

Hafif Betonlarda Basınç Dayanımlarının Tahmin Edilmesinde Kullanılan Farklı Tahmin Metotlarının Karşılaştırılması

Serkan SUBAŞI¹, Tuncay KAP², Ahmet BEYÇİOĞLU³ ve Mehmet EMİROĞLU⁴

^{1,2,3,4}Düzce Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü, 81620, Konuralp, DÜZCE
serkansubasi@duzce.edu.tr tuncaykap@duzce.edu.tr abeycioglu@duzce.edu.tr
mehmetemiroglu@duzce.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, hafif betonlarda basınç dayanımının tahmininde kullanılan çoklu lineer regresyon ve bulanık mantık yöntemleri kullanılarak geliştirilen beton basınç dayanımı tahmin modelleri kendi aralarında ve deneysel olarak elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla 350, 400 ve 450 kg çimento içeren üç farklı hafif beton karışımı hazırlanmıştır. Ayrıca farklı çimento miktarına sahip karışımlarda %0, %10 ve %20 uçucu kül ikameli numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerin 28 günlük basınç dayanımı değerleri elde edilmiştir. Çoklu lineer regresyon ve bulanık mantık yöntemlerinde çimento miktarı (kg/m^3) ve uçucu kül ikame miktarına bağlı olarak (%) hafif beton basınç dayanımına ait tahmin modelleri geliştirilmiştir. Elde edilen tahmin modellerinin tahmin gücü karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, günümüzde birçok mühendislik alanında yaygın olarak kullanılan bulanık mantığın, çoklu lineer regresyonun yöntemi ile karşılaştırıldığında hafif betonların basınç dayanımının tahmininde daha güçlü bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hafif beton; Basınç dayanımı; Tahmin metotları; Bulanık mantık; Çoklu lineer regresyon.

ABSTRACT

In this study, concrete compressive strength prediction methods which are developed by using multi linear regression and fuzzy logic used prediction of the compressive strength of lightweight concrete have been compared with each other and experimental values. For this purpose, three different lightweight concrete mix design having 350, 400 and 450 kg/m^3 cement quantity have been prepared. Besides, for each cement quantity 0%, 10% and 20% fly ash were substituted in place of the cement by weight. . 28 days compressive strength of prepared samples was obtained. According to the cement content (kg/m^3) and fly ash content (%) compressive strength of lightweight concrete prediction models were developed for both prediction methods. Then these prediction models have been compared. As a result, it is experienced that fuzzy logic method which is commonly used in many engineering applications, is more powerful methods for prediction of compressive strength of lightweight concrete compared with the multi linear regression method.

Key Words: Lightweight concrete; Compressive strength; Prediction methods; Fuzzy logic; Multi linear regression.

1. GİRİŞ

Geleneksel betonların yoğunluklarının azaltılarak yapı üzerindeki toplam yükün azaltılması arzusu son yıllarda daha fonksiyonel, dayanıklı ve ekonomik yapıların meydana çıkmasına sebebiyet vermiştir. Yapı elemanı üzerindeki ölü yükün azaltılması için hafif beton kullanılır ve böylece taşıyıcı elemanların boyutları küçültülerek ekonomik bir kazanç da sağlanmış olur. Beton karışımında doğal ya da yapay hafif agrega kullanımı ile hafif beton elde edilmesi konusunda günümüze kadar birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda geleneksel beton karışımına giren normal ağırlıklı agregalar tamamen veya kısmen hafif agregalarla yer değiştirilerek elde edilmiş hafif betonların karakteristikleri belirlenmiştir [1-5].

Hafif agregalar doğal ve yapay olmak üzere ikiye ayrılırlar. Hafif agreganın özgül ağırlığını düşük yapan temel özellik, iç yapılarındaki boşluk oranının yüksek oluşudur. Günümüzde beton içerisinde çok sayıda yapay ya da doğal hafif agrega kullanılmaktadır. Genleştirilmiş kil ve şist agregalar taşıyıcı hafif beton üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadırlar [6].

Günümüzde bilgisayar teknolojilerinde büyük gelişmeler kaydedilmiş ve bu gelişmelerden bütün bilim dalları faydalanmaya başlamıştır. Bu gelişmeler içerisinde yapay zeka yöntemleri de önemli yer tutmaktadır. Bu çalışmada, yapay zeka yöntemlerinden olan bulanık mantık modellemenin beton teknolojisinde alternatif bir yöntem olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bilinen tahmin yöntemlerinden olan regresyon analizi ile bulanık mantık yöntemi genleştirilmiş kil agregası ile üretilmiş hafif betonların deneysel verileri kullanılıp karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

2. ÇOKLU LİNEER REGRESYON

Regresyon analizi bir bağımlı değişken ile bir bağımsız (basit regresyon) veya birden fazla bağımsız (çoklu regresyon) değişken arasındaki ilişkilerin bir matematiksel eşitlik ile açıklanması süreci olarak tanımlanmaktadır.

Basit doğrusal regresyon modeli birçok durum için elverişli olabilmektedir. Ancak gerçek hayatta birçok modelin açıklaması için iki veya daha fazla açıklayıcı değişkene gerek duyulmaktadır. Birden çok açıklayıcı değişkenli modeller çoklu regresyon modeli olarak adlandırılmaktadır [7].

Basit ve çoklu lineer regresyon model denklemleri aşağıdaki gibi yazılmaktadır.

$$Y = b_0 + b_1X + \varepsilon \quad (1)$$

$$Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_nX_n + \varepsilon \quad (2)$$

Model denklemlerde,

Y= Bağımlı değişkeni

X_i=Bağımsız değişkenleri

b_i= Hesaplanan katsayı parametreleri

ε = Hata terimini ifade etmektedir.

3. BULANIK MANTIK

Bulanık uzman sistemler lineer ve nonlinear kontrol, örnek tanıma, finanssal sistemler, işletme araştırmaları, veri analizleri v.b. birçok alanda kullanılmaktadır. Birçok mühendislik problemi, bulanık sistemler yardımı ile modellenebilir [8].

Bulanık mantık yaklaşımı ilk olarak 1965 yılında yayınlanan bir makalede Lotfi A. Zadeh tarafından tanımlanmıştır. Zadeh bu çalışmasında insan beyninin büyük bir bölümünün bulanık olduğunu belirtmiştir. Yapılan araştırmalar, bulanık mantık yaklaşımı ile elde edilen sonuç performansının klasik yöntemlerle elde edilen sonuçlara göre daha iyi olduğunu göstermektedir [9-10].

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 elemanı, 0 değerini alırsa kümenin elemanı değildir. 0 ve 1 değerlerini alan kesin kümelere karşılık olarak bulanık mantık kümelerinde elemanların üyelik dereceleri 0 ve 1 arasında değişebilmektedir. Bulanık mantıkta belirsizlik içeren durumlar, elemanların kümelerine bağımlılığını temsil eden üyelik fonksiyonları 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. Bulanık mantık (BM) bulanık denetleyiciden oluşmaktadır. Genel olarak bir

bulanık mantık işlemi, veri tabanı, bulanıklaştırma, çıkarım motoru, kural tabanı, durulaştırma ve çıktı işlemlerinden meydana gelmektedir [11-20].

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

Çalışmada 350, 400 ve 450 kg/m³ çimento dozlu üç farklı geliştirilmiş kil agregalı hafif beton karışımı hazırlanmıştır. Ayrıca farklı çimento miktarına sahip karışımlarda %0, %10 ve %20 uçucu kül ikame edilmiştir. Beton karışımlarının maksimum tane çapı 8 mm'dir. Agregalar olarak 0-2, 2-4 ve 4-8 mm çapındaki geliştirilmiş kil agregası ve toplam agreganın hacminin %20'sini oluşturan 0-2 mm göz açıklığına sahip dere kumu kullanılmıştır. Bağlayıcı olarak CEM I 42,5 R tipi çimento kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan uçucu kül Ankara, Çayırhan termik santralinden temin edilmiştir. Hazırlanan beton karışımlarına ait malzeme miktarları Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Hafif beton karışım oranları (1m³)

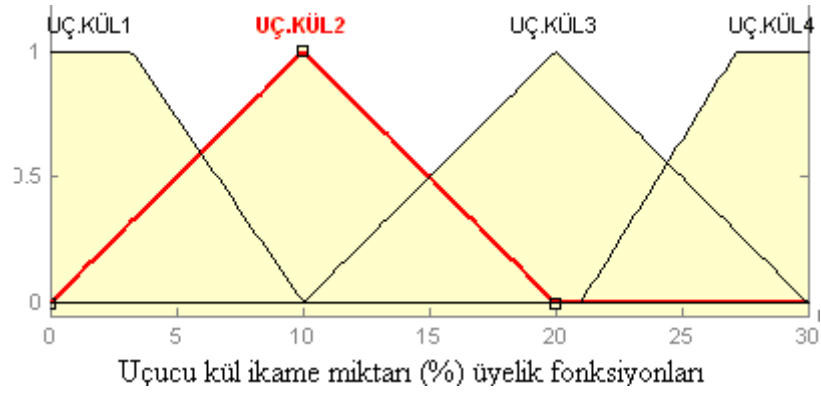
Çimento dozağı (kg/m ³)	Uçucu Kül (%)	Çimento Miktarı (Kg)	Uçucu Kül (kg)	0-2 kum	0-2 G.K.	2-4 G.K.	4-8 G.K.	Su Miktarı (lt)	Akışkanlaştırıcı (lt/m ³)
350	%0	350 kg	0	%20	%26	%22	%32	157,5	4,2
350	%10	315 kg	35 kg	%20	%26	%22	%32	157,5	3,78
350	%20	280 kg	70 kg	%20	%26	%22	%32	157,5	3,36
400	%0	400 kg	0	%20	%26	%22	%32	180	4,8
400	%10	360 kg	40 kg	%20	%26	%22	%32	180	4,32
400	%20	320 kg	80 kg	%20	%26	%22	%32	180	3,84
450	%0	450 kg	0	%20	%26	%22	%32	202,5	5,4
450	%10	405kg	45 kg	%20	%26	%22	%32	202,5	4,86
450	%20	360 kg	80 kg	%20	%26	%22	%32	202,5	4,32

Hazırlanan beton karışımları 1x15x15 cm ebadında küp numuneler şeklinde her bir karışım grubu için 3 adet dökülmüştür. Numuneler 28 gün suda kür edildikten sonra beton test presinde tek eksenli basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur.

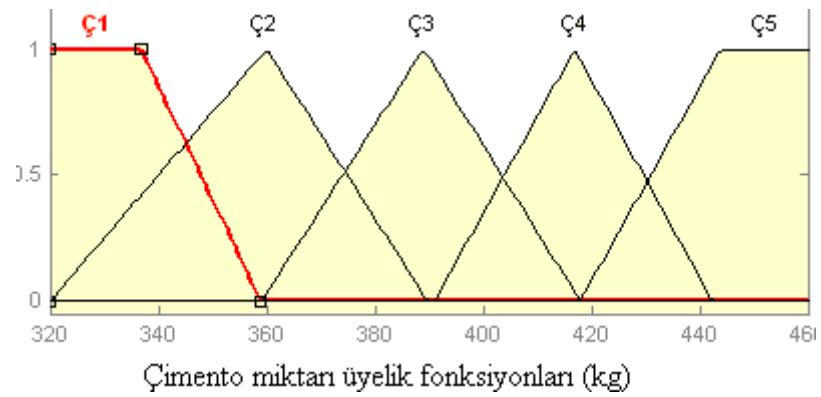
5. TAHMİN YÖNTEMLERİNİN DENEY VERİLERİNE UYGULANMASI

5.1. Bulanık Mantık ile dayanım tahmini

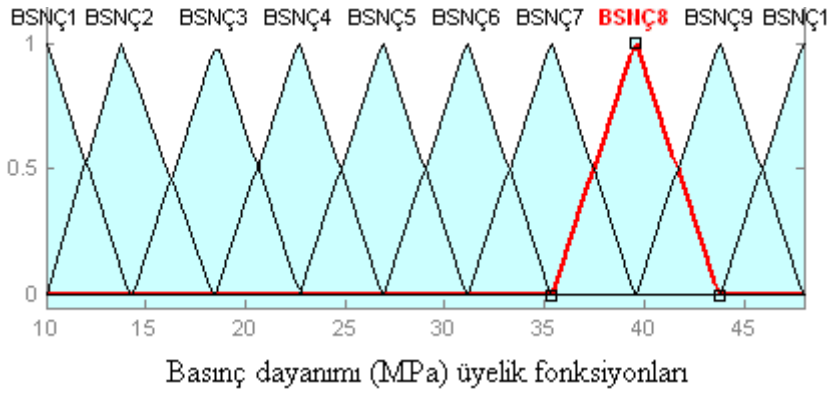
Farklı oranlarda çimento ve Uçucu kül içeren hafif betonların Basınç dayanımının tahmini için geliştirilen modelin girdi ve çıktılarına ait üyelik fonksiyonları Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 1. Uçucu kül ikame miktarı girdi parametresi için üyelik fonksiyonları



Şekil 2. Çimento miktarı girdi parametresi için üyelik fonksiyonları



Şekil 3. Basınç dayanımı çıktı parametresi için üyelik fonksiyonları

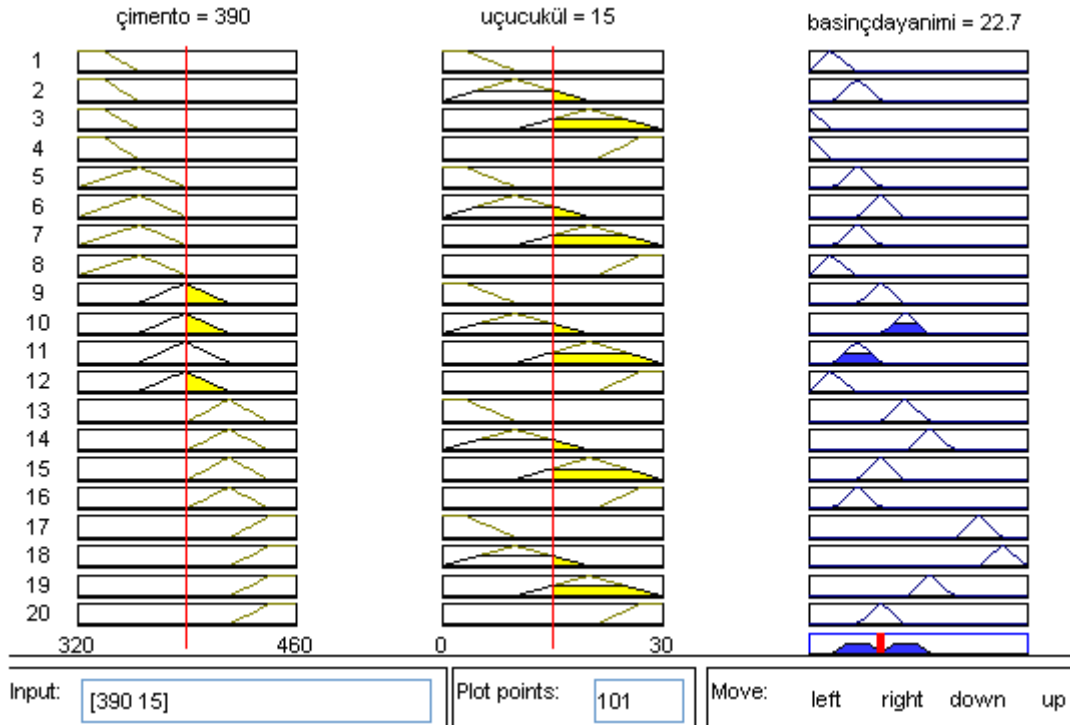
Geliştirilen modelde üyelik fonksiyonları, elde edilen deneyimler ve uzman görüşü ile belirlenmiştir. Üyelik fonksiyonlarının belirlenirken, bulanık küme aralıklarının deneysel çalışmalarda değerleri ve beton üretiminde kullanılabilecek muhtemel değerleri içermesine dikkat edilmiştir. Seçilen üyelik fonksiyonlarına bağlı olarak oluşturulan kurallar Şekil 4'de verilmiştir. Ayrıca girdilere bağlı modelin verdiği sonuçların elde edildiği durulaştırma ekranı

da Şekil 5'de görülmektedir. Durulaştırma ekranında 390 kg çimento ve % 15 ikame uçucu kül miktarında oluşabilecek basınç dayanımının 22,7 MPa olduğu görülmektedir.

10. If (çimento is Ç3) and (uçucukül is UÇ.KÜL2) then (basınçdayanımı is BSNÇ5) (1)
11. If (çimento is Ç3) and (uçucukül is UÇ.KÜL3) then (basınçdayanımı is BSNÇ3) (1)
12. If (çimento is Ç3) and (uçucukül is UÇ.KÜL4) then (basınçdayanımı is BSNÇ2) (1)
13. If (çimento is Ç4) and (uçucukül is UÇ.KÜL1) then (basınçdayanımı is BSNÇ5) (1)
14. If (çimento is Ç4) and (uçucukül is UÇ.KÜL2) then (basınçdayanımı is BSNÇ6) (1)
15. If (çimento is Ç4) and (uçucukül is UÇ.KÜL3) then (basınçdayanımı is BSNÇ4) (1)
16. If (çimento is Ç4) and (uçucukül is UÇ.KÜL4) then (basınçdayanımı is BSNÇ3) (1)
17. If (çimento is Ç5) and (uçucukül is UÇ.KÜL1) then (basınçdayanımı is BSNÇ8) (1)
18. If (çimento is Ç5) and (uçucukül is UÇ.KÜL2) then (basınçdayanımı is BSNÇ9) (1)
19. If (çimento is Ç5) and (uçucukül is UÇ.KÜL3) then (basınçdayanımı is BSNÇ6) (1)
20. If (çimento is Ç5) and (uçucukül is UÇ.KÜL4) then (basınçdayanımı is BSNÇ4) (1)

If	and	Then
çimento is	uçucukül is	basınçdayanımı is
Ç1	UÇ.KÜL2	BSNÇ1
Ç3	UÇ.KÜL3	BSNÇ3
Ç2	UÇ.KÜL1	BSNÇ4
Ç5	UÇ.KÜL4	BSNÇ7
Ç4	none	BSNÇ10
none		none

Şekil 4. Üyelik fonksiyonlarına bağlı olarak kuralların oluşturulması



Şekil 5. Modele ait durulaştırma ekranı

5.2. Çoklu Linear Regresyon ile dayanım tahmini

Diğer bir yaklaşım metodu olarak hafif betonların basınç dayanımı değerleri çimento miktarı ve uçucu kül ikame miktarına bağlı olarak çoklu lineer regresyon analizi yapılarak tahmin modeli ortaya konmuştur. Regresyon analizi SPSS paket programında yapılarak model

denklemleri oluşturulmuştur. Gerçekleştirilen çoklu lineer regresyon analizi sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Regresyon analizi sonucu

<i>Regresyon istatistikleri</i>					
Pearson korelasyon katsayısı	0.884				
Regresyon katsayısı	0.781				
Düzeltilmiş R ²	0.768				
Standard hata	4,9179				

VARYANS ANALİZİ					
<i>Varyansın kaynağı</i>	<i>Serbestlik derecesi</i>	<i>Kareler toplamı</i>	<i>Kareler ortalaması</i>	<i>F testi</i>	<i>Anlamlılık düzeyi</i>
Regresyon	2	2845,022	1422,511	58,816	0,000
Kalan	33	798,131	24,186		
Toplam	35	3643,153			

Regresyon analizi				
<i>Kaynak</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>Standard hata</i>	<i>T istatistiği</i>	<i>Anlamlılık düzeyi</i>
b ₀	-43,291	8,147	-5,314	0,000
b ₁	0,183	0,020	9,124	0,000
b ₂	-0,430	0,073	-5,864	0,000

Gerçekleştirilen regresyon analizi sonucunda hafif betonlarda basınç dayanımını çimento miktarı ve uçucu kül ikame miktarına bağlı olarak tahmin eden çoklu lineer model denklemi eşitlik 3'te verilmiştir. Analiz sonucunda dayanımı tahmin eden çoklu lineer model denkleminin determinasyon katsayısı r²=0,781 olarak bulunmuştur.

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2$$

$$\hat{Y} = -43,291 + 0,183X_1 - 0,43X_2 \quad (3)$$

Denklemden,

\hat{Y} = Basınç dayanımını,

X₁ = Çimento Miktarını (kg)

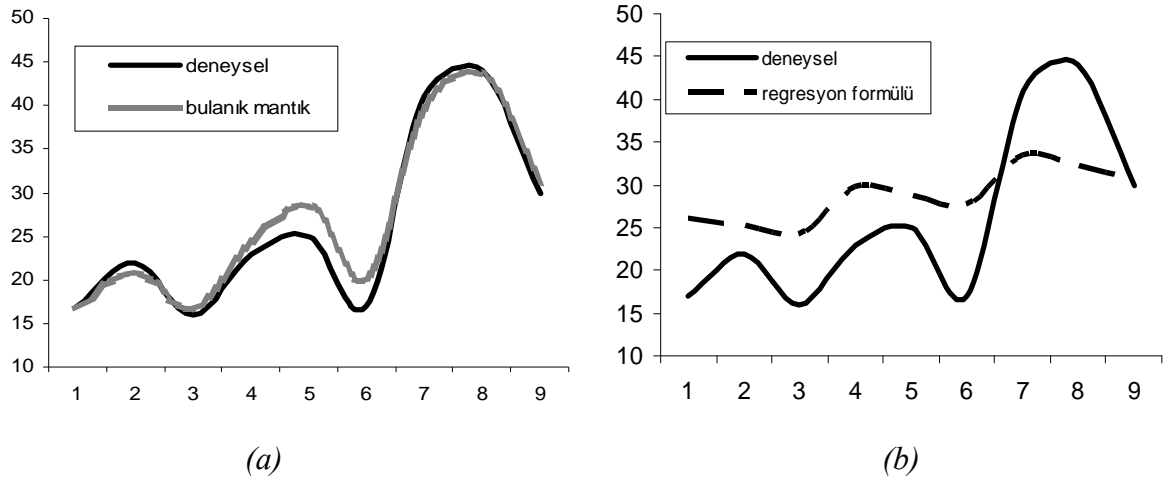
X₂ = Uçucu Kül İkame Miktarını (%)

b_i = Hesaplanan katsayı parametrelerini ifade etmektedir.

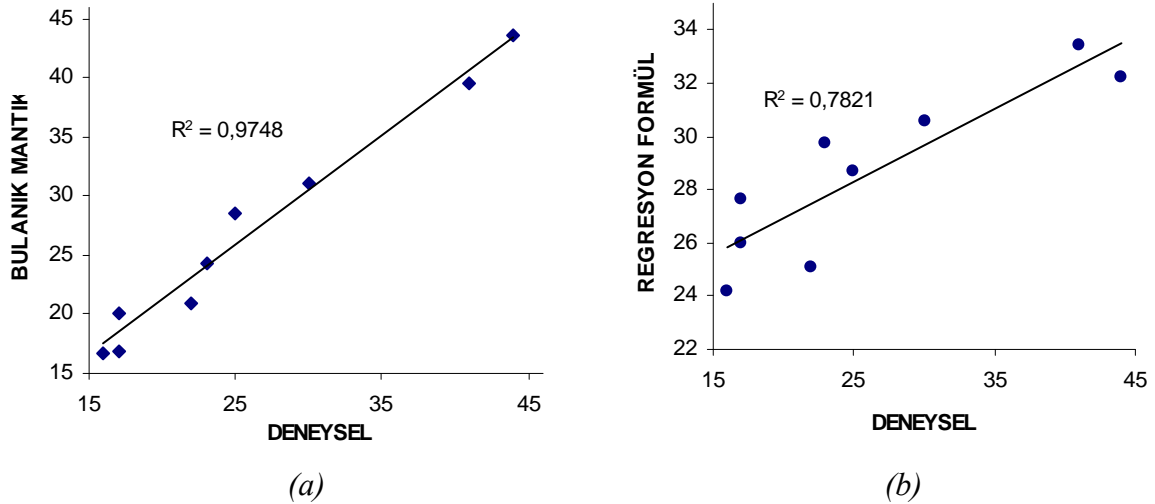
6. TAHMİN MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bulanık mantık modelinde Durulaştırma ekranında modelin tahmin ettiği sonuçlar ve regresyon analizi sonucunda elde edilen regresyon denkleminin (Denklemler 1.) göre belirlenen tahmini sonuçlar arasındaki numune numarasına göre eşleşme durumları Şekil 6 (a) ve Şekil 6

(b)'de verilmiştir. Ayrıca uygulanan her iki tahmin yönteminin sonuçları ile deney sonuçları arasındaki korelasyon ilişkisi Şekil 7 (a) ve şekil 7 (b)'de verilmiştir.



Şekil 6. Bulanık mantık tahmini-deney sonuçları eşleşme durumu (a) ve regresyon analizi-deney sonuçları eşleşme durumu (b).



Şekil 7. Bulanık mantık tahmini-deney sonuçları eşleşme korelasyon ilişkisi (a) ve regresyon analizi-deney sonuçları korelasyon ilişkisi (b).

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada regresyon analizi ile bulanık mantık yöntemi, geliştirilmiş kil agregası ile üretilmiş hafif betonların deneysel verileri kullanılarak karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Regresyon analizi sonucunda elde edilen regresyon denklemi kullanılarak deney sonuçları tahmin edilmiş ve tahmin edilen değerler ile deneysel olarak elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada regresyon denklemi ile deney sonuçlarının % 78 başarı ile tahmin edildiği görülmüştür. Benzer şekilde geliştirilen bulanık mantık modelinin

tahmin değerleri ile deney sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda geliştirilen modelin deney sonuçlarını % 98 başarı ile tahmin edebildiği görülmüştür. Sonuç olarak bulanık mantığın regresyon analizi ile model denklemi oluşturma gibi tahmin yöntemlerine alternatif bir yöntem olarak kullanılabilmesi ve bulanık mantık modellemede eğitim aşamasında kullanıcının üyelik fonksiyonlarını esnek bir şekilde uyarlayabilmesi nedeniyle daha hassas ve amaca uygun çözümler üretilebileceği görülmüştür.

8. KAYNAKLAR

1. Taşdemir, M.A., “Taşıyıcı Hafif Agregalı Betonların Elastik ve Elastik Olmayan Davranışı”, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 1981.
2. Topçu, İ. B., “Semi-Lightweight Concretes Produced by Volcanic Slags”, *Cement and Concrete Research*, 27, 15-21, 1997.
3. Yasar, E., Atıs, C. D., Kılıç A., Gülsen, H., “Strength Properties of Lightweight Concrete Made with Basaltic Pumice and Fly Ash”, *Materials Letters*, 57, 2267-2270, 2003.
4. Demirel, B., Yazıcıoğlu, S., “Silis Dumanının Karbon Fiber Takviyeli Hafif Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 11-1, 1003-1009, 2007.
5. Yıldız, S., Kaya, A. ve Kelestemur, M. H., "Styropor kullanılarak elde edilen hafif betonların fiziksel özelliklerinin deneysel olarak araştırılması", *F.Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi*, 16-3, 2004.
6. Mindness, S., Young, J. F., “Concrete”, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 1981.
7. Kalaycı, Ş., “SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri”, Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti., 3. Baskı, Ankara, 426s, 2008.
8. Kişi, Ö., Karahan, M. E., Şen, Z., “Nehirlerdeki askı maddesi miktarının bulanık mantık ile modellenmesi” *İtüdergisi/d mühendislik Cilt:2, Sayı:3*, 43-54. Haziran, 2003.
9. Zadeh, L. A., “Fuzzy Sets” *Information and Control*, 8, 338-352, 1965.
10. Topçu, İ. B., Uygunoğlu, T., “Kendiliğinden Yerleşen Harçların Eşik Kayma Gerilmelerinin Bulanık Mantık Yaklaşımıyla Tahmini”, *Beton 2008 Uluslararası Hazır Beton Kongresi*, 19-21 Haziran, İstanbul, 2008.
11. Toprak, Z.F., “Determination of longitudinal dispersion coefficients in natural channel using fuzzy logic method” *PhD Thesis*, Istanbul Technical University, Istanbul- Turkey, 2004.
12. Toprak, Z.F., Cigizoglu, H.K., “Predicting longitudinal dispersion coefficient in natural streams by artificial intelligence methods”, *Hydrological Processes*, (Accepted for publication), 2008.
13. Toprak, Z.F., Savci, M.E., “Longitudinal dispersion modeling in natural channels by fuzzy logic”, *CLEAN-Soil, Air, Water*, 35(6), 626-637, 2008.
14. Zadeh, L., “Towards a Theory of Fuzzy Systems”, *Aspects of Network and Systems Theory* (Eds: R. E. Kalman, N. DeClaris), Rinehart and Winston, New York 1971.
15. Z. Sen, “Fuzzy Logic and System Models in Water Sciences”, *Turkish Water Foundation, Bilge Press*, Istanbul 2004.
16. Ross, T. J., “Fuzzy Logic with Engineering Applications”, McGraw-Hill, Inc, 1995.
17. Mamdani, E. H., “Applications of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis”, *IEEE Transactions on Computers*. 26, 12, 1182-1191, 1977.

18. Sugeno, M. ve Kank, G.T., “Structure identification of fuzzy model”, Fuzzy Sets and Systems, 28, 1, 15-33, 1988.
19. Toprak, Z.F. ve Savcı, M.E., “Bulanık dispersiyon modelinin kontur harita ile yorumlanması”, itüdergisi/d (mühendislik serisi), 4(3), 39-52, 2005.
20. Demir, F, Tekeli H, Korkmaz, A, “Elastisite Modülünün Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılmasına Etkisi”, Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Vol./Cilt 25 Issue/Sayı 2, 190-199, 2007.