

**Dokuz Eylül Üniversitesi  
Denizcilik Fakültesi Dergisi  
Cilt: 5 Sayı: 2 Yıl: 2013**

**ANTALYA LİMANI KONTEYNER TRAFİĞİNİN BULANIK  
SİNİR AĞI İLE TAHMİNİ**

**Rıfat TÜR<sup>1</sup>  
Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU<sup>2</sup>  
Özen KÜÇÜKOSMANOĞLU<sup>3</sup>**

**ÖZET**

*Son yıllarda uluslararası deniz taşımacılığında yüklerin büyük bir kısmı konteyner ile taşınmaktadır. Hem operasyonel anlamda elleçleme işlemleri süresinin kısalarak maliyetin azalması hemde taşınan yükün emniyeti açısından bakıldığında, konteyner trafiğinin ilerleyen yıllarda hızla artacağı açıktır. Ülkemizde konteyner elleçlenen liman sayısının az olması ve/veya kapasitelerinin yetersiz olması nedeni ile bölgede bulunan diğer ülkelerle rekabet şansı azalmaktadır. Bu sebeplerle limanların ileriye yönelik olarak konteyner trafiğini doğru olarak tespit etmeleri ve gereken revizyon planlarını zamanında ve doğru bir şekilde yapabilmeleri bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu amaçla Antalya Limanı'nda elleçlenen konteyner miktarı bulanık sinir ağı ile modellenerek ileriye yönelik elleçleme tahminleri yapılmıştır. Elde edilen bu tahminlerin tutarlılığı diğer tahmin yöntemleri ile karşılaştırılarak önerilen yöntemle daha tutarlı sonuçlar elde edildiği görülmüştür.*

**Anahtar Kelimeler:** *Antalya Limanı, bulanık sinir ağı, konteyner.*

**FORECASTING THE CONTAINER TRAFFIC AT PORT OF  
ANTALYA THROUGH FUZZY NEURAL NETWORK METHOD**

**ABSTRACT**

*In recent years, a large part of general cargo of international maritime transportation has been transported by containers. For both operational cost reduction of handling time and the concerns for the safety of transported cargo, the container traffic will rapidly increase in the coming years. The small number*

---

<sup>1</sup> Yrd.Doç.Dr., Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya, rifattur@akdeniz.edu.tr.

<sup>2</sup> Yrd.Doç.Dr. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Burdur, akucukosmanoglu@mehmetakif.edu.tr

<sup>3</sup> 3Yrd.Doç.Dr., Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Burdur, okucukosmanoglu@mehmetakif.edu.tr

*of ports handling containers and/or inadequate capacity of such ports reduces the international competitiveness of Turkish ports in its region. Therefore, the proactive and accurate detection of future trends of port container traffic and duly preparation of revision plans have become imperative. Through this study, the future handling of Port of Antalya has been forecasted by modeling the amount of containers handled at the port with fuzzy neural network. The consistency of the forecasts obtained by the proposed method and that of other methods has been compared in the study. It is found that the proposed method results are more consistent than those of the others.*

**Keywords:** *Port of Antalya, fuzzy neural network, container.*

## 1. GİRİŞ

Ulaştırma sektörünün, diğer sektörlerle olan ilişkisi nedeniyle ülkelerin ekonomik, sosyal ve kültürel gelişmelerinde çok önemli bir yeri vardır. Gerek sanayi hammaddesini oluşturan yükleri bir seferde büyük miktarlarda taşıma özelliği, gerekse taşıma maliyetinin demiryoluna göre 3.5, karayoluna göre 7 ve havayoluna göre 22 kat daha ucuz olması deniz yolu taşımacılığının ekonomik öneminin belirgin bir göstergesidir (Tür ve Balas, 2010: 1049-1056).

Yük taşımacılığının hızlı, güvenli ve ekonomik olması yanında çevreyi en az kirletmesi ve ton-km başına tükettiği enerjinin az olması, bakım onarım kolaylığı ve yatırım maliyeti ulaştırma türlerinin tercihinde özenle dikkat edilmesi gereken hususlardandır (Sudopak, 2006: 1-3). Özellikle ağır yük, önemli hacimde sıvı ve kuru yük taşımacılığı söz konusu olduğunda denizyolu taşımacılığı vazgeçilmez kabul edilmektedir (Grenon ve Batisse, 1998: 1-12).

Limanların yükleme boşaltma kapasitelerinin belirlenmesi ve gelecek yıllarda elleçlenecek yük miktarının tahmin edilmesi, özellikle liman revizyon planlarının oluşturulması ve fizibilite etüdü çalışmalarında çok önemli bir yer tutmaktadır. Limanların ilerleyen yıllarda ekonomik durumunu şekillendirecek olan en önemli parametreler yükleme ve boşaltma miktarlarıdır. Limanların aynı coğrafya içindeki komşu limanlarla rekabet gücünün devamı açısından, ileriye dönük elleçleme kapasitesinin önceden bilinmesi, gerekli revizyon planlarının oluşturulması ve izlenecek stratejilerin belirlenmesi açısından hayati öneme sahiptir. Limanların kurulu elleçleme kapasitesinin hangi yıl aşılacağına bilinmesi liman elleçleme ekipmanlarına yapılacak yatırımın tipini, miktarını ve elleçleme ekipmanlarının çeşitlerini belirlemede bir yol göstericidir (Tür ve Balas, 2010: 1039-1048).

Elleçleme kapasitesinin belirlenmesinde birçok faktörün etkin olması ve birbirleri ile etkileşimi yanında belirsizlik kaynaklarının fazlalığı problemin çözümünü karmaşık bir hale getirmektedir. Literatürde genellikle konteyner elleçleyen limanların kapasite tahminleri üzerine yapılan araştırmalar ön plana çıkmaktadır. Tahmin çalışmaları stok alanlarının tanzimi, elleçleme ve diğer operasyonlar için optimum sürenin belirlenmesi gibi yönetsel süreçlerin planlanmasında kullanılmaktadır.

Tahmin, çoğunlukla geçmişin analiz edilmesi ve analize bağlı olarak geleceğin tahmin edilmesi şeklinde uygulanan bilimsel bir yöntemdir (Armstrong, 2001). Ayers (1969: 5-19), tahmini tehlikelerle kuşatılmış zor bir görev olarak tanımlamıştır. Burada zorluğu oluşturan tehlikelerden kasıt, verilerin belirsiz ve güvenilmez oluşu, gerçek dünyanın karmaşık ve birbirleri ile etkileşim halinde olan birçok faktörü barındırması gibi durumlardır. Tahmin yapılacak durumun nicel ve nitel olmasına bağlı olarak, matematiksel ve istatistiksel modeller kullanılmaktadır. Niceliksel metotlar, genellikle uzmanların fikirleri ile oluşturulur iken, niteliksel metotlar istatistiksel teknikleri temel almaktadırlar (Montgomery vd., 1990: 1-25). İstatistiksel metotlar geçmişe ait verilerin işlenmesi ile elde edilen bilgilerin ışığında, geleceğe yönelik tahminlerin yapılması olarak da tanımlanabilirler.

## **2. ANTALYA LİMANI ve PORT AKDENİZ**

1968 yılında şehir merkezinin 13 km dışında, batı yönünde yeni, modern ve mendireklerle çevrili limanın inşasına başlanmıştır. 1973 yılında açılışı yapılan liman, 8 Eylül 1998 tarihine kadar Türkiye Denizcilik İşletmeleri A.Ş. tarafından yönetilmiştir. Türkiye limanlarının özelleştirilmesi süreci kapsamında, bu tarihten itibaren işletme hakkı 30 yıl süreyle Ortadoğu Antalya Liman İşletmeleri A.Ş. tarafından alınmıştır. 29.07.2010 tarihi itibarıyla limanın kalan 18 yıllık işletme hakkı Global Yatırım Holding'e devredilmiştir (Port Akdeniz, 2012).

Port Akdeniz, Akdeniz'in batı kısmında 36° 50' kuzey enlem, 30° 36' 5" batı boylamında yer almaktadır. Antalya ilinin en batı uç noktası olan Kemer çıkışında yer alan Antalya Limanı'nın açık deniz bağlantısı Akdeniz'dir. Yüksek standartta karayolları ile Alanya, Mersin, Konya, Akşehir, Afyon, Burdur, Denizli gibi önemli sanayi ve turizm merkezlerine bağlıdır. Antalya havaalanı ile birlikte bölgenin önemli bir ulaşım merkezi haline gelmesinde, Antalya Limanı'nın tamamlayıcı bir rolü vardır. 1 440 m boyunda bir ana mendirek ile 650 m boyunda bir tali mendirek bulunan Port Akdeniz'de mendirekler arası açıklık 250 m,

yaklaşma kanalına ilişkin derinlik -10 m dir (Şekil 1). Limanın, tamamı kullanıma açık olan deniz sahasının toplam genişliği 136.000 m<sup>2</sup>, manevra dairesi ise 300 m dir. Port Akdeniz Antalya'nın yıllık kuru yük ve genel kargo kapasitesi 5 milyon ton, konteyner kapasitesi ise yıllık 500.000 TEU'dur.



**Şekil 1.** Antalya Limanı (Port Akdeniz)

### **3. BULANIK SİNİR AĞLARI ve ANFIS METODU**

Bulanık sinir ağları (Adaptive Neural Network Based Fuzzy Inference Systems-ANFIS), bulanık mantık (Fuzzy Logic - FL) ve yapay sinir ağları (Artificial Neural Networks - ANN) metodlarının avantajlı yönlerini ön plana çıkaran ve son yıllarda çok farklı alanlarda uygulama alanı bulan bir yapay zeka tekniğidir. Genellikle Türkçe literatürde yöntem yapay sinir ağı tabanlı bulanık çıkarım sistemleri olarak anılmaktadır. ANFIS metodu Takagi-Sugeno çıkarım modeli üzerine oturtulmuştur.

ANFIS, kolay uygulanabilir eğitim algoritmalarını içeren yapısıyla ANN'yi ve uzman bilgi sistemi ile FL'yi bünyesinde barındırmaktadır. Bir başka deyişle, ANFIS yapısı, Sugeno tipi bulanık sistemlerin, sinirsel öğrenme kabiliyetine sahip bir ağ yapısı olarak tanımlanabilir (Özçalık ve Uygur, 2003: 36-46). Söz konusu ağ yapısı katmanlar halinde yerleştirilmiş ve her biri için ayrı fonksiyonların tanımlandığı düğümlerden oluşmaktadır (Tsoukalas ve Uhrig, 1996: 25-50).

Örnek olarak, x ve y gibi iki girişi olan ve z çıkışına sahip bir bulanık çıkarım mekanizması ele alınacak olunursa, tipik olarak birinci

mertebeden Sugeno bulanık modeline ait iki adet Eğer – O halde (If-Then Rules) kuralı yazılabilir. Bu kurallar;

Kural 1: Eğer  $x$  A1 ve  $y$  B1 ise O halde  $z_1 = p_1x + q_1y + r_1$   
Kural 2: Eğer  $x$  A2 ve  $y$  B2 ise O halde  $z_2 = p_2x + q_2y + r_2$   
şeklinde ifade edilebilir.

Burada  $p_i$ ,  $q_i$  ve  $r_i$  ( $i = 1, 2$ ) birinci mertebeden Sugeno bulanık modelinin lineer parametreleridir. Şekil 2’de görüldüğü gibi ANFIS yapısı 5 katmana ayrılabilir. Kısaca bu katmanlar açıklanacak olunursa;

Katman 1: her düğüm için üyelik fonksiyonları yardımı ile bulanık kümeye aitlik derecesini belirten üyelik dereceleri hesaplanır.

$$\begin{aligned} R_{1,i} &= \mu_{A_i}(x), \quad i = 1, 2 \\ R_{1,i} &= \mu_{B_i}(y), \quad i = 1, 2 \end{aligned} \quad (1)$$

Burada,  $x$ ,  $y$  ve  $i$  düğümündeki deterministik (crisp) girdi değerleri,  $A_i$  ve  $B_i$  bulanık dilsel terimler ve  $\mu_{A_i}$  ve  $\mu_{B_i}$  ise üyelik fonksiyonlarını ifade etmektedir. Literatürde birçok farklı üyelik fonksiyonu tipine rastlanmaktadır.

Genellikle üçgen tip üyelik fonksiyonları basitliklerinden ötürü tercih edilmektedir. Fakat son yıllarda Gauss eğrisi tipindeki üyelik fonksiyonları da yaygın olarak kullanılmaktadır. Örnek olarak çan eğrisi tipi üyelik fonksiyonu aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\mu_{A_i} = \frac{1}{1 + \left[ \left( \frac{x - c_i}{a_i} \right)^2 \right]^{b_i}} \quad (2)$$

Burada,  $\{a_i, b_i, c_i\}$  Eğer – O halde bulanık kural yapısının önerme kısmına bağlı olarak üyelik fonksiyonlarının eğriliklerini değiştiren parametrelerdir.

Katman 2: Birbirlerini izleyen kuralların gerçekleşme derecelerinin “ve” mantıksal işlemi ile çarpımlarının gerçekleştirildiği katmandır. Eşitlik 3’de çarpım işlemi matematiksel olarak ifade edilmektedir.

$$R_{2,k} = w_k = \mu A_i(x) \times \mu B_j(y), \quad k = 1, \dots, 4; \quad i = 1, 2; \quad j = 1, 2 \quad (3)$$

Katman 3: 3.katmandaki i. düğüm, i. kuralın gerçekleşme derecesinin, tüm kuralların gerçekleşme derecelerine oranının hesaplandığı katmandır (Eşitlik 4).

$$R_{3,i} = \overline{w}_i = \frac{w_i}{\sum_{k=1}^4 w_k} \quad i = 1, \dots, 4 \quad (4)$$

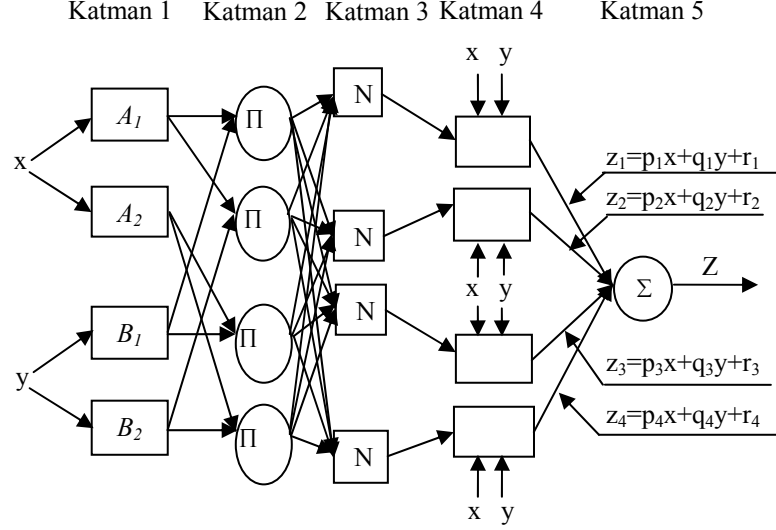
Katman 4: her i. kuralın toplam çıktı içerisindeki katkısını hesaplandığı katmandır (Eşitlik 5).

$$R_{4,i} = \overline{w}_i f_i = \overline{w}_i (p_i x + q_i y + r_i), \quad i = 1, \dots, 4 \quad (5)$$

$\overline{w}_i$ , bir önceki katmanın i. düğümünün çıktı değeridir.

Katman 5: toplam çıkışı hesaplamak üzere kendisine gelen tüm sinyallerin toplandığı düğüm noktasıdır. Bu katmanda bulanık kurallar durulaştırılarak tek bir sayı üretilmektedir.

$$R_{5,i} = \sum_{i=1}^4 \overline{w}_i f_i = \frac{\sum_{i=1}^4 w_i f_i}{\sum_{i=1}^4 w_i} \quad (6)$$



Şekil 2. İki Girişli ve Dört Kurallı Bulanık Sugeno Modelinin ANFIS Yapısı

#### 4. MATERYAL ve METOT

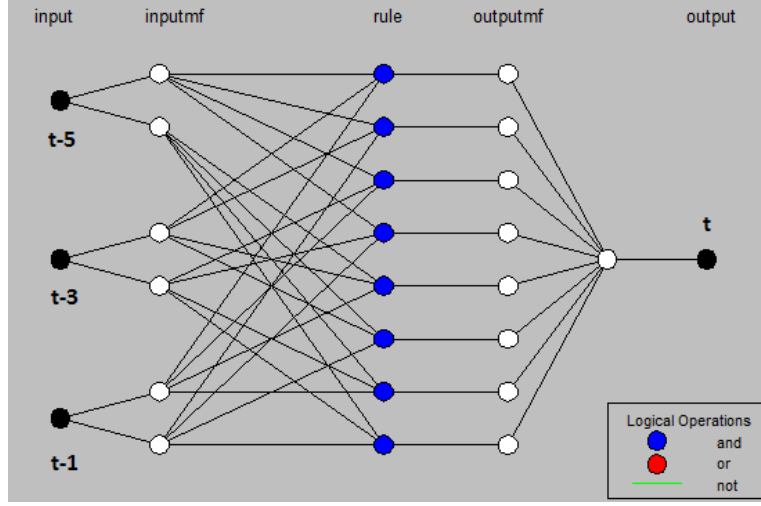
Çalışma kapsamında Port Akdeniz'den 2008-2011 yıllarına ait 4 yıllık (48 aylık) konteyner elleçleme verileri temin edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda Antalya Limanı mevcut elleçleme koşullarında tahmine yönelik bir model geliştirilmiştir. Modelin geliştirilmesinde esnek bir yapıya sahip olan bulanık sinir ağları kullanılmış ve sistem Matlab R2012b programının ANFIS araçları (toolbox) ile çözülmüştür. Yine söz konusu verilerden yararlanılarak gelecek 2012 yılına ait 12 aylık elleçleme tahmini yapılmıştır. Çalışmada, konteyner elleçleme tahmini için üç farklı zaman gecikmeli model geliştirilmiştir. Bunlar:

Model-1: t-2,t-1

Model-2: t-3,t-2,t-1

Model-3: t-5,t-3,t-1 şeklindedir.

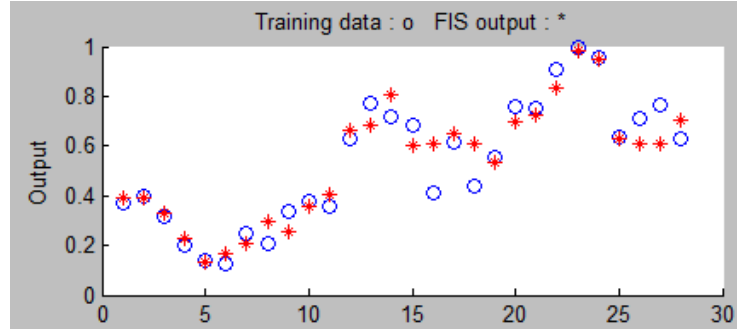
Konteyner tahmin modellerinden en tutarlı sonuçlar Model-3'den elde edilmiştir. Önerilen tahmin modeli, üç adet giriş ve bir adet çıkıştan oluşturulmuştur. Girdi ve çıktı parametreleri için 2 adet bulanık dilsel terim tanımlanmıştır (Şekil 3). Çalışmada, 48 adet elleçleme verisinin %60'lık kısmı modelin eğitim aşamasında geri kalan kısmı ise test aşamasında kullanılmıştır.



Şekil 3. ANFIS Tahmin Modeli

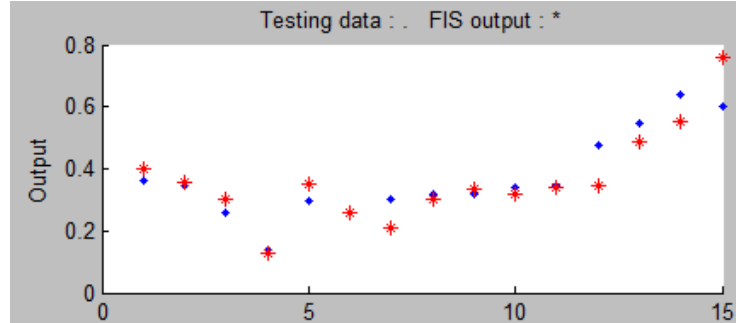
#### 4. DEĞERLENDİRME

Şekil 4'de mavi çemberler ile gösterilmiş olan değerler gerçek konteyner elleçleme değerlerini kırmızı ile gösterilenler ise tahminleri göstermektedir. Aynı şekilde test aşamasında ise mavi noktalar gerçek kırmızı noktalar ise tahmin değerlerini ifade etmektedir (Şekil 5). Model hem eğitim hem de test aşamasında doğru ve tutarlı sonuçlar vermiştir.



Şekil 4. ANFIS Modeli Eğitim Aşaması Sonuçları





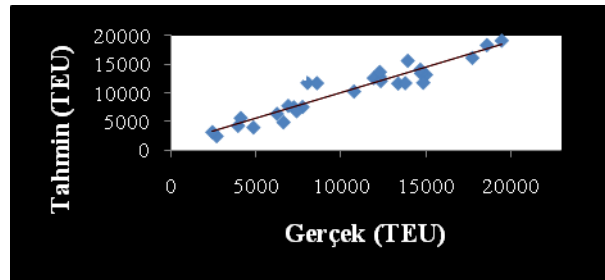
**Şekil 5.** ANFIS Modeli Test Aşaması Sonuçları

Geliştirilen ANFIS modelin, liman fizibilite çalışmalarında sık kullanılan bir tahmin modeli olan lineer regresyon metodu kıyaslandığında gerek mutlak hata ve gerekse RMSE (hataların karelerinin ortalamalarının karekökü) hata tiplerinde lineer regresyona kıyasla daha düşük hatalar ve buna bağlı olarak daha doğru sonuçlar verdiği görülmektedir (Tablo 1).

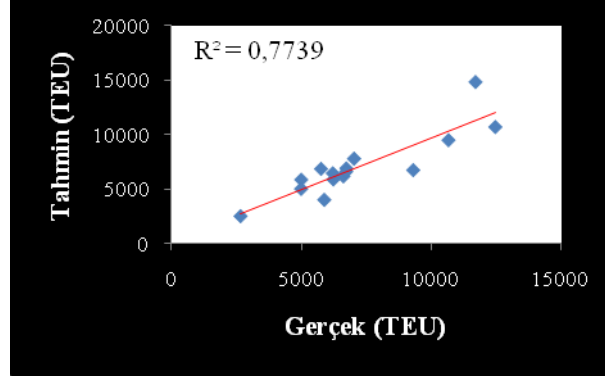
**Tablo 1.** Metotların Hata Oranları

Metot	Hata Tipi	
	Mutlak Hata	RMSE
ANFIS	%5,40	%7,25
Lineer Regresyon	%11,10	%13,10

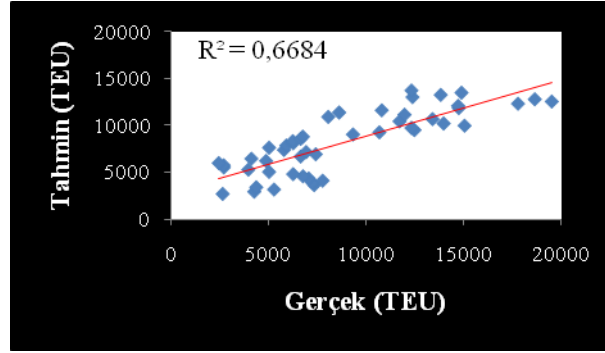
Şekil 6'da modelin eğitim aşamasında korelasyon değerinin %90 seviyesinde olduğu ve test aşamasında ise %77 olduğu belirlenmiştir (Şekil 7). Aynı durumda lineer regresyon metodu ile korelasyon değerinin %66 seviyelerinde kaldığı görülmektedir (Şekil 8).



**Şekil 6.** ANFIS Metoduna Ait Saçılma Diyagramı ve  $R^2$  Değerleri (Eğitim Aşaması)



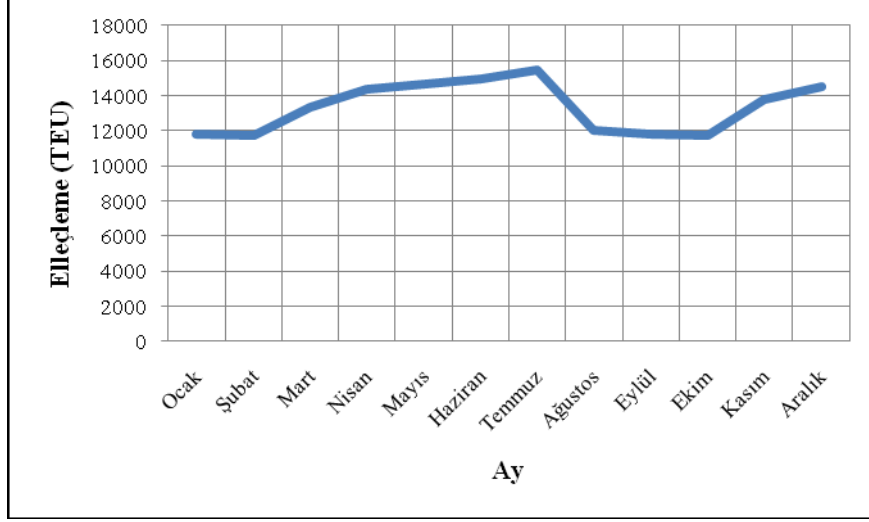
Şekil 7. ANFIS Metoduna Ait Saçılma Diyagramı ve  $R^2$  Değerleri (Test Aşaması)



Şekil 8. Linear Regresyon Metoduna Ait Saçılma Diyagramı ve  $R^2$  Değerleri

## 5. SONUÇLAR

Antalya Limanı yük trafiğinin 2008-2011 yılları arasındaki konteyner elleçleme değerleri kullanılarak, bu değerlerin tahmini için bulanık sinir ağı ve lineer regresyon metodu kullanılmıştır. Çalışmada elleçleme verileri kısıtlı olduğundan aylık olarak değerlendirilmiştir. Uygulanan her iki metod için istatistiksel analizler yapılmıştır. Bunun sonucunda lineer regresyon modelinin daha yüksek hata düzeyine sahip değerler ürettiği bulanık sinir ağı tabanlı modelin ise daha doğru sonuçlar ortaya koyduğu belirlenmiştir. Veri setinin daha uzun olduğu durumlarda tahmin modelinin çok daha tutarlı ve doğru sonuçlar vereceği öngörülmektedir.

**Tablo 3.** Port Akdeniz 2012 Yılı Tahmini Elleçleme Verileri

Tablo 3'de bulanık sinir ağı ile oluşturulan modelden 2012 yılına ait 12 aylık konteyner elleçleme tahminleri görülmektedir. Buna göre 2012 yılı sonu itibariyle 160 273 TEU konteyner elleçleneceği tahmin edilmiştir. Antalya limanı 2012 yılında 169 424 TEU konteyner elleçlemiştir. Sonuç olarak gerçekleşen elleçleme miktarı geliştirilen tahmin modelinden 9 151 TEU daha fazla olmuştur. Elde edilen değer literatürde sık kullanılan modeller ile karşılaştırıldığında çok daha yüksek bir doğrulukta (yaklaşık %5 hata oranı ile) tahminler sunmaktadır. Gerçek veriler ile bulanık sinir ağı model tahminleri arasında küçükte olsa farklılıkların oluşmasının nedeni yaz aylarında konteyner trafiğindeki ani düşüş ve Ekim, Kasım aylarındaki ani yükselişlerin seriyi salınımlı bir hale getirmesidir. Bu ani kırılma noktaları modellerin en çok yanlış olduğu noktaları oluşturduğundan farklı oranlarda hatalar oluşabilmektedir.

## KAYNAKLAR

ARMSTRONG, J. S. (2001) Combining Forecasts, In Armstrong, J. S. (ed.), *Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners*, Kluwer Academic Publishers, pp. 417-439.

AYERS, R. (1969) *Technological Forecasting and Long-range Planning*, McGraw-Hill, New York.

GRENON, M. ve BATISSE, M. (1998) *Birleşmiş Milletler Çevre Programı Akdeniz Eylem Planı, Mavi Plan Akdeniz Havzasının Geleceği*, T.C. Çevre Bakanlığı, PNUE-CAR, ss:1-12.

MONTGOMERY, D.C., JOHNSON, L.A., and GARDINER, S.J. (1990) *Forecasting and Time Series Analysis*, McGraw-Hill, New York.

ÖZÇALIK, H.R. ve UYGUR, A.F. (2003) Dinamik Sistemlerin Uyumlu Sinirsel-Bulanık Ağ Yapısına Dayalı Etkin Modellenmesi, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, Sayı. 6, No.1, ss. 36-46.

PORT AKDENİZ (2012), Ticari Liman Operasyonları, [http://www.globalports.com.tr/tr/liman-operasyonlari/ticari-liman-operasyonlari/port-akdeniz/port-akdeniz\\_hakkinda/Default.aspx](http://www.globalports.com.tr/tr/liman-operasyonlari/ticari-liman-operasyonlari/port-akdeniz/port-akdeniz_hakkinda/Default.aspx), Erişim Tarihi: 15.05.2012.

SUDOPAK (2006) *Kabotaj Taşımacılığı Saha Etüdü*, T.C. Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığı. ss: 1-3.

TSOUKALAS, L.H., UHRIG, R.E., (1996) *Fuzzy and Neural Approaches in Engineering*, John Wiley & Sons Inc., pp. 25-50.

TÜR, R. ve BALAS, C.E. (2010) *Limn Elleçleme Kapasitesinin Çoklu Nonlinear Regresyon ile Tahmini*, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları VIII. Ulusal Kongresi, 27 Nisan - 1 Mayıs 2010, Trabzon.

TÜR, R. ve BALAS, C.E. (2010) *Limn Elleçleme Kapasitesinin Zaman Serileri ile Tahmini*, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları VIII. Ulusal Kongresi, 27 Nisan - 1 Mayıs 2010, Trabzon.