olabilir. Şekil 3 de üç katmanlı ileri beslemeli bir sinir ağı şeklinde sinirsel-bulanık sistem görülmektedir [14]



Şekil 3. Üç katmanlı ileri beslemeli bir sinir ağı şeklinde sinirsel - bulanık sistem.

## 2.4. Genetik Algoritmalar

Genetik algoritmalar, bazı doğal olayları modelleyen stokastik bir arama yöntemidir. Biyolojik evrimin işleyiş biçimini taklit eden, doğal seleksiyon mekanizmasına dayanan sayısal optimizasyon algoritmalarıdır [15]. Darwin'in en iyi olan yaşar (survival of the fittest) prensibine dayalı olarak bir popülasyonu oluşturan bireylerin rekabet etmelerini sağlayan, evrimsel süreci taklit eden Genetik algoritmalar ilk olarak John Holland tarafından ortaya atılmıştır [16]. Genetik algoritma tekniği, çözüm uzayının byklğne rağmen iyi bir çözüme kısa zamanda yakınsamaktadır [17].

Genetik algoritma evrim sürecinden etkilenecek, canlılarda yaşanan genetik sürecin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmesi işlemidir. İşlemler bilgisayar hafızasına depo edilmiş kromozomlar üzerinde icra edilmektedir. Çaprazlama operatörü vasıtasıyla, kromozomlar arasındaki genetik bilgi sürekli olarak değişmekte ve topluluğun başarısı artmaktadır.

### 2.4.1. Genetik Algoritmaların alışma Prensibi

Genetik algoritmalar doğal seçim ilkesine dayanan bir sayısal optimizasyon yöntemidir. Genetik algoritma, çözüm dizilerinden oluşan bir başlangıç nesliyle, çaprazlama ve mutasyon gibi doğal seçim operatörlerini kullanmaktadır [18].

Genetik algoritmada bağımsız parametrelerin kromozomlar içinde kodlanması gerekmektedir. Yığındaki her birey ikili düzende veya tamsayı olarak kodlanmaktadır.

Genetik algoritmalar oldukça genel prensiplerle Şekil 4'de akış Őemasında grldğ gibi çalışmaktadır. Öncelikle ele alınan problem için bir rastgele  $n$  kromozomlu popülasyon oluşturulur. Daha sonra popülasyondaki her bir kromozom için  $f(x)$  uygunluk fonksiyonu hesaplanır. Yeni bir popülasyon oluşuncaya kadar aşağıdaki adımlar tekrar edilir.

**1. Seleksiyon (Seçim):** İki ebeveyn kromozomun  $f(x)$ 'e göre seçimi, burada uygunluk derecesi yüksek olanın seçilme Őansı yüksektir.

**2. Çaprazlama:** Yeni bir fert oluşturmak için ebeveynlerin bir çaprazlama olasılığına göre aprazlanması. Eğer aprazlama uygulanmazsa bireyler atalarının tamamen kopyası olacaklardır.

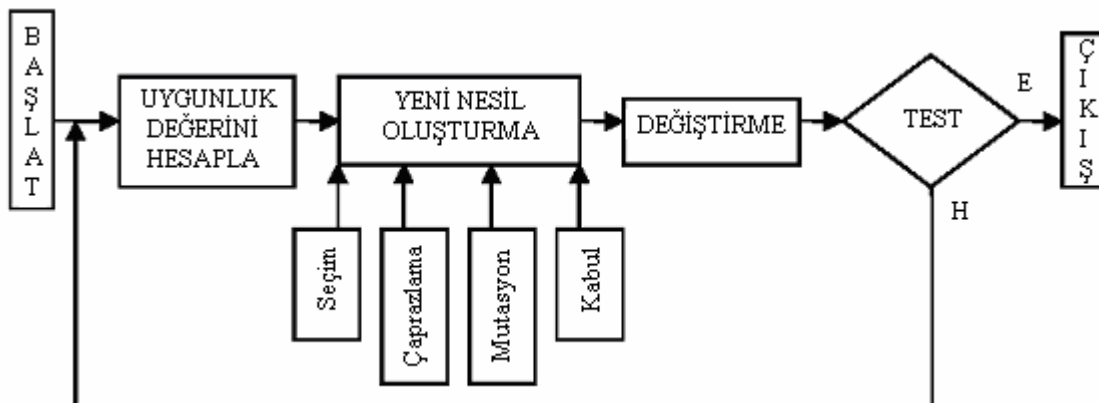
**3. Mutasyon:** Kromozom zerindeki bazı genlerin değerleri değiştirilerek nesillerin yozlaşması önlenir.

