ÖNSÖZ

Yüksek Lisans Tez Çalışmamı yapmamda emeği geçen Aileme, Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği Program Koordinatörü Sn. Prof. Dr. Sedat KABDAŞLI'ya, Tez Danışmanım Sn Yrd. Doç. Dr. Necati Erdem ÜNAL'a, verisetini temin etmeme yardımcı olan Sn Prof. Dr. Mehmet KARACA'ya, DMİ Genel Müdür Yardımcısı Sn Mahmut KAYHAN'a, DMİ Araştırma Dairesi Başkanı Sn Bülent YAĞCI'ya, yüksek lisans eğitimim boyunca ilgisini eksik etmeyen Sn Prof Dr. Eşref ADALI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2006 M. Güven GÜNVER

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **iv**
TABLO LİSTESİ **v**
ŞEKİL LİSTESİ **vi**
ÖZET **vii**
SUMMARY **viii**

1. GİRİŞ **1**
1.1 Tanımlar 1
1.2 Kısa Periyodlu Dalgalar 3
1.3 Düzensiz Dalgalar 4
2. RÜZGAR DALGALARININ TAHMİNİ **5**
2.1 İlk Nesil Modeller 6
2.2 İkinci Nesil Modeller 7
2.3 Üçüncü Nesil Modeller 8
2.4 Sonlu Derinlik Modelleri 9
2.5 Dalgaların Tahmininde Basitleştirilmiş Metod 10
3. YÖNTEM **11**
3.1 Veri Madenciliği 11
3.1.1 Karar ağaçları 11
3.1.1.1 Karar ağaçları sınıflandırma algoritmaları 12
3.1.2 Yapay sinir ağları 15
4. UYGULAMA **17**
4.1 Amaç 17
4.2 Yapılan Kabuller ve Fiziksel Sabitler 17
4.2.1 Kullanılan veriseti 17
4.2.2.1 Tüm değişkenleri kullanarak dalga yüksekliğinin tahmin edilmesi 19
4.2.2.2 Rüzgar dışı verilerle dalga yüksekliği tahmini 27
4.2.2.3 Türkiye şartlarında dalga yüksekliği tahmini 33
5. SONUÇ ve TARTIŞMA **38**
KAYNAKLAR **39**
EKLER **40**
ÖZGEÇMİŞ **41**

KISALTMALAR

H	: Ortalama Dalga Yüksekliği
H_{MAX}	: Maksimum Dalga Yüksekliği
$H_{1/10}$	: En Yüksek %10 Dalganın Ortalama Yüksekliği
$H_{1/3}$	: Belirgin Dalga Yüksekliği
L	: Dalga Boyu
T	: Dalga Periyodu
T_{MAX}	: Maksimum Dalga Periyodu
$T_{1/10}$	: En Yüksek %10 Dalganın Ortalama Periyodu
$T_{1/3}$	: Belirgin Dalga Periyodu
c	: Dalga Yayılma Hızı
F	: Fe. Mesafesi
U	: Rüzgar Hızı
U_A	: Rüzgar Gerilme Faktörü
t	: Esme Süresi
WSPD	: Rüzgar Hızı
GST	: Fırtına
APD	: Ortalama Dalga Periyodu
DPD	: Baskın Dalga Periyodu
ATMP	: Hava Sıcaklığı
WTMP	: Su Sıcaklığı
BAR	: Atmosferik Basınç
WVHT	: Dalga Yüksekliği

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1	**:**Karar Ağaçlarına Örnek Uygulama	15
Tablo 2	**:**Kullanılan verisetinin korelasyon oran tablosu	12
Tablo 3	**:**Uygulamalarda elde edilen güven aralıkları	39

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1 : Karar Ağacı 14
Şekil 2 : Karar Ağaçları Çalışma Prensibi (1) 14
Şekil 3 : Karar Ağaçları Çalışma Prensibi (2) 15
Şekil 4 : Yapay Sinir Ağları Çalışma Prensibi 16
Şekil 5 : Verisetinin Toplandığı Şamandra 18
Şekil 6 : Modelde Kullanılan Veriler (Karar Ağaçları) 19
Şekil 7 : Dalga Yüksekliği Verisinin Dağılımı (Karar ağaçları) 20
Şekil 8 : Karşılaştırma Matrisi (Karar Ağaçları) 21
Şekil 9 : Kullanılan Verilerin Dağılım Aralıkları (Karar Ağaçları) 22
Şekil 10 : Tahmin Ekranı (Karar Ağaçları) 23
Şekil 11 : Karar Ağacı (Karar Ağaçları) 24
Şekil 12 : Karşılaştırma Matrisi (Yapay Sinir Ağları) 25
Şekil 13 : Deneme Verileri (Yapay Sinir Ağları) 26
Şekil 14 : Karar Ağacı (Karar Ağaçları) 27
Şekil 15 : Modelde Kullanılan Veriler (Karar Ağaçları) 28
Şekil 16 : Karşılaştırma Matrisi (Karar Ağaçları) 29
Şekil 17 : Tahmin Ekranı (Karar Ağaçları) 30
Şekil 18 : Deneme Verileri (Yapay Sinir Ağları) 31
Şekil 19 : Karşılaştırma Matrisi (Yapay Sinir Ağları) 32
Şekil 20 : Test Ekranı (Karar Ağaçları) 33
Şekil 21 : Modelde Kullanılan Veriseti (Karar Ağaçları) 34
Şekil 22 : Karar Ağacı (Karar Ağaçları) 35
Şekil 23 : Doğru Tahmin Edilen Deneme Verileri (Yapay Sinir Ağları) 36
Şekil 24 : Kaşılaştırma Matrisi (Yapay Sinir Ağları) 37

ÖZET

Kıyı mühendisliğinde kısa periyodlu, başka bir tanımla periyodu 10 saniyeden küçük rüzgar dalgaları sözkonusudur. Bütün mühendislik çalışmaları bu tip dalgalar için yürütülür. Tez çalışmasında Amerika Birleşik Devletleri Güneydoğu Sahilinde 15 yıl süreyle saatlik aralıklarla toplanmış rüzgar hızı, fırtına, baskın ve ortalama dalga periyodu, hava sıcaklığı , su sıcaklığı ve atmosferik basınçları çeşitli şekillerde manuple edilerek dalga yüksekliği tahmini yapılmıştır. Tez çalışmasında karar ağaçları ve yapay sinir ağları yöntemleri kullanılmış olup rüzgar verisi kullanılmadan dalga yüksekliği tahmini yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: dalga, dalga yüksekliği, dalga iklimi

SUMMARY

In coastal engineering, short-perioded, in other words, the wind waves that have period less than 10 seconds are point of interest. In this thesis wave height has been estimated by using wind speed, gust average and dominant wave period, air temperature, water temperature and pressure variables. Data that was collected at south-east coast of United States of America. Decision Tree and Artificial Neural Network algorithms was used and thesis includes a model which estimates wave height by using non wind dependent data.

Keywords: wave, wave height, wave climate

1. GİRİŞ

Dalgaların açık deniz koşullarında ve kıyı yakınlarında özelliklerini belirlemeden önce genel tanımları ve açık denizde dalgaların oluşumundan başlayarak kıyıya ulaşana kadar geçen süre içinde meydana gelen değişimleri genel olarak tanımlamak faydalı olacaktır. Bu bölümde dalga profilini karakterize eden büyüklükler ile bu büyüklüklerde değişime yol açan olaylar ve çeşitli tanımlar özet olarak verilmektedir.

1.1 Tanımlar

Deniz yüzeyinde rüzgar etkileri ile oluşan dalgalara ilerleyen ağırlık dalgaları denir. Başlangıçta bu dalgalar monografik olarak ele alındığından aşağıdaki tarifler yapılabilir:

Ortalama Su Seviyesi: Dalga profilinin altındaki alanla üstündeki alanın eşit olduğu çizgidir.

Dalga Yüksekliği: Dalga kreti ile dalga çukuru arasındaki düşey uzaklıktır (H).

Dalga Boyu: Art arda iki dalga kreti veya iki dalga çukuru arasındaki düşey uzaklıktır (L).

Genlik: Genellikle dalga yüksekliğinin yarısına eşittir. Ortalama su seviyesinden yukarı doğru ölçülen pozitif, aşağı doğru ölçülen negatif genliktir.

Dalga Periyodu: Art arda iki dalga kreti geçmesi arasındaki zaman aralığıdır.

Dalga yönü: Dalgaların ilerlemekte olduğu yöndür.

Dalga ortagonali: Dalgaların ilerlemekte oldukları yöne ve dalga cephesine dik doğrultudur.

Dalga Yayılma Hızı: Ortogonal üzerinde dalgaların ilerleme hızıdır. (c)

En Büyük Dalga: Kayıtlardan elde edilen maksimum dalga yüksekliği (H_{max}) ve periyodudur (T_{max}).

En Büyük 1/10 Dalga: Dalga kayıtlarındaki toplam dalgaların en büyük %10'unun erişip aşabildiği dalga yüksekliği ($H_{1/10}$) ve periyodudur($T_{1/10}$). En rüksek %10 dalganın ortalamasıdır.

Belirgin Dalga (En Büyük 1/3 Dalga): Dalga kayıtlarındaki toplam dalgaların en büyük 1/3'ünün erişip aşabildiği dalga yüksekliği ($H_{1/3}$) ve periyodudur($T_{1/3}$). Kıyı mühendisliğinde en çok kullanılan karakteristik dalga yüksekliğidir.

Ortalama Dalga: Kayıtlardaki tüm dalga kayıtlarının ortalaması alınarak elde edilen dalga yüksekliği (H) ve periyodudur(T).

Feç Uzunluğu: Açık denizde rüzgarın belli bir yönde sabit hızla ve herhangi bir engelle karşılaşmadan estiği uzunluğa feç uzunluğu (F) adı verilir. Bu uzunluk boyunca sabit hızlı rüzgarın deniz yüzeyine uyguladığı kayma gerilmesi sonucu dalga oluşur . Diğer taraftan rüzgar hızının bütün feç boyunca sabit olması pratik olarak mümkün olmamakla birlikte ± 2.5 m/s'lik bir aralıkta değişen rüzgar hızı sabit olarak kabul edilebilir.

Rüzgar Hızları: Dalga tahminlerinde kullanılacak rüzgar hızları (U) meteorolojik rüzgar kayıtlarından veya sinoptik haritalardan elde edilebilir. Dalga yüksekliği tahmin modellerinde saatlik ortalama rüzgar hızı kullanılır($U_{saatlik}$).

Rüzgar Gerilme Faktörü: Rüzgar hızı ile aynı birime sahip olmakla birlikte, dalga yüksekliği tahmin metodlarında kullanılır. $U_A = 0.71 * U^{1.23}$.

1.2 Kısa Periyotlu Dalgalar

Kıyı mühendisliğinde kısa periyodlu, başka bir tanımla periyodu 10 saniyeden küçük rüzgar dalgaları sözkonusudur. Bütün mühendislik çalışmaları bu tip dalgalar için yürütülür.

Rüzgar dalgaları açık denizde rüzgar hızı 1 m/s'nin üzerine çıktığında oluşmaya başlar. Su yüzeyinde önce küçük pürüzlükler (kapiler dalga – yüzey kırışıklığı) oluşur. Bu dalgaların boyları 5 – 10 cm, yükseklikleri 1 – 2 cm kadardır. Rüzgarın şiddeti ve esme süresi arttıkça bunların yükseklikleri, boyları ve periyodları artar ve diklikleri azalır. Bu oluşumda rüzgar hızı, rüzgarın esme süresi, rüzgarın deniz üzerinde katettiği mesafe (feç mesafesi) su derinliği etkilidir.

Eğer rüzgar yeterince uzun ve kesintisiz eserse, dalgalar olabilecekleri kadar büyürler ve tam gelişmiş deniz koşulları oluşur. Gerçekte açık denizde oluşan rüzgar dalgaları istatistiksel olarak rastgele değişkenlerdir ve olasılık teorileri uygulanarak incelenebilirler.

Dalga gelişim bölgesi dışına çıkınca veya rüzgar kesilince dalga yoluna devam eder. Bu tip dalgalara "swell" adı verilir. Bunlar daha düzenli ve daha uzun periyodlu dalgalardır. Dalga derin suda ilerlerken krette rüzgar dolayısıyla köpüklenme olur ve bu bir miktar enerjinin harcanmasına yol açar.

Sığ bölgelere yaklaşırken su derinliğinin dalga boyunun yarısından daha küçük olduğu bölgelerde dalga deniz tabanının etkisini hissetmeye başlar. Dalga sığ su etkisi ile yavaşlar. Dalga boyu kısalır ve dikliği artar. Bu olaya sığlaşma adı verilir.

Sığ sularda dalganın ilerlemesi sırasında enerji harcanmasında esas faktör taban sürtünmesidir. İç viskoz harcanma o kadar büyük değildir. Taban sürtünmesinin yanında ihmal edilebilir niteliktedir. Geçirimli tabanda sızma kaybı da oluşur. Ancak bu da ihmal edilebilir niteliktedir.

Gelen bir dalga kıyıdan taban batimetrisi nedeniyle gidiş yönünde sapma yapar. Buna dalga sapması adı verilir. Bunun nedeni ise dalga yavaşladığında dalga cephesinin taban çizgilerine daha paralel hale gelmesidir. Akıntı dolayısıyla da sapma meydana gelebilir. Dalga herhangi bir yapıyla karşılaştığında bunun arkasına bir kısmı gider. Buna dalganın dönmesi adı verilir. Eğer bir yapı veya dalgayı engelleyici herhangi birşey enerjiyi harcamıyorsa geri yansıtır. Buna dalga yansıması adı verilir.

1.3 Düzensiz Dalgalar

Açık denizlerde rüzgar etkisi ile oluşan dalgalar gözönüne alındığında bunların büyükten küçüğe, çeşitli yönlerde birbiri üzerine eklenmiş dalgalardan oluştuğu görülmektedir. Deniz yüzeyi zaman ve yer olarak çok düzensiz ve tekrarlanmayan

büyüklüklerden oluşmaktadır. Rüzgardan deniz yüzeyine geçen enerji yer ve yön olarak farklılık gösterdiğinden ana dalga enerjisi rüzgar yönünde ilerlemekle birlikte dalgaların yönleri ve yükseklikleri değişken haldedir. Bu oluşuma düzensiz dalgalar adı verilmektedir.

Düzensiz dalgaların oluşumu çok karmaşık yapıdadır ve bunların özelliklerini teker teker dalgaları inceleyerek elde etmek zordur. Bu nedenle istatistiksel yaklaşımla ele alınmaları gerekmektedir. Bununla beraber dalga özelliklerinin örneğin dalga yüksekliğinin tanımlanabilmesi için zaman, frekans ve olasılık bazlarında ele alınması gerekir. Bu ise düşünülenden daha zor bir çalışmayı gerektirir. Açık deniz dalga tahmini çalışmaları ilk olarak 2. dünya savaşı sırasında Sverdrup tarafından başlatılmış ve daha sonra Bretschneider [1964] tarafından geliştirilmiştir. Bu çalışmalardan sonra açık deniz dalgalarının spektral boyutta tanımı çalışmaları Neumann ve Pierson tarafından başlatılmıştır.

Açık deniz dalgalarının normal dağıldığı varsayımıyla belirgin dalga yüksekliği gibi tanımlarsa ilk olarak Longuet Higgins [1975] tarafından gerçekleştirilmiştir. Düzensiz dalgaların tanımlanması ile ilgili olarak günümüze kadar geniş çalışmalar yapılmakla birlikte bu çalışmalar oldukça yenidir ve yarım asırlık bir geçmişe sahiptir.

2. RÜZGAR DALGALARININ TAHMİNİ

Rüzgar dalgalarının tahmini için kullanılan modeller genel olarak iki gruba ayrılırlar. İlk grup, belirgin dalga yüksekliği veya herhangi bir başka dalga parametresi baz alınarak hazırlanan ampirik modellerdir; bu grubun en çok kullanılan örneği SMB modelidir (CERC, 1984). İkinci grup ise, dalga gelişiminin fiziksel tanımlamasını da içeren spektral modellerdir. Aşağıdaki paragraflarda burada anılan ikinci grup daha detaylı incelenecektir.

Spektral rüzgar dalgası modelleri birkaç farklı biçimde sınıflandırılabilirler. Her dalga bileşeninin diğer bileşenlerden bağımsız olarak oluşturulduğu modeller "*decoupled models-bağımsız model"* olarak adlandırılırlar; aksi takdirde modeller *"coupled models - bağımlı model"* olarak gruplandırılırlar. Bağımsız dalga bileşenlerinin her birinin gelişimini ayrı ayrı izleyen modeller bağımsız spektral model olarak adlandırılır *(discrete)* ve tipik olarak, birkaç yüz mertebesinde bileşen içerirler. Burada her bileşen, rüzgar etkisi altında ayarlanması gereken dalga serbestlik dereceleri olmaktadır. Sınırlı sayıda karakteristik spektral parametrenin gelişimine göre tasarlanan modeller parametrik modeller olarak adlandırılırlar. Bu tip modellerde az sayıda (genellikle 1 ila 6) serbestlik derecesi parametresi mevcuttur. Bu tip modeller sadece rüzgarlı deniz için kullanılmaya elverişli olup, *swell* oluşumu gibi rüzgar etkisi ile pek ilgisi bulunmayan dalga oluşumları için *decoupled discrete* dalga modellerinin kullanılması gerekmektedir. Rüzgar dalgaları için bir parametrik model ile *swell* için kullanılan *decoupled discrete* modelleri birleştiren modeller hibrid modeller olarak adlandırılırlar. [Abdalla S. 1986]

2.1 İlk Nesil Modeller

1960'lı yıllarda geliştirilmeye başlanan ilk modeller, genellikle *decoupled discrete* tip modellerdir. Bu modeller, her bağımsız dalga bileşeninin diğer dalga bileşenlerinden bağımsız oluştuğu ve geliştiği kabulüyle hazırlanmışlardır. Genellikle, dalga bileşeninin rüzgar etkisi altında denge durumuna ulaşmasına kadar büyümesi ve denge durumuna ulaşmasını müteakip [genellikle Phillips'in 5. mertebe teorisine göre veya 4. mertebe teorisine göre] rüzgar girişi kapatılmakta idi. Bu nedenle, bu tip modeller yüksek frekanslı (kısa dalga) dalga bileşenlerinin oluşumunu engellemekte ve dalga bileşenlerini f^{-5} veya f^{-4} ile orantılı bir dağılım izlemek zorunda

bırakmaktadırlar. Bu nedenle, uygulamada, sadece düşük frekanslı dalga bileşenlerinin modellenmesi mümkün olabilmektedir.

Bu tip modellerde *overshoot* etkisi gösterilememekle beraber, en zayıf noktalarından biri de, nonlinear dalga etkileşimlerinin çok zayıf olarak elde edilebilmesidir. Pek çok ilk nesil model bu etkiyi komple ihmal etmekte, kalanların da pek azı, bu prosesi içeren kaba bir parametrizasyonu haizdirler.Bu tip bir parametrizasyon genellikle nonlinear enerji transferi oranlarını (S_{nl}) üretmekte, bunlar ise gerçek değerlerden bir mertebe daha küçük olarak elde edilebilmektedir. Bu problemin çözülebilmesi için modellere fiziksel olarak geçerli olmayan dalga üretimi mekanizmaları eklenmiştir. Bu ilavelerle nonlineer etkileşimlerin dalga bileşenleri üzerindeki genel etkisi modellere eklenmiş, çünkü katılımlar, verilerin elde edilmesinde ayıklanmamıştır. Bu nedenle, rüzgar zorlamasından kaynaklanan enerji girişi oranı S_{in} bu modellerde gerçek değerinden bir mertebe daha yüksektir. Bu tip modellerin ilk tipleri Barnett (1968), Collins (1972) ve Golding (1978) tarafından geliştirilmiştir. Cavaleri ve Rizzoli tarafından (1978-1981) VENICE deneyini de içeren modelleme, Cavaleri ve Bertotti (1985), Uji (1985) ve Abdalla (1986) ve Özhan ve Abdalla (1988) tarafından gerçekleştirilmiştir.

2.2. İkinci Nesil Modeller

Nonlineer dalga etkileşimlerini de dikkate alan ikinci nesil dalga modellerinin gelişimi, Hasselmann et. al. (1973) tarafından gerçekleştirilen JONSWAP deneylerinden sonra gerekli görülmüştür. Bu deney, rüzgar dalgalarının gelişiminde nonlineer etkileşimlerin önemini göstermiştir. Ancak, nonlineer etkileşimlerin modelde açık olarak tanımlanması, hesabın külfeti nedeniyle irdelenmemiştir. Bunun bir sonucu olarak, ikinci nesil modeller, Hasselmann et. al. (1976) tarafından belirtildiği üzere parametrik modeller olarak sınıflandırılmıştır. Bu parametrik modeller rüzgar dalgası alanının bir dalga spektrumu ile tanımlanabileceği ve bu spektrum içindeki serbest değişkenlerin ayarlanabileceği baz alınarak geliştirilmişlerdir. Bu nedenle, sözkonusu modeller, seçilen spektrum altında tanımlanan serbest parametrelerin değişimini izlerler. Nonlineer etkileşimlerin etkisi, kullanılan spektrum biçimi içinde dikkate alınmaktadır.

Genel olarak, dalgalı deniz, aktif olarak gelişen rüzgar dalgaları ve *swell* bileşenlerinin süperpozisyonundan oluşmaktadır. Yukarıda verilen parametrik

yaklaşımla *swell* bileşenleri tanımlanamamaktadır. *Swell* bileşenlerinin kendi aralarındaki etkileşimleri ihmal edilebilir mertebededir (Hasselmann, 1963). Bu nedenle, *decoupled discrete* modeller, *swell* bileşenlerinin gelişimini izlemek için yeterli olmaktadırlar. Bu gruba dair önemli örnekler, NORSWAM modeli (Günther et. al., 1978-1979), Weare ve Worthington (1985), GONO modeli (Janssen et. al., 1984) ve de Voogt et. al. (1985), NOWAMO modeli (Gudda, 1985) ve TOHOKU modelidir (Toba et. al., 1985).

Pek çok durumda hibrid modelleri başarılı olarak uygulanmıştır (Ewing et. al., 1979; Janssen et. al., 1984). Ancak, bu modellerin *swell* bileşenlerinin aktif rüzgar dalgalarından ayrılamamasını sağlayacak bir etki altında kullanılması ciddi bir sorun oluşturmaktadır. Bu durumla genellikle rüzgar hızında görülen ani bir düşme veya rüzgar doğrultusunda görülen ani bir değişme hallerinde karşılaşılmaktadır. *Discrete* spektral modellerde bu zorluk, nonlineer dalga-dalga etkileşimin beli bir yeterlilikte üretilebilmesi ile aşılmıştır.

Nonlineer dalga-dalga etkileşimi, sınırlı sayıda entegre spektral parametre kullanılarak parametrize edilmiştir. Bu parametrizasyon için bir araştırma Hasselmann tarafından verilmiştir (1985). Parametrizasyonun geliştirilmesi için, sözkonusu etkileşim için yapılan sınırlı miktarda kesin hesap dikkate alınmıştır (Hasselmann et. al., 1981, Allender et. al., 1985). Bu nedenle, sözkonusu parametrizasyon, araştırmacıların kullandıkları spektruma benzer spektrumlar için nonlineer etkileşimleri yeterli prezisyonla ortaya koyabilmektedir. Daha değişik spektrumlar kullanılması durumunda prezisyon mertebesi tahmin edilememektedir (Hasselmann et al., 1985).

Discrete spektral tanımlamanın parametrize edilmiş nonlineer etkileşimlerle kullanılması *coupled discrete* modelleri oluşturmuştur. Bu modellerin en önemli yetersizliği, nonlineer dalga-dalga etkileşimi için hesapta dikkate alınan parametrelerin sınırlı sayıda olmasıdır. Bu parametreler, genellikle spektruma entegre halde oldukları için, spektrum içindeki yerel instabilitelere karşı bir etki göstermemektedirler. Bu problemin çözümü için uygulamada kullanılan en yaygın yöntem, spektrum formunun stabilitesini sağlayacak bazı kısıtlamalar getirmektir. Bunun bir yolu, hesaplanan *swell* bileşenlerini ayırdıktan sonra kalan spektrumu aynı toplam enerjiyi, pik frekansını ve diğer spektral parametreleri haiz bir ana spektruma (genellikle JONSWAP) dönüştürmektir. Bu tip dalga modellerinin en sık rastlanan

örnekleri, BMO modeli (Golding, 1985), SAIL modeli (Greenwood et al., 1985) ve DNS modelidir (Allender et al., 1985)

2.3 Üçüncü Nesil Modeller

İlk iki nesil modeller arasında yapılan geniş kapsamlı bir karşılaştırma neticesinde Sea Wave Modelling Project (SWAMP) adı altında yapılan araştırmalar SWAMP Grubu tarafından rapor haline getirilmiştir (1985). En basit *swell* ilerlemesi halinden en komplike fırtına durumuna kadar yedi farklı durum bu araştırmada incelemeye alınmıştır. Araştırma sonucunda, ilk ve ikinci nesil modellerin bazı aşamalardaki yetersizlikleri ve yapılması gereken iyileştirmeler ortaya konulmuştur. Bu sayede, üçüncü nesil modellerin spektral formda bir kısıtlamaya gidilmeden en iyi yeterlilik ile bütün fiziksel oluşumu ortaya koyabilecek biçimde geliştirilmesi mümkün olmuştur.

Spektral formda uygulanan kısıtlamaların kaldırılabilmesi için ilk adım, nonlineer dalga-dalga etkileşimlerinin daha kullanışlı bir biçimde parametrize edilmesi olmuştur. Bu parametrizasyonun geniş bir spektrum sayısı için geçerli ve yeterli prezisyonda olması, ve en önemlisi, kullanılan spektrum ile aynı sayıda serbestlik derecesi içermesi gerekmektedir. Hasselmann et al. (1985) tarafından geliştirilen bağımsız etkileşim ortalaması (*discrete interaction approximation)* metodu istenen her iki özelliğin de elde edilmesini sağlamıştır. İkinci adım, dalga kırılmasının matematiksel bir ifade ile hesaba katılması ile fiziksel prosesin tamamlanmasından ibarettir. Komen et al. tarafından geliştirilen bir parametrizasyon ile dalga kırılması etkisi de hesaba katılabilir hale gelmiştir (1984).

SWAMP araştırmasından ortaya çıkan bir başka oluşum, farklı uluslararası enstitülerden araştırmacılar içeren WAM (Wave modeling group)'ın kurulması ve ilk üçüncü nesil model olan WAM modelinin inşasıdır (WAMDI Group, 1988).

2.4 Sonlu Derinlik Modelleri

Kıyı mühendisliği açısından, kıyı alanlarında dalga tahmini büyük önem taşımaktadır. Gerek taban etkileri, gerekse dalgalararası etkileşim nedeniyle kıyı yakınlarında rüzgar dalgalarının özelliklerinin tatminkar bir biçimde parametrikleştirilmesi mümkün olmamıştır. Burada kastedilen dalgalararası

etkileşim, rüzgar-dalga arası enerji transferini, nonlineer dalga-dalga etkileşimini, dalga kırılmasını ve dalga ilerlemesini modifiye etmektedir. Taban sürtünmesi, sığlaşma ve yansıma gibi ilave bazı prosesler kıyı yakınlarında dalga mekanizmasını iyice kompleks hale getirmektedirler.

Teorik ve deneysel dalga deneyleri her zaman derin deniz dalgaları için tatbik edilmiştir. Bununla beraber, dalga kırılması ve nonlineer dalga-dalga etkileşimi de derin deniz için parametrize edilmiş haldedirler. Bu parametrizasyonun sığ su dalgalarına uyarlanabilirliği belirlilik taşımamaktadır. Kitaigorodskii et al. (1975) tarafından, mevcut parametrizasyonun dalga sayısı alanında yazılmak suretiyle kıyı yakınlarında da uygulanabileceğini öne sürmüşlerdir.Hasselmann ve Collins (1968) taban sürtünmesi yoluyla enerji kaybını hesaplamak için bir algoritma geliştirmişlerdir. Hsiao ve Shemdin (1978) ve Shemdin et al. (1978-1980), sığ sulardaki bazı enerji kaybı mekanizmalarını açıklamışlardır.

Sığ sularda dalgaların ilerlemesinin nümerik olarak simüle edilmesinde kullanılacak metodun dikkatli seçilmesi gerekir. Genellikle ışın yöntemi bu amaçla kullanılmaktadır (Collins, 1972; Cavaleri ve Rizzoli, 1978-1981 ve Abdalla, 1986). Birinci nesil decoupled modeller için bu yaklaşım basit ve etkili bir prosedüre sahip olmakla beraber, doğrudan *coupled* modeller için kullanılması sözkonusu değildir. Özhan ve Abdalla tarafından basamaklı ışın tekniği olarak isimlendirdikleri teknik geliştirilmiş (1988) ve *coupled* modeller için de yukarıda açıklanan tekniğin uygulanabilirliği sağlanmıştır.

Sonlu derinlikte kullanılan ilk nesil modellere örnek olarak Collins (1972) ve Golding (1978) modelleri, Cavaleri ve Rizzoli tarafından geliştirilen VENICE modeli (1978-1981), METU modeli (Özhan ve Abdalla, 1988). Janssen et. al'ın GONO modeli (1984) ve Graber ve Madsen modeli (1988), ikinci nesil sığ su modellerine örneklerdir (*coupled hybrid models)*. Üçüncü nesil WAM modeli aslen derin su için tasarlanmış olmasına rağmen, bazı sığ su etkilerini kapsayacak biçimde modifiye edilmiştir. Dalga kırılması ve yüksek frekanslı kuyruk bağıntısı dalga frekansı yerine dalga sayısı parametresi kullanılarak yeniden yazılmıştır. Nonlineer dalga-dalga etkileşimi terimi bir katsayı ile çarpılarak sonlu derinliğe uyarlanmıştır. Son olarak, batimetriye bağlı olarak taban sürtünmesi ile enerji kaybı ve yansımayı hesaba katacak ilave terimler eklenmiştir.

2.5 Dalgaların Tahmininde Basitleştirilmiş Metod

Birçok kıyı mühendisliği çalışmasında zaman ve finans yetersizliği ile dalga kayıtlarının eksikliği dolayısıyla dalga tahminlerinin basit metodlarla yapılıp dalga yükseklikleri ve periyodlarının bulunması arzu edilir. Aşağıdaki yöntem güvenilir olarak feç uzunluğunun 120 Km. den az olduğu yerlerde kullanılabilir.
Gelişmekte olan deniz durumu için dalga yüksekliği, periyodu ve esme süresi aşağıdaki ifadelerde verilebilir.

$H_S = 1.616 * 10^{-2} * U_A * F^{1/2}$
$T_S = 6.238 * 10^{-2} * (U_A * F)^{1/3}$
$t = 8.93 * 10^{-3} * (F^2 / U_A)^{1/3}$

3. YÖNTEM

3.1 Veri Madenciliği

Veri madenciliği, eldeki verilerden üstü kapalı, çok net olmayan, önceden bilinmeyen ancak potansiyel olarak kullanışlı bilginin çıkarılmasıdır. Bu da; kümeleme, veri özetleme, değişikliklerin analizi, sapmaların tespiti gibi belirli sayıda teknik yaklaşımları içerir. Başka bir deyişle, veri madenciliği, verilerin içerisindeki desenlerin, ilişkilerin, değişimlerin, düzensizliklerin, kuralların ve istatistiksel olarak önemli olan yapıların yarı otomatik olarak keşfedilmesidir. Temel olarak veri madenciliği, veri setleri arasındaki desenlerin ya da düzenin, verinin analizi ve yazılım tekniklerinin kullanılması ile ilgilidir. Veriler arasındaki ilişkiyi, kuralları ve özellikleri belirlemekten bilgisayar sorumludur. Amaç, daha önceden fark edilmemiş veri desenlerini tespit edebilmektir. Veri madenciliğini istatistiksel bir yöntemler serisi olarak görmek mümkün olabilir. Ancak veri madenciliği, geleneksel istatistikten birkaç yönde farklılık gösterir. Veri madenciliğinde amaç, kolaylıkla mantıksal kurallara ya da görsel sunumlara çevrilebilecek nitel modellerin çıkarılmasıdır. Geleceğin, en azından yakın geleceğin, geçmişten çok fazla farklı olmayacağını varsayarsak geçmiş veriden çıkarılmış olan kurallar gelecekte de geçerli olacak ve ilerisi için doğru tahmin yapmamızı sağlayacaktır.

3.1.1 Karar Ağaçları

Karar ağaçları yöntemi en güçlü ve en yaygın sınıflandırma ve öngörü araçlarından birisidir. Ağaç yapılarının sık kullanılmasının nedeni ise diğer yöntemlerin tersine ağaç yapılarının kuralları ifade edebilmesinden kaynaklanmaktadır. Kurallar insanların okuyup anlayabileceği herhangi bir dile çevrilebileceği gibi, bir veritabanında belirli bir kategoriye düşen kayıtların getirilmesi için bir sql cümleciği haline de getirilebilir.

Bazı uygulamalarda, sınıflandırmanın ya da öngörünün doğruluğu, önemli olan tek şeydir, örneğin doğrudan posta ilanları ile iş yapan bir firma, hangi müşterilerin kendilerine gönderilen ilanlara olumlu yanıt vereceğini öngören bir model sahibi olduğunda bu modelin nasıl veya neden çalıştığını sorgulamaz. North Illionis

üniversitesi tarafından geliştirilen bir modelde ise hem yapay sinir ağları hem de karar ağaçları bir arada kullanılmıştır (C.5). [Maimon 2005]

Sık oynanan bazı oyunlarda olduğu gibi karar ağaçları da bir dizi soru sorup bunları cevapları doğrultusunda hareket ederek en kısa sürede sonuca gider. Karar ağaçları sorduğu bir soruya gelen cevap ile soracağı diğer soruyu belirler. Eğer sorular iyi seçilmiş olursa yeni gelen bir kaydın sınıflandırılması işlemi, en az sayıda soru sorarak gerçeklenebilir.

3.1.1.1 Karar Ağaçları Sınıflandırma Algoritmaları

C 4.5

Entropi prensibine göre karar ağacı oluşturan bir algoritmadır.

Entropi Prensibi:

$$\text{Kazanç}(A) = I(p,n) - E(A) \qquad (1)$$

$$I(p,n) = -\frac{p}{p+n}\log_2\frac{p}{p+n} - \frac{n}{p+n}\log_2\frac{n}{p+n} \qquad (2)$$

$$E(A) = \sum_{i=1}^{v}\frac{p_i + n_i}{p + n} I(p_i, n_i) \qquad (3)$$

P: pozitif N=negatif

Her bir nitelik maksimum entropi verecek şekilde kökten yaprağa kadar sıralanarak karar ağacı oluşturulur.

Tablo 1: Karar Ağaçlarına Örnek Uygulama

İsim	Saç Rengi	Boy	Losyon	Sonuç
Sarah	Sarı	Orta	Evet	Yanık
Dana	Sarı	Uzun	Evet	Değil
Alex	Sarı	Kısa	Evet	Değil
Annie	Sarı	Kısa	Hayır	Yanılk
Emily	Kırmızı	Orta	Hayır	Yanık
Pete	Kahverengi	Uzun	Hayır	Değil
John	Kahverengi	Orta	Hayır	Değil
Katie	Sarı	Kısa	Evet	Değil

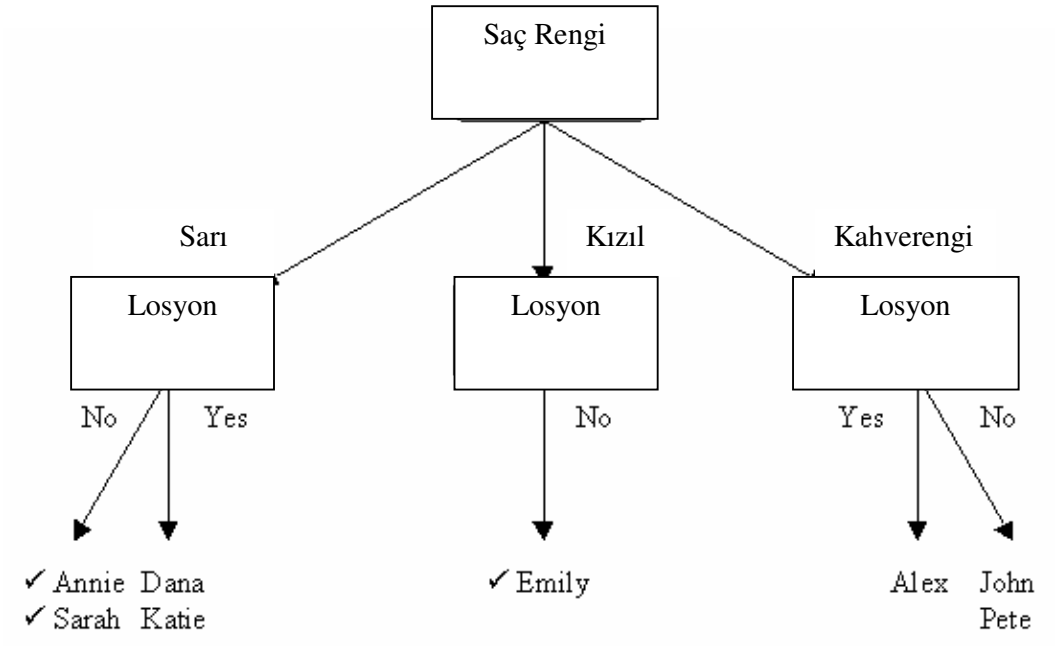
(p=pozitif n=negatif)

$$\text{Kazanç(Saç Rengi)} = 0.9544 - \left(\frac{1}{8}*\left(-\frac{1}{1}\log_2\frac{1}{1} - \frac{0}{1}\log_2\frac{0}{1}\right) + \frac{3}{8}*\left(-\frac{0}{3}\log_2\frac{0}{3} - \frac{3}{3}\log_2\frac{3}{3}\right)\right.$$
$$\left. + \frac{4}{8}*\left(-\frac{2}{4}\log_2\frac{2}{4} - \frac{2}{4}\log_2\frac{2}{4}\right)\right) = 0.9544\text{-}0.5 = \textit{0.4544}$$

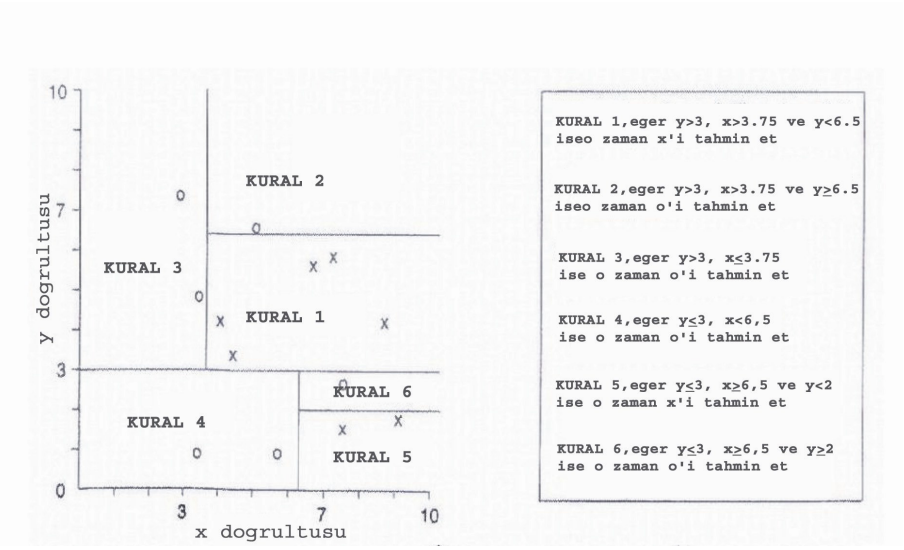
$$\text{Kazanç(Boy)} = 0.9544 - \left(\frac{3}{8}*\left(-\frac{2}{3}\log_2\frac{2}{3} - \frac{1}{3}\log_2\frac{1}{3}\right) + \frac{2}{8}*\left(-\frac{0}{2}\log_2\frac{0}{2} - \frac{2}{2}\log_2\frac{2}{2}\right)\right.$$
$$\left. + \frac{3}{8}*\left(-\frac{1}{3}\log_2\frac{1}{3} - \frac{2}{3}\log_2\frac{2}{3}\right)\right) = 0.9544 - 0.6887 = \textit{0.2657}$$

$$\text{Kazanç (Losyon)} = 0.9544 - \left(\frac{5}{8}*\left(-\frac{3}{5}\log_2\frac{3}{5} - \frac{2}{5}\log_2\frac{2}{5}\right) + \frac{3}{8}*\left(-\frac{0}{3}\log_2\frac{0}{3} - \frac{3}{3}\log_2\frac{3}{3}\right)\right)$$
$$= 0.9544 - 0.5054 = \textit{0.4490}$$

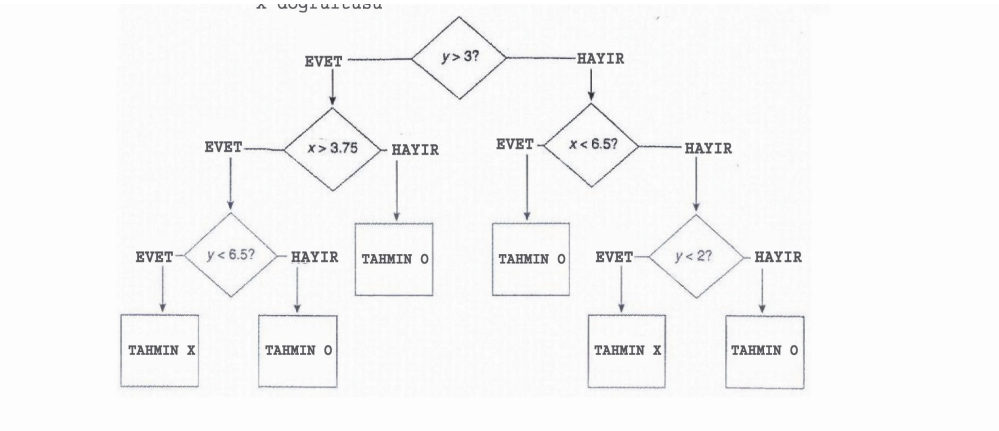
Karar Ağacını Oluştururken En fazla entropiyi verdiği için saç rengini ana düğüm olarak seçmeliyiz. Bundan sonraki her bir seviye için en büyük entropiye sahip değer düğüm değeri olacaktır.



Şekil 1: Karar Ağacı



Şekil 2: Karar Ağaçları Çalışma Prensibi (1)



Şekil 3: Karar Ağaçları Çalışma Prensibi (2)

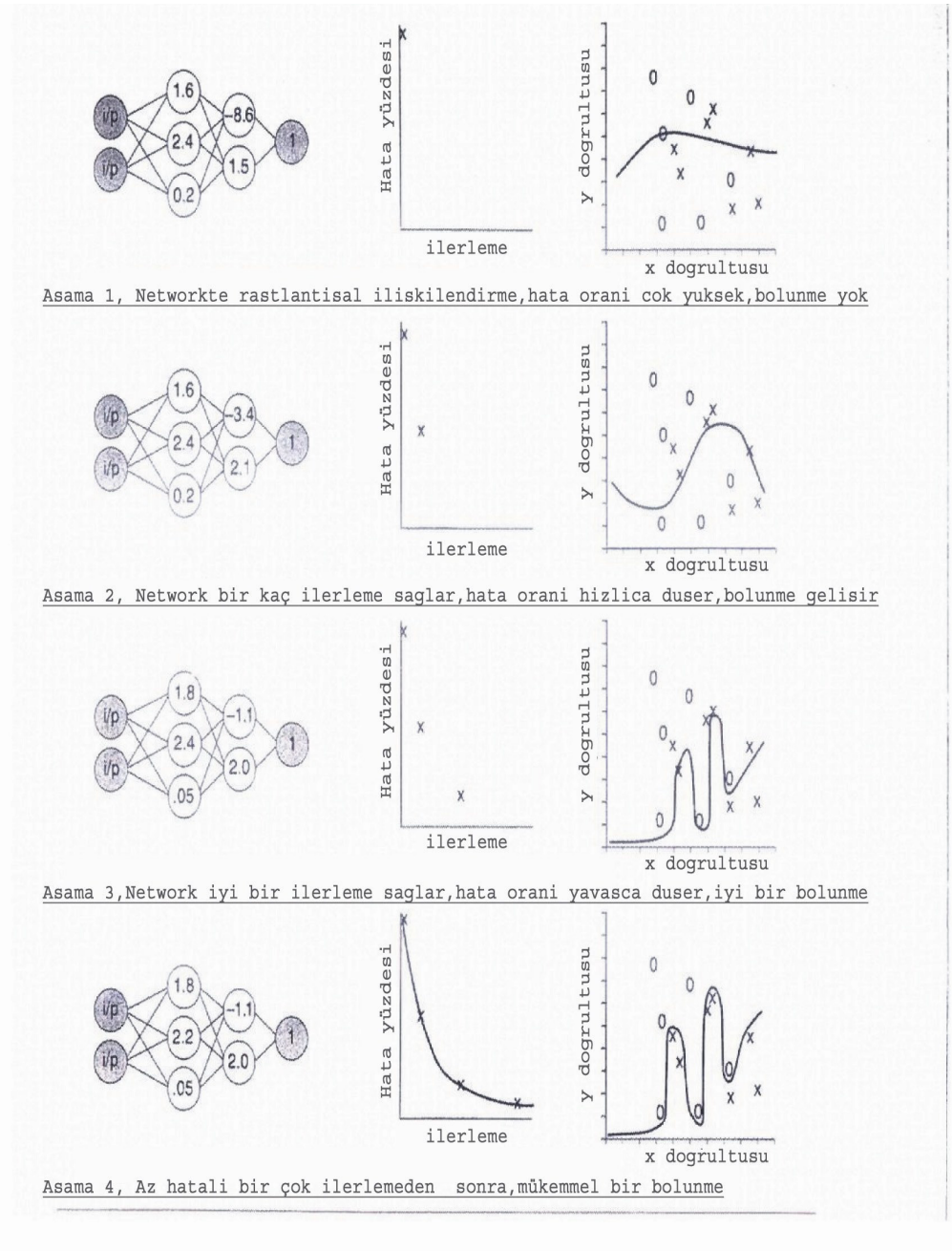
Karar Ağaçları yöntemini, diğer tahmin metodlarından ayıran temel özellik sonuçların 'Eğer → ise → dir' formuna dönüştürülebilmesidir. Örnek üzerinde bir kuralı bu forma dönüştürmek istersek;

"*Eğer* saç rengi sarı, losyon kullanmamış *ise* güneş yanığı var*dır*. "

Formunda karar ağacını okunabilir cümleler haline getirebiliriz.

3.1.2 Yapay Sinir Ağları

1980'lerden sonra yaygınlaşan yapay sinir ağlarında amaç fonksiyon birbirine bağlı basit işlemci ünitelerinden oluşan bir ağ üzerine dağıtılmıştır. Yapay sinir ağlarında kullanılan öğrenme algoritmaları veriden üniteler arasındaki bağlantı ağırlıklarını hesaplar. YSA istatistiksel yöntemler gibi veri hakkında parametrik bir model varsaymaz yani uygulama alanı daha geniştir, ve bellek tabanlı yöntemler kadar yüksek işlem ve bellek gerektirmez



Şekil 4: Yapay Sinir Ağlarının Çalışma Prensibi

4. UYGULAMA

4.1 Amaç

Modelde, rüzgar hızı, fırtına [1], dalga periyodu[2], hava sıcaklığı, su sıcaklığı ve atmosferik basınç verileri çeşitli şekillerde manuple edilerek dalga yüksekliği tahmini yapılması amaçlanmıştır.

4.2 Yapılan Kabuller ve Fiziksel Sabitler

4.2.1 Kullanılan Veriseti

Modelde Amerika Birleşik Devletleri Güneydoğu sahilinde 32°18'33"N 75°21'01"W koordinatlarında 3785.6 metre su derinliğine sahip noktada 41002 numaralı şamandrada 1990 – 2005 yılları arasında saatlik olarak toplanan dalga yüksekliği rüzgar hızı, rüzgar yönü, fırtına, ortalama ve baskın dalga periyodu, hava sıcaklığı, su sıcaklığı ve atmosferik basınç verileri kullanılmıştır. Veriseti 119191 satır, 13 sütun ihtiva eder. Bu şamandranın seçilmesinde, dalga oluşumunu etkileyen non-lineer faktörlerden (deprem, akıntı vb.) uzak olması ve veri toplama süresinin uzun olması dikkate alınmıştır. Verisetinde satırlardaki 9, 99, 999, 9999 değerleri, o değerin yanlış ölçüldüğü, dikkate alınmaması gerektiği anlamına gelir.

[1] Gust
[2] Baskın ve ortalama olmak üzere iki formu mevcuttur



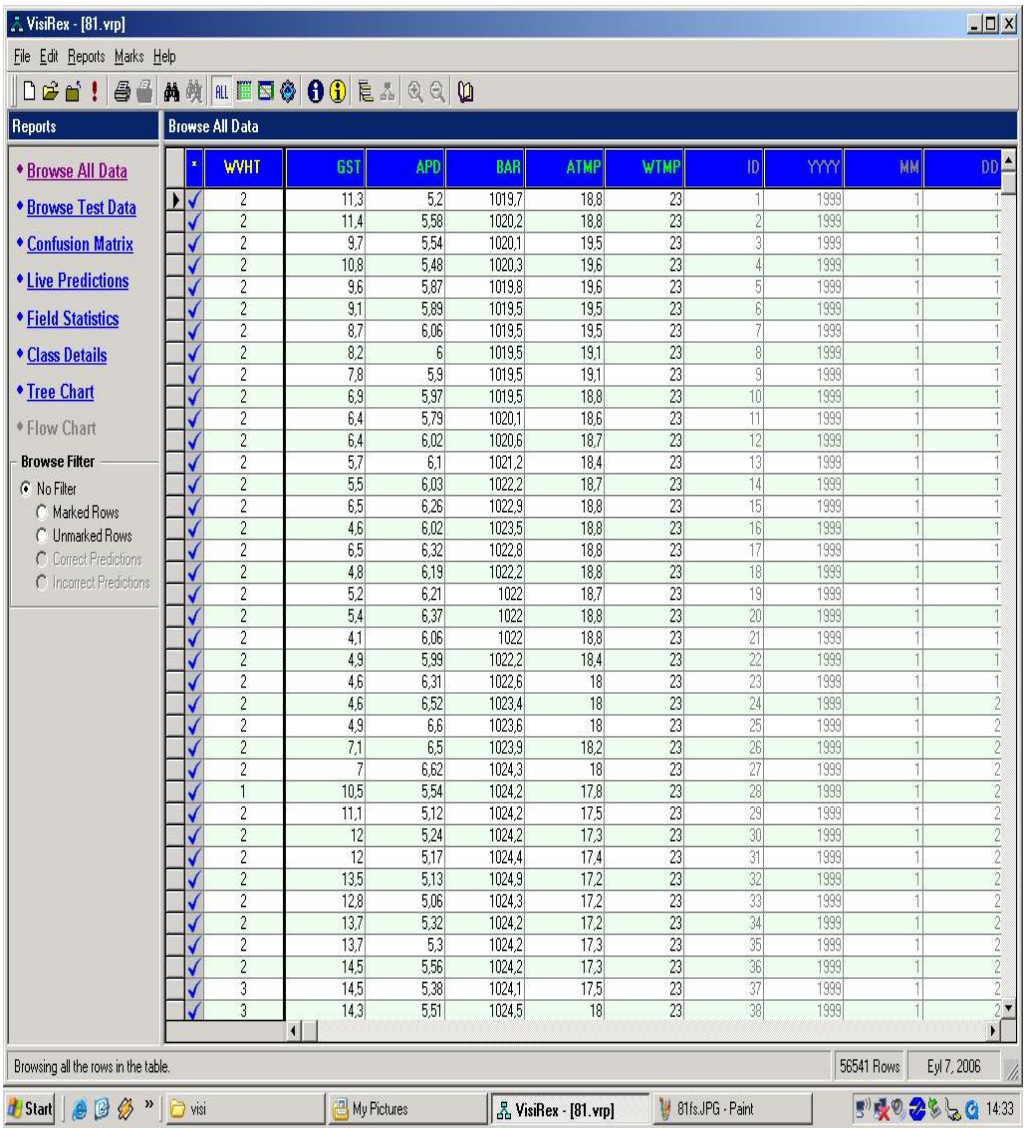
Şekil 5: Verisetinin Toplandığı Şamandra

Tablo 2: Kullanılan verisetinin korelasyon oran tablosu

WSPD			WVHT	
WD	0,0641		WD	0,0704
WSPD	1		WSPD	0,6655
GST	0,9877		GST	0,6995
WVHT	0,6655		WVHT	1
DPD	0,0398		DPD	0,3287
APD	0,0281		APD	0,5642
BAR	0,3167		BAR	0,3402
ATMP	0,229		ATMP	0,3178
WTMP	0,1672		WTMP	0,1804

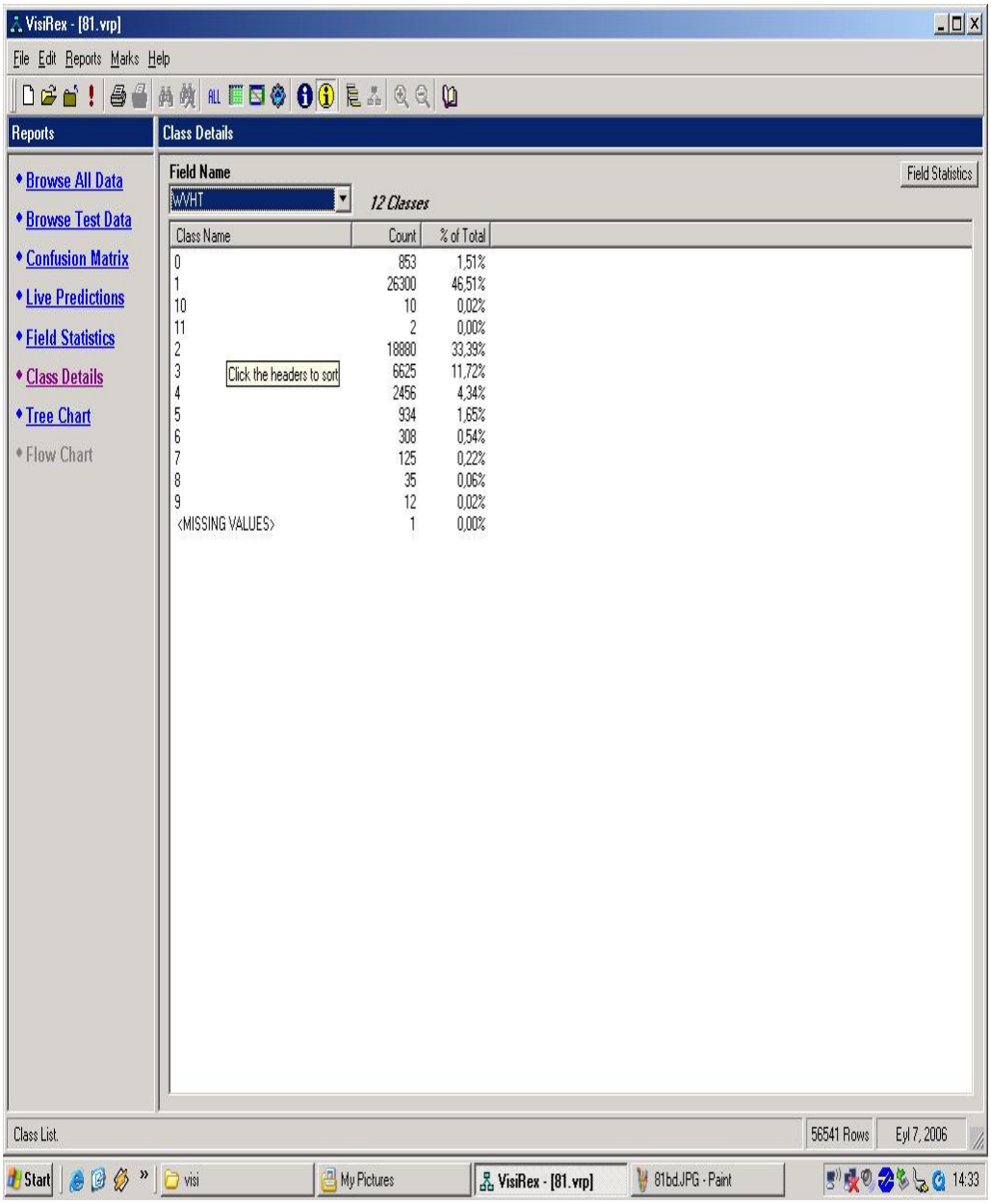
4.2.2.1 Tüm Değişkenleri Kullanarak Dalga Yüksekliğinin Tahmin Edilmesi

Verisetinde mevcut olan fırtına, ortalama dalga periyodu, hava sıcaklığı, su sıcaklığı, atmosferik basınç verileri kullanılarak dalga yüksekliği tahmin edilmiştir. Tahmin, karar ağaçları yöntemi ile %81 güven aralığına, yapay sinir ağları yöntemi ile %89,15 güven aralığına sahiptir. Başka bir deyişle verisetinin tahmin için kullanılan kısmının %81'i karar ağaçları yöntemi ile, %89,15'i yapay sinir ağları yöntemi ile doğru tahmin edilmiştir.

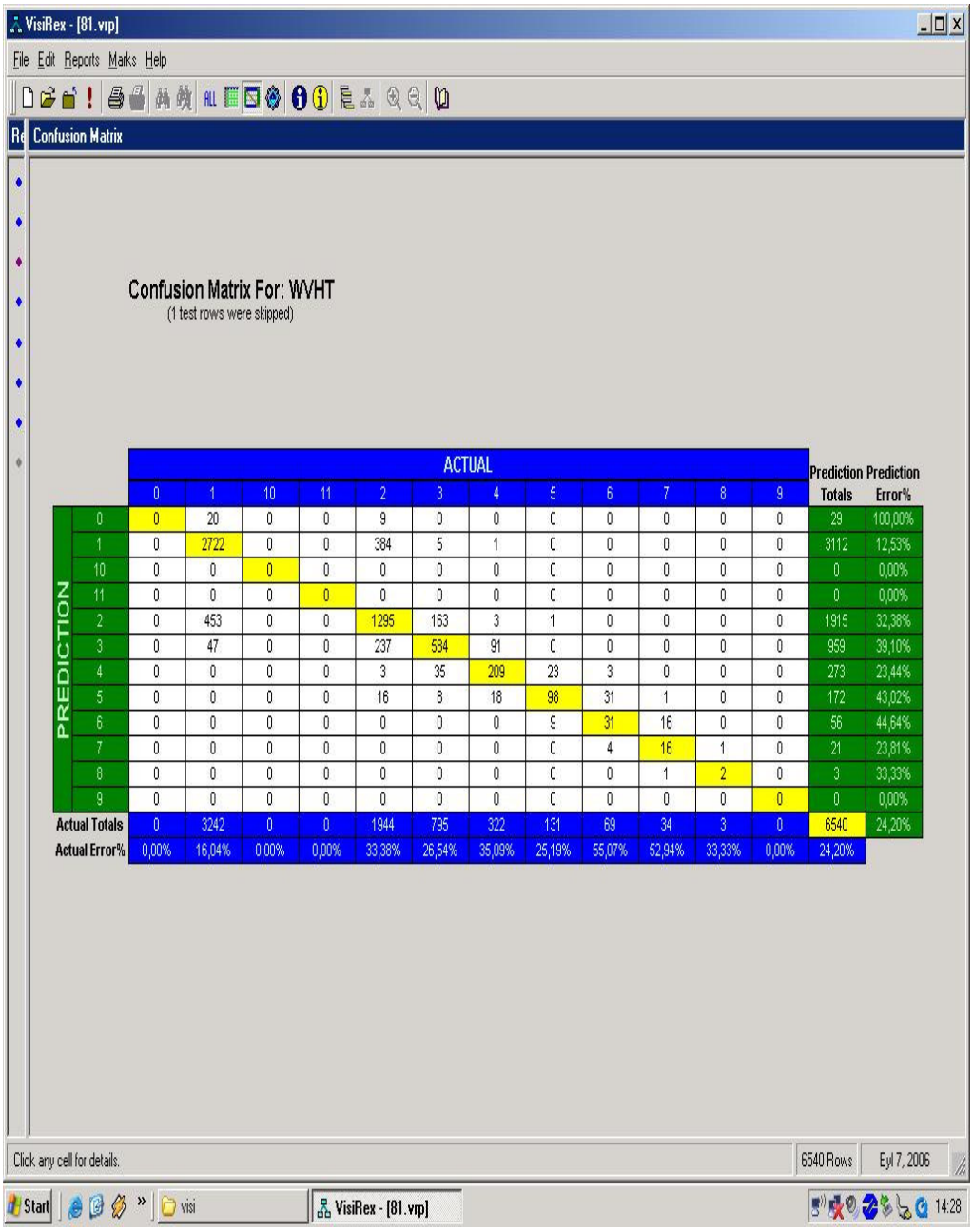


*	WVHT	GST	APD	BAR	ATMP	WTMP	ID	YYYY	MM	DD
✓	2	11,3	5,2	1019,7	18,8	23	1	1999	1	1
✓	2	11,4	5,58	1020,2	18,8	23	2	1999	1	1
✓	2	9,7	5,54	1020,1	19,5	23	3	1999	1	1
✓	2	10,8	5,48	1020,3	19,6	23	4	1999	1	1
✓	2	9,6	5,87	1019,8	19,6	23	5	1999	1	1
✓	2	9,1	5,89	1019,5	19,5	23	6	1999	1	1
✓	2	8,7	6,06	1019,5	19,5	23	7	1999	1	1
✓	2	8,2	6	1019,5	19,1	23	8	1999	1	1
✓	2	7,8	5,9	1019,5	19,1	23	9	1999	1	1
✓	2	6,9	5,97	1019,5	18,8	23	10	1999	1	1
✓	2	6,4	5,79	1020,1	18,6	23	11	1999	1	1
✓	2	6,4	6,02	1020,6	18,7	23	12	1999	1	1
✓	2	5,7	6,1	1021,2	18,4	23	13	1999	1	1
✓	2	5,5	6,03	1022,2	18,7	23	14	1999	1	1
✓	2	6,5	6,26	1022,9	18,8	23	15	1999	1	1
✓	2	4,6	6,02	1023,5	18,8	23	16	1999	1	1
✓	2	6,5	6,32	1022,8	18,8	23	17	1999	1	1
✓	2	4,8	6,19	1022,2	18,8	23	18	1999	1	1
✓	2	5,2	6,21	1022	18,7	23	19	1999	1	1
✓	2	5,4	6,37	1022	18,8	23	20	1999	1	1
✓	2	4,1	6,06	1022	18,8	23	21	1999	1	1
✓	2	4,9	5,99	1022,2	18,4	23	22	1999	1	1
✓	2	4,6	6,31	1022,6	18	23	23	1999	1	1
✓	2	4,6	6,52	1023,4	18	23	24	1999	1	2
✓	2	4,9	6,6	1023,6	18	23	25	1999	1	2
✓	2	7,1	6,5	1023,9	18,2	23	26	1999	1	2
✓	2	7	6,62	1024,3	18	23	27	1999	1	2
✓	1	10,5	5,54	1024,2	17,8	23	28	1999	1	2
✓	2	11,1	5,12	1024,2	17,5	23	29	1999	1	2
✓	2	12	5,24	1024,2	17,3	23	30	1999	1	2
✓	2	12	5,17	1024,4	17,4	23	31	1999	1	2
✓	2	13,5	5,13	1024,9	17,2	23	32	1999	1	2
✓	2	12,8	5,06	1024,3	17,2	23	33	1999	1	2
✓	2	13,7	5,32	1024,2	17,2	23	34	1999	1	2
✓	2	13,7	5,3	1024,2	17,3	23	35	1999	1	2
✓	2	14,5	5,56	1024,2	17,3	23	36	1999	1	2
✓	3	14,5	5,38	1024,1	17,5	23	37	1999	1	2
✓	3	14,3	5,51	1024,5	18	23	38	1999	1	2

Şekil 6: Modelde Kullanılan Veriler (Karar Ağaçları)

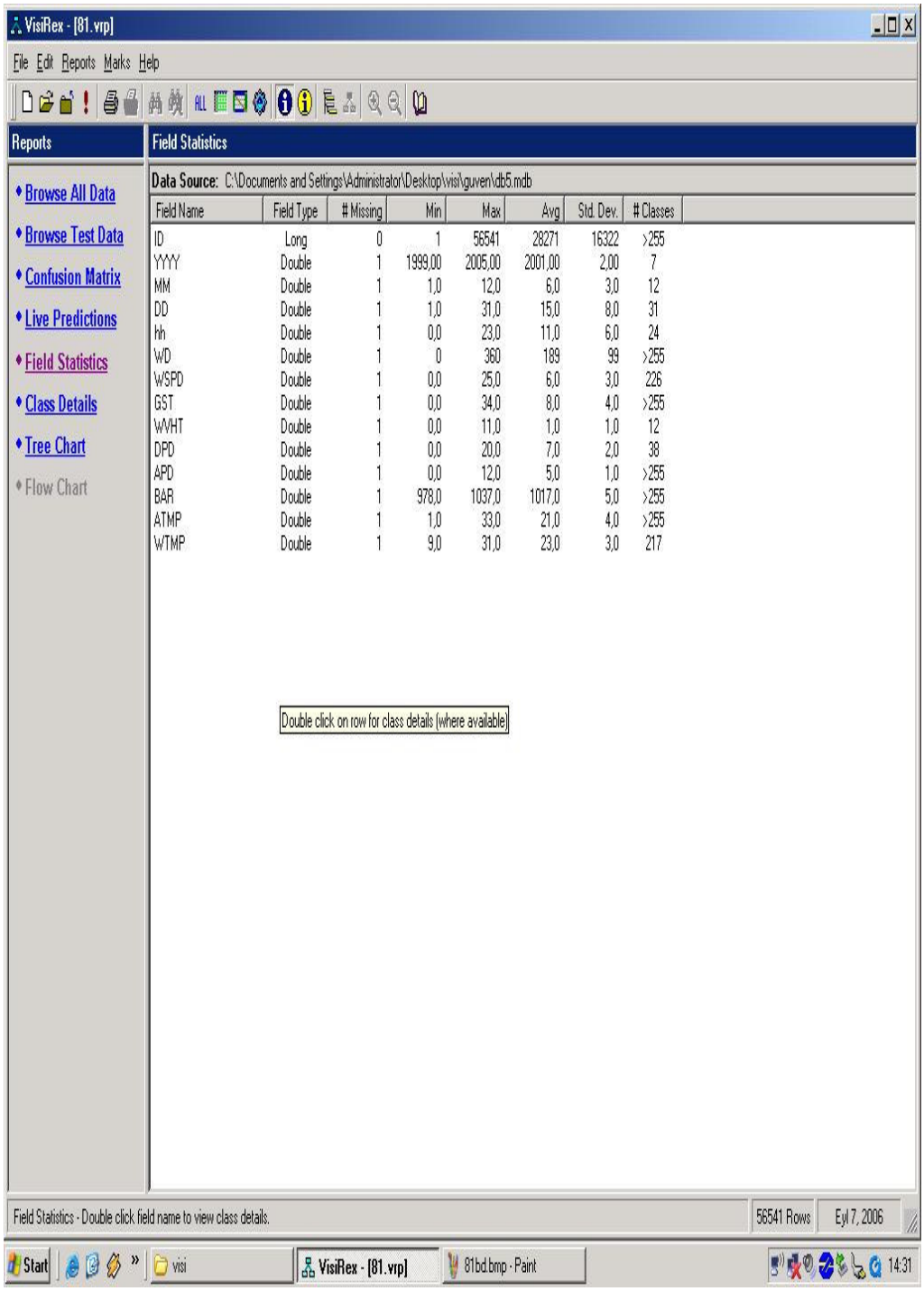


Şekil 7: Dalga Yüksekliği Verisinin Dağılımı (Karar ağaçları)

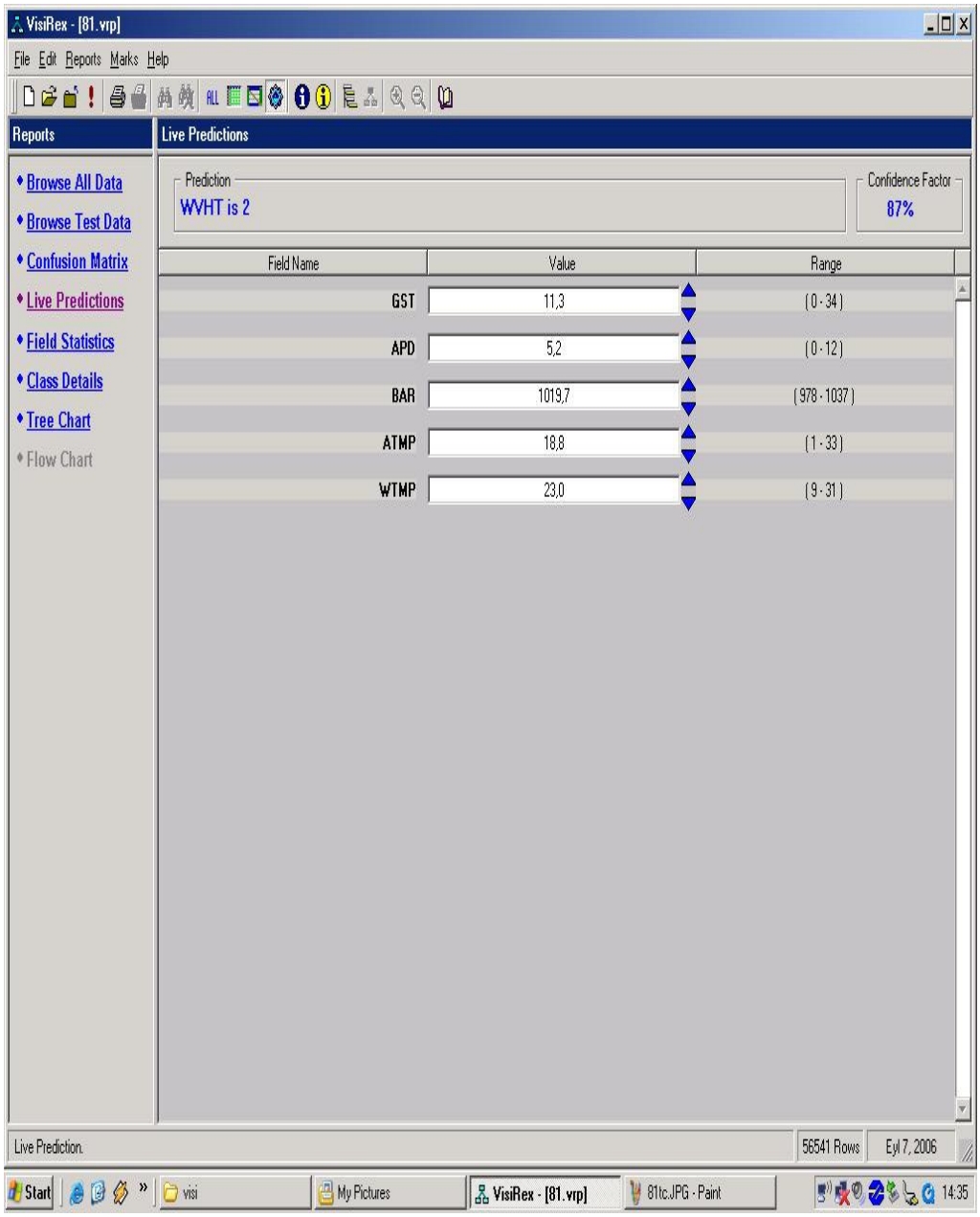


PREDICTION \ ACTUAL	0	1	10	11	2	3	4	5	6	7	8	9	Prediction Totals	Prediction Error%
0	0	20	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	29	100,00%
1	0	2722	0	0	384	5	1	0	0	0	0	0	3112	12,53%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
2	0	453	0	0	1295	163	3	1	0	0	0	0	1915	32,38%
3	0	47	0	0	237	584	91	0	0	0	0	0	959	39,10%
4	0	0	0	0	3	35	209	23	3	0	0	0	273	23,44%
5	0	0	0	0	16	8	18	98	31	1	0	0	172	43,02%
6	0	0	0	0	0	0	0	9	31	16	0	0	56	44,64%
7	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16	1	0	21	23,81%
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	3	33,33%
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
Actual Totals	0	3242	0	0	1944	795	322	131	69	34	3	0	6540	24,20%
Actual Error%	0,00%	16,04%	0,00%	0,00%	33,38%	26,54%	35,09%	25,19%	55,07%	52,94%	33,33%	0,00%	24,20%	

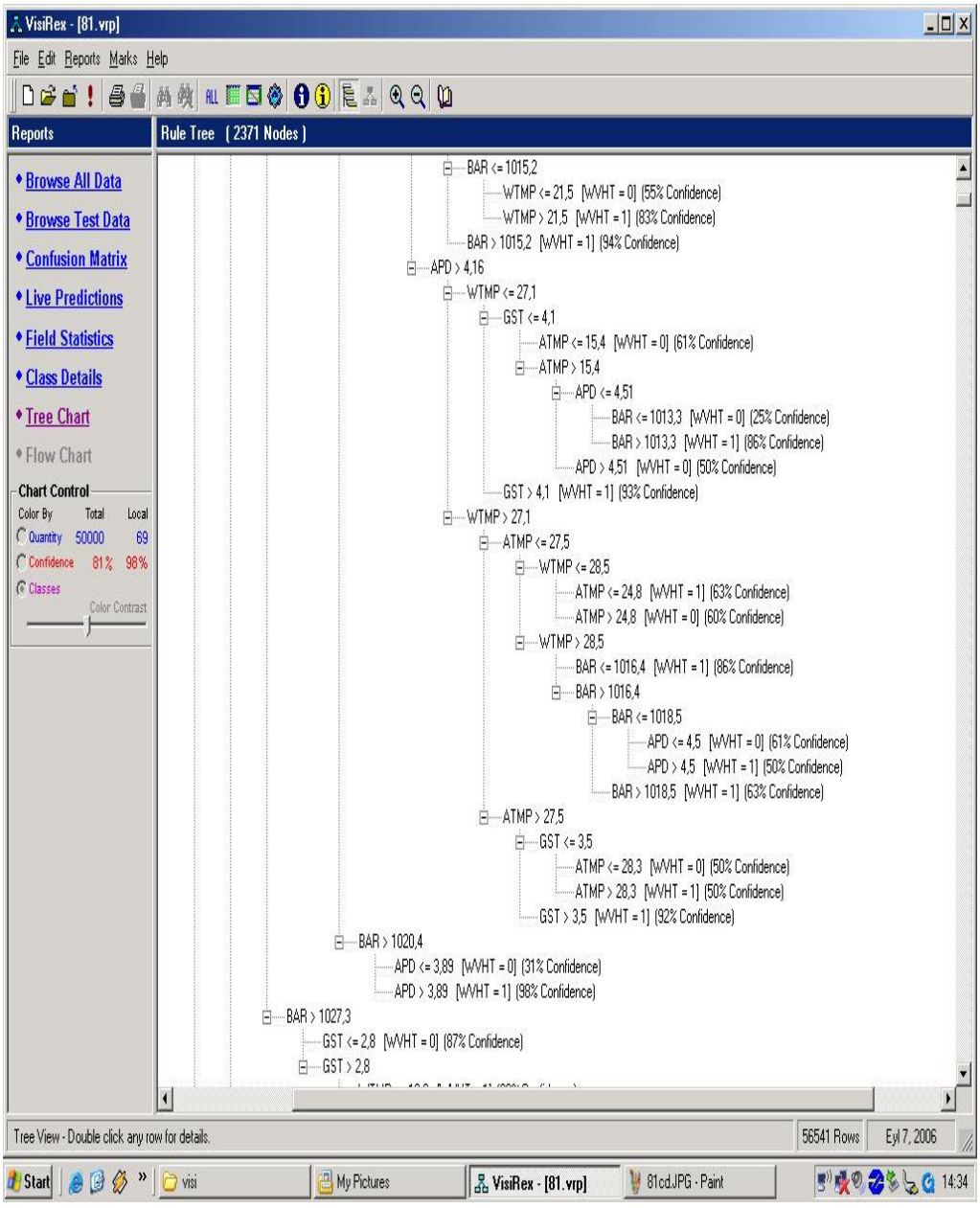
Şekil 8: Karşılaştırma Matrisi (Karar Ağaçları)



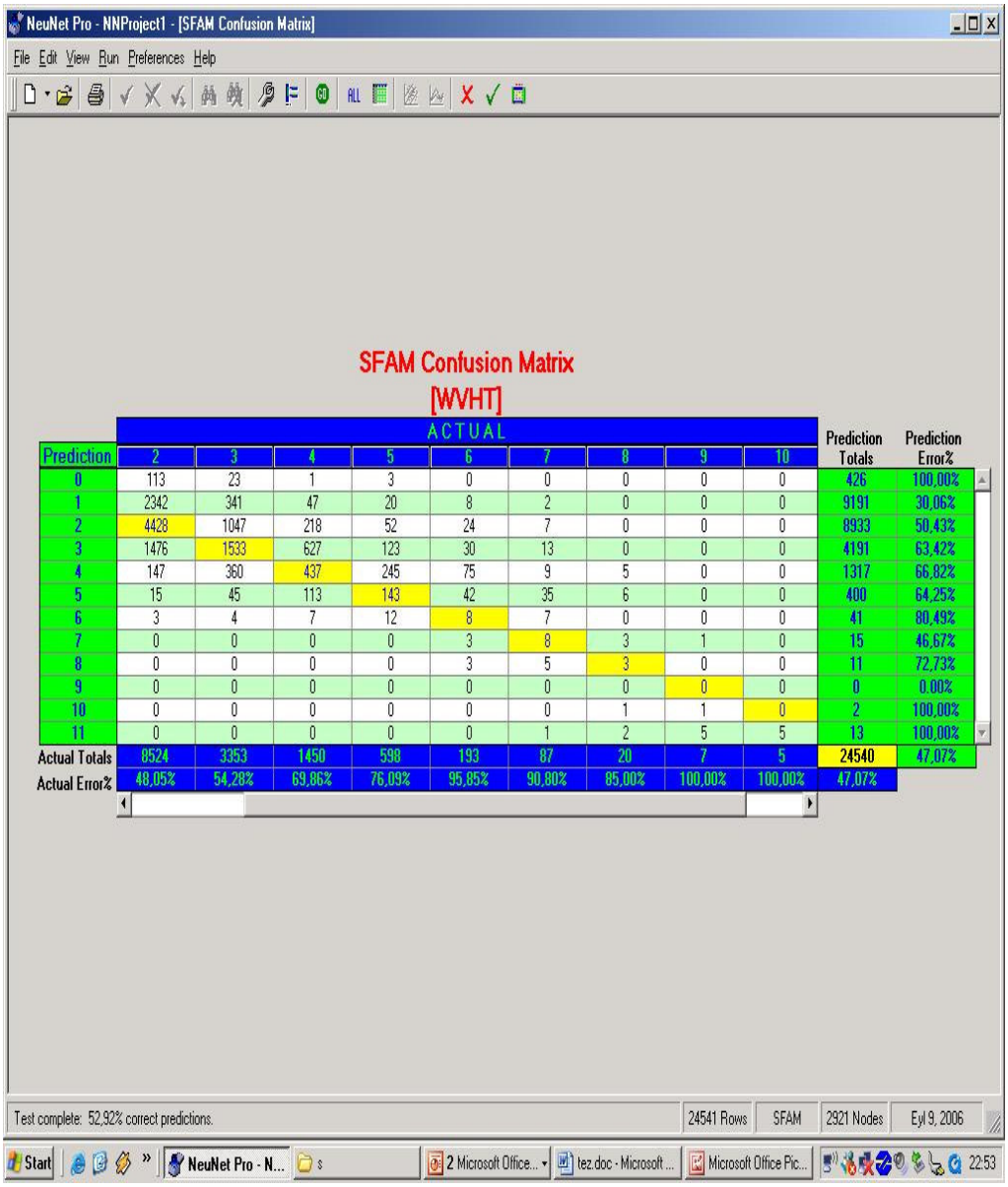
Şekil 9: Kullanılan Verilerin Dağılım Aralıkları (Karar Ağaçları)



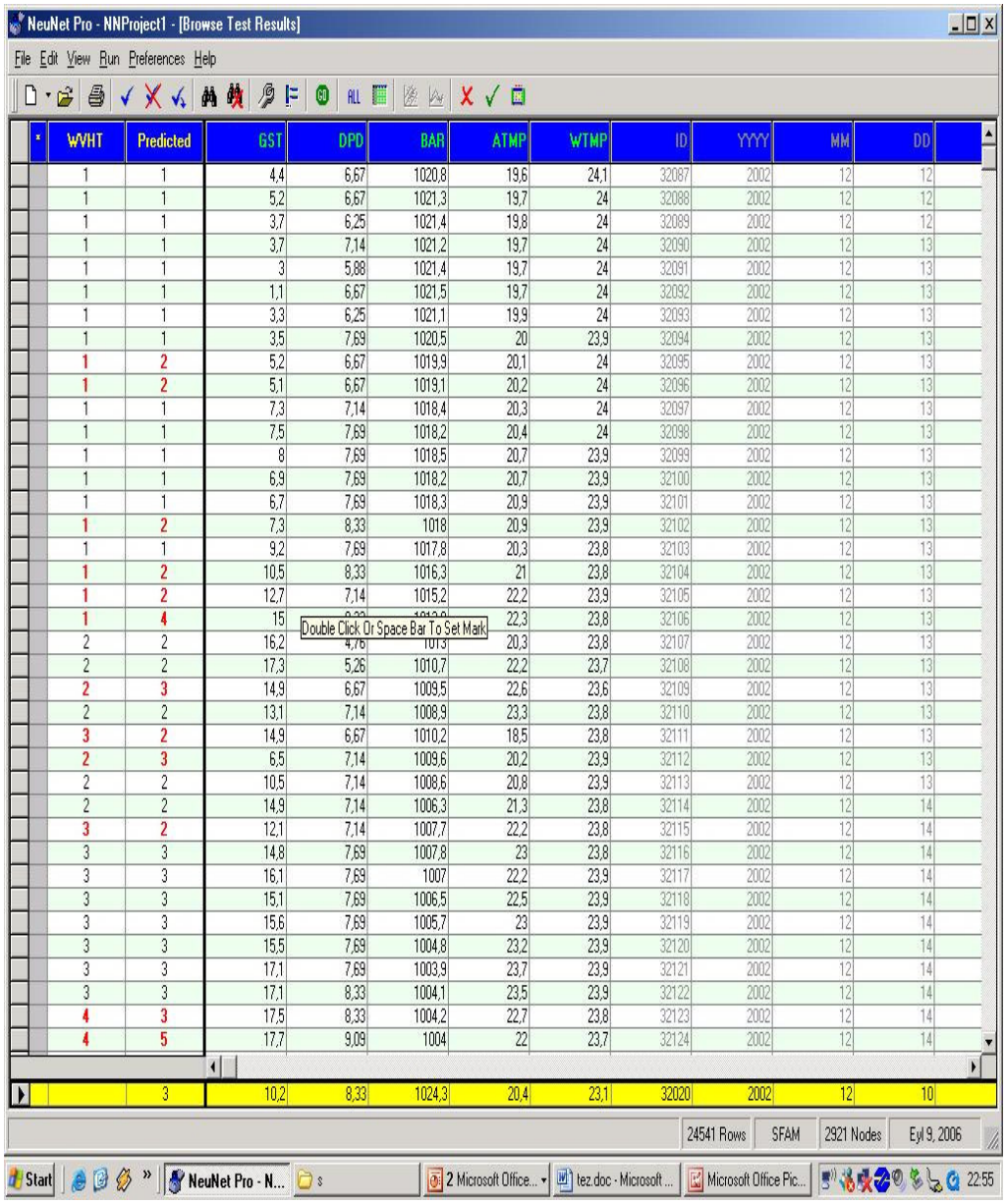
Şekil 10: Tahmin Ekranı (Karar Ağaçları)



Şekil 11: Karar Ağacı (Karar Ağaçları)



Şekil 12: Karşılaştırma Matrisi (Yapay Sinir Ağları)

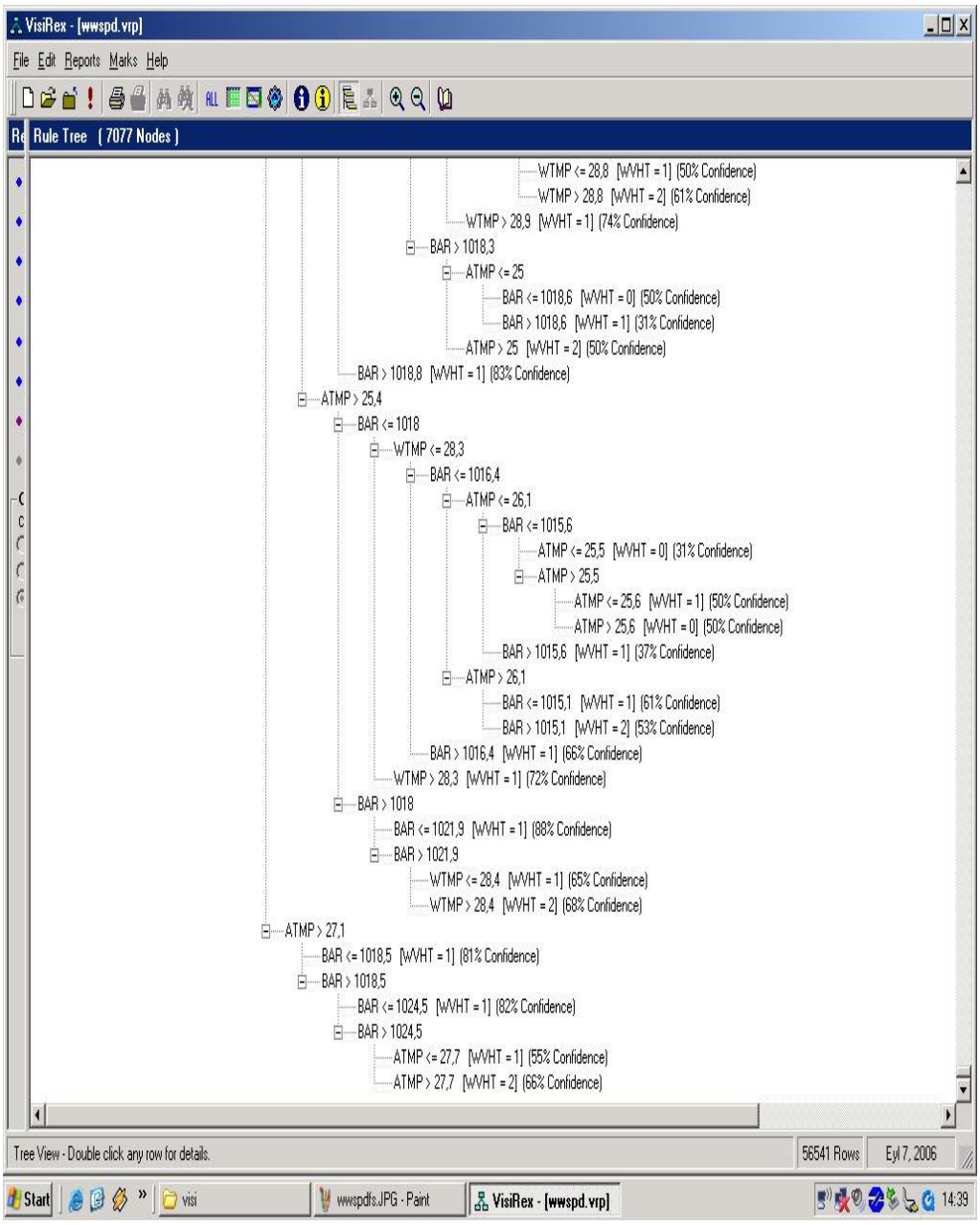


*	WVHT	Predicted	GST	DPD	BAR	ATMP	WTMP	ID	YYYY	MM	DD
	1	1	4,4	6,67	1020,8	19,6	24,1	32087	2002	12	12
	1	1	5,2	6,67	1021,3	19,7	24	32088	2002	12	12
	1	1	3,7	6,25	1021,4	19,8	24	32089	2002	12	12
	1	1	3,7	7,14	1021,2	19,7	24	32090	2002	12	13
	1	1	3	5,88	1021,4	19,7	24	32091	2002	12	13
	1	1	1,1	6,67	1021,5	19,7	24	32092	2002	12	13
	1	1	3,3	6,25	1021,1	19,9	24	32093	2002	12	13
	1	1	3,5	7,69	1020,5	20	23,9	32094	2002	12	13
	1	2	5,2	6,67	1019,9	20,1	24	32095	2002	12	13
	1	2	5,1	6,67	1019,1	20,2	24	32096	2002	12	13
	1	1	7,3	7,14	1018,4	20,3	24	32097	2002	12	13
	1	1	7,5	7,69	1018,2	20,4	24	32098	2002	12	13
	1	1	8	7,69	1018,5	20,7	23,9	32099	2002	12	13
	1	1	6,9	7,69	1018,2	20,7	23,9	32100	2002	12	13
	1	1	6,7	7,69	1018,3	20,9	23,9	32101	2002	12	13
	1	2	7,3	8,33	1018	20,9	23,9	32102	2002	12	13
	1	1	9,2	7,69	1017,8	20,3	23,8	32103	2002	12	13
	1	2	10,5	8,33	1016,3	21	23,8	32104	2002	12	13
	1	2	12,7	7,14	1015,2	22,2	23,9	32105	2002	12	13
	1	4	15			22,3	23,8	32106	2002	12	13
	2	2	16,2			20,3	23,8	32107	2002	12	13
	2	2	17,3	5,26	1010,7	22,2	23,7	32108	2002	12	13
	2	3	14,9	6,67	1009,5	22,6	23,6	32109	2002	12	13
	2	2	13,1	7,14	1008,9	23,3	23,8	32110	2002	12	13
	3	2	14,9	6,67	1010,2	18,5	23,8	32111	2002	12	13
	2	3	6,5	7,14	1009,6	20,2	23,9	32112	2002	12	13
	2	2	10,5	7,14	1008,6	20,8	23,9	32113	2002	12	13
	2	2	14,9	7,14	1006,3	21,3	23,8	32114	2002	12	14
	3	2	12,1	7,14	1007,7	22,2	23,8	32115	2002	12	14
	3	3	14,8	7,69	1007,8	23	23,8	32116	2002	12	14
	3	3	16,1	7,69	1007	22,2	23,9	32117	2002	12	14
	3	3	15,1	7,69	1006,5	22,5	23,9	32118	2002	12	14
	3	3	15,6	7,69	1005,7	23	23,9	32119	2002	12	14
	3	3	15,5	7,69	1004,8	23,2	23,9	32120	2002	12	14
	3	3	17,1	7,69	1003,9	23,7	23,9	32121	2002	12	14
	3	3	17,1	8,33	1004,1	23,5	23,9	32122	2002	12	14
	4	3	17,5	8,33	1004,2	22,7	23,8	32123	2002	12	14
	4	5	17,7	9,09	1004	22	23,7	32124	2002	12	14
		3	10,2	8,33	1024,3	20,4	23,1	32020	2002	12	10

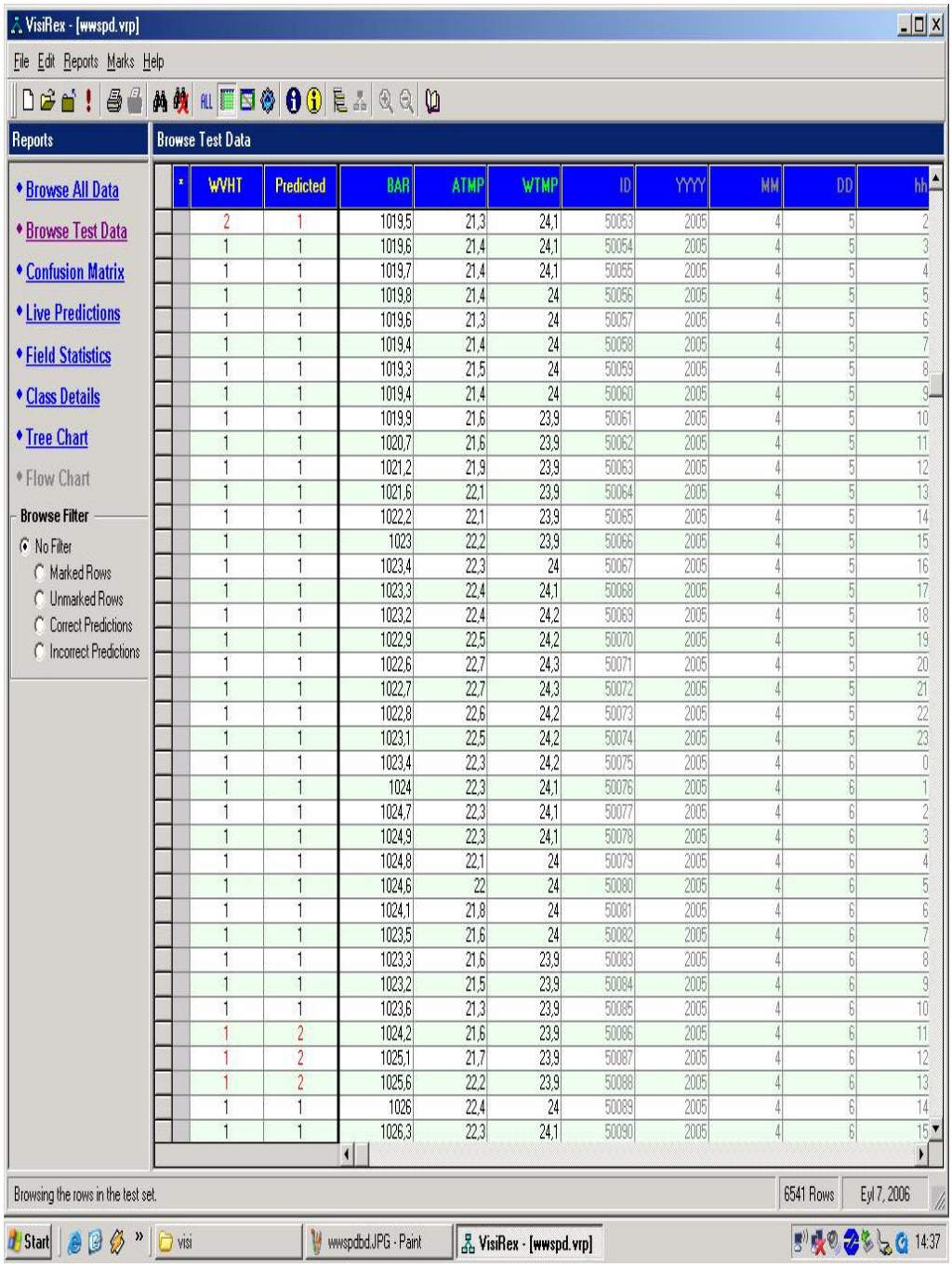
Şekil 13: Deneme Verileri (Yapay Sinir Ağları)

4.2.2.2 Rüzgar Dışı Verilerle Dalga Yüksekliği Tahmini

Dalga yüksekliği, hava sıcaklığı, su sıcaklığı ve atmosferik basınç kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Karar ağaçları ile %67, yapay sinir ağları ile %84,46 güven aralığına ulaşılmıştır.

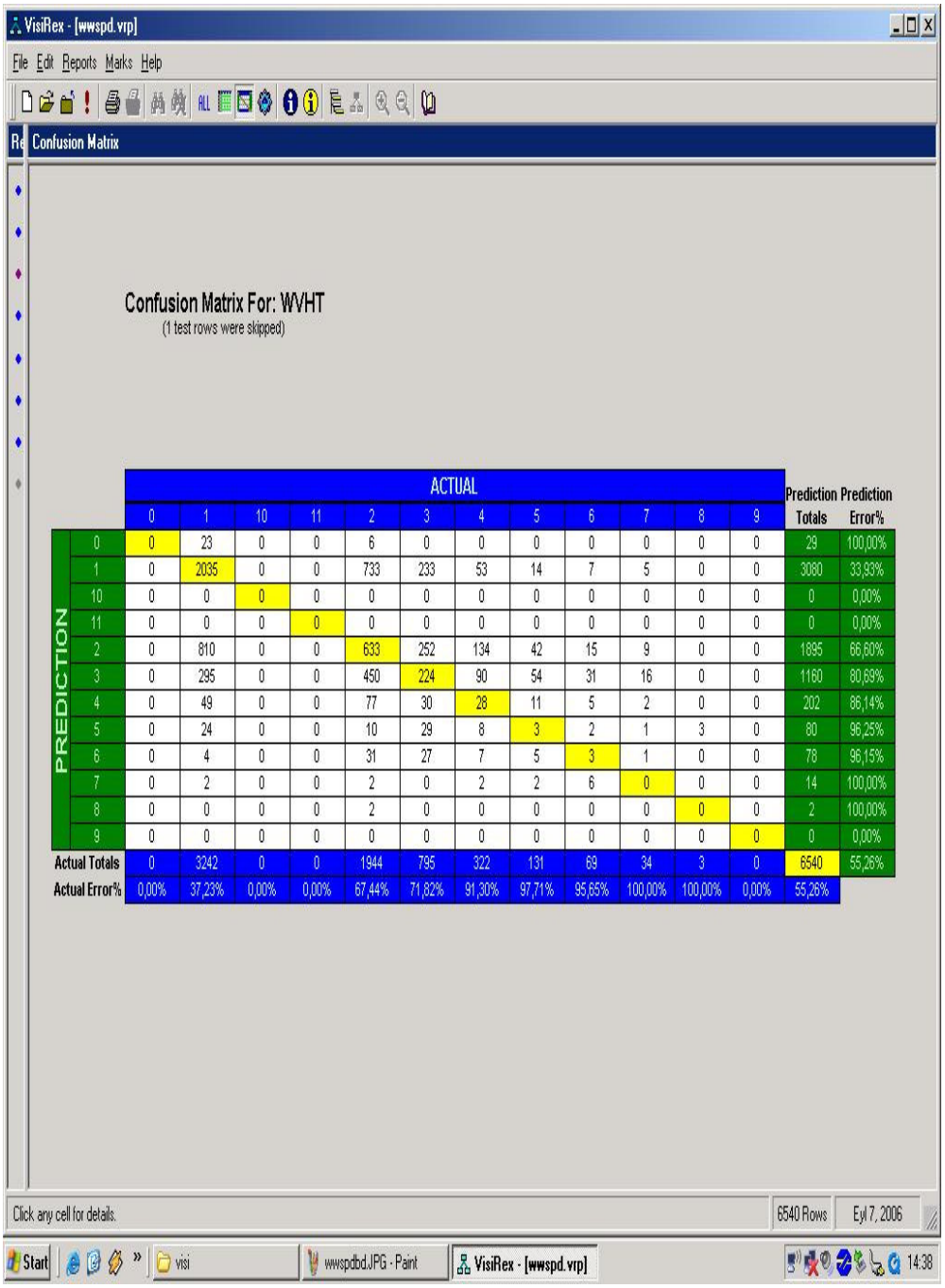


Şekil 14: Karar Ağacı (Karar Ağaçları)



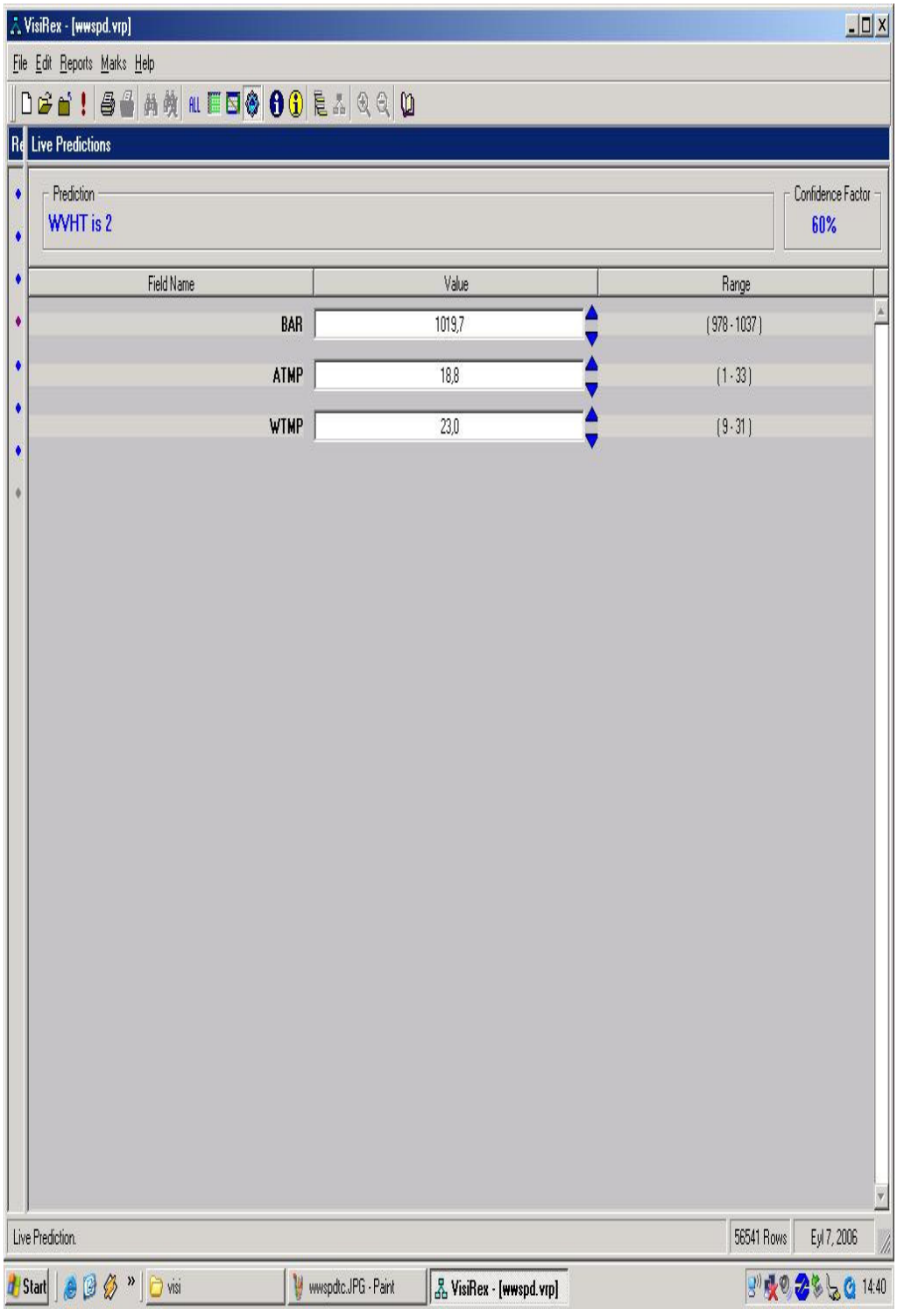
*	WVHT	Predicted	BAR	ATMP	WTMP	ID	YYYY	MM	DD	hh
	2	1	1019,5	21,3	24,1	50053	2005	4	5	2
	1	1	1019,6	21,4	24,1	50054	2005	4	5	3
	1	1	1019,7	21,4	24,1	50055	2005	4	5	4
	1	1	1019,8	21,4	24	50056	2005	4	5	5
	1	1	1019,6	21,3	24	50057	2005	4	5	6
	1	1	1019,4	21,4	24	50058	2005	4	5	7
	1	1	1019,3	21,5	24	50059	2005	4	5	8
	1	1	1019,4	21,4	24	50060	2005	4	5	9
	1	1	1019,9	21,6	23,9	50061	2005	4	5	10
	1	1	1020,7	21,6	23,9	50062	2005	4	5	11
	1	1	1021,2	21,9	23,9	50063	2005	4	5	12
	1	1	1021,6	22,1	23,9	50064	2005	4	5	13
	1	1	1022,2	22,1	23,9	50065	2005	4	5	14
	1	1	1023	22,2	23,9	50066	2005	4	5	15
	1	1	1023,4	22,3	24	50067	2005	4	5	16
	1	1	1023,3	22,4	24,1	50068	2005	4	5	17
	1	1	1023,2	22,4	24,2	50069	2005	4	5	18
	1	1	1022,9	22,5	24,2	50070	2005	4	5	19
	1	1	1022,6	22,7	24,3	50071	2005	4	5	20
	1	1	1022,7	22,7	24,3	50072	2005	4	5	21
	1	1	1022,8	22,6	24,2	50073	2005	4	5	22
	1	1	1023,1	22,5	24,2	50074	2005	4	5	23
	1	1	1023,4	22,3	24,2	50075	2005	4	6	0
	1	1	1024	22,3	24,1	50076	2005	4	6	1
	1	1	1024,7	22,3	24,1	50077	2005	4	6	2
	1	1	1024,9	22,3	24,1	50078	2005	4	6	3
	1	1	1024,8	22,1	24	50079	2005	4	6	4
	1	1	1024,6	22	24	50080	2005	4	6	5
	1	1	1024,1	21,8	24	50081	2005	4	6	6
	1	1	1023,5	21,6	24	50082	2005	4	6	7
	1	1	1023,3	21,6	23,9	50083	2005	4	6	8
	1	1	1023,2	21,5	23,9	50084	2005	4	6	9
	1	1	1023,6	21,3	23,9	50085	2005	4	6	10
	1	2	1024,2	21,6	23,9	50086	2005	4	6	11
	1	2	1025,1	21,7	23,9	50087	2005	4	6	12
	1	2	1025,6	22,2	23,9	50088	2005	4	6	13
	1	1	1026	22,4	24	50089	2005	4	6	14
	1	1	1026,3	22,3	24,1	50090	2005	4	6	15

Şekil 15: Modelde Kullanılan Veriler (Karar Ağaçları)

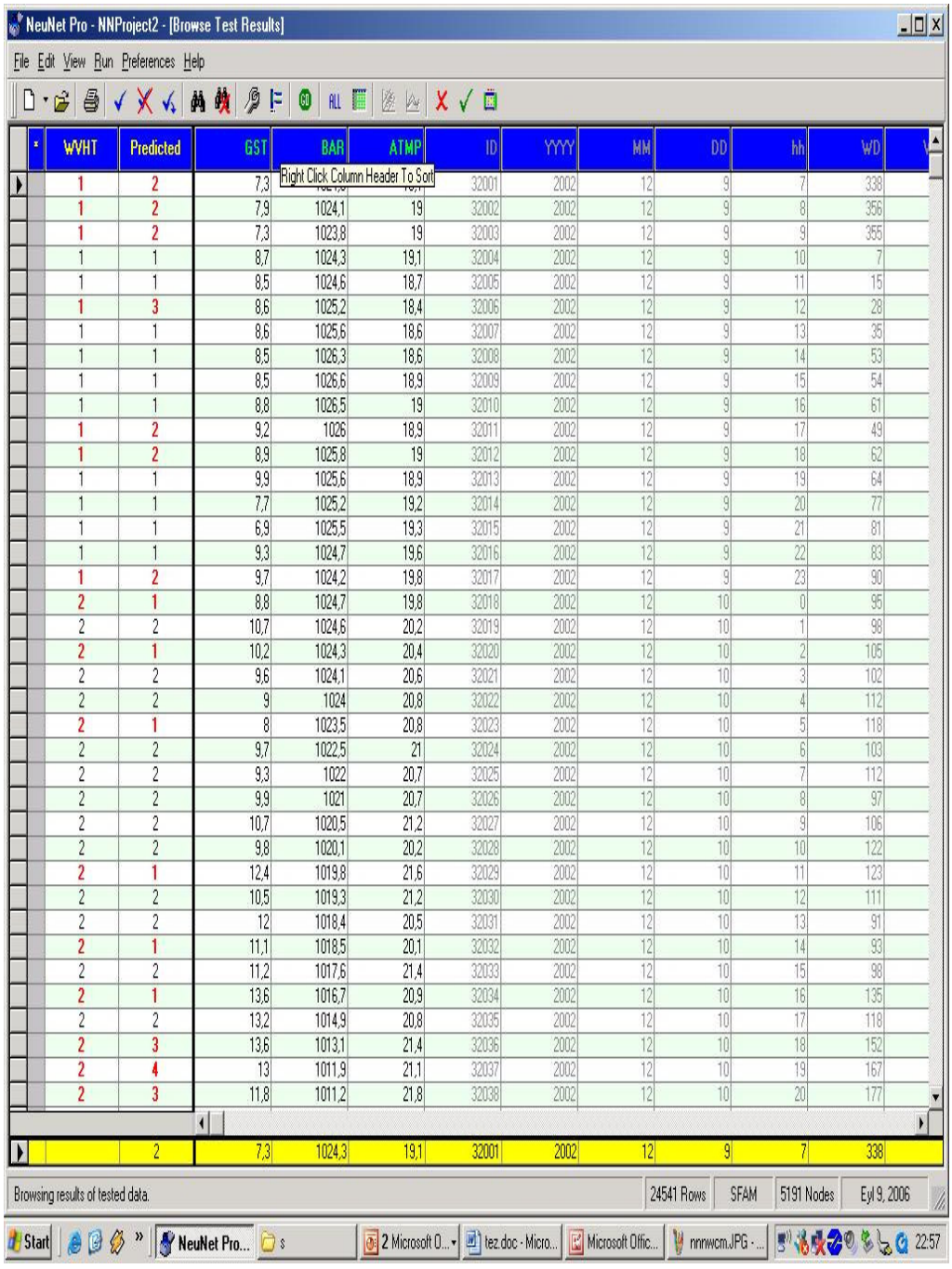


PREDICTION \ ACTUAL	0	1	10	11	2	3	4	5	6	7	8	9	Prediction Totals	Prediction Error%
0	0	23	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	29	100,00%
1	0	2035	0	0	733	233	53	14	7	5	0	0	3080	33,93%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
2	0	810	0	0	633	252	134	42	15	9	0	0	1895	66,60%
3	0	295	0	0	450	224	90	54	31	16	0	0	1160	80,69%
4	0	49	0	0	77	30	28	11	5	2	0	0	202	86,14%
5	0	24	0	0	10	29	8	3	2	1	3	0	80	96,25%
6	0	4	0	0	31	27	7	5	3	1	0	0	78	96,15%
7	0	2	0	0	2	0	2	2	6	0	0	0	14	100,00%
8	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	100,00%
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
Actual Totals	0	3242	0	0	1944	795	322	131	69	34	3	0	6540	55,26%
Actual Error%	0,00%	37,23%	0,00%	0,00%	67,44%	71,82%	91,30%	97,71%	95,65%	100,00%	100,00%	0,00%	55,26%	

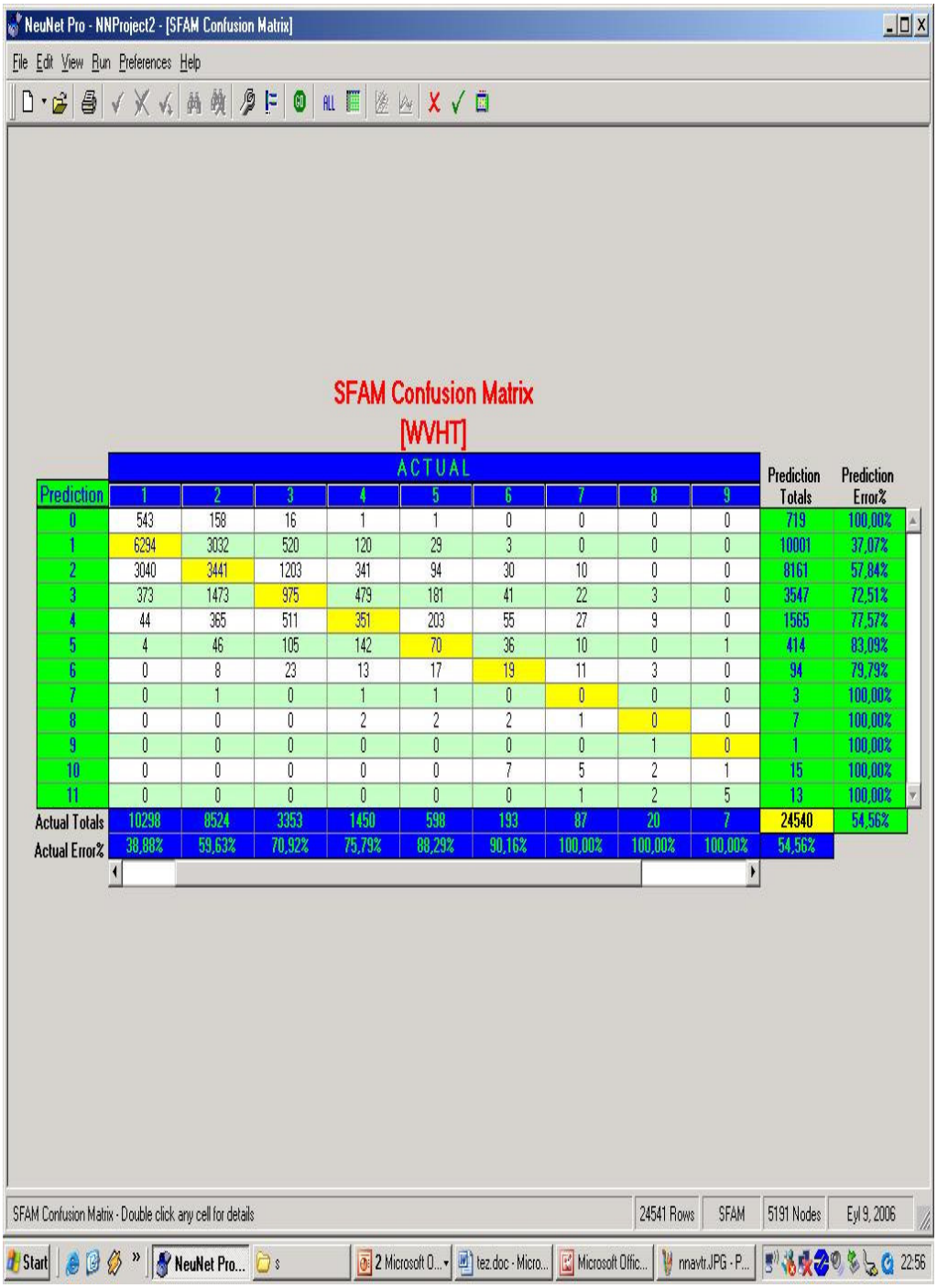
Şekil 16: Karşılaştırma Matrisi (Karar Ağaçları)



Şekil 17: Tahmin Ekranı (Karar Ağaçları)



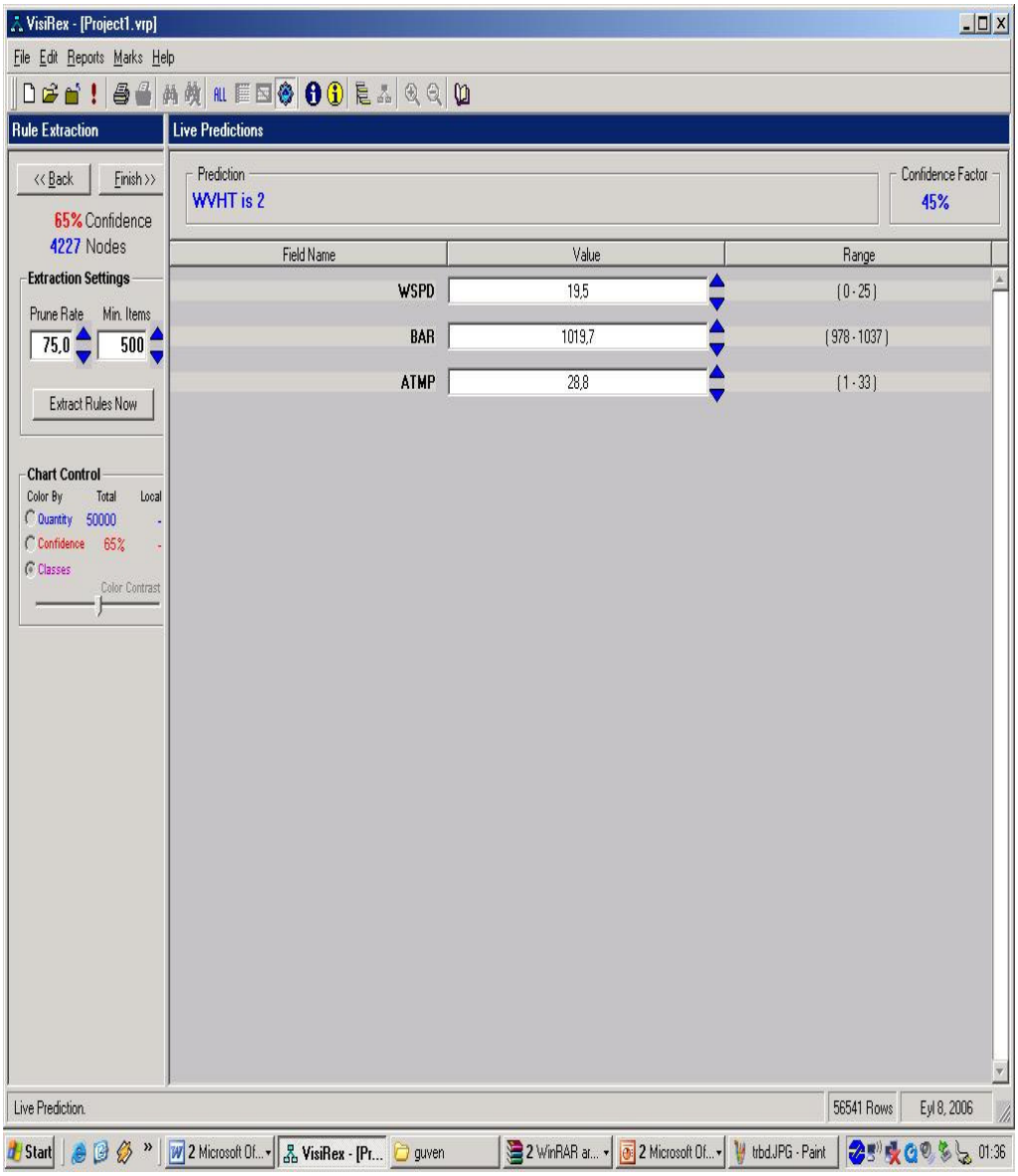
Şekil 18: Deneme Verileri (Yapay Sinir Ağları)



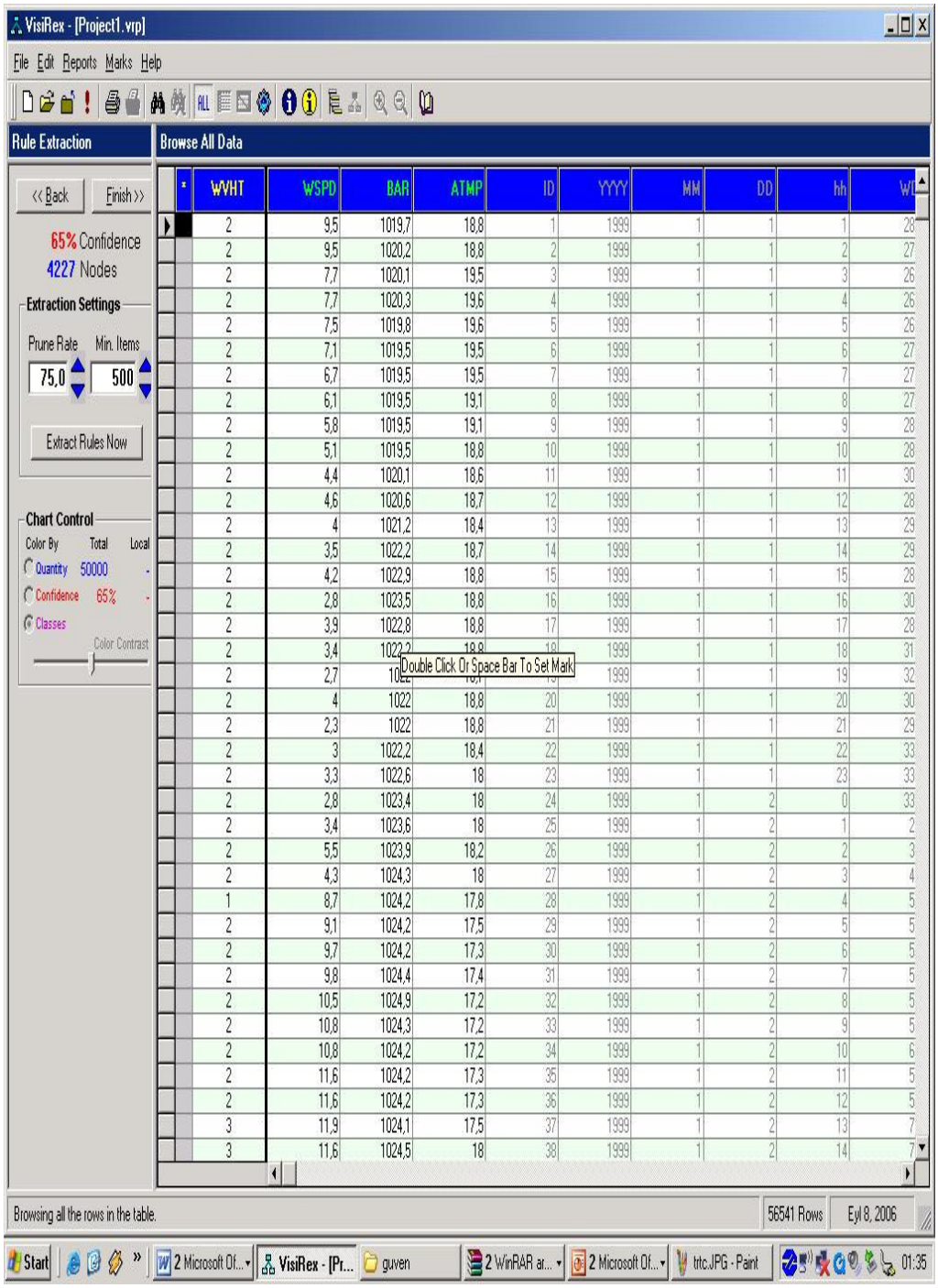
Şekil 19: Karşılaştırma Matrisi (Yapay Sinir Ağları)

4.2.2.3 Türkiye Şartlarında Dalga Yüksekliği Tahmini

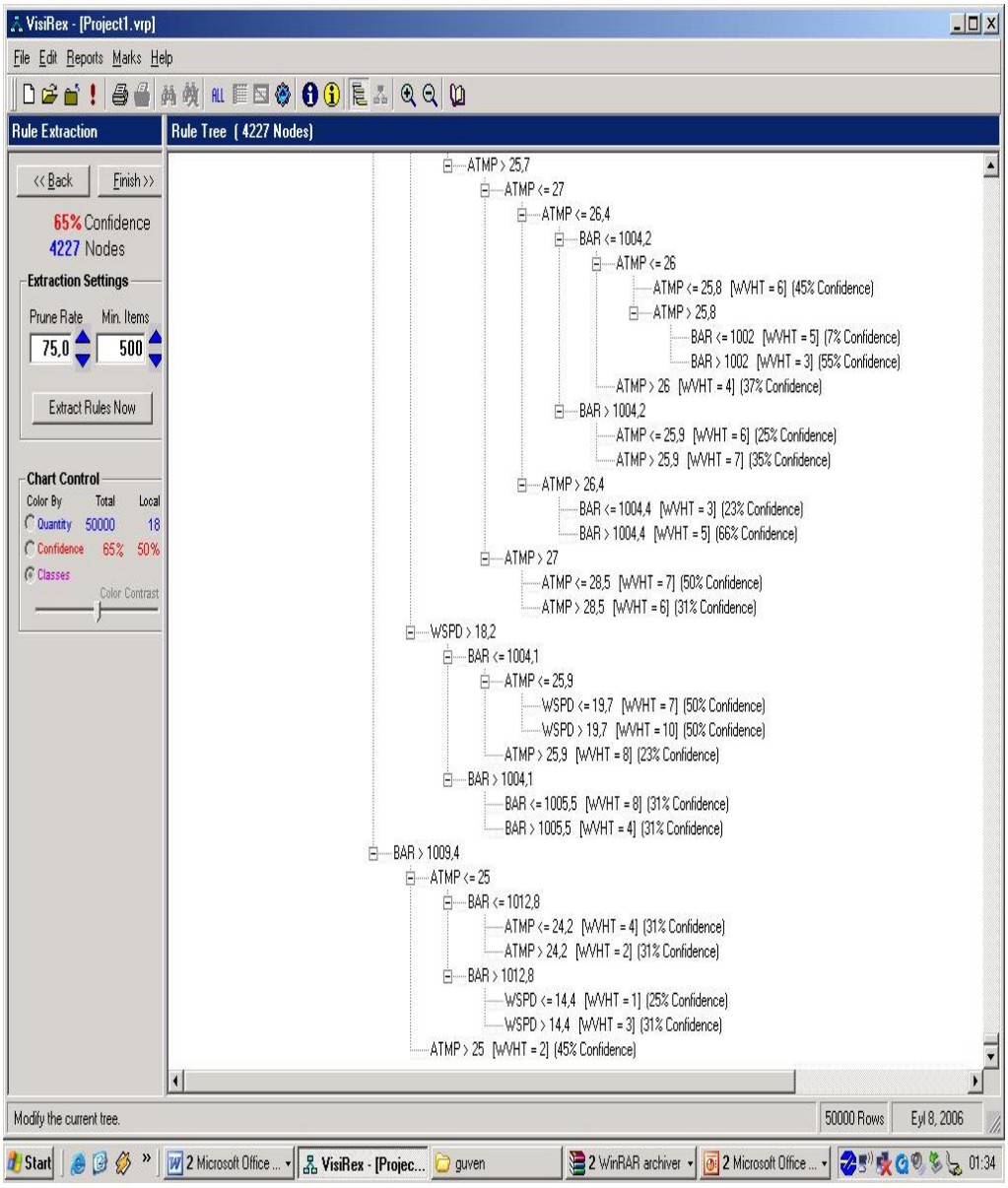
Modelde, Türkiye'de halihazırda toplanmakta olan rüzgar hızı, hava sıcaklığı ve atmosferik basınç verileri kullanılarak dalga yüksekliği tahmin edilmiştir. Model, karar ağaçları ile %65, yapay sinir ağları yöntemi ile %83,72 güven aralığına sahiptir.



Şekil 20: Test Ekranı (Karar Ağaçları)



Şekil 21: Modelde Kullanılan Veriseti (Karar Ağaçları)

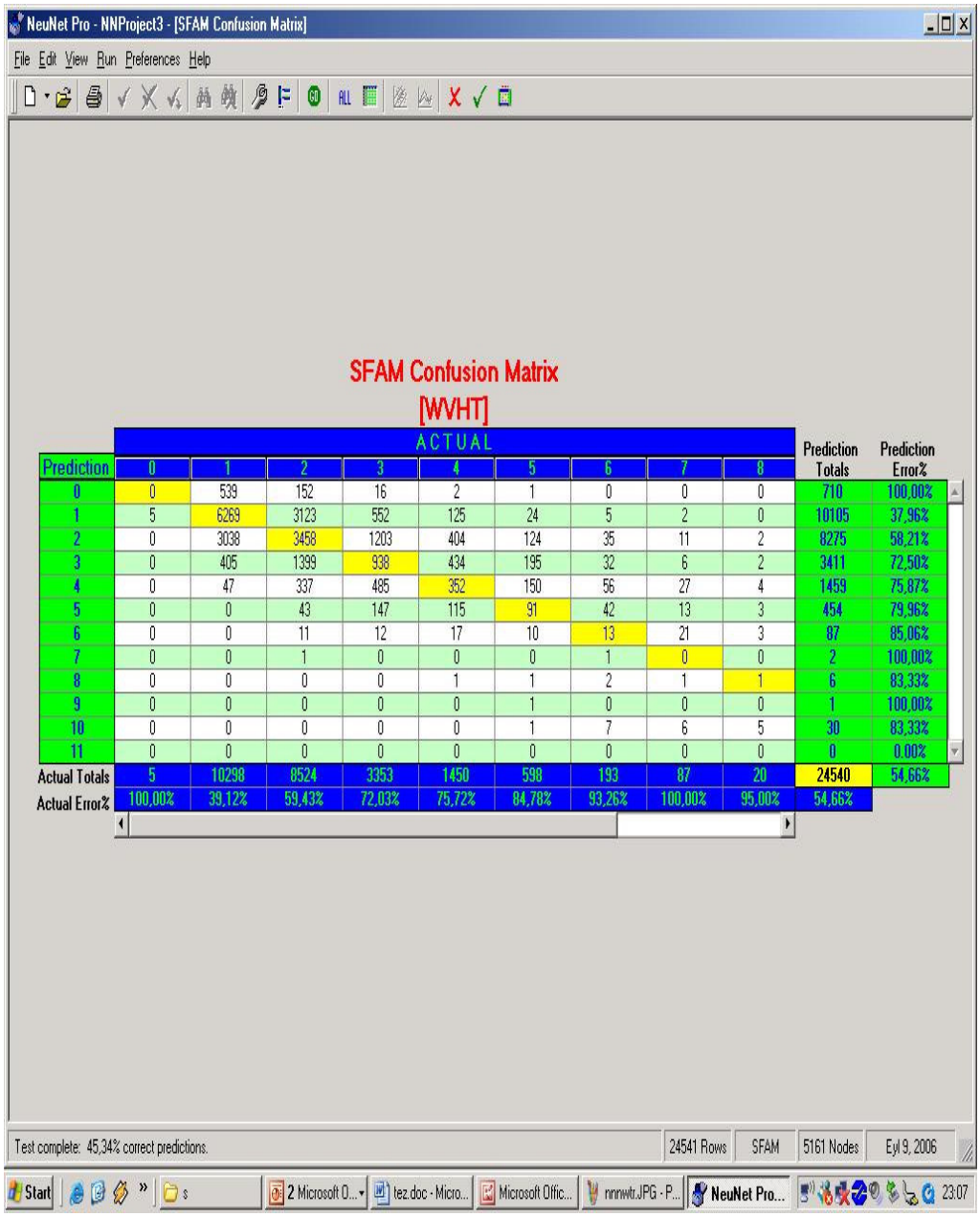


Şekil 22: Karar Ağacı (Karar Ağaçları)



*	WVHT	Predicted	WSPD	BAR	ATMP	ID	YYYY	MM	DD	hh	WD
	1	1	5,5	1024,3	19,1	32001	2002	12	9	7	338
	1	1	6,1	1024,1	19	32002	2002	12	9	8	356
	1	1	5,9	1024,6	18,7	32005	2002	12	9	11	15
	1	1	6,2	1026,3	18,6	32008	2002	12	9	14	53
	1	1	6,1	1025,2	19,2	32014	2002	12	9	20	77
	1	1	5,3	1025,5	19,3	32015	2002	12	9	21	81
	1	1	8,1	1024,2	19,8	32017	2002	12	9	23	90
	2	2	8,5	1024,6	20,2	32019	2002	12	10	1	98
	2	2	8,4	1024,3	20,4	32020	2002	12	10	2	105
	2	2	7,7	1024,1	20,6	32021	2002	12	10	3	102
	2	2	7,5	1024	20,8	32022	2002	12	10	4	112
	2	2	6,8	1023,5	20,8	32023	2002	12	10	5	118
	2	2	7,3	1022,5	21	32024	2002	12	10	6	103
	2	2	7,9	1022	20,7	32025	2002	12	10	7	112
	2	2	8	1021	20,7	32026	2002	12	10	8	97
	2	2	9,1	1020,5	21,2	32027	2002	12	10	9	106
	2	2	10	1019,8	Double Click Or Space Bar To Set Mark		2002	12	10	11	123
	2	2	9	1019,3	21,2	32030	2002	12	10	12	111
	2	2	10,4	1018,4	20,5	32031	2002	12	10	13	91
	2	2	9,5	1018,5	20,1	32032	2002	12	10	14	93
	2	2	9,7	1017,6	21,4	32033	2002	12	10	15	98
	2	2	9,4	1014,9	20,8	32035	2002	12	10	17	118
	2	2	9,6	1010,3	22,7	32039	2002	12	10	21	184
	3	3	11,2	1010	24	32042	2002	12	11	0	214
	3	3	11,4	1010,3	23,8	32044	2002	12	11	2	228
	3	3	9,3	1010,6	23,7	32046	2002	12	11	4	239
	3	3	9,6	1011	23,4	32048	2002	12	11	6	245
	3	3	9,2	1010,7	23,5	32049	2002	12	11	7	243
	2	2	7,7	1012,7	23,8	32054	2002	12	11	12	222
	2	2	8,6	1013,6	24,3	32056	2002	12	11	14	221
	2	2	9,2	1013,8	24,4	32057	2002	12	11	15	216
	2	2	10,3	1013,7	24,5	32058	2002	12	11	16	223
	3	3	8	1019	19,8	32073	2002	12	12	7	268
	2	2	7,4	1018,9	19,7	32074	2002	12	12	8	285
	2	2	7,9	1019,5	19,6	32076	2002	12	12	10	286
	2	2	6,2	1021,5	19,1	32079	2002	12	12	13	298
	2	2	5,8	1022,3	19,1	32080	2002	12	12	14	301
	2	2	6,4	1022,9	19	32081	2002	12	12	15	293
	2	2	5,1	1022,1	18,9	32083	2002	12	12	17	296

Şekil 23: Doğru Tahmin Edilen Deneme Verileri (Yapay Sinir Ağları)



Şekil 24: Kaşılaştırma Matrisi (Yapay Sinir Ağları)

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

İki farklı tahmin yöntemi kullanılarak yapılan dalga yüksekliği tahmini aşağıdaki sonuçları üretmiştir;

Tablo 3: Uygulamalarda Elde Edilen Güven Aralıkları

GÜVEN ARALIĞI[3]	KARAR AĞAÇLARI	YAPAY SİNİR AĞLARI
4.2.2.1	81	89,15
4.2.2.2	67	84,46
4.2.2.3	65	83,72

Görüldüğü gibi yapay sinir ağı tahmin yönteminin güvenilirliği, karar ağaçları yöntemine göre daha yüksektir. Ancak, yapay sinir ağları yöntemi karar ağaçları yönteminin açıklığına sahip değildir. Karar ağaçları yöntemi, içerdiği verisetinde bulunan tüm durumları açıklayan, kullanıcıya yol gösterecek bir yol haritası sunabilirken, yapay sinir ağları yöntemi kapalı kalmakta, ve geleceğe yönelik tahmin yