

FARKLI ÇİMENTO KARIŞIMLARI İLE ÜRETİLEN BETON DAYANIMLARININ BULANIK MANTIK YÖNTEMİ İLE ARAŞTIRILMASI

Öğr. Gör. Dr. Naci BÜYÜKKARACIĞAN
Selçuk Üniversitesi
nacibk@selcuk.edu.tr

Öğr. Gör. Mehmet Nuri ÖDÜK
Selçuk Üniversitesi
mnurioduk@selcuk.edu.tr

Öğr. Gör. Yıldırım AKYOL
Selçuk Üniversitesi
yakyol@selcuk.edu.tr

Öğr. Gör. Hasan UZUN
Selçuk Üniversitesi
huzun@selcuk.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, beton karışımında önemli bir bileşen olan çimentonun farklı karışımları için bulanık mantık yöntemi uygulanmıştır. Farklı miktarlarda çimento, uçucu kül ve katkı maddesi içeren C 25 beton karışımları için basınç dayanım değerleri bulanık mantık modeli ile değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Bu amaçla, kil agregası ile farklı çimento miktarı, dayanımı artırıcı katkı maddesi ve uçucu kül değerlerine sahip alternatif çimento karışımlar hazırlanmıştır. Çimento miktarı, uçucu kül ikame miktarı (%) ve katkı maddesi giriş parametreleri ve beton dayanımı da çıkış parametresi olarak kullanılmıştır. Oluşturulan model çıktıları ile deneysel veriler karşılaştırılmış ve aralarındaki korelasyonlar araştırılmıştır. Sonuç olarak bulanık mantık yöntemi modelinin tahmin ettiği değerler ile deney sonuçları arasında çok yüksek bir korelasyon vardır ve model deney sonuçları % 97 oranında başarı ile tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çimento, Beton, Dayanım, Bulanık Mantık Yöntemi

INVESTIGATION OF RESISTANCES OF CONCRETE PRODUCED WITH DIFFERENT CEMENT LENDS BY FUZZY LOGIC METHOD

ABSTRACT

In this study, the fuzzy logic method is applied for different mixtures of cement concrete mixture cement that is an important component. Different amounts of cement, fly ash and concrete additive mixtures containing C 25 was evaluated with fuzzy logic model for the compressive strength values.

For this purpose, different clay aggregate amount of cement, fly ash, and the values of enhancing additive and alternative and cement mixture was prepared. The amount of cement fly ash substitution rate (%) and additives were used as input parameters and strength used as output parameter in concrete. The generated model outputs are compared with experimental data and correlations between them were investigated. As a result, there is a very high correlation between the test results and the

fuzzy logic method predicting values of the model, and the model were estimated the test results with 97% success.

Keywords: Cement, Concrete, Resistance, Fuzzy Logic Method

1. Giriş

Betonarme geleneksel ve yaygın bir yapı inşa tekniği olmasına rağmen, malzeme üretimindeki yeniliklerden dolayı oldukça gelişen bir teknik olmuştur. Çimento betonu oluşturan en önemli bileşenlerden birisidir. Çimento başlıca silisyum, kalsiyum, alüminyum ve demir oksitlerini ihtiva eden hammaddelerin karıştırılarak sinterleşme sıcaklığına kadar pişirilmesi ile elde edilen klinkerin (bir veya daha fazla cins katkı maddesi ilavesiyle) öğütülmesi suretiyle elde edilen hidrolik bağlayıcıları tarif etmektedir [1]. Günümüzde çimento sanayi üretim kapasitesi, ürün kalitesi ve ürün çeşitliliği açılarından önemli gelişmeler göstermektedir. Bu noktada standartlaşma ve kalite kontrol önemli bir konu haline gelmiştir. Çimento hammadde hazırlamanın ana amacı uygun kimyasal öğelere sahip homojen bir ham karışım üretmektir.

Hammadde hazırlama ve homojenleştirme sistemlerinde temel birim aşamalarının çoğunun dinamikleri tamamıyla anlaşılmadığı için yüksek kaliteli çimento üretimi için tasarım ve denetim parametrelerinin tamamıyla ortaya çıkarılması mümkün değildir. İstenilen ürün kalitesi hammaddenin ocaktan çıkarılmasından, ürünün paketlenmesi aşamasına kadar bütünsel bir denetim planının hazırlanmasıyla başarılabilir.

Çimento hammadde sahasının kalite dağılımının bilinmesi de hammadde homojenliğinin sağlanması açısından önemlidir. Hammadde sahasındaki formasyonlara ait kalite değerlerinin kestirimi hem en uygun üretim planlaması ile harmanlama hem de yatırımların planlanmasında büyük olanaklar sağlayacaktır. Portland çimento en yaygın çimento tipidir. Portland çimento kalsiyum, alüminyum, silikon, demir ve küçük miktarda diğer malzemelerin sıkı kontrollü kimyasal karışımıdır. Portland çimentosunun üretimi, birçok işlem faktörlerinin 28-günlük basınç dayanımının proses kontrol parametresine etkisini içeren karmaşık bir prosedürdür. 28-günlük basınç dayanımını etkileyen tüm bu faktörler literatürde birçok farklı çalışmanın esas sebebi olmuştur [2].

Betonarme denetiminde en büyük güçlüklerden birisi üretilen mamüllerin dayanım deneylerinin yapılmasının güç ya da imkansız olduğu durumların varlığıdır. Bu çalışmada farklı çimento, uçucu kül ve tras çeşitleri için beton numuneleri üretilmiş ve sonuçlar bulanık mantık yöntemi ile modellenmeye çalışılmıştır.

2. Bulanık Mantık

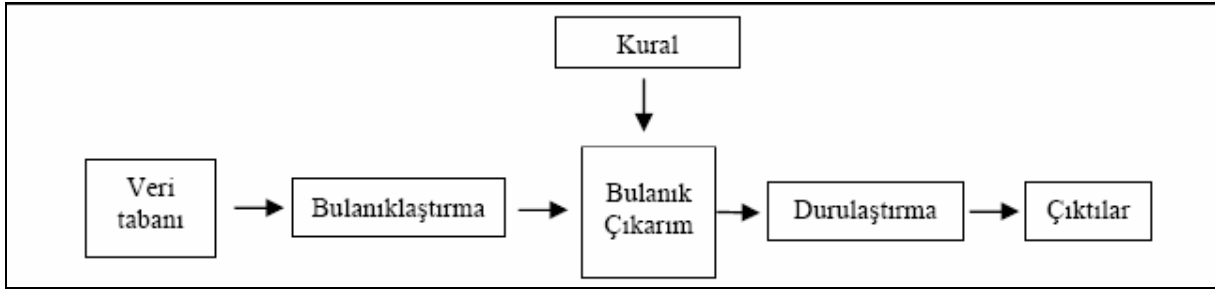
1965’de L. A. Zadeh (Lütfi Askerzade), yeni bir matematiksel yöntemi açıklayan “Fuzzy Sets (Bulanık Kümeler)” adlı ünlü makalesini Information and Control isimli dergide yayınlamıştır. Bu yöntem, “kısa adam”, “güzel kadın” veya 1’den daha büyük gerçek sayılar” gibi belirsiz kümeleri veya şüpheli fikirleri elde etmeye ve

tanımlamaya olanak sağlamıştır. O zamandan günümüze, bulanık kümeler kuramı hem Zadeh'in kendisi, hem de sayısız araştırmacı tarafından hızlı bir biçimde geliştirilmiştir. Aynı zamanda bu kuramın gerçek uygulamaları da başarılı bir biçimde gerçekleştirilmiştir. Bulanık kümeler kuramının ana fikri, tamamen sezgisel ve doğal olmasıdır [3].

Bulanık Mantık günlük yaşantımızda kullandığımız ve davranışlarımızı yorumladığımız yapıya ulaştıran matematiksel bir disiplindir. Bulanık Mantık kavramlarını yaşantımızın bir çok yerinde görmekteyiz. Bulanık kümeler ile ilgili ilk açıklama, 1965 yılında ortaya atılmıştır. Berkeley Üniversitesi öğretim üyelerinden aslen Azerbaycanlı Prof. Dr. Lotfi A. Zadeh'in "Information and Control" dergisinde yayımlanan "Fuzzy Sets" (Bulanık Kümeler) makalesiyle ilk kez ortaya atılmıştır.

Klasik küme yaklaşımında elemanlar ya o kümeyle aittir (1) ya da değildirler (0). Oysa Bulanık Mantık yaklaşımında ise elemanların o kümeyle aittirliği 0 ile 1 arasında değişir. Herhangi bir sıcaklık derecesi klasik kümeyle göre ya sıcak olabilir ya da sıcak olmayabilir. Aşağıdaki Şekil 1' de Bulanık bir denetleyicinin yapısı görülmektedir.

Şekil 1. Bulanık bir denetleyicinin yapısı.



Bulanık mantıktan yola çıkılarak kullanılan bulanık denetleyicilerle ilgili başlıca üstünlükler, zayıf noktalar ve eleştiriler aşağıda açıklanmıştır.

Avantajlar olarak, günlük hayatta olduğu gibi belirsiz, zamanla değişen, karmaşık, iyi tanımlanmamış sistemlerin denetimine basit çözümler getirir.

Sistem basit bir matematiksel modelle tanımlanabilen bir sistemse o zaman geleneksel bir denetim yeterli olacaktır. Ama karmaşık bir sisteme geleneksel bir mantık uygulamak hem çok zor hem de yüksek maliyetlidir. Buna karşılık bulanık mantık denetimi geleneksel mantığa göre sistemi daha iyi analiz edebileceği gibi aynı zamanda da ekonomiktir.

Bulanık mantıkta işaretlerin bir ön işleme tabi tutulmaları ve oldukça geniş bir alana yayılan değerlerin az sayıda üyelik fonksiyonlarına indirgenmeleri nedeni ile bulanık denetim genellikle daha küçük bir yazılımla daha hızlı bir şekilde sonuçlanır.

Söz edilen az sayıda değerler üzerinde uygulanacak kural sayısı da az olduğundan sonuca ulaşmak daha da çabuklaşacaktır. Bu durum geleneksel bilgisayar ortamında böyledir. Özel geliştirilmiş bir donanımla sonuca daha da hızlı ulaşmak olasıdır. Örneğin Sanyo-Fisher firması mühendisleri, video kayıt cihazında kullanmayı

düşündükleri mikro bilgisayarın yetersiz kalmasından dolayı, bulanık denetim kullanmaya karar vermişlerdir. Bulanık denetim yazılım boyutlarının daha küçük olmasını sağladığından, dış bellek kullanımına gerek kalmamıştır.

Bulanık mantık denetiminin sağladığı bir diğer avantaj ise doğrudan kullanıcı girişlerine ve kullanıcının deneyimlerinden yararlanabilmesine olanak sağlamasıdır. Bilindiği gibi otomatik vites değişimi motorun belli hızlara ulaşması sonucunda otomatik olarak gerçekleşir. Buna karşılık manuel vitesli bir arabada ise sürücü, yol, yük ve kendi araba kullanış tarzına göre belli durumlarda vites değiştirir. Subaru tarafından üretilen justy tipi otomobilde kullanılan aktarım organının değiştirilmesi, bir kayışın konumunun bulanık mantık kullanılarak değiştirilmesi ile sağlanır. Böylece arabanın ivmesi ve performansı sürekli olarak ayarlanır hale gelir. Subaru, bu otomobilde kullandığı bulanık mantık üyelik fonksiyonlarını, otomobili test şoförlerine kullandırarak ve onlardan ivme ve performans açısından en iyi aktarım oranını öğrenerek ayarlamıştır. Bu konuda Honda ve Nissan da benzer çalışmalar yapmışlardır.

Bulanık denetleyicilere yönelik çeşitli eleştiriler de getirilmiştir. Bunlardan birkaçı aşağıda sıralanmıştır. Üyelik fonksiyonlarının seçiminde belirli bir yöntem yoktur. En uygun fonksiyon deneme ile bulunur. Bu da oldukça uzun bir zaman alabilir. Denetlenen sistemin bir kararlılık analizi yapılamaz ve sistemin nasıl cevap vereceği önceden kestirilemez. Yapılacak tek şey benzetim çalışmasıdır.

Günümüzde her alanda uygulama imkanı bulan bulanık mantık, özellikle sanayi alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Japonlar bulanık mantığı özellikle bulaşık makineleri, çamaşır makineleri, elektrik süpürgeleri, video kameralara uygulamışlardır.

Bulanık mantık uygulamaları ilk olarak çimento sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. Bu sektörde kireç taşı ve kil 1000-1400 derece sıcaklıkta reaksiyona girmektedir. Fırın içindeki sıcaklık ve oksijen oranı çimentonun kalitesini doğrudan etkilemektedir. Sadece bu konuda uzman operatörler istenilen limitler dahilinde ürün elde edebilmektedirler. Ama vardiyalı bir sistemle çalışan bu fabrikada çok sayıda operatör vardır ve her operatörün uzmanlıklarının farklı olması nedeniyle farklı niteliklerde ve verimlilikte ürün elde edilmektedir. İstenilen kalitede ürün sadece bu işte yıllardır çalışan uzmanlar tarafından sağlanabilmektedir. Zira çimento üretimi bulanık bir yapıya sahiptir ve süreç kontrolünü bulanık kurallar sağlamaktadır. Örneğin ısıyı 10 derece yükselt veya 5 derece azalt gibi kesin kurallar değil biraz azalt , biraz yükselt gibi bulanık terimlerle ifade edilen kurullarla kontrol edilmektedir. Bir Danimarka firması bu sürecin kontrolü için uzman operatörlerin kullandığı 50-60 pratik kuraldan hareketle bir mikro kontrolör oluşturmuşlar ve sonuç olarak sabit ürün kalitesi ve yakıtta büyük tasarruf elde etmişlerdir.

Bulanık mantık, insansız uçakların kontrolünde, tren frenleme sistemlerinde, ABS (otomatik fren sistemi) ve ASC (otomatik vites kontrolü) kontrolünde kullanılmıştır.

Bulanık mantık tabanlı teşhis sistemleri, kanser araştırmaları, bulanık mantık tabanlı protez cihazlarının işlenmesi, bulanık mantık tabanlı hareket düzensizliklerinin analizinde. Yönetim ve Karar Desteklerinde: Bulanık mantık

tabanlı fabrika yeri seçimi, bulanık mantık yardımcı askeri karar yapımlarında(korkutucu sesler, fakat hatırlayınız bulanık mantık uygulamalarında verilerde bir kesinlik vardı ama mantıkta bir kesinlik yok), bulanık mantık tabanlı market satış stratejilerinin belirlenmesi önemli rol almıştır.

Bulanık mantık tabanlı hava tahmininde, bulanık mantık tabanlı su kalite kontrolünde, veri tabanı sistemlerinde, bulanık mantık tabanlı deprem tahminlerinde, bulanık mantık tabanlı nükleer işletmelerin otomasyonunun kontrolünde, bulanık mantık tabanlı bilgisayar ağları dizaynında, bulanık mantık tabanlı mimari dizaynların değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

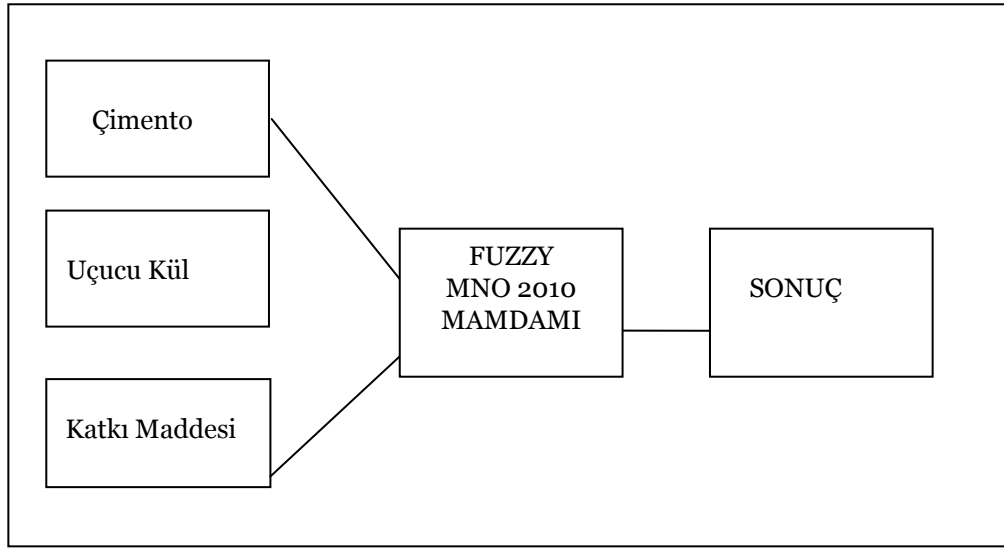
3. Tasarlanan Bulanık Mantık Sistemi

Bulanık Sinir Ağları yaklaşımı, yapay sinir ağlarının öğrenme yeteneği, en uygunu bulma ve bağlantı yapılar gibi, özellikleriyle bulanık mantığın insan gibi karar verme ve uzman bilgisi sağlama kolaylığı gibi üstünlüklerinin birleştirilmesi temeline dayanmaktadır. Bu yolla, bulanık denetim sistemlerine, sinir ağlarının öğrenme ve hesaplama gücü verilebilirken, sinir ağlarına da bulanık denetimin insan gibi karar verme ve uzman bilgisi sağlama yeteneği kazandırılmaktadır.

Bulanık Sinir Ağlarının asıl amacı, sinirsel bulanık denetim sistemlerinin yapısını, değişkenlerini ayarlamak için sinir ağları öğrenme tekniklerini uygulamaktır. Bulanık mantık denetleyicilerde yapısal ve değişken ayarlama olmak üzere iki önemli ayarlama gerekir [4].

Modern sinirsel bulanık sistemler genellikle ileri beslemeli çok katmanlıdırlar. Son yıllarda bir çok araştırmacı tarafından yoğun olarak ANFIS, FALCON, RuleNet, GARIC, NEFCLASS, NEFCON, NEFPROX, diye adlandırılan sinirsel bulanık sistemler kullanılmaktadır.

Hammadde sahası Kireç Doygunluk Faktörü dağılımının ve 28-günlük çimento basma dayanımının modellenmesinde son yıllarda yoğun olarak kullanılan ve güçlü bir sistem olan ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) sinirsel bulanık çıkarım sistemi kullanılmıştır. Beton harcı çeşitliliği ile dayanımlar arasındaki uçucu kül, katkı maddesi ve çimento miktarına bağlı olarak belirlenebilmesi için geliştirilen modelin genel yapısı Şekil 2' te görülmektedir.

Şekil 2. Geliştirilen Bulanık

Sinirsel bulanık denetleyiciler kullanılan bulanık çıkarım yöntemlerine göre üçe ayrılabilir.

1. Tip: Bu tip en çok bilinen *R1* EĞER $x=A1$ ve $y=B1$ ise O HALDE $z=C1$ yapısındaki kurallar kullanılır. Üyelik işlevleri çan eğrisi, testere dişli veya üçgen şeklinde olabilir. Her bir kuralın tepkisi tetikleme kuvveti ile çıkış üyelik işlevinin etkisidir ve yaklaşık çıkışın üretilmesi için tepkilerin merkezi hesaplanır.

2. Tip: Bu tipte S-tip işlev gibi monoton yükselen üyelik işlevleri kullanılır. Her bir kuralın tepkisi tetikleme kuvvetinin çıkış üyelik işlevine ayarlanması olarak tanımlanabilir.

3. Tip: Bu tip TSK (Takagi-Sugeno-Kant) bulanık kuralları olarak bilinen *R1*:EĞER $x=A1$ ve $y=B1$ ise O HALDE $z=f(x,...,y)$ yapısındaki kurallar kullanılır. Tepkiler, sonuç çıkışı hesaplamak için ağırlıkları ve toplamları alınarak tetikleme kuvvetlerine ayarlanır.

4. Deney Çalışmaları

Bu çalışmada kullanılan agregaların tane dağılımı %25 si 0-2 mm kum, %20 si 0-2 mm genişletilmiş kil agregası(GKA), %20 si 2-4 mm GKA ve %35 si 4-8 mm lik GKA olarak belirlenmiştir. Karışımlar dört farklı çimento oranında 350, 400, 450 ve 500 kg CEM I 42,5 çimentosu katılarak hazırlanmıştır. Ayrıca Her bir çimento miktarında %0, %10, %20 oranında Uçucu kül ilaveli karışımlar hazırlanmıştır. Katkı maddesi ise %1, %1,5, %3 oranında ilave edilmiştir. Standart deney kalıplarına (15x15x15 küp) dökülen ve 28 gün bekletilen ve gerekli kürü yapılan C 25 numuneler basınç deneylerine tabi tutulmuşlardır.

5. Sonuç

Bu çalışmada, çimento miktarı ile uçucu kül oranı ve katkı maddesi değişken olarak üretilen betonların basınç dayanımının belirlenmesi için bir bulanık mantık modeli geliştirilmiştir.

Farklı karışımlar için yapılan basınç deney sonuçları ile modelin tahmin ettiği sonuçlar arasındaki ilişki regresyon analizi ile belirlenmiştir. Analiz sonucunda modelin tahmin ettiği değerler ile deney sonuçları arasında yüksek bir korelasyon varlığı ortaya çıkmış ve model deney sonuçlarının Matlap programı ile karşılaştırılarak % 97 oranında başarı ile tahmin edilebildiği görülmüştür. Geliştirilen MNO_V_2010_Beton programı Delphi 7.0 de yazılmıştır.

Geliştirilen bulanık mantık modeli ile deney sonuçları karşılaştırılmış ve modelin güvenilirliği test edilmiştir. Yapılan karşılaştırmada geliştirilen model ile deney sonuçlarının yüksek oranda tahmin edilebildiği ve ayrıca geliştirilen model kullanılarak deney yapılmasının güç ya da imkansız durumlarında tahmin edilebileceği belirlenmiştir. Bu çalışmanın deneysel çalışmalara alternatif bir yöntem olarak değerlendirilmesi gerektiği ve basınç dayanımına etki eden diğer parametrelerin de kullanılarak oluşturulabileceği düşünülmektedir.

6. Kaynaklar

- [1] D.P.T. (2002), **Taş ve Toprağa Dayalı Ürünler Sanayi Özel İhtisas Komisyonu.**
- [2] Y.M. Zhang and T.J.Napier-Munn, Effects of particle size distribution surface area and chemical composition on Portland cement strength. **Powder Technology.** **83** 3 (1995), pp.
- [3] Zadeh L A. **Fuzzy sets. Inform. Contr.** 8:338-53, 1965. Dept. Electrical Engineering and Electronics Res. Lab., Univ. California, Berkeley, USA.
- [4] Elmas, Ç. **Bulanık Mantık Denetleyiciler**, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2003.