**4. Ekleme:** Yeni bireyin yeni topluma eklenmesi

**5. Değiştirme:** Algoritmanın yeniden çalıştırılmasında oluşan yeni toplumun kullanılması,

**6. Test:** Eğer sonuç tatmin ediliyorsa algoritmanın sona erdirilmesi ve son toplumun çözüm olarak sunulması

**7. Döngü:** 2. adıma geri dönülmesi [19].



Şekil 4. Genetik algoritmanın genel akış Őeması [15].

Yeni popülasyon kabul edildikten sonra hesaplama yeni popülasyonla tekrarlanır. Hedeflenen uygunluk değerine ulaşıldığında program durdurulur ve popülasyondaki en iyi çözümler alınır.

Genetik algoritmalarda kromozomlarla bir başlangıç popülasyonu rastgele oluşturulur. Burada popülasyon genişliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Büyük popülasyonlarda, çözümler uzayı iyi örneklendiği için aramanın etkinliği artmakta, fakat buna bağlı olarak da arama süresi uzamaktadır. Küçük popülasyonlarda ise, çözümler uzayını yeterli örnekleymeme ve zamansız yakınsama oluşabilmektedir [15].

Genetik algoritmanın her çevriminde, yığındaki dizilerin bir değerlendirme fonksiyonu yardımıyla uygunluk değeri hesaplanır [20]. Uygunluk fonksiyonu her bir çözümler yeni nesil çözümlere katkı sağlayıp sağlamayacağına karar verir. Sonrasında insan üremesindeki gen transferine benzer operasyonlar kullanan algoritma yeni bir çözümler aday popülasyonu oluşturur. Genellikle genetik algoritmaların başarısı bu fonksiyonun verimli ve hassas olmasına bağlıdır [21].

### 3. İNşAAT MÜHENDİSLİĞİ SİSTEMLERİNDE YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ İLE YAPILAN ÇALIşMALAR

Yapay zeka tekniklerinin inşaat mühendisliği alanında kullanımı ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, araştırma alanı çok büyük boyutlu ve karmaşık ise, matematik analiz ile çözümler mümkün değilse veya geleneksel araştırma yöntemleri ile başarısız olunmuş veya iyi sonuç alınamamış ise optimum çözümler ulaşmak için yapay zeka tekniklerinden faydalanıldığı görölmüştür. İncelenen literatürlerden önemli olanları aşağıda özetlenmiştir.

#### 3.1. Bulanık Mantık İle Yapılan Çalışmalar

İnşaat mühendisliği sistemlerinde Fuzzy denetleyicisinin temel avantajı içsel bağımlılık ve yapının herhangi bir doğrusal olmayan davranışını tanıtabilme yeteneğinin olmasıdır [22].

- Aldawod ve arkadaşları yaptıkları çalışmada bulanık mantık yöntemini kullanarak gökdelenlerin rüzgar etkisi karşısındaki davranışının kontrol edilmesini amaçlamışlardır. Çalışmada yazarlar, Avustralya'daki Melbourne şehrinde bulunan 76 katlı ve 306 metre uzunluğundaki betonarme ile inşa edilmiş gökdeleni dikkate almışlardır. Çalışma sonucunda, fuzzy kontrol aracının klasik kontrol araçlarına göre daha avantajlı ve güvenilir olduğu ifade edilmiştir [22].
- Samali ve arkadaşı, deprem yüklerini algılamak için aktif ayarlı kütle amortisörü kullanarak beş katmanlı değerlendirme modeli oluşturmuş ve bu modeli fuzzy'le kontrol etmiştir. Bu çalışmadaki fuzzy kontrol aracının avantajını, yapının herhangi bir non-lineer davranışının ve sağlamlığının belirlenebilmesi olarak ifade etmişlerdir [23].
- Uygunoğlu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada çimento ile belirli oranlarda ikame edilen uçucu külün betonun basınç dayanımı üzerindeki etkisini bulanık mantık yaklaşımı ile modellemeye çalışmışlardır. Bulanık mantık yaklaşımı ile deneysel olarak elde edilmiş veriler karşılaştırılmış ve sonuçların çok yakın olduğu görölmüştür. Çalışma sonunda bulanık mantık yaklaşımı ile betona en iyi basınç dayanımını kazandıracak optimum uçucu kül miktarı belirlenmiştir [7,24].
- Yurtcu ve arkadaşları bu çalışmada, bağımsız değişkenler olarak, yağış, akış ve buharlaşmanın etkisiyle, bağımlı değişken olan yeraltı su seviyesindeki (YSS) değişimin, bulanık mantık ile modellenmesini araştırmışlardır. Çalışma sonunda bulanık mantık yaklaşımından elde edilen sonuçlar ile istasyonlardan alınan verilerin aylık ortalama değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görölmüştür [25].

### 3.2. Yapay Sinir Ağları İle Yapılan alışmalar

- Lee ve arkadaşları beton basınç dayanımının belirlenmesi üzerine yapmış olduğu çalışmasında, beton basınç dayanımının tahmin edilmesi için yapay zeka sistemi geliştirmiştir. Bu amaçla yapay sinir ağlarından faydalanmıştır. Geliştirdiği model yardımıyla deneysel verilere etkili bir Şekilde yakın sonuçlar elde edebilmesinin yanı sıra yeni değerler de üretebilmesinin de önemli bir avantaj olduğunu vurgulamıştır [26].
- Hasarsız deney teknikleri genellikle, beklenmeyen hasarların önlenebilmesi için yapılardaki kritik değişimlerin araştırılmasında kullanır. Sahin ve arkadaşı, kirişe benzer yapılarda oluşacak hasarların miktarı ve yerinin tespiti için global ve yerel titreşim analizi verilerini kullanarak geri beslemeli yapay sinir ağlarıyla model oluşturmuşlardır. Aynı zamanda deneysel çalışma da yaparak deney sonuçlarıyla yapay sinir ağlarından aldıkları sonuçları karşılaştırmışlardır [27].
- Keleşoğlu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, çok katmanlı ileri beslemeli bir yapay sinir ağı (YSA) kullanılarak yalıtım malzemesinin kalınlığı tespit etmişlerdir. Ağın eğitiminde geriye yayılma algoritması kullanılmıştır. Yapı elemanı olarak tuğla duvar ele alınmış ve bu duvarın yalıtıma ihtiyaç olup olmadığı analiz edilmiş ve yalıtıma ihtiyaç duyduğu anlaşılmıştır. Yalıtım malzemesi olarak mineral yn seçilmiş ve bu malzemenin minimum kalınlığı YSA ile belirlenmiştir. Ağdan elde edilen ıkışlar sayısal sonuçlarla karşılaştırılmış ve sonuçların yeterli hassasiyette olduğu grlmştir [28].
- Özsoy ve arkadaşları kirişsiz döşemeli betonarme bir binada çeşitli parametrelere bağlı olarak meydana gelen yatay ötelenme değerinin yapay sinir ağları (YSA) ile tahmin edilmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. YSA ile yapılan yatay deplasman tahminleri, SAP2000 programından alınan yatay deplasman verileri ile karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçların birbirine çok yakın olmasından dolayı YSA ile yatay deplasmanların başarılı bir Şekilde tahmin edilebileceği vurgulanmıştır [29].

### 3.3. Sinirsel – Bulanık Sistem (Neuro Fuzzy) İle Yapılan alışmalar

- Dixon, yapmış olduğu çalışmasında Coğrafi bilgi sistemiyle nöro fuzzy kümelerinin birleşimini kullanarak yer altı suyu davranışını incelemiştir. Çalışma sonucunda belirsiz olan verilerin yerine bu modelle geliştirdiği verileri kullanarak bölgesel ve kıtasal ölçekli çevresel modelleme gerçekleştirmiştir [30].
- Akbulut ve arkadaşları, geliştirdikleri sinirsel bulanık sistem ile betonarme inşaatlarında kullanılan kumların nemlilik dereceleri ve kesme modüllerinin tahmin edilmesinde kullanılmışlardır. Uygulamada yapay sinir ağları için klasik geri beslemeli sistem kullanmışlardır. Çalışma sonucunda sinirsel bulanık sistem (SBS) ile çoklu regresyon analiz sonuçlarını karşılaştırmışlar ve SBS'in daha iyi oluğunu belirtmişlerdir [31].

### 3.4. Genetik Algoritmalar İle Yapılan alışmalar

- Sahab ve arkadaşları, yapılan çalışmada binalarda düz plaka betonarme betonu için genetik algoritma değişimine dayanarak iki aşamalı melez optimizasyon algoritması kullanmışlardır. İlk aşamada yüzey araştırma tasarımı, ikinci aşamada Jeeves ve Hooke metotlarının genetik algoritma ile ozm kritiğe tabi tutulmuştur. Sonuç olarak optimum ozm için genetik algoritma ile ozmden önce yeterli miktarda değerlendirme fonksiyonu sağlanması gerektiğine karar verilmiştir [32].
- Kaya çalışmasında, yüksek kirişlerde donatı çaplarının optimum tasarımı gerçekleştirmek üzere kesit özellikleri pratikte hazır olan standart kesitlerden seçebilen bir genetik yaklaşım sunulmaktadır. Değerlendirme, seçim, kopyalama, çaprazlama,ve mutasyon operatörlerinden oluşan genetik algoritma kullanılarak yüksek kiriş elemanları için üzerlerine etki eden yükleri belli bir emniyetle

taşıyacak şekilde yatay ve dūřey ortogonal donatı çapları belirlenmiştir. Yüksek kirişlerin ACI' da belirtilen koşullara göre analizi yapılarak ACI' nin yüksek kirişlerin analizinde uygulamada karşılaşılan güçlükler ve sınırlamalar ortaya konmuştur. Aynı problemlerin geliştirilen bilgisayar programı ile de analizi yapılarak bu programın ne derece kullanışlı olduğu ortaya konmuştur [1].

- Morcoux ve arkadaşları çok büyük boyutlu ve karmaşık bir yapıya sahip olan alt yapı şebeke sistemlerinin bakım optimizasyonu için genetik algoritmaları başarılı bir şekilde uygulamışlardır [33].
- Fairbairn ve arkadaşları, kütle beton yapılarının inşasında (malzeme cinsi, ortam sıcaklığı, pompa yüksekliği vb. kriterleri kullanarak) optimum inşaat maliyetini elde etmek için genetik algoritmaları başarıyla uygulamışlardır [34].

#### 4. SONUÇ

Bu alışma sonunda, inşaat mühendisliği problemlerinin çözümünde yapay zeka tekniklerinin kullanılması ile ilgili olarak şu sonuçlar elde edilmiştir:

- İnşaat mühendisliği problemlerinin çözümünde yapay zeka teknikleri başarı ile uygulanabilmektedir.
- Bulanık mantık yaklaşımı ile mühendislik problemlerinin optimizasyonu ve kontrolü yapılabilmektedir.
- Yapay zeka tekniklerinden genetik algoritmalar inşaat mühendisliği çalışmalarında, daha çok optimizasyon için kullanılmakta ve diğer klasik yöntemlere göre daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmektedir.
- Parametreler arasındaki ilişkileri ve bağıntıları belirleyebilmek için yapay sinir ağları kullanılabilir.

Yukarıdaki sonuçlardan da görüldüğü gibi yapay zeka inşaat mühendisliği uygulamalarında oldukça olumlu sonuçlar vermektedir. İnşaat mühendislik uygulamaları bilindiği gibi çok dikkat gerektiren, iyi tasarım ve planlama ve uygulamaya ihtiyaç duyulan bir mühendislik dalıdır. Aynı zamanda, özellikle uygulamalar öncesi bazı bilgilerin elde edilmesi için gerek duyulan deneysel çalışmalar gibi uygulamaların gerçekleştirilmesinde kalifiye eleman, malzeme ve zaman gerekmekte ve bu gibi parametreler doğrudan ekonomi ve evre düzenini etkilemektedir. Gerekli parametrelerin yapay zeka modelleri kullanılarak tespit edilmesi yöntemi seçildiğinde, bu gibi gereksinimlerin büyük bir çoğunluğu giderilecek ve önemli derecede zaman ve ekonomik kazanç sağlanacaktır.

#### KAYNAKLAR

1. Kaya, İ., Uzman Sistemler Yardımı İle Personel Seçimi. Yayınlanmamış yıl içi projesi, Selçuk Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Konya, 2001.
2. Zadeh, L.A., Fuzzy Sets, Information and Control, Vol. 8, pp. 338-353, Academic Pres, New York, 1965.
3. Elmas, ., Bulanık Mantık Denetleyiciler, Seçkin yayınevi, ISBN 975 347 613 2, Ankara. Fakültesi, 189 s, Su Vakfi, Birinci Baskı, İstanbul, 2003



4. Demir, F., Gençoğlu, M. ve Güler, K., Çelik Tel Takviyeli Betonların Gerilme-Şekil DeđiŐirme DavranıŐı için Bir Bulanık Mantık Yaklaşımı, Türkiye İnşaat Mühendisliği 17. Teknik Kongre ve Sergisi, 15-16-17 Nisan 2004, İstanbul.
5. Tığdemir, M., KaraŐahin, M. and Ően, Z. 2002. Investigation of fatigue behaviour of asphalt concrete pavements with fuzzy-logic approach, International Journal of Fatigue. Turkey. 24 (2002), 903-910.
6. Aksoy, S., İnşaat Mühendisliğinde Çok Amaçlı Değerlendirme ve Karar vermede Fuzzy Yaklaşımı, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s 10, İstanbul, 2003.
7. Uygunoğlu T., Ünal O., Yücel K.Y., Uçucu Külün Betonun Basınç Dayanımına Etkisi Üzerine Bulanık Mantık Yaklaşımı, 4. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 28-30 Eylül 2005, Konya.
8. Gönül, İ. A. ve Çelebi, G., Binalarda Zeminden Kaynaklanan Nemlenmeyi Önleme Yöntemleri, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2003, Cilt 18, No: 4, 109-122.
9. Fauset, L., Fundamentals of Neural Networks, Prentice Hall, Englewood Clifs, NJ, USA, 1994.
10. Budak, A. Can, İ. Betonarme Kolon Kesitlerinin Hesabı için Yapay Sinir Ağları ile GeliŐtirilen Yeni Formüller, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2005, Cilt 11, Sayı 2, ss 183-191.
11. Karlık, B., Neural Network Image Recognition for Control of Manufacturing Plant. Mathematical & Computational Applications, 2003, Vol. 8, No. 2, pp. 181- 189.
12. Rojas, R., Neural Networks- A Systematic Introduction. Springer-Verlag, 1996.
13. Sağıroğlu, Ő., BeŐdok, E., Erler, M., Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I: Yapay Sinir Ağları. Ufuk Yayıncılık, Kayseri, 2003
14. BarıŐçı, N. Müldür, S., Epileptik EEG Sinyallerinin Sinirsel-Bulanık Sistem İle Sınıflandırılması, Politeknik Dergisi, Cilt: 6, Sayı: 2, s: 445-449, 2003.
15. Bolat, B., Erol, K., ve İmrak, C., Genetic Algorithms in Engineering Applications and the Function of Operators” Journal of Engineering and Natural Sciences, s. 26, 265, Sigma, 2004.
16. Holland, J., Adaptation in natural and artificial systems, University of Michigan Pres, Ann Arbor, Mich., 1975.
17. Uçaner, M., ve Özdemir, O., Genetik Algoritmalar ile İçme Suyu Őebekelerinde Ek Klrlama Optimizasyonu, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. 2002, Cilt 17, No 4, 157-170.
18. Papadrakis, M., and Lagaros, N.D., Advances in Structural Optimization, İnstitute of Structural Analysis and Seismic Research, National Technical University, Zografou Campus, GR-157 73, Civil-Comp Press, Athens, Greece, 1994.
19. Ceylan, H., ve Haldenbilen, S., Őehirler Arası UlaŐım Talebinin Genetik Algoritma ile Modellenmesi, İMO Teknik Dergi, 2005, Yazı 238, 3599-3618.

20. Dengiz, B., ve Altıparmak, F., Genetik Algoritmalar, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11: (3), 523-541, 1998.
21. Luger, G. F., Artificial Intelligence, Structures and Strategies for Complex Problem Solving, Fourth Edition, at page 471, Harlow, England: Addison-Wesley, 2002.
22. M. Aldawod, B. Samali, F. Naghdy, K.C.S. Kwok, Active control of along wind response of tall building using a fuzzy controller, Engineering Structures 23 (2001) 1512–1522.
23. Samali B., Al-Dawod M., “Performance of a five-storey benchmark model using an active tuned mass damper and a fuzzy controller”, Engineering Structures, 25 (2003) 1597-1610.
24. Uygunoğlu, T., Ünal, O., "Seyitömer Uçucu Külünün Betonun Basınç Dayanımına Etkisi Üzerine Bulanık Mantık Yaklaşımı", Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt-1, Sayı-1, s.13-20, 2005.
25. Yurtcu, Ş. Uygunoğlu, T. İçağa, Y. Yeraltı Suyu İle Diğer Meteorolojik Değişkenler Arasındaki İlişkinin Bulanık Mantıkla Modellenmesi, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimler Dergisi, Cilt 12, Sayı 2, 2006.
26. Lee, S.C., “Prediction of concrete strength using artificial neural Networks”, Engineering Structures, 25 (2003) 849-857.
27. Sahin M., Shenoı R.A., “Quantification and localisation of damage in beam-like structures by using artificial neural networks with experimental validation”, Engineering Structures, 25 (2003) 1597-1610.
28. Keleşoğlu Ö., Ekinci C.E., Fırat A., “The Using Of Artificial Neural Networks In Insulation Computations”, Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Sigma 2005/3, 58-66.
29. Özsoy, İ., Fırat, M., “Kirişsiz Döşemeli Betonarme Bir binada Oluşan Yatay Deplasmanın Yapay Sınır Ağlarıyla Tahmini”, Dokuze Yünl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt:6, Sayı:1, ss. 51-63, Ocak, 2004.
30. B. Dixon, Applicability of neuro-fuzzy techniques in predicting ground-water vulnerability: a GIS-based sensitivity analysis, Journal of Hydrology 309 (2005) 17–38.
31. Akbulut S., Hasiloğlu A.S., Pamukcu S., “Data generation for shear modulus and damping ratio in reinforced sands using adaptive neuro-fuzzy inference system”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 24 (2004) 805–814
32. Sahab, M.G., Ashour, A.F and Toropov, V.V., Cost optimisation of reinforced concrete flat slab buildings, Engineering Structures 27 (2005), 313–322.
33. Morcouş, G., and Lounis, Z., Maintenance optimization of infrastructure networks using genetic algorithms, Automation in Construction 14 (2005), 129– 142.
34. Fairbairn, E.M.R., Silvosu, M.M., Filho, R.D.T., Alves, J.L.D., and Ebecken, N.F.F., Optimization of mass concrete construction using genetic algorithms., Computers and Structures 82 (2004), 281–299.