

## ÇELİK LİF KATKILI BETONLARIN TAHRİBATSIZ DENEY YÖNTEMLERİYLE ELDE EDİLEN BASINÇ DAYANIMININ ANFİS METODUYLA TAHMİNİ

Melda Alkan ÇAKIROĞLU\*, Eren ERENOĞLU, Serdar KASAP, Yunus EKİZ

### Özet

Bu çalışmada, değişik formlarda çelik lif katılarak üretilen betonların basınç dayanımlarının tahmini için, tahribatsız deney sonuçları kullanılarak Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFİS) yöntemiyle bir model geliştirilmiştir. Bu kapsamda, 4 farklı geometrik şekil ve oranda çelik lif katkılı 18 adet 150 mm x 150 mm x 150 mm boyutlarında standart küp numune ve 6 adet yalın numune üretilmiştir. Üretilen numuneler 7 ve 28. günlük kür süreleri sonunda tahribatsız deneylere tabi tutulmuştur. Daha sonra numuneler üzerinde basınç deneyi yapılarak basınç dayanımı değerleri elde edilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen veriler ANFİS yönteminde girdi parametreleri olarak kullanılarak modelleme yapılmıştır. Betonun yaşı, schmidit ve ultrases geçiş hızı modelin girdisi, basınç dayanımı ise modelin çıktısı olarak kullanılmıştır. Geliştirilen ANFİS modeli ile tahmin edilen basınç dayanımları, tek eksenli basınç dayanımı değerleri ile karşılaştırılarak modelin tahmin yeteneği test edilmiştir. Sonuç olarak ANFİS, farklı geometrik lif katkılı betonlarda tahribatsız test metotları kullanılarak basınç dayanım tahmininde kullanılabilceği ve bu konuda yapılacak çalışmaların büyük fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** ANFİS, Tahribatsız Deney Yöntemleri, Basınç Dayanımı.

## FORECAST WITH ANFIS METHOD OF COMPRESSIVE STRENGTH OBTAINED NON-DESTRUCTIVE TEST METHODS CONCRETES OF ADDITIVE STEEL FIBER

### Abstract

In this study, we developed a method using non-destructive test results Adaptive Neural Network-Based Fuzzy Inference System (ANFIS) model for produced by participating in various forms of steel fiber concrete compressive strengths for the prediction. In this context, 4 different geometric shape and extent of steel fiber doped with 18 to 150 mm x 150mm x 150 mm standard cube samples were produced and 6 lean sample has been produced. The produced samples has been subject to non-destructive experiments at the of 7 and 28 curing time. Then, the compressive strength values were obtained by compression test on the samples. The data obtained from experiments was used as input parameters for ANFIS modeling method. The age of the concrete, the transition rate of the model schmidit and ultrasonic was used as the model input compressive strength was the output. The developed ANFIS model and the predicted compressive strength, uniaxial compressive strength values compared with the estimated ability of the model was tested. As a result, ANFIS, different geometric fiber reinforced concrete compressive strength prediction using non-destructive testing methods used in studies to be conducted on this issue and is thought to provide a great benefit.

**Key words;** ANFIS, Non-Destructive Test Methods, Compressive Strength

\* Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Böl., 32260, Isparta.  
E-posta: meldaalkan@sdu.edu.tr

## 1. Giriş

Beton kalitesinin tespitinde kullanılan en önemli parametrelerden birisi basınç dayanımıdır. Basınç dayanımı, eksenel basınç yükü etkisi altındaki betonun kırılmamak için gösterebileceği direnme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Bunun dışında beton kalitesinin bulunabilmesi için kullanılmakta olan birçok hasarsız deney yöntemi mevcuttur. Bu yöntemlerden bazıları; beton test çekici yöntemi, ultrasonik yöntem, rezonans yöntemi, çekme çıkarma yöntemi, penetrasyon yöntemi, manyetik yöntemler, radyoaktif yöntemler olarak sayılabilir (Subaşı vd. 2010).

Betonun basınç altındaki performansı yüksek olmasına rağmen aynı performansı eğilme ve çekme kuvvetleri altında gösterememektedir. Bu sebeple betonun mekanik özelliğinin geliştirmesi amacıyla beton içerisine birçok katkı maddeleri konulmaktadır. Bu maddelerden bir tanesi de çelik liflerdir (Arslan ve Aydın, 1999). Genel olarak agrega, çimento ve su gibi temel bileşenler ile üretilmiş kompozit bir malzeme olan beton karışımlarına belirli oranlarda lif katılmasıyla elde edilen malzemeye lifli beton denilmektedir. Yalnızca çimento ve liflerden oluşan kompozit malzemeler de lifli beton teriminin kapsamı içerisine girmektedir. Betonun özelliklerini değiştirerek iyileştirmek amacıyla taze beton içerisine çeşitli yöntemler ile değişik miktarlarda katılan çelik lifler farklı tip ve boyutlarda üretilmişlerdir (Gül ve Düzgün, 2005). Shah ve Rangan, 1971, tarafından yürütülen bir çalışmada beton içerisine rastgele olarak dağılmış, farklı hacim, boy ve lif tipi için çelik liflerin güçlendirilmesinin mekanizmasını pratikte kullanılan çelik çubuklarla güçlendirme arasındaki farklı çekme, basınç ve eğilme etkilerini araştırmışlardır (Shah ve Rangan, 1971). Yaprak vd., 2004, tarafından yürütülen bir çalışmada uçucu kül ve çelik lif ile üretilen betona cam lif eklenmesi sonucunda betonun basınç ve çekme dayanımındaki değişimlerini araştırmışlardır (Yaprak vd., 2004).

Beton dayanımının Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) ile tahmini konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Subaşı vd. 2010, tarafından yapılan bir çalışmada; tahribatsız test sonuçları kullanılarak uçucu kül ikameli betonlarda basınç dayanımının tahmini için ANFIS yöntemiyle bir model geliştirilmiş ve çalışmalarının sonucunda geliştirilen modelin tahmin yeteneğinin oldukça iyi olduğunu saptamışlardır (Subaşı vd. 2010). Subaşı vd. 2009, tarafından yapılan çalışmada; genişletilmiş kil agregasıyla üretilen alternatif karışım özelliklerine sahip hafif betonlarda yarmada çekme dayanımı değerlerinin bulanık mantık yöntemiyle tahmin edilebilirliği araştırılmış ve araştırmanın sonucu olarak geliştirdikleri bulanık mantık modelinin kullanılabilirliğini belirlemişlerdir (Subaşı vd. 2009). Yazıcı ve Sezer 2008, tarafından yapılan çalışmada; çelik lifli betonların darbe direncine, agrega maksimum dane boyutunun etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarında kireç taşı kökenli kırma agrega kullanarak, 8 farklı lifsiz-çelik lifli beton üretmişlerdir. Ürettikleri 150 mm ayrıtlı küp örnekler üzerinde, 28 günlük standart kür sonunda tek eksenli basınç, yarmada çekme ve ultrases deneyleri yaparak, betonların mekanik özellikleri belirlemeye çalışmışlardır (Yazıcı ve Sezer 2008).

Bu çalışmada, değişik formlarda çelik lif katılarak üretilen betonların basınç dayanımlarının tahmini için, tahribatsız deney sonuçları kullanılarak ANFIS yöntemiyle bir model geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında beton yaşı, schmidt ve ultrases geçiş hızı değerlerinin girdi olarak kullanıldığı beton basınç dayanımı tahmin edebilen ANFIS modeli geliştirilmiştir.

## DeneySEL Çalışma

DeneySEL çalışmada; çimento miktarı  $500 \text{ kg/m}^3$ , toplam agrega içerisindeki 0-5 mm agrega % 70, 5-8 mm agrega oranı % 30 olacak şekilde beton karışım hesabı yapılmıştır. Karışım

hesabında su/çimento oranı 0.45 olacak şekilde ayarlanmış, çimento olarak PÇ 42.5 kullanılmıştır. Deney numunelerinin üretilmesi sırasında, teknik özellikleri bilinen TS 10513'e uygun olarak 4 farklı geometrik şekil ve oranda çelik lif katkılı 18 adet 150 mm x 150 mm x 150 mm boyutlarında standart küp numune ve çelik lif katkısız 6 adet yalın numune üretilmiştir. Küp numunelere beton karışımı 3 defada ve 25 kez şişleme usulüne uygun olarak yerleştirilmiş ve daha sonra iyi bir yerleştirme elde etmek amacıyla sarsma tablasında titreşime tabi tutulmuştur. Tüm küp numuneler aynı karışıma sahip olup, aynı şartlarda saklanmış 7 ve 28 günlük sürelerin ardından schmidt, ultrases geçiş hızı ve hidrolik pres cihazı ile basınç deneyine tabi tutulmuştur. Küp numunelerin schmidt ve ultrases hızı ile basınç dayanımlarının ölçülmesi Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Küp Numunelere Schmidt ve Ultrases Deneylerinin Yapılması

### Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS)

Bulanık sistemler, genel anlamda, giriş değişkenlerinden çıkış değişkenlerine dönüşümü sağlamak amacıyla bulanık kümeleri kullanan sistemlerdir (Subaşı vd. 2010). Bulanık çıkarım sistemlerinde kural tabanında kullanılan bulanık kuralların sonuç kısımları yardımıyla Bulanık Sistemleri ikiye ayırmak mümkündür; Mamdani ve Takagi-Sugeno-Kang (TSK) (Tartik ve Şahin, 2010). Parametreleri optimize edilen Sugeno tipi bulanık çıkarım sistemlerine, Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) adı verilir (Karamanoğlu vd. 2010). ANFIS kelimesi (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System)'in baş harflerinden oluşmaktadır. ANFIS'e giriş ve çıkış değerleri verilir ve ANFIS bu değerlerden geriye yayma metodunu kullanarak veya en küçük kareler metodunu kullanarak bir bulanık çıkarım modeli oluşturur.

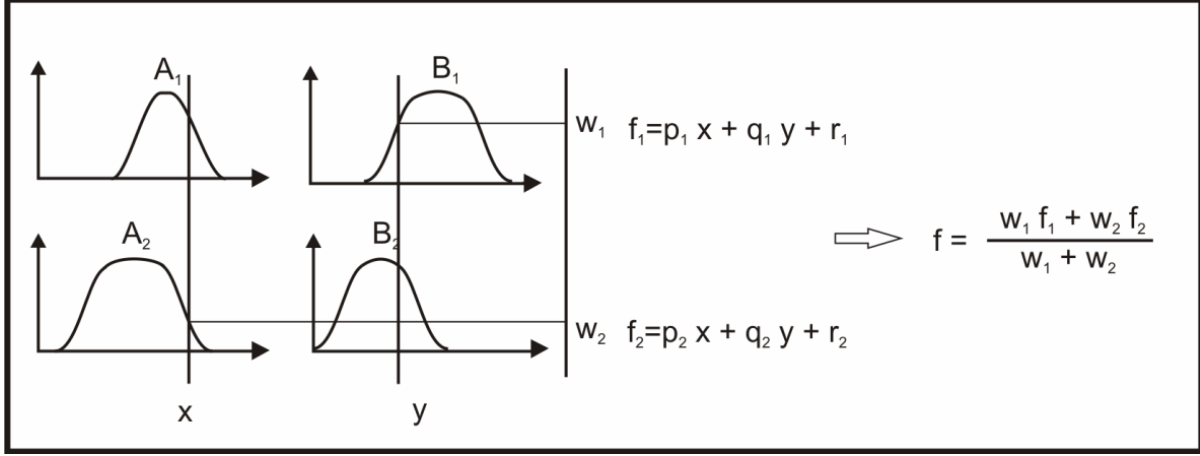
ANFIS sadece Sugeno tipi modelleri çalıştırmaktadır. Sugeno tipi modelleme 1985 yılında sunulmuştur. Mamdani tipi modellemenin modifikasyonu şeklindedir ve giriş verilerine uygulanacak işlemler aynıdır. Tek farklılıkları çıktı verilerinde bulunmaktadır. Sugeno tipi modellemede çıktı değişkenleri girdilerin bir fonksiyonu şeklinde üyelik fonksiyonlarına sahip olmaktadır ve çıktı üyelik fonksiyonları lineer veya sabit olmak zorundadır (Öztürk vd. 2010).

ANFIS, TSK tipi bulanık sistemlerin sinirsel öğrenme kabiliyetine sahip bir ağ yapısı olarak temsilinden ibarettir. Bu ağ, her biri belli bir fonksiyonu gerçekleştirmek üzere, katmanlar halinde yerleştirilmiş düğümlerin birleşiminden oluşmuştur. Basit olması açısından, bulanık çıkarım sistemini,  $x$  ve  $y$  gibi iki girişi ve  $f$  gibi bir çıkışı olduğunu farz ederek ele alalım. İki tane bulanık Eğer- O Halde kuralı bulunan, birinci dereceden Sugeno bulanık modeli için tipik kural kümesi;

Kural 1: Eğer  $x$   $A_1$  ve  $y$   $B_1$  ise o halde  $f_1=p_1x+q_1y+r_1$

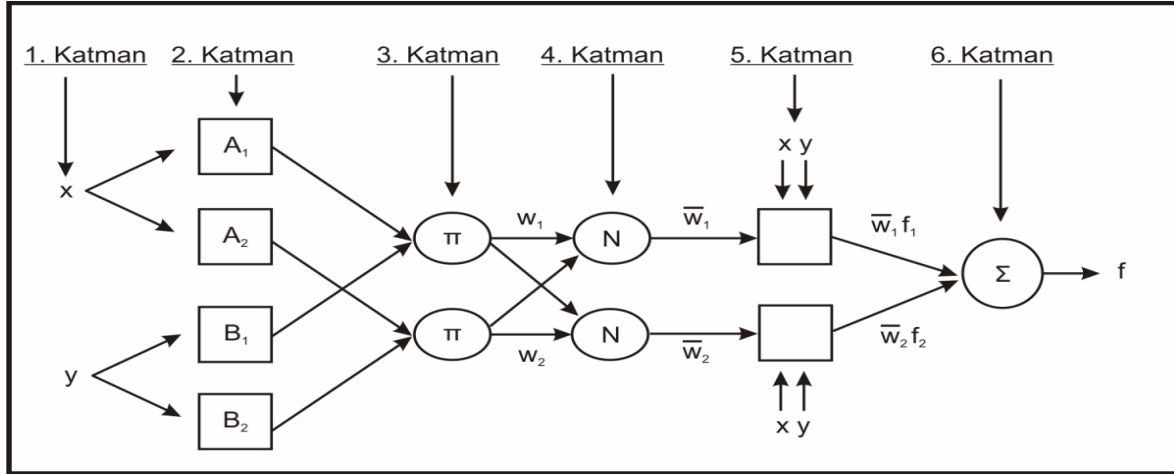
Kural 2: Eğer  $x$   $A_2$  ve  $y$   $B_2$  ise o halde  $f_2=p_2x+q_2y+r_2$

şeklinde ifade edilir (Tartik ve Şahin, 2010). Şekil 2’de Sugeno bulanık modeli için bulanık akıl yürütme mekanizması görülmektedir.



Şekil 2. Sugeno bulanık modeli için bulanık çıkarım sistemi

Bu yapıya karşılık gelen, eşdeğer ANFIS mimarisi Şekil 3’de gösterilmiştir. Söz konusu ANFIS mimarisi için aynı katmanda bulunan düğümler, aşağıda da gösterildiği üzere aynı düğüm fonksiyonlarına sahiptirler. Şekil 3’den de görüldüğü gibi ANFIS altı katmandan oluşmaktadır.

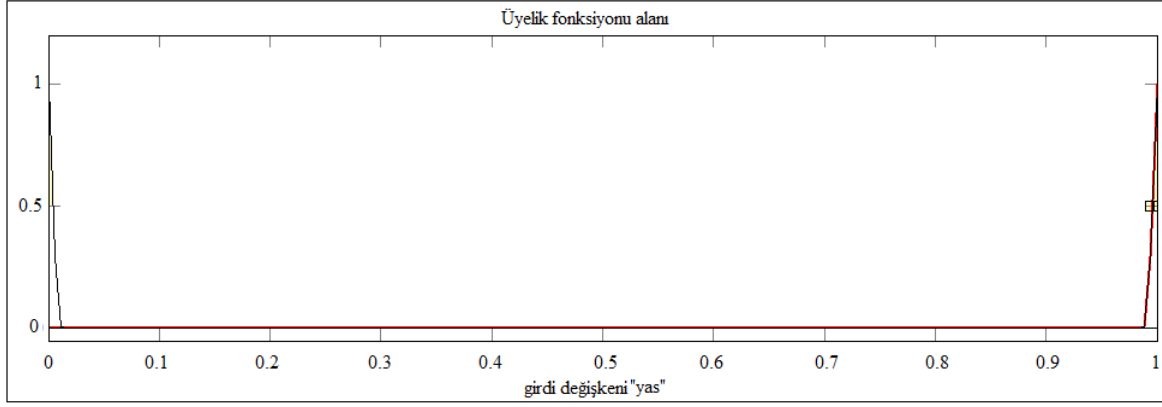


Şekil 3. Tipik bir ANFIS mimarisi (Karamanoğlu vd. 2010).

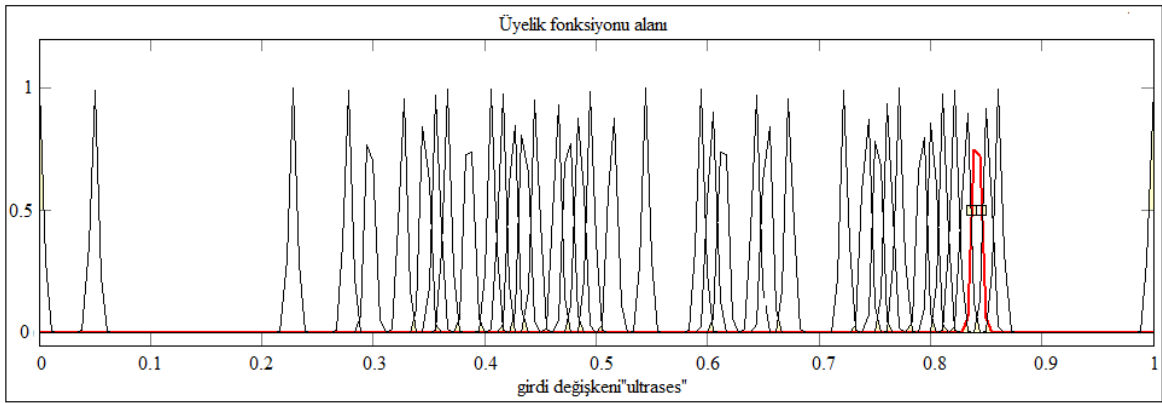
Literatürde tahribatsız yöntemler ile elde edilen schmidt çekici ve ultrases geçiş hızı değerleri, araştırmacıların deney sonuçlarına uygun olarak farklı regresyon denklemlerinde yerlerine yerleştirilerek basınç dayanımlarını elde etmeye çalıştıkları görülmektedir. Ancak farklı birçok regresyon yöntemi kullanılmasına rağmen elde edilen basınç dayanımları ile gerçek basınç dayanımları arasında fark olduğu gözlemlenmektedir.

Bu çalışmada, regresyon denklemlerine alternatif olarak çelik lif katkılı beton basınç dayanımlarının tahmin edilmesi amacıyla ANFIS yöntemiyle tahmin modeli geliştirilmiştir. Modele girdi olarak yaş, schmidt, ultrases geçiş hızı seçilmiş, çıktı olarak ise beton basınç

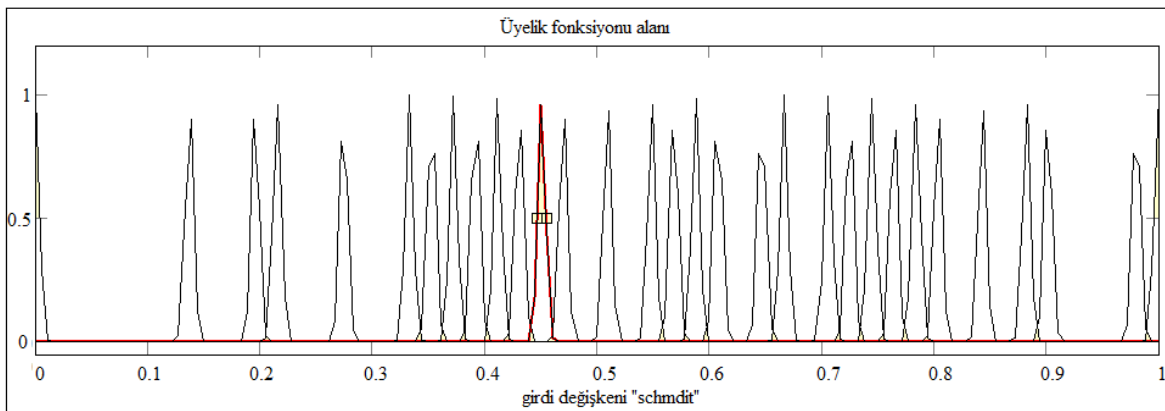
dayanımı belirlenmiştir. Çalışmada 78 adet deneysel veri seti kullanılmıştır. Veri setlerinin 62'si modelin eğitiminde 16 tanesi ise test aşamasında işleme alınmıştır. Bu deneysel bulgular, oluşturulan ANFIS modeli için veri kümesi olarak kullanılarak, basınç dayanımını tahribatsız test sonuçlarına göre tahmin edebilen bir model geliştirilmiştir. Modele girdi olarak seçilen yaş (gün), schmidt ve ultrases geçiş hızı parametreleri için oluşturulan üyelik fonksiyonları sırasıyla Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 4. Yaş için üyelik fonksiyonu (gün)



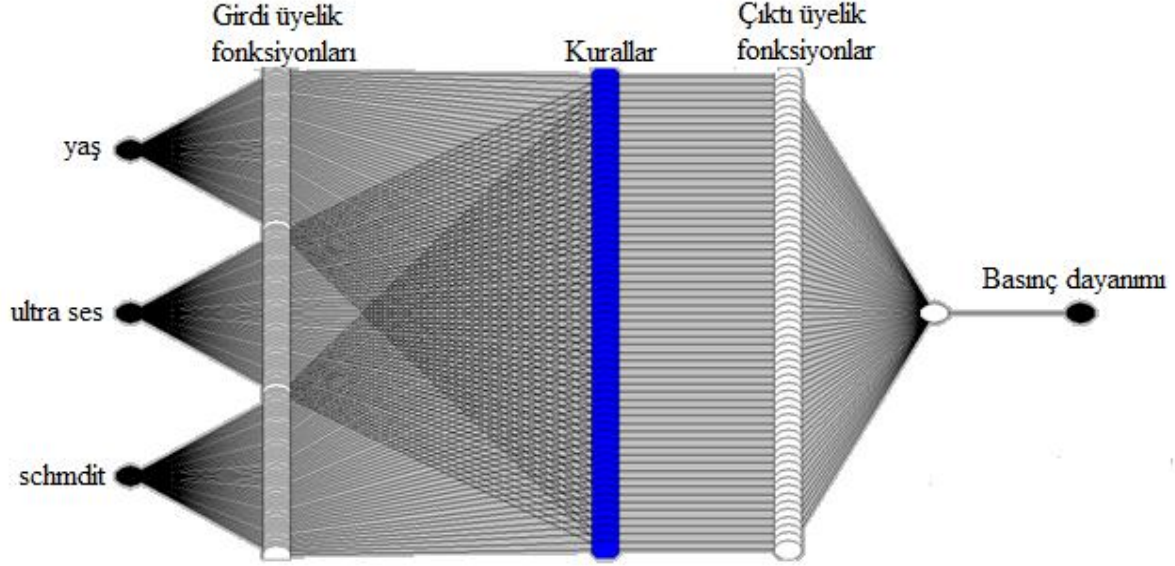
Şekil 5. Ultrases geçiş hızı için üyelik fonksiyonu



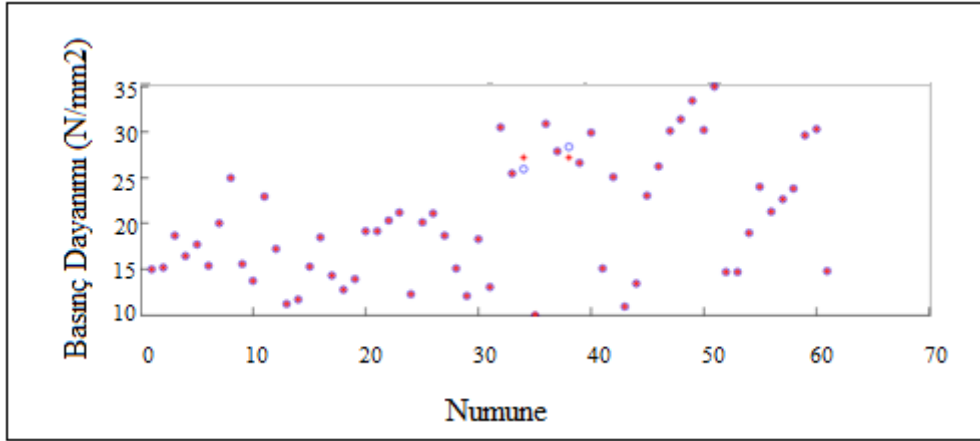
Şekil 6. Schmidt çekici için üyelik fonksiyonu

Geliştirilen modelin genel yapısı Şekil 7'de görülmektedir. Kural tabanında, farklı yaklaşımlar ve iterasyon sayıları üzerinde çalışılmış ve deney sonuçları ile en iyi uyumu

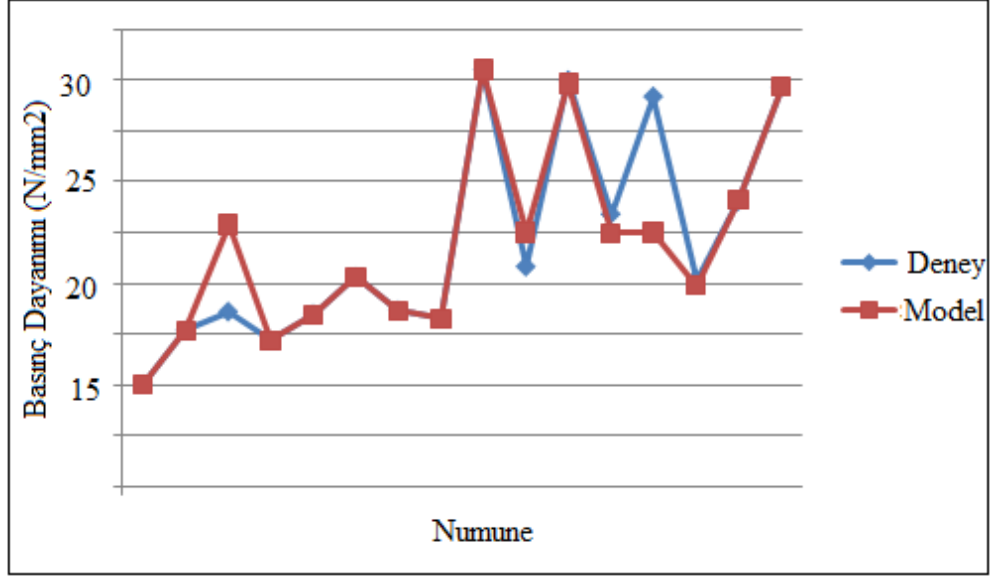
gösteren etki aralığı 0.5, sıkıştırma faktörü 1.25, kabul etme oranı 0.5 reddetme oranı 0.15 ve optimizasyon yöntemi olarak melez öğrenme (hybrid) seçilerek model 500 iterasyonla eğitilmiştir. Eğitim aşamasından sonra eğitim seti ile modelin tahmin ettiği eğitim değerleri arasındaki örtüşme grafiği Şekil 8’de görülmektedir. Şekil 8’de mavi olarak görülen işaretler deney verilerini, kırmızı olarak görülen işaretler ANFIS modelinin tahmin ettiği değerleri belirlemektedir. Test seti ile modelin tahmin değerleri arasındaki örtüşme grafiği de Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 7. Geliştirilen modelin genel yapısı

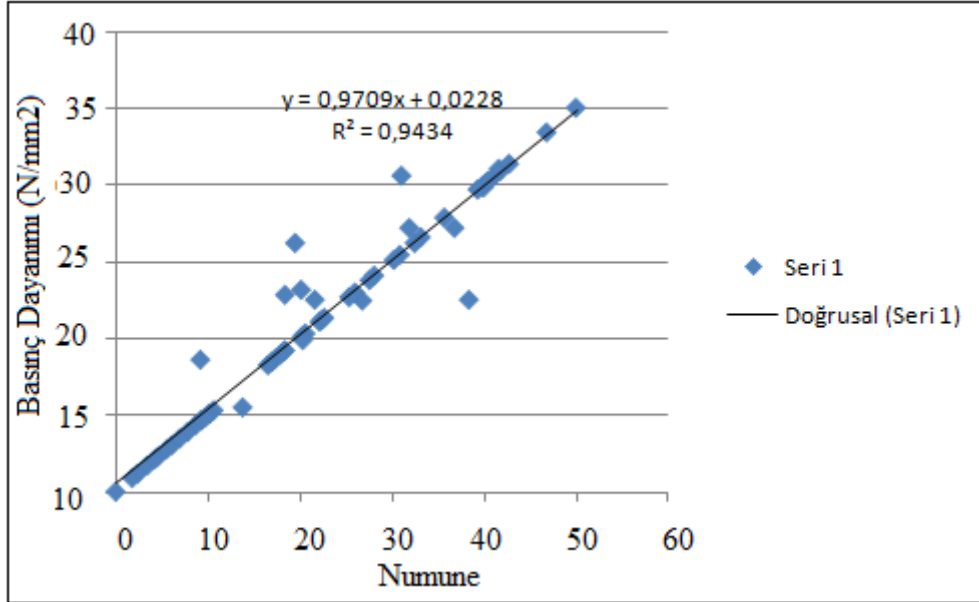


Şekil 8. Eğitim sonrası eğitim verilerinin eşleşmesi

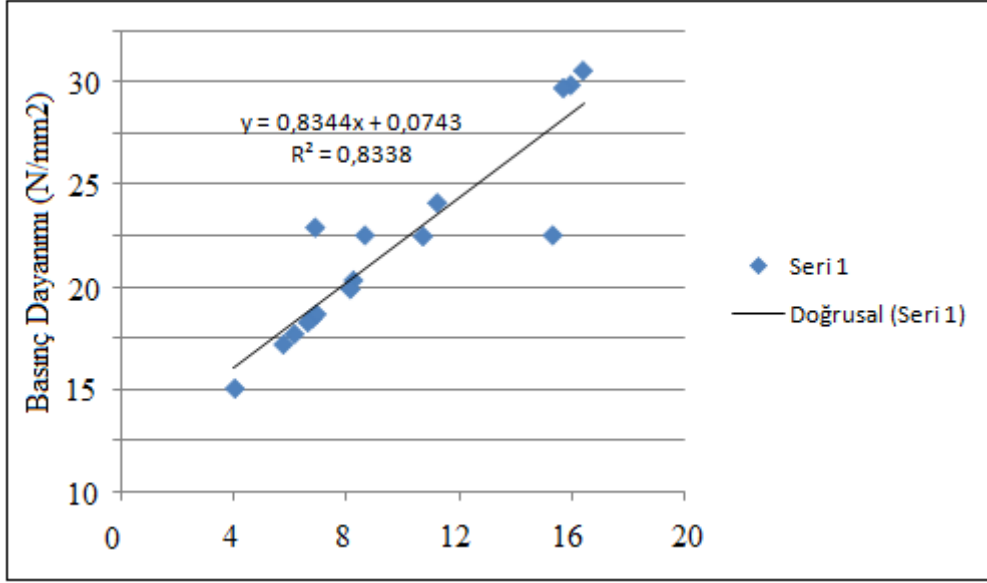


Şekil 9. Model – Deney sonuçları eşleşme grafiği

Eğitim aşamasında kullanılan veri seti ile modelden elde edilen tahmin değerlerinin grafiği Şekil 10'da, test aşamasında kullanılan veri seti ile modelden elde edilen tahmin değerlerinin grafiği Şekil 11'de görülmektedir. Şekil 10 ve Şekil 11 incelendiğinde model ile deney sonuçları arasında kabul edilebilir düzeyde bir yakınlık bulunmaktadır. Şekil 11 oluşturulan ANFIS modelinin test ve eğitim aşamasında deney sonuçlarını yüksek bir korelasyon ilişkisi ile tahmin edebildiğini göstermektedir.



Şekil 10. Model – Deney sonuçları ilişkisi (Eğitim seti)



Şekil 11. Model – Deney sonuçları ilişkisi (Test seti)

## Sonuçlar

Bu çalışmada, ANFIS ile betonun basınç dayanımının tahmininde uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu çalışma için deneysel olarak elde edilen 78 farklı deney verisi kullanılmıştır. Deneysel veriler, eğitim için 62 adet ve test için 16 adet olmak üzere ikiye ayrılarak modellemede kullanılmıştır. Test aşamasında model oluşturulurken tanımlanmayan girdiler kullanılarak modelin durulaştırma ekranından tahmin sonuçları alınmıştır. Model sonuçları ile deney sonuçları arasında 0.83 gibi yüksek bir ilişki görülmüştür. Sonuç olarak ANFIS farklı geometrik lif katkılı betonlarda tahribatsız test metotları kullanılarak dayanım tahmininde kullanılabileceği ve bu konuda yapılacak çalışmaların büyük fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışmayı TÜBİTAK 2209 Üniversite Öğrencileri Yurt İçi/Yurt Dışı Araştırma Projeleri Destekleme Programı (A) Projesi ile maddi olarak destekleyen TÜBİTAK'a ve çalışmada kullanılan lifleri temin etmemizde yardımcı olan Arcelor Mittal Building & Construction Support, Rozak Demir Şirketine ve Yiğit İlyasoğlu Bey'e tüm içtenliğimizle teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

Arslan, A., Aydın, A.C., (1999). Lifli Betonların Darbe Etkisi Altında Genel Özellikleri, Hazır Beton Dergisi, 6, 36, 67-75, İstanbul.

Gül, R., Düzgün, O. A., (2005). Betonlarda Çelik Lif Kullanılmasının Etkisi, DSİ Teknik Bülten, Sayı: 100, Ankara.

Karamanoğlu, M., Bilgehan, M., Sivrikaya, Osman., (2010). Yangına Maruz Betonarme Döşemelerin Moment Kapasitesinin Bulanık Sinir Ağı Yöntemi ile Tahmini, Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu-BMYS 2010, 14–16 Ekim 2010, Diyarbakır.

Öztürk, M., Hançer, M., Ulutaş M., S., Can, M., Tartik, M., Günel, A., Şahin U., Şahin,



A., D., Akyüz, D., E., (2010), Bulanık Mantık Hesaplamalarına Dayalı Binalarda Isı Kayıp-Kazanç Yaklaşımı, Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu-BMYS 2010, 14–16 Ekim 2010, Diyarbakır.

Shah, S.P and V.B. Rangan, 1971. Fiber Reinforced Concrete Properties, ACI Journal 68 Proc., February, pp.126-135.

Subaşı, S., Beycioğlu, A. ve Emiroğlu, M., (2009). Genleştirilmiş Kil Agregalı Hafif Betonlarda Bulanık Mantık Yöntemiyle Yarmada Çekme Dayanımı Tahmin Modeli Geliştirilmesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt: XXII, Sayı:3, Eskişehir.

Subaşı, S., Şahin, İ., Çomak, B., (2010). Tahribatsız Test Sonuçları Kullanılarak Uçucu Kül İkameli Betonlarda Basınç Dayanımının ANFIS İle Tahmini, SDU International Journal of Technologic Sciences, Vol. 2, No 3, Isparta.

Tartık, M., ve Şahin, M., (2010). Saccharomyces Cerevisia’da Gliserol Üretiminin ANFIS İle Modelenmesi, Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu-BMYS 2010, 14–16 Ekim 2010, Diyarbakır.

Yaprak, H., Şimşek, O., Öneş, A., 2004. “ Cam ve Çelik Liflerin Bazı Beton Özelliklerine Etkisi”, Politeknik Dergisi, Cilt: 7 Sayı: 4, S. 353-358.

Yazıcı, Ş., ve Sezer, İ., G., (2008). Çelik Lifli Betonların Darbe Direncine Agregası Maksimum Boyutunun Etkisi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 14, Sayı 3, Sayfa 237-345, Denizli.

TS 10513. 1992. Çelik Teller - Beton Takviyesinde Kullanılan, Türk Standartları. Ankara.