

TAHRİBATSIZ TEST SONUÇLARI KULLANILARAK UÇUCU KÜL İKAMELİ BETONLARDA BASINÇ DAYANIMININ ANFİS İLE TAHMİNİ

Serkan SUBAŞI* , İbrahim ŞAHİN, Bekir ÇOMAK

Özet

Bu araştırmada, tahribatsız test sonuçları kullanılarak uçucu kül ikamelı betonlarda basınç dayanımının tahmini için uyarlamalı sinirsel bulanık mantık (ANFİS) yöntemiyle bir model geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu kapsamda, Orhaneli termik santralinden elde edilmiş 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 hazırlanmıştır. Numunelerin 6 adetinde tahribatsız deneyler diğer numunelerde ise tahribatlı deneyler yapılmıştır. 7. ve 28. günlerde pull-off, ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. ANFİS ile modellemede elde edilen deneysel sonuçlardan 3 tanesi numunedeki vibrasyon hatası nedeniyle elenerek toplam 60 adet deney verisinin 57 tanesi kullanılmıştır. Bu deneysel sonuçlardan beton yaşı, pull-off ve ultrases geçiş hızı geliştirilen modelin girdisi olarak basınç dayanımı ise modelin çıktısı olarak kullanılmıştır. Geliştirilen ANFİS modeli ile tahmin edilen basınç dayanımları gerçek basınç dayanımı değerleri ile karşılaştırılarak modelin tahmin yeteneği test edilmiştir.

Sonuç olarak, geliştirilen ANFİS modeli ile tahribatsız test deney sonuçlarıyla eğitilen beton basınç dayanımı değerinin düşük bir hata oranı ile tahmin edebildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Beton, uçucu kül, tahribatsız test yöntemleri, basınç dayanımı, ANFİS

PREDICTION OF COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETES CONTAINING FLY ASH USING NON-DESTRUCTIVE TEST RESULTS BY ANFIS

Abstract

The purpose of this research work is to develop a mathematical model, for prediction of compressive strength for fly ash added concrete using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems (ANFIS).

Mixing F class fly ash obtained from Orhaneli Thermoelectric Power Plant into concrete in the amounts of 0%, 5%, 10%, 20% and 30% of cement amounts, five different concrete mixtures were prepared and 12 samples from each mixture were taken for experimental study.

Non-destructive test were applied to 6 samples from each mixture and destructive tests were applied to the other 6 samples. On 7th and 28th days, pull-off, pulse velocity, compressive strength properties were measured. Three of the total 60 measurements were eliminated because of vibration errors in the sample. The remaining 57 measurements were used forming ANFIS model. Concrete age, pull-off and pulse velocity were used as the inputs and compressive strength was used as the output of the model. Newly developed ANFIS model's prediction ability is tested by comparing the predicted compressive strength values obtained from the ANFIS model and the real compressive strength values.

* Düzce Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü. E-posta: serkansubasi@duzce.edu.tr

As a result, it has been concluded that using the newly developed ANSIF model, which was trained with non-destructive test results, compressive strength values of different concrete can be predicted with an ignorable error rate.

Keywords: Concrete, fly ash, non-destructive test methods, compressive strength, ANFIS.

1. GİRİŞ

Beton kalitesinin tespitinde kullanılan en önemli parametrelerden birisi basınç dayanımıdır. Basınç dayanımı, aksel basınç yükü etkisi altındaki betonun kırılmamak için gösterebileceği direnme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Standart metot, sadece yeni inşa edilmekte olan yapıların beton basınç dayanımlarının belirlenmesinde kullanılabilir. 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. Ancak, bina elemanından karot alınması ve bu şekilde betonun basınç dayanımının belirlenmesi, yapı elemanının kesitinin azalmasına ve dolayısıyla da taşıma kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca bu yöntem, hem zaman alıcıdır hem de ekonomik değildir [1]. Standart yöntem ile karot numune alınması yöntemi betonun yükleme altında kırılmasına dayalı tahribatlı yöntemlerdir. Bunların 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 [2].

Günümüzde uçucu kül, silis dumanı ve yüksek fırın cürufu gibi çeşitli endüstriyel atıklar betonda puzolanik malzeme olarak kullanılmaktadır [3-4]. Uçucu kül, silis dumanı gibi mineral katkıların, puzolanik reaksiyonları ve çevre dostu olmaları nedeniyle betonda kullanımı yaygınlaşmaktadır [5]

Uçucu külün çimento ile birlikte inşaat sektöründe en çok kullanıldığı diğer bir alan, beton üretimidir. UK, hem normal ve hafif betonda hem de giderek kullanımı yaygınlaşan hazır beton üretiminde gerek katkı gerekse ikame malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bundan başka UK, ön üretim ve ön gerilmeli beton elemanların yapımında da kullanılmaktadır. Diğer taraftan Uçucu külün, betonda su tutucu katkı maddesi olarak da kullanılabilceği önerilmektedir. Dünyada uçucu külün inşaat sektöründe kullanımı ile ilgili çalışmalar, genellikle beton üzerinde yoğunlaşmaktadır. Beton karışımında UK kullanıldığında, betonun hem dayanım hem de dayanıklılığında artışlar elde edilmektedir [6].

Günümüz araştırmalarında yapay zeka yöntemlerinden biri olan bulanık mantık yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [7] Bu çalışmada beton yaşı, pull-off (yüzeyden kopma dayanımı) ve ultrases geçiş hızı değerlerinin girdi olarak kullanıldığı beton basınç dayanımı tahmin edebilen sugeno tipi bir uyarlamalı bulanık mantık modeli geliştirilmiştir.

2. ANFIS (ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM)

Bulanık sistemler, genel anlamda, giriş değişkenlerinden çıkış değişkenlerine dönüşümü sağlamak amacıyla bulanık kümeleri kullanan sistemlerdir [8]. Bulanık mantık ile direkt olarak sayısal karşılığı bulunmayan değişkenler uzman kişilerin görüş ve tecrübeleriyle modele aktarılabilir, anlaşılması kolaydır ve eksik ya da yetersiz verilerle işlem yapılabilir. Bulanık mantık insanların günlük hayatlarında kullandığı dili kullanır, ayrıca ANFIS

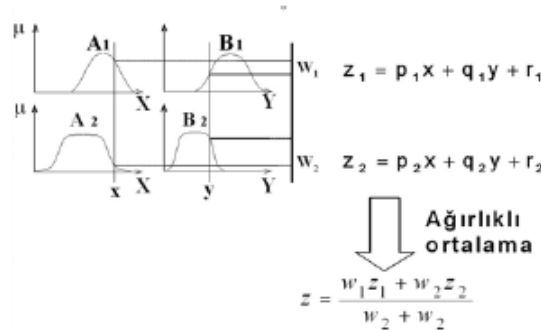
(Uyarlanabilir Yapay Sinir Ağı Tabanlı Fuzzy Çıkarım Sistemi) gibi uyarlanabilir teknikler yardımı ile girdi ve çıktı veri kümelerini kullanarak modellerin oluşturulmasında kolaylık sağlar [9]. ANFIS yapısı, Sugeno tipi bulanık sistemlerin, sinirsel öğrenme kabiliyetine sahip bir ağ yapısı olarak temsilinden ibarettir. Bu ağ, her biri belli bir fonksiyonu gerçekleştirmek üzere, katmanlar halinde yerleştirilmiş düğümlerin birleşiminden oluşmuştur [10].

Bulanık çıkarım sistemleri için çok sayıda ve değişik modeller bulunmaktadır. Bu modellerden bazıları Mamdani, Tsukamoto ve Sugeno tipi çıkarım sistemleridir. Sugeno tipi çıkarım sistemi, girdi ve çıktı veri setlerine göre bulanık kuralların oluşturulması için sistematik bir yaklaşım sağlar. Parametrelerinin optimize edilebilmesinin kolaylığı bakımından diğer sistemlerden avantajlıdır. Sugeno tipi Bulanık çıkarım sisteminde soncul kısımdaki çıktı değişkeni, girdi değişkenlerinin lineer bir fonksiyonu ya da sabit bir fonksiyon şeklindeki üyelik fonksiyonuna sahiptir. Parametreleri optimize edilen Sugeno tipi çıkarım sistemlerine Yapay Sinir Ağı Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) adı verilir [11].

ANFIS parametrelerinin optimizasyonunda, geriye yayma, en küçük kareler kestirimi, Kalman filtresi ya da birden fazla matematiksel optimizasyon yönteminin birleşmesinden oluşan hibrid öğrenme algoritmaları gibi değişik yöntemler kullanılabilir [12]. Sugeno tipi bulanık çıkarım sistemlerinde kurallar,

Eğer $x \in A$ ve $y \in B$ ise $f = f(x,y)$ şeklindedir.

Burada A ve B sırasıyla öncül kısımdaki X ve Y değişken uzayını bulanık alt uzaylara ayıran kümelerin etiketidir. f ise o kurala ait çıkış değeridir ve bu, girdi değişkenlerinin bir fonksiyonudur. Herhangi bir x,y girdi çifti için sonuç çıkış değeri f ise tüm kuralların çıkış değeri f 'lerin ağırlıklı ortalamasıdır [11]. Şekil 1'de örnek bir birinci derece Sugeno bulanık çıkarım sistemi görülmektedir.



Şekil 1. Sugeno tip bulanık çıkarım sistemi

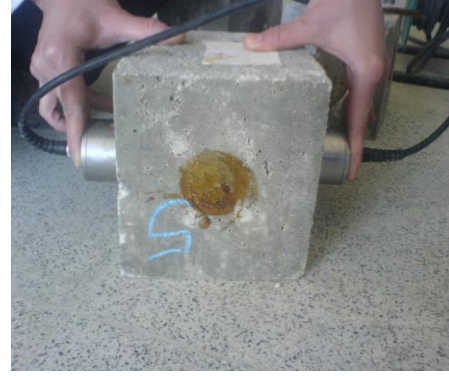
3. MATERYAL VE YÖNTEM

DeneySEL çalışmalarda numuneler TS 802' de yer alan C20 hedef dayanımı esasına göre hazırlanmıştır. Puzolan katkısı olarak uçucu kül kullanılmıştır. Uçucu kül beton karışımı oranlarında çimento miktarının %0, %5, %10, %20 ve %30' u olarak uygulanmıştır. Bu oranlarda her bir beton serisi için 12' şer adet numune oluşturulup, 6 tanesi 7 gün yaklaşık 21°C deki su dolu kür havuzunda bekletilerek deneylere tabi tutulmuştur. Diğer 6 adet numune 28 gün yaklaşık 21°C deki su dolu kür havuzunda bekletilerek deneylere tabi tutulmuştur. Numuneler üzerinde tahribatsız deneylerden Pull-Off (yüzeyden kopma dayanımı), ve ultrases hızı ile ölçüm deneyleri gerçekleştirilmiştir [13]. Tahribatlı deney olarak beton basınç dayanımı tayini deneyi yapılarak sonuçlar yorumlanmıştır. Çalışmada

tahribatsız deneylerden Pull-off yüzeyden kopma dayanımı tayininin uygulanması Şekil 2’de ve ultrases hızı ile ölçüm deneyinin uygulanması ise Şekil 3’de görülmektedir.



Şekil 2. Yüzeyden kopma deneyi



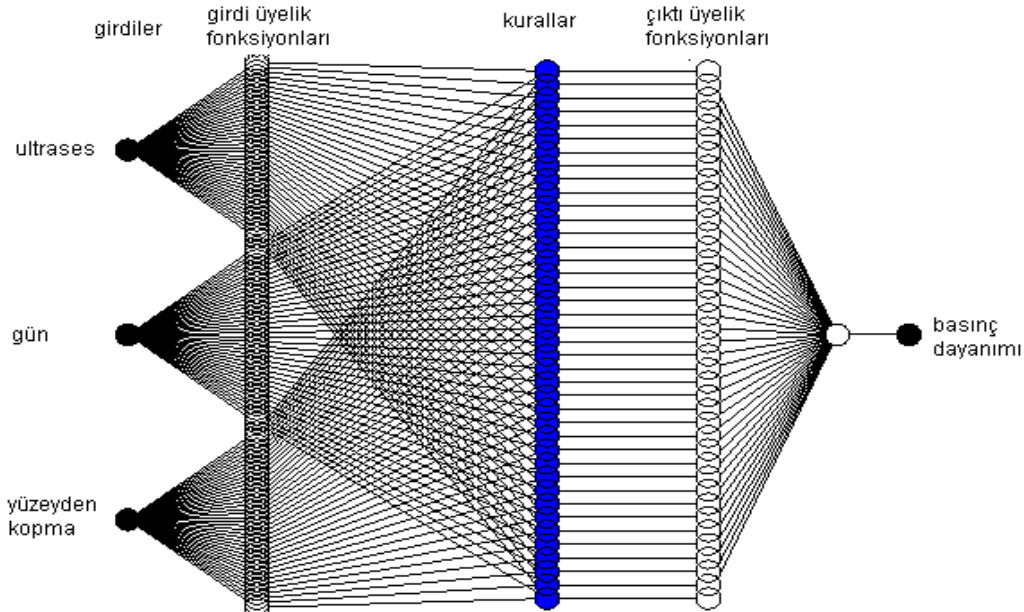
Şekil 3. Ultrases geçiş hızı ölçümü

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

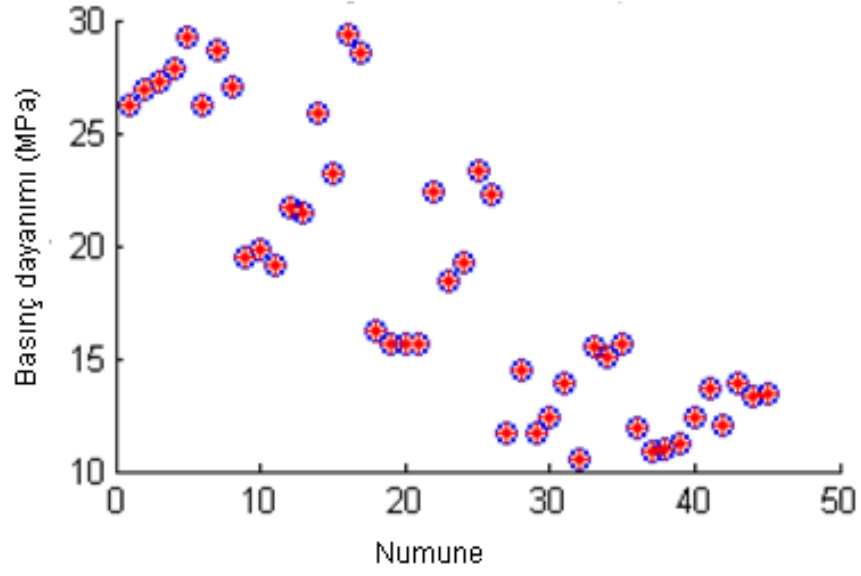
Çalışmada 57 adet deneysel veri seti kullanılmıştır. Veri setlerinin 45’i modelin eğitiminde 12 tanesi ise test aşamasında işleme alınmıştır.

Bu deneysel bulgular, oluşturulan Sugeno tipi uyarlamalı bulanık mantık modeli için veri kümesi olarak kullanılarak basınç dayanımını tahribatsız test sonuçlarına göre tahmin edebilen bir model geliştirilmiştir.

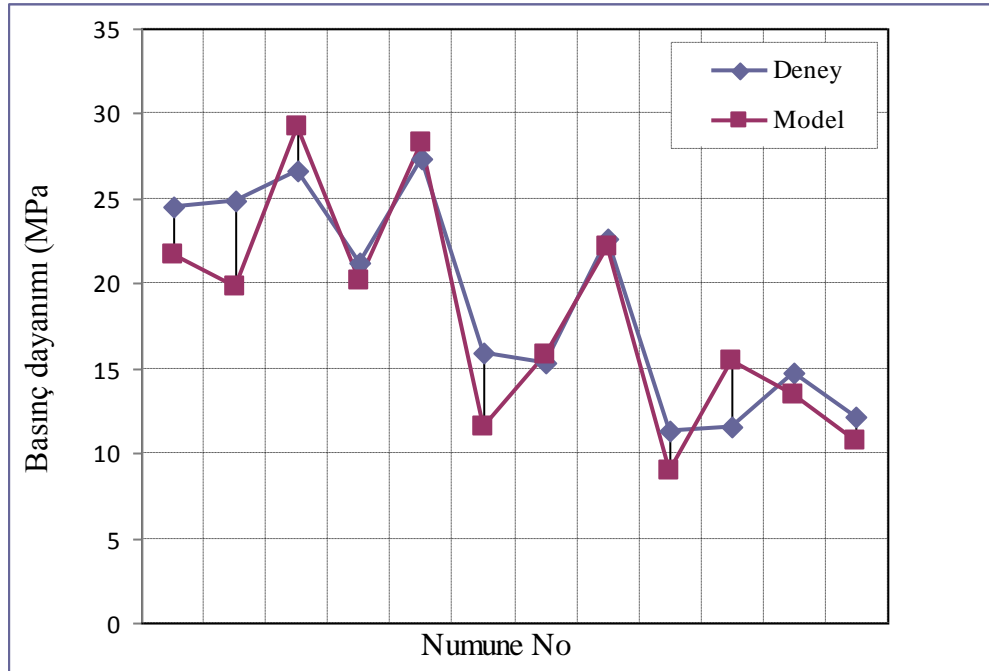
Geliştirilen modelin genel yapısı Şekil 4’de görülmektedir. Kural tabanında, farklı yaklaşımlar ve iterasyon sayıları üzerinde çalışılmış ve deney sonuçları ile en iyi uyumu gösteren optimizasyon yöntemi olarak hybrid seçilerek model 500 iterasyonla eğitilmiştir. Eğitim aşamasından sonra eğitim seti ile modelin tahmin ettiği eğitim değerleri arasındaki örtüşme grafiği Şekil 5’de görülmektedir.



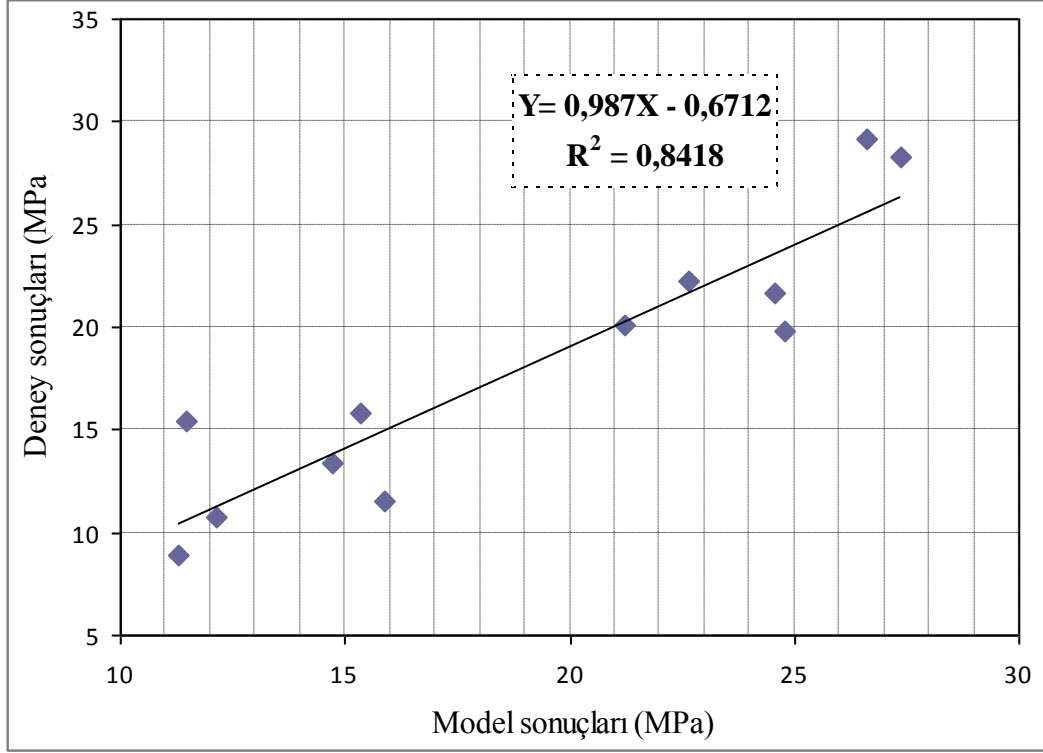
Şekil 4. Geliştirilen modelin genel yapısı



Şekil 5. Eğitim sonrası eğitim verilerinin eşleşmesi



Şekil 6. Model – Deney sonuçları eşleşme grafiği



Şekil 7. Model – Deney sonuçları ilişkisi (Test seti)

Test aşamasında kullanılan veri seti ile hem modelden hemde deneyden elde edilen sonuçlar Tablo 1’de görülmektedir. Tablo 1 - Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7 incelendiğinde model ile deney sonuçları arasında kabul edilebilir düzeyde bir yakınlık bulunmaktadır. Şekil 7 oluşturulan ANFIS modelinin test aşamasında deney sonuçlarını yüksek bir korelasyon ilişkisi ile tahmin edebildiğini göstermektedir ($R^2=0.84$).

Tablo 1. Test setinde kullanılan girdiler ve model-deney basınç dayanımı sonuçları

Veri setleri	Set1	Set2	Set3	Set4	Set5	Set6	Set7	Set8	Set9	Set10	Set11	Set12
Ultras	3,74	3,805	4,325	3,77	4,34	3,415	3,195	4,05	2,845	2,89	3,82	3,52
Pull-off	2,29	2,24	3,57	2,24	2,85	1,38	2,04	3,11	1,22	1,43	1,83	0,87
Gün	7	7	28	7	28	7	7	28	7	7	28	7
Deney (Basınç)	24,57	24,81	26,63	21,22	27,36	15,87	15,33	22,63	11,31	11,49	14,7	12,12
Model (Basınç)	21,7	19,8	29,2	20,1	28,3	11,5	15,8	22,2	8,93	15,4	13,4	10,7

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, uyarlamalı sinirsel bulanık mantık yaklaşımının (ANFIS) betonların basınç dayanımının tahmininde uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bunun için deneysel olarak elde edilen 57 farklı deney verisi kullanılmıştır. Deneysel veriler, eğitim için 45 adet ve test için 12 adet gruplanarak modellemede kullanılmıştır. Test aşamasında model oluşturulurken tanımlanmayan girdiler kullanılarak modelin durulaştırma ekranından tahmin sonuçları alınmıştır. Model sonuçları ile deney sonuçları arasında 0.84 gibi yüksek bir ilişki görülmüştür. Özellikle tahribatsız test metotlarının beton basınç dayanımını belirlemede %40’a varan hata oranlarına sahip olduğu düşünüldüğünde, tahribatsız deneylerden elde edilen veriler ile ANFIS’te %16 hata payıyla dayanımın tahmin edilmesi oldukça iyi bir sonuçtur. Sonuç olarak uyarlamalı Sugeno tipi bulanık çıkarım sisteminin puzolan katkılı

betonlarda tahribatsız test metotları kullanılarak dayanım tahmininde kullanılabilceği ve bu konuda yapılacak çalışmaların büyük fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

[1]. Erdal, M., Şimşek, O. (2006). “Bazı Tahribatsız Denev Metotlarının Vakum Uygulanmış Betonların Basınç Dayanımlarının Belirlenmesindeki Performanslarının İncelenmesi”, J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. Vol 21, No 1, 65-73.

[2]. Erdoğan, T.Y. (2003).” BETON”, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., ANKARA.

[3]. Demirboga, R., Orung, I., Gul, R. (2001) “Effects of expanded perlite aggregate and mineral admixtures on the compressive strength of low-density concretes”, Cem. Conc. Res, (31): 1627–32.

[4]. Chen, B., Liu, J. (2008). “Experimental Application Of Mineral Admixtures in Lightweight Concrete With High Strength And Workability”, Construction and Building Materials (22), 655–659.

[5]. Subaşı, S., “The Effects of Using Fly Ash on High Strength Lightweight Concrete Produced With Expanded Clay Aggregate”, Scientific Research and Essays, 4(4), 275-288 (2009)

[6] Aruntaş, H. Y. (2006). “Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanım Potansiyeli” J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. Vol 21, No 1, 193-203.

[7]. Subaşı, S., Beycioğlu, A., Emiroğlu, M., “Genleştirilmiş Kil Agregalı Hafif Betonlarda Bulanık Mantık Yöntemiyle Yarmada Çekme Dayanımı Tahmin Modeli Geliştirilmesi” Journal of Engineering and Architecture Faculty of Eskişehir Osmangazi University, Vol: XXII, No:3, 2009

[8] Zadeh, L.A. (1965). “Fuzzy Sets”, Information and Control, 8:338–53.

[9]. Yılmaz, A., Kardeşahin M., Aktaş B. (2008). “Yol Üstyapısında Poisson Oranının Sugeno Bulanık Çıkarım Yöntemiyle Belirlenmesi”, Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu, Eskişehir.

[10]. Ülke A., ve Doğan M. (2008) “ANFIS Ve Çoklu Regresyon Teknikleri İle Eksik Yağış Gözlemlerinin Tamamlanması, Gediz Örneği”, Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu, Eskişehir.

[11]. J.-S. Roger Jang and C.-T. Sun, (1995). “*Neuro-Fuzzy Modeling and Control*”, The Proceedings of the IEEE, No. 3, Vol. 83, PP. 378-406.

[12]. O. Akyılmaz ve T. Ayan (2006). “Esnek Hesaplama Yöntemlerinin Jeodezide Uygulamaları”, *İtü Dergisi/d* Cilt:5, Sayı:1, Kısım:2, 261-268.

[13]. ASTM C1583-04, “Standard Test Method for Tensile Strength of Concrete Surfaces and the Bond Strength or Tensile Strength of Concrete Repair and Overlay Materials by Direct Tension (Pull-off Method)”, American Society For Testing And Materials, USA, (2004).