

DEĞİŞİK GEOMETRİLİ ÇELİK LİF İLAVELİ BETONARME KİRİŞLERİN TAHRİBATSIZ DENEY YÖNTEMLERİ İLE ELDE EDİLEN BASINÇ DAYANIMLARININ ANFİS METODUYLA TAHMİN EDİLMESİ

Fatih KAYA*, Nezir Keskin, Melda ALKAN ÇAKIROĞLU

Özet

Bu çalışmada, değişik geometrik form ve çaplarda 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 10cm x 10cm x 50cm boyutlarında toplam 27 adet betonarme kiriş numune üretilmiştir. Deneysel çalışmada deney değişkeni olarak çelik liflerin geometrik formları esas alınmıştır.

Deneysel çalışma 5 seriden oluşmaktadır. Birinci seri yalın, ikinci seride HE (kancalı uçlu), üçüncü seride TABİX (dalgalı lif), dördüncü seride RC-65/60-BN (iki ucu çengelli) son olarak 5. seride FE (düz ve kancalı uçlu), çelik lif kullanılmıştır. Dört seri halinde üretilen lif tiplerinde 20, 30 ve 40 kg/m³ olarak lif içeriği kullanılmıştır. Üretilen betonun basınç dayanımının belirlenebilmesi için 27 adet 100mm x 100mm x 500mm boyutlarında kiriş numuneleri üretilmiştir.

Üretilen tüm numuneler 28 günlük kür süreleri sonunda tahribatlı ve tahribatsız deneylere tabi tutulmuştur. 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.

Anahtar Kelimeler: Çelik Lif, Basınç Dayanımı, ANFİS, Tahribatsız Deney

DIFFERENT GEOMETRIES STEEL FIBER ADDITION REINFORCED CONCRETE BEAMS COMPRESSIVE STRENGTH OBTAINED BY NON-DESTRUCTIVE TEST TECHNIQUES OBTAIN METHOD OF ANFİS

Abstract

In this study, produced by adding in different geometric forms and diameter steel fiber compressive strength of concrete can estimate by using the results of non-destructive testing a model has developed by Adaptive Neural Network Based Fuzzy Inference System (ANFİS) method. In this context, four different geometric shapes and rate of steel fiber reinforced 10cm x 10cm x 50cm size concrete beam specimens produced total of 27 Pieces. In experimental study geometric forms of steel fibers are based on as an experimental variable.

Experimental study consists of five series. The first series lean, second series, HE (hook-tipped), the third series TABİX (wavy fiber), the fourth series RC-65/60-BN (two ends of the hook) lastly 5th series FE (flat and hook-tipped), steel fiber used. Four types of fibers produced in a series of 20, 30 and 40 kg/m³ were used as the fiber content. In order to determine the compressive strength of the concrete produced 27 pieces 100mm x 100mm x 500mm size beam specimens were produced.

* SüleymanDemirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi ABD/İSPARTA

E-posta: fkaya@hotmail.com

All samples were produced at the end of a 28-day curing time were subjected to destructive and non-destructive tests. The data obtained from experiments conducted modeling using ANFIS method as input parameters. Concrete age, ultrasound and Schmidt transition speed of the model input, the output of the model is used as the compressive strength. ANFIS model is developed and estimated compressive strength, uniaxial compressive strength values were tested by comparing the model's ability to predict.

Keywords: Steel Fiber, Compressive Strength, ANFIS, Nondestructive Testing

1. Giriş

Beton kalitesinin tespitinde kullanılan en önemli parametrelerden birisi basınç dayanımıdır. Beton basınç dayanımının belirlenmesinde kullanılan standart metot, silindir veya küp numuneleri taze betondan hazırlamak ve belirli yaşlarda bu numuneleri kırarak basınç dayanımını belirlemektir. Eğer mevcut yapılmış bir yapının beton basınç dayanımı belirlenecekse, bu durumda kullanılacak en yaygın metot, sertleşmiş betondan kesilerek çıkartılan karot örneklerin kırılmaya tabi tutuldukları metottur (Erdal ve Şimşek, 2006). Ülkemizdeki mevcut yapıların çoğunun deprem kuşağında olması nedeniyle, klasik yöntem olarak adlandırılan karot alımı yoluyla beton basınç dayanımının bulunması işlemini cazip olmaktan çıkarmaktadır. Bunun yerine, yaklaşık da olsa beton basınç dayanımını kısa sürede ve daha az maliyetle belirleyebilecek yöntemlere gerek duyulmaktadır (Topçu vd., 2010).

Beton basınç dayanımının belirlenmesinde, yapı elemanına zarar vermeyen, uygulaması kolay tahribatsız deney metotları da kullanılmaktadır. Schmidt çekici ile yüzey sertliğinin belirlendiği deney metodu, yapı elemanına zarar vermeyen, kolay ve hızlı bir yöntem olması nedeniyle en yaygın kullanılan metottur. Diğer bir tahribatsız test metodu da, ultrasonik test cihazı olarak adlandırılan bir cihaz vasıtasıyla sertleşmiş betonun içerisinden geçirilen ses dalgalarının hızının ölçüldüğü ve betonun basınç dayanımı hakkında bir bilgi elde edildiği metottur (Erdal ve Şimşek, 2006).

Beton test çekiciyle elde edilen geri sıçrama değerlerinin kullanılmasıyla beton basınç dayanım; yaklaşık olarak bulunabilmekle beraber, bu yöntem, beton yüzeyinin sertliği ile ilgilidir. Geri-sıçrama değerleri, betonun içerisinde bulunan boşluklar ve yoğunluk hakkında bir bilgi vermemektedir. Sadece, basınç dayanımları yüksek olan betonların yüzeylerinin de daha sert olacağı esasına dayanmaktadır. Araştırmacılar, hem beton yüzeyinin sertlik özelliklerinin yansıtıldığı geri sıçrama değerlerinden, hem de betonun içerisindeki boşlukların ve beton kalitesinin etkilerinin yansıtıldığı betonun içerisinden geçirilen sesüstü dalgalarının hızından yararlanılarak, beton basınç dayanımının bulunabilmesine dair çalışmalara yönelmişlerdir. Beton test çekiciyle ve ultrasonik cihazla elde edilen değerlerin birbini tamamlayıcı bilgiler olduğu düşünülmektedir (Erdoğan, 2003).

Basınç etkisi altında mekanik davranışları elverişli olan yapı malzemelerinin, çekme ve eğilme etkisi altındaki davranışları çoğu zaman yeterli olmamaktadır. Betonarme betonunun özelliklerinin iyileştirilmesi çabaları ile yapı mühendisleri, teknolojik gelişmelere paralel olarak daha avantajlı yapı malzemeleri arama yoluna gitmişlerdir. Diğer bir deyişle hem basınç hem çekme, hemde eğilme dayanımı yüksek olan, ancak metal yapı malzemelerinde daha ekonomik bir yapı malzemesi oluşturulmasına çalışılmaktadır. Genel olarak yorulma, aşınma, çekme, çatlama sonrası yük taşıma dayanımları ve enerji yutma kapasitesi bakımından zayıf olan betonun bu özelliklerini iyileştirmek amacıyla betona katkı malzemeleri ilave edilebilmektedir. Katkı maddeleri olarak değişik kimyasalların yanı sıra çeşitli türlerde çelik lifler de kullanılmaktadır. Beton basınç dayanımı arttıkça, betonun kırılması sırasında bağıl olarak daha az enerji yuttuğu bilinmektedir. Betona çelik lif katkısı

yapıldığında ise, daha yüksek enerji yutma kapasitesine sahip, kırılma anında daha sünek davranış sergileyebilen ve çatlama riski daha düşük olan malzemeler ortaya çıkmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı da çelik lifli betonlara talep giderek artmaktadır (Altun vd., 2011). Artan kullanımı ile yapı dünyasında yerini alan lifli betonlar üzerine çalışmalar yoğunluk kazanmıştır (Çivici, 2006).

Subaşı vd. (2010), yaptıkları çalışmada, tahribatsız deney sonuçlarını kullanarak uçucu kül ikameli betonlarda basınç dayanımının tahmini için uyarlamalı sinirsel bulanık mantık (ANFIS) yöntemiyle bir model geliştirmişlerdir. Çalışma kapsamında; F sınıf uçucu kül beton içerisine çimento ağırlığının % 0-5-10-20 ve 30 oranlarında ikame edilerek 5 farklı beton karışımının her birinden 12 adet deney numunesi hazırlamışlardır. Numunelerin 6 adedine tahribatsız deneyler diğer numunelere ise tahribatlı deneyler yapmışlardır. Deney numunelerine 7. ve 28. günlerde pull-off, ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı deneyleri uygulamışlardır. Bu deneysel sonuçlardan beton yaşı, pull-off ve ultrases geçiş hızı geliştirilen modelin girdisi olarak basınç dayanımı ise modelin çıktısı olarak kullanılmıştır. Geliştirilen ANFIS modeli ile tahribatsız test deney sonuçlarıyla eğitilen beton basınç dayanımı değerinin düşük bir hata oranı ile tahmin edilebildiği sonucuna varmışlardır (Subaşı vd., 2010).

Çakıroğlu vd. (2011), tarafından yapılan çalışmada, değişik formlarda çelik lif katılarak üretilen betonların basınç dayanımlarının tahmini için, tahribatsız deney sonuçları kullanılarak (ANFIS) 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. Betonun yaşı, schmidit ve ultrases geçiş hızı modelin girdisi, basınç dayanımı ise modelin çıktısı olarak kullanılmıştır. Geliştirilen ANFIS modeli ile tahmin edilen basınç dayanımları, tek eksenli basınç dayanımı değerleri ile karşılaştırılarak modelin tahmin yeteneğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çakıroğlu vd., 2011).

Beycioğlu vd. (2008), yaptıkları çalışmada, barit agregalı ağır betonların basınç dayanımının laboratuvar deneyleri ile belirlenmesine alternatif bir yaklaşım olarak Yapay Sinir Ağları (YSA) ile bir tahmin modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen YSA modeli ile deneysel olarak elde edilen veriler karşılaştırılmış ve sonuçların uyum içerisinde olduğunu tespit etmişlerdir (Beycioğlu vd., 2008). Kaltakçı vd. (2006), tarafından yapılan bir çalışmada, eksenel yük altındaki çelik lifli/fiberli ve lifsiz/fibersiz etriyeli betonarme kolonların davranışı, hem deneysel hem de analitik olarak incelenmiştir. Deneysel bölümde 18 adet dikdörtgen kesitli etriyeli betonarme kolon eksenel yük altında test edilmiştir. Deney numunelerinin taşıma güçleri ile eksenel yük-boyuna birim kısalma ilişkisi elde edilmiştir. Ayrıca, önerilen modellerin; beton içindeki çelik lif oranı arttıkça, deneysel sonuçlardan oldukça büyük beton basınç dayanımı verdiği ve gerilme-boyuna birim kısalma eğrisinin azalan kısmının eğimini artırdığı görülmüştür (Kaltakçı vd., 2006). Sancak ve Ünal (2000), Isparta, Gölcük yöresi pomza agregası ve Atabey agregaları kullanılarak ürettikleri betonlara çelik lif ilave edilmesinin, beton özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Deneysel çalışmada üretilen, hafif ve yarı hafif betonların karışımlarında su/çimento oranı, çimento dozajı ve maksimum dane boyutu (19,1 mm.) ile birlikte agrega granülometrisi sabit tutulmuştur. Elde edilen 12 serideki karışımlarla üretilen, kübik numuneler üzerinde 7 ve 28. günlerde ultrases hızı, basınç dayanımı ve birim ağırlık deneyleri ve 28. günde su emme oranı tayini deneyi yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre, öncelikle, betona katılan lif miktarı arttıkça taze betonun işlenebilme özelliğinin azaldığı görülmüştür. Yarı hafif ve hafif betonlarda çelik lif kullanımının, basınç

dayanımını artırma eğiliminde olduğu fakat ultrases hızlarını ve birim ağırlıklarını direkt olarak etkilemediği tespit edilmiştir (Sancak ve Ünal, 2000).

Ünal vd. (2007), yaptıkları bir çalışmada, çelik lif katkılı betonlarda farklı lif tipi ve miktarının, basınç ve eğilme altındaki betonun mekanik özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Beton serilerinin üretiminde, en büyük tane çapı 22 mm olan dört farklı agrega kullanılmıştır. Çimento dozajı 325 kg/m^3 , su/çimento oranı 0.60 olarak sabit tutulmuştur. Karışımlarda narinlik oranları 60 ve 80 olan iki farklı lif tipinde ve 0 (kontrol), 15, 30, 45 ve 60 kg/m^3 olarak 5 farklı lif içeriğinde olmak üzere toplam 10 farklı seri üretilmiştir. Silindir numuneler üzerinde basınç altında gerilme-şekil değiştirme davranışı, prizmatik numuneler üzerinde de eğilme dayanımları belirlenmiştir. Betona ilave edilen liflerin, betonun basınç altındaki gerilme-şekil değiştirme yeteneğini ve eğilme dayanımını arttırdığı sonucuna varmışlardır (Ünal vd., 2007).

Kasap vd. (2011), yaptıkları çalışmada, 5 adedi yalın ve 30 adedi de atık teneke ilaveli olarak $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ boyutlarında toplam 35 adet kiriş numune ile 3 adet yalın ve 27 adet atık teneke ilaveli $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}$ boyutlarında standart küp numuneler üzerinde, atık teneke ambalajlarının beton üretiminde kullanılmasıyla betonun dayanımına olan etkisinin incelenmesi için tahribatlı ve tahribatsız deneyler yapmışlardır. Atık teneke ilave edilerek üretilen kiriş numuneler tahribatsız; schmidt, ultrases deneylerine, küp numuneler ise tahribatlı basınç testi yapılarak basınç dayanımları elde edilmiştir. Atık teneke ilavesinin basınç dayanımına etkisinin tahmin edilebilmesi amacıyla deneysel verilerden yararlanılarak Bulanık Mantık Modeli geliştirilmeye çalışılmıştır. Tahribatlı ve tahribatsız deneylerden elde edilen sonuçlar ile modelin verdiği sonuçlar arasında yakın bir korelasyon gözlemlenmiştir (Kasap vd., 2011). Durmuş ve Can (2009), çalışmalarında, farklı sıcaklık değeri uygulanmış süper akışkanlaştırıcı katkılı ve katkısız betonların, sıcaklık ve ultrases geçiş hızına bağlı olarak basınç dayanım değerlerini çoklu doğrusal regresyon ve bulanık mantık yöntemiyle tahmin edilmesini araştırmışlardır. Sonuç olarak, süper akışkanlaştırıcı katkılı betonların basınç dayanım değerlerinin, yüksek sıcaklık ve ultrases geçiş hızı değerlerine bağlı olarak bulanık mantık yöntemiyle basınç dayanımın % 3-5 gibi küçük bir hata oranıyla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir. Bulanık mantık yönteminin çoklu doğrusal regresyon modeline göre daha başarılı sonuç verdiği belirtilmiştir (Durmuş ve Can, 2009).

Betonun mekanik özelliklerini artırmak amacı ile lif kullanılması beton teknolojisinde yeni araştırmaların yapılmasına neden olmaktadır. Yeni teknolojik gelişmelerin ve malzemelerin betonda kullanımı araştırmaların ana temasını oluşturmaktadır. Günümüz araştırmalarında yapay zeka yöntemlerinden biri olan bulanık mantık yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, değişik geometrik 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.

2. Bulanık Mantık (Anfis) Yöntemi

Son yıllarda yeni konular arasında ilk sırayı tutan bulanık küme, mantık ve sistemler hemen her mühendislik dalında uygulanır hale gelmiştir. Bulanık mantığın en geçerli olduğu iki durumdan ilki, incelenen olayın karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve yargılarına yer vermesi, ikincisi ise insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine gereksinim gösteren hallerdir (Beycioğlu, 2008).

Bulanık mantık (fuzzy logic), adından anlaşılacağı gibi mantık kurallarının esnek ve bulanık bir şekilde uygulanmasıdır. Klasik (boolean) mantıkta, "doğru" ve "yanlış" yada "1" ve "0"lar kombinasyonları bulunmaktadır, oysa bulanık mantıkta, ikisinin arasında bir yerde olan önermelere veya ifadelere izin verilebilir ki, gerçek hayata baktığımızda hemen hemen hiçbir şey kesinlikle doğru veya kesinlikle yanlış değildir. Gerçek hayatta önermeler genelde kısmen doğru veya belli bir olasılıkla doğru şeklinde değerlendirilir. Bulanık mantık klasik mantığın gerçek dünya problemleri için yeterli olmadığı durumlar dolayısıyla ihtiyaç duyulmuştur. Bulanık mantık (BM) kavramı ilk kez 1965 yılında California Berkeley üniversitesinden Prof. Lotfi A.Zadeh'in bu konu üzerinde ilk makalelerini yayınlamasıyla duyulmuştur. Bulanık mantık kümeleri ve sistemleri Mamdani ve Assilian 1975 deki geliştirdikleri kontrol sistemleri sayesinde kullanımı giderek artmıştır (Durmuş ve Can, 2009).

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler içinde en önemlisi insan beyninin çalışmasını model edinen yapay zeka uygulamalarıdır. Bilgisayar, endüstri, tıp, ekonomi ve askeri uygulamalarda başarıyla kullanılan bu teknik, yapı mühendisliğinde de kullanılmaya başlanmıştır. YSA son derece karmaşık verileri ilişkilendirebilmektedir. Verilerin doğrusal olmayan ve karmaşık bir fonksiyona ait olması durumunda da yapay sinir ağları bu fonksiyona yakınsayabilmekte ve fonksiyona ait tanım kümesinde bulunan tüm veriler için doğru sonucu elde edebilmektedir. Bu özelliği ile yapay sinir ağları, karmaşık sistemlerin modellenmesinde ve denetiminde uygulama alanı bulmaktadır (Keleşoğlu, 2006).

Klasik uzman sistemlerde, kurallar insan deneyimlerinden çıkarılır. Bulanık kural tabanlı sistemlerde, kural tabanı insan deneyimlerinin yardımıyla şekillendirilir. Bulanık kural tabanında kullanılan insan deneyimlerinden elde edilen sözel(linguistic)bilgi ve ölçümlerden elde edilen sayısal bilgi birleştirildiğinde ilginç bir durum ortaya çıkar. Bu durumda kurallar ilk adımda sayısal verilerden çıkarılır. Sonraki adımda ise, bulanık kural tabanı insan deneyimlerinden elde edilen kurallar ile birleştirilebilir. Bulanık mantığın çıkarım makinesi, bulanık kümeler içine haritalanır. Durulaştırma esnasında, çıktı değişkeni için bir değer seçilir. Literatürde birçok farklı durulaştırma yöntemi mevcuttur. Seçilen sonuç değeri çoğunlukla ya en yüksek üyelik derecesine sahip değer yada ağırlık merkezi değeridir (Şener ve Morova, 2011).

ANFIS yapısı, Sugeno tipi bulanık sistemlerin, sinirsel öğrenme kabiliyetine sahip bir ağ yapısından oluşmaktadır. 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 z gibi bir çıkışı olduğunu farz ederek ele alalım. İki tane bulanık değer, o halde kuralı bulunan, birinci dereceden Sugeno bulanık modeli için tipik kural kümesi;

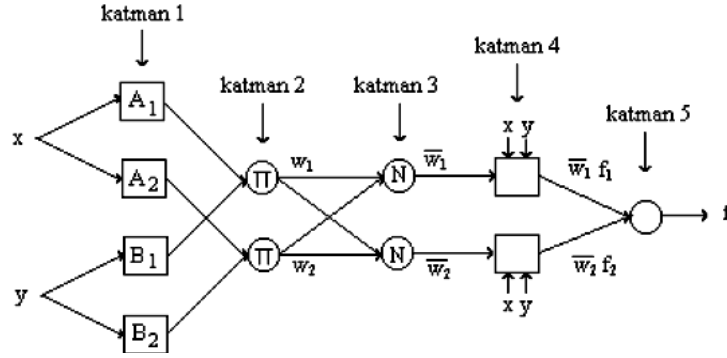
Kural-1:

Eğer "x" A1 ve "y" B1 ise O halde $f_1 = p_1 x + q_1 y + r_1$

Kural-2:

Eğer "x" A2 ve "y" B2 ise O halde $f_2 = p_2 x + q_2 y + r_2$ şeklinde ifade edilir.

Sugeno bulanık modeli için eşdeğer ANFIS mimarisi Şekil 1' de gösterildiği gibidir. Söz konusu bu ANFIS mimarisi için aynı katmanda bulunan düğümler aynı düğüm fonksiyonlarına sahiptirler (Özgan vd., 2009).



Şekil 1. Birinci dereceden iki girişli ve iki kurallı “Sugeno Bulanık Modeli” ağ yapısı. (Özgan vd., 2009).

3. Deneysel Çalışma

Betonun çekme mukavemetini, tokluğunu, eğilme mukavemetini, yorulma mukavemetini, parçalanma ve kırılmaya karşı dayanıklılığını, darbe etkilerine karşı dayanımını ve deformasyon yapabilme yeteneği gibi teknik özelliklerindeki performans artışı; betonun karışım oranlarına, liflerin karışım içerisindeki dağılımlarına (yerleşim yönlerine), özellikle liflerin geometrik şekline ve miktarına bağlıdır. Bu nedenle bir çok değişik geometrik formda çelik lif üretilmiştir ve kullanılmaktadır. 1970'li yıllarda sadece düz çelik lifler kullanılırken sonraları üreticiler uçları çengelli, kıvrımlı, yüzey pürüzlülüğü artırılmış, özel deformasyonlar verilmiş ve daha değişik geometrilere çelik lifler üretmişlerdir. Ancak araştırmalar göstermiştir ki, betonun özellikleri üzerindeki en büyük iyileştirmeyi düz çelik lifler ve ucu çengelli lifler sağlamaktadır. Çelik lifli betonları daha ekonomik hale getirmek için değişik üretim metotları denenmiş ve sonuçta dairesel kesitli olmayan (yarım daire, dikdörtgen ve düzensiz en kesitli gibi) çeşitli tipte lifler de üretilmiştir (Düzgün, 2001).

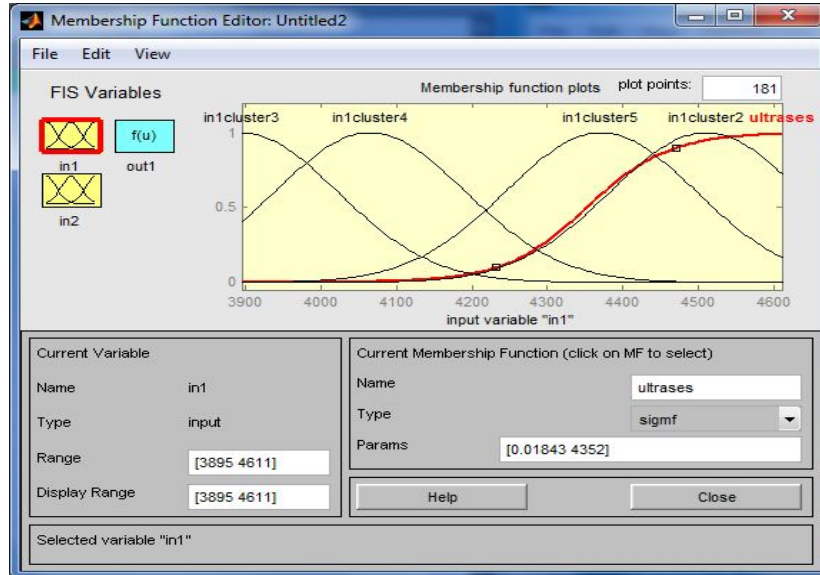
Deneysel çalışma da HE (kancalı uçlu), TABIX (dalgalı lif), RC-65/60-BN (iki ucu çengelli) ve son olarak FE (düz ve kancalı uçlu), olmak üzere dört farklı çelik lif kullanılmıştır. Dört seri halinde üretilen lif tiplerinde 20, 30 ve 40 kg/m³ olarak lif içeriği kullanılmıştır. Deneysel çalışmada; çimento miktarı 500 kg/m³, 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 24 adet 100mm x 100mm x 500mm boyutlarında kiriş numune ve çelik lif katkısız 3 adet yalın kiriş numunesi üretilmiştir. Tüm kiriş numuneler aynı karışıma sahip olup, aynı şartlarda saklanmış 28 günlük sürelerin ardından TS EN 12504-2 (2004)'e uygun olarak schmidt, ultrases geçiş hızı ile tahribatsız deneylere tabi tutulmuştur. Kiriş numunelerin schmidt ve ultrases hızı ile basınç dayanımlarının ölçülmesi Şekil 2'de görülmektedir.



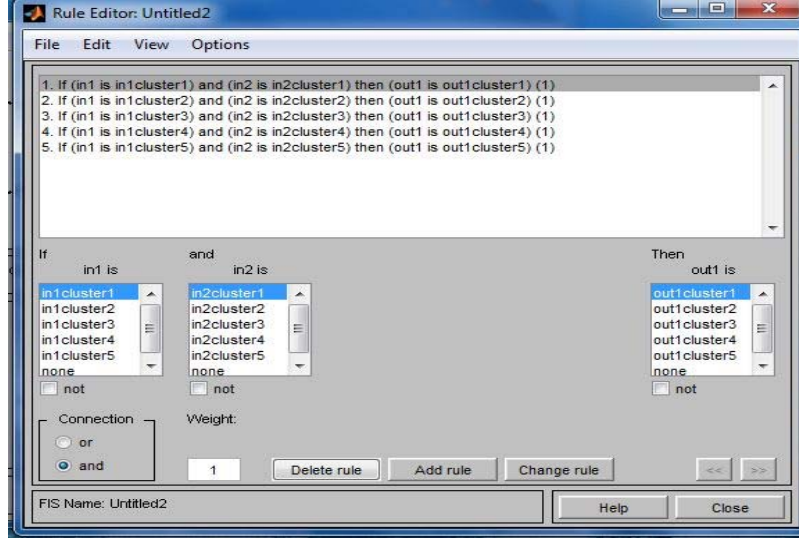
Şekil 2. Kiriş numunelere schmidt ve ultrases deneylerinin yapılması

4. Anfis Modelinin Oluşturulması

Bu çalışmada, regresyon denklemlerine alternatif olarak değişik geometrik formlarda çelik lif katkıli kiriş numunelerinin beton basınç dayanımlarının tahmin edilmesi amacıyla ANFIS yöntemiyle tahmin modeli geliştirilmiştir. Modele girdi olarak schmidt, ultrases geçiş hızı seçilmiş, çıktı olarak ise beton basınç dayanımı belirlenmiştir. Çalışmada 27 adet deneysel veri seti kullanılmıştır. Veri setlerinin 21'i modelin eğitiminde 6 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 schmidt ve ultrases geçiş hızı parametreleri için oluşturulan üyelik fonksiyonları ve kural tabanı sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4'de görülmektedir.

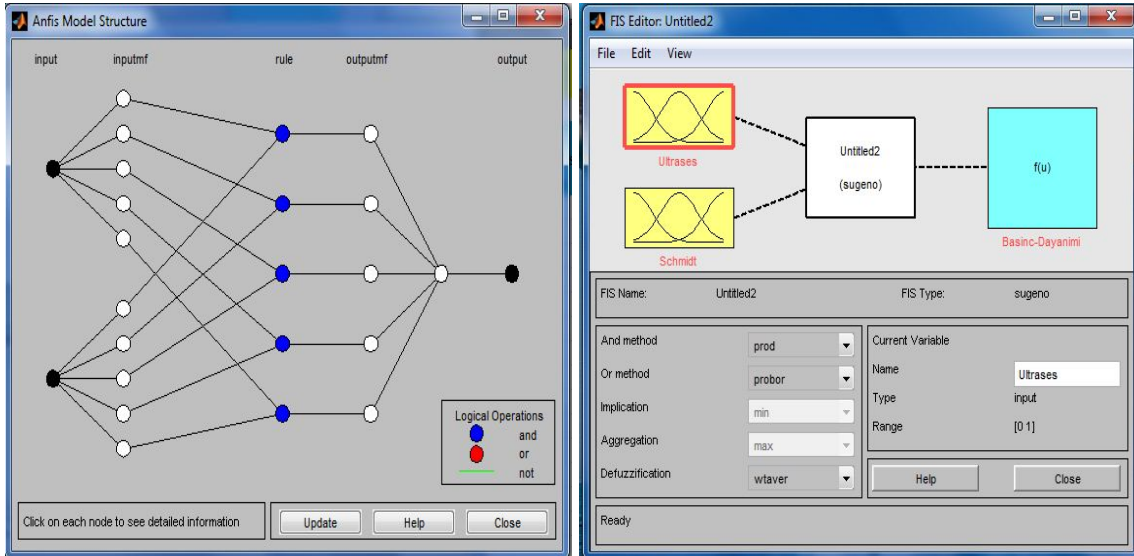


Şekil 3. Ultrases geçiş hızı için üyelik fonksiyonu

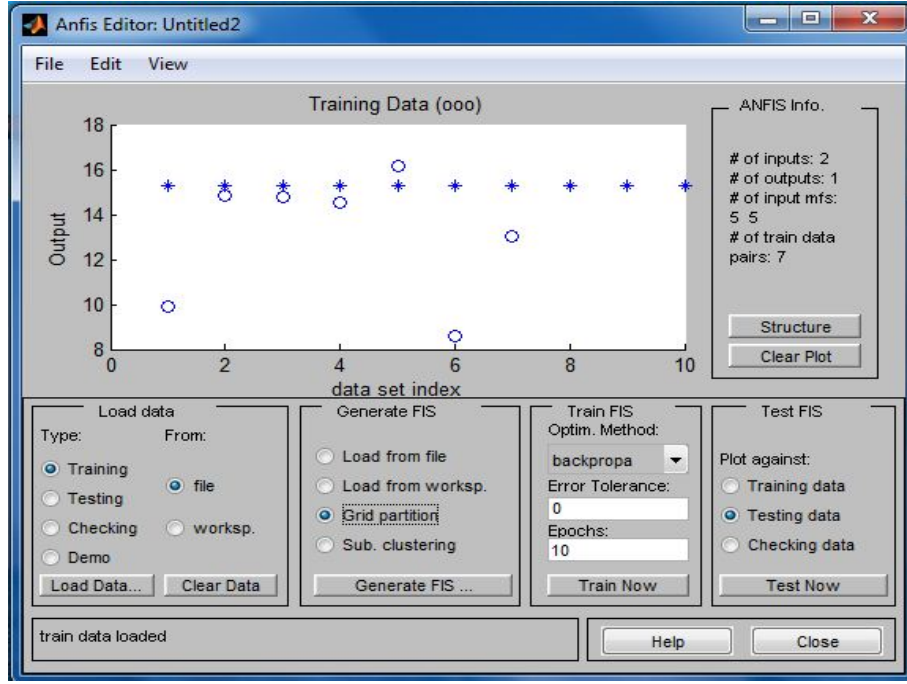


Şekil 4. Oluşturulan model için üretilen kural tabanı

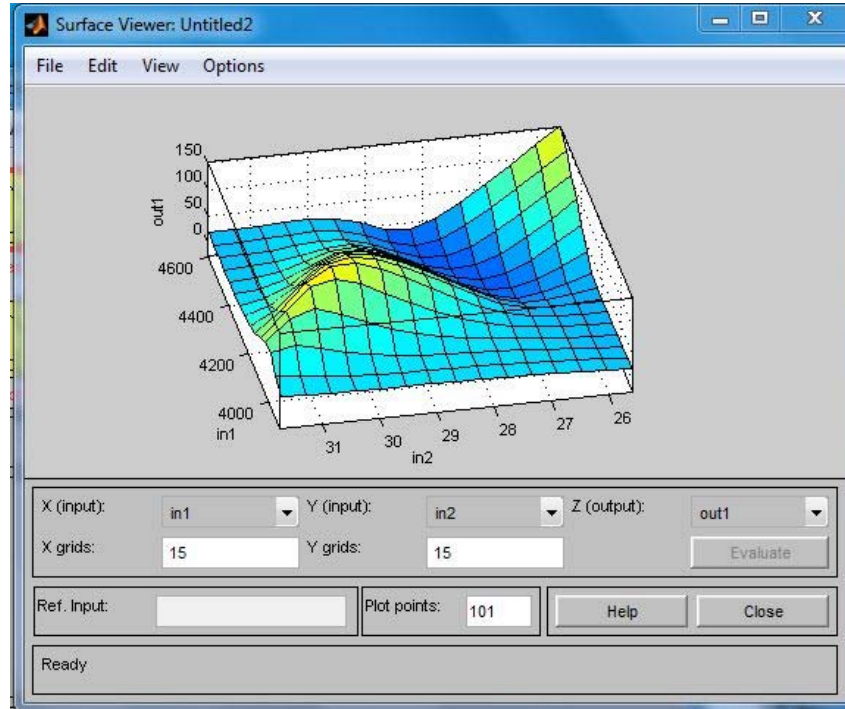
Geliştirilen modelin genel yapısı Şekil 5’de görülmektedir. Kural tabanında, farklı yaklaşımlar ve iterasyon sayıları üzerinde çalışılmış ve deney sonuçları ile en iyi uyumu gösteren etki aralığı 0.5, sıkıştırma faktörü 1.25, kabul etme oranı 0.5 reddetme oranı 0.15 ve optimizasyon yöntemi olarak melez öğrenme (hybrid) seçilerek model 10 iterasyonla eğitilmiştir. Eğitim aşamasından sonra eğitim seti ile modelin tahmin ettiği eğitim değerleri arasındaki örtüşme grafiği Şekil 6’da görülmektedir. Kurallar sonucunda oluşan yüzey grafiği de Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 5. Geliştirilen modelin genel yapısı

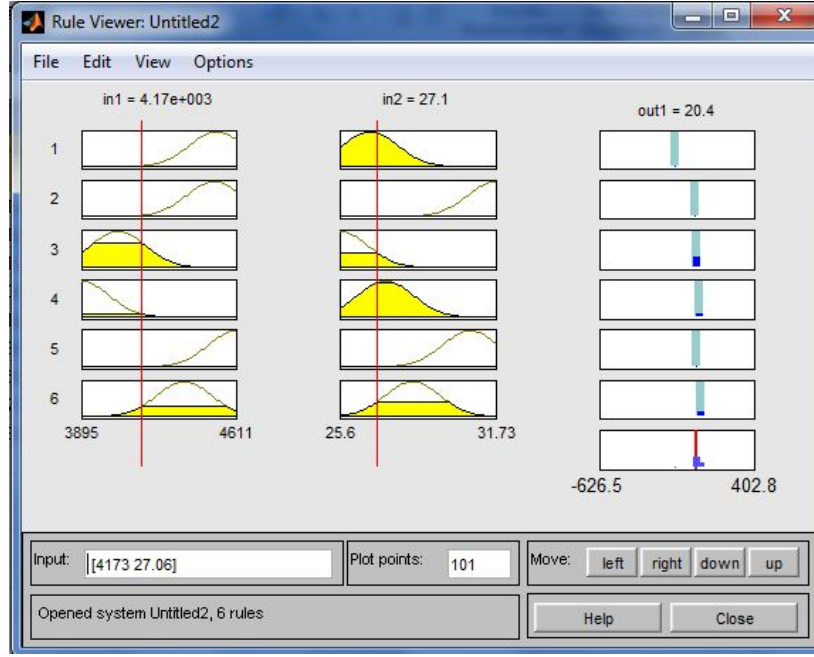


Şekil 6. Surfer programını kullanarak elde edilen eğitim verilerinin programa yüklenmesi



Şekil 7. Kurallar sonucunda oluşan yüzey grafiği

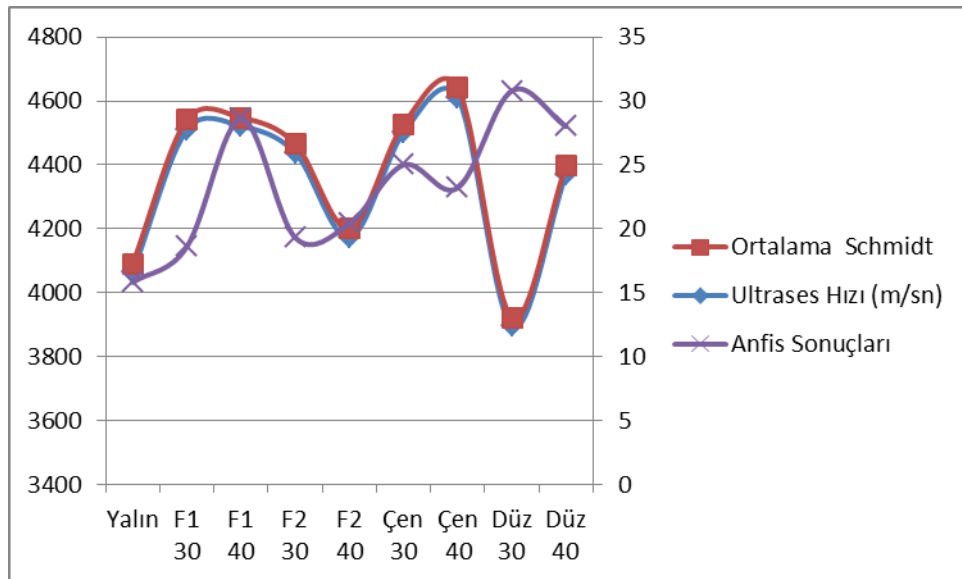
Şekil 8 ve Şekil 9 incelendiğinde model ile deney sonuçları arasında kabul edilebilir düzeyde bir yakınlık bulunmaktadır. Şekil 10'da oluşturulan ANFIS modelinin test ve eğitim aşamasında deney sonuçlarını yüksek bir korelasyon ilişkisi ile tahmin edebildiğini göstermektedir.



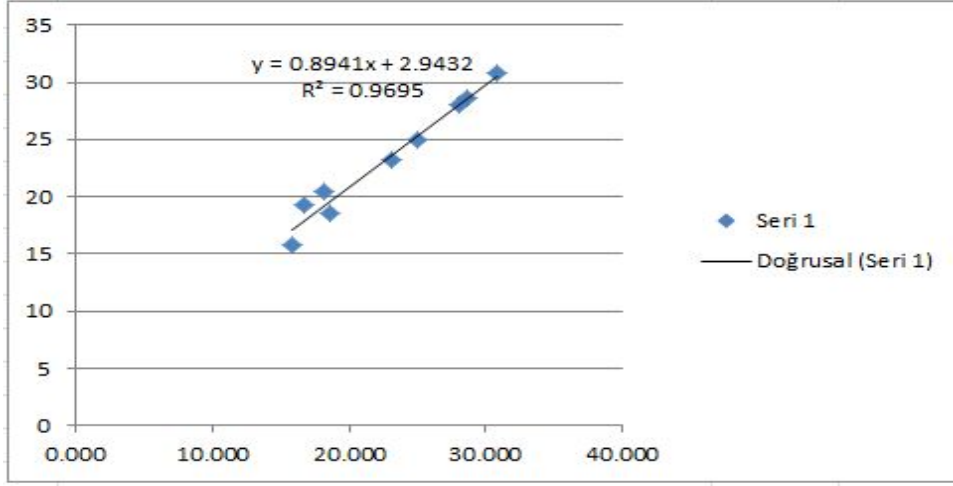
Şekil 8. Ultrases ve Schimidt girdileri ile basınç dayanımı çıktı değişkenleri

Bulanık basınç dayanımını hesaplamak için kullanılan parametreler aşağıda verilmektedir.

- F1 30 : Farklı1: HFE (düz ve kancalı uçlu) 30kg/m³
- F1 40 : Farklı1: HFE (düz ve kancalı uçlu) 40kg/m³
- F2 30 : Farklı2: TABIX (dalgalı fiber) 30kg/m³
- F2 40 : Farklı2: TABIX (dalgalı fiber) 40kg/m³
- Çen 30 : Çengelli: İki ucu çengeli 30kg/m³
- Çen 40 : Çengelli: İki ucu çengeli 40kg/m³
- Düz 30 : Düz: HE (kancalı uçlu) 30kg/m³
- Düz 40 : Düz: HE (kancalı uçlu) 40kg/m³



Şekil 9. Ultrases ve Schimdt değerlerine karşılık gelen basınç dayanımı ve sugeno değerleri



Şekil 10. Modelleme sonucunda oluşan dağıtım grafiği ve R^2 değeri

5. Sonuç

Bulanık mantık gibi yapay zeka yöntemlerinin kullanılmasıyla, deneysel verileri yüksek oranda tahmin edebilen modellerin geliştirilmesi alternatif bir yöntem olarak kullanılabilir. Bu çalışmada çelik lif katkılı beton numunelerinin basınç dayanımını tahmin edebilecek bir bulanık mantık modeli geliştirilmiştir. Yapılan regresyon analizi sonucunda elde edilen verilerin sonuçları ile deney sonuçları tahmin edilmiş ve tahmin edilen değerler ile deneysel olarak elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda geliştirilen modelin deney sonuçlarını % 96 başarı ile tahmin edebildiği görülmüştür.

Geliştirilen modelin yüksek bir tahmin potansiyeline sahip olduğu ve beton teknolojisinde yapay zeka yöntemlerinin kullanılabilirliği üzerine yapılacak çalışmaların faydalı olacağı belirlenmiştir.

6. Teşekkür

Çalışmada kullanılan liflerin temin edilmesinde yardımcı olan Arcelor Mittal Building & Construction Support, Rozak Demir Şirketine ve Yiğit İlyasoğlu Bey'e tüm içtenliğimizle teşekkür ederiz.

7. Kaynaklar

Altun, F., Özcan, D.M., Vekli, M., ve Karahan, O. (2011). Çelik Lif Katkılı C20 Betonun Mekanik Özelliklerinin Deneysel Araştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4(1-2) 31-40.

Beycioğlu, A., Kılınçarslan, Ş., Başyigit, C., Emiroğlu, M., ve Akkurt, İ. (2008). Yapay Sinir Ağları İle Ağır Betonların Basınç Dayanımının Tahmini. Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 20 (4), 609-616.

Beycioğlu, A. (2008). Endüstriyel Atıkların Hafif Beton Özelliklerine Etkilerinin Bulanık Mantık Yöntemiyle Modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Çakıroğlu, M.A., Erenoğlu, E., Kasap, S., ve Ekiz, Y. (2011). Çelik Lif Katkılı Betonların Tahribatsız Deney Yöntemleriyle Elde Edilen Basınç Dayanımının Anfis Metoduyla Tahmini. SDU International Technological Science Vol. 3, No 3.

Çivici, F. (2006). Çelik Lif Donatılı Betonun Eğilme Tokluğu. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sayı:2, Cilt:12.

Düzgün, O.A. (2001). Çelik Liflerin Hafif Betonların Dayanımları Üzerindeki Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği ABD., Yüksek Lisans Tezi, 112s., Erzurum.

Durmuş, G., ve Can, Ö. (2009). Polikarboksilat Bazlı Süperakışkanlaştırıcı Katkılı Betonun Yüksek Sıcaklıktaki Basınç Dayanımının Bulanık Mantık Yöntemiyle Tahmini. Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi Cilt 8, Sayı:3- ISSN 1302/6178.

Erdal, M., ve Şimşek, O. (2006). Bazı Tahribatsız Deney Metotlarının Vakum Uygulanmış Betonların Basınç Dayanımlarının Belirlenmesindeki Performanslarının İncelenmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 21, No 1, 65-73.

Erdoğan, T.Y. (2003). Beton. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. 1.Baskı, Ankara.

Kaltakçı, M.Y., Köken, A., ve Yılmaz, Ü.S. (2006). Eksenel Yük Altındaki Çelik Lifli ve Lifsiz Etriyeli Betonarme Kolonların Davranışının Deneysel ve Analitik Olarak İncelenmesi. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 8, Sayı: 1, s. 65-85.

Kasap, S., Ekiz, Y., ve Çakıroğlu, A.M. (2011). Waste Tin Addition Beam Samples Non-Destructive Test Techniques Obtained Compressive Strength Estimation Method of Fuzzy Logic. International Balkans Conference on Challenges of Civil Engineering, BCCCE, 19-21 May 2011, EPOKA University, Tirana, ALBANIA.

Keleşoğlu, Ö. (2006). Yapay Sinir Ağları ile Betonarme Kiriş Kesitlerin Analizi. İMO Teknik Dergi, Yazı 260, 3935-3942.

Özgan, E., Uzunoğlu, M.M., ve Kap, T. (2009), Vibrasyonun Betonun Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerine Etkisinin Bulanık Mantık Sistemine Dayalı Uyarlanabilir Ağ Modelleri İle Tahmini, Saha Betonu Uygulaması. 5. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu (İATS'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük.

Sancak, E., ve Ünal, O. (2000). Hafif Betonda Çelik Lif Kullanımının Beton Özelliklerine Etkisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2 (1) 79-90.

Subaşı, S., Şahin, İ., ve 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.

Şener, E., ve Morova, N., 2011. Bulanık Mantık ve Doğrusal Regresyon Analizleri ile Burdur Gölü Su Seviyesi Değişimlerinin Modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, , Cilt: 15, No: 1, 2011 (60-66).

Topçu, İ.B., Uygunoğlu, T.,ve İnce, H. H., 2010. Hafif Beton Basınç Dayanımının Yapay Sinir Ağlarıyla Tahmini. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 6, No: 1, 2010 (19-29).

TS EN 12504-2 (2004). Yapılarda Beton Deneyleri - Bölüm 2: Tahribatsız Deneyler - Geri Sıçrama Değerinin Tayini. Türk Standardları Enstitüsü, 9 s., Ankara.

TS 10513 (1992). Çelik Teller - Beton Takviyesinde Kullanılan. Türk Standardları Enstitüsü, 13s., Ankara.

Ünal, O., Uygunoğlu, T., ve Gençel, O. (2007). Çelik Liflerin Beton Basınç ve Eğilme Özelliklerine Etkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sayı:1 Cilt:13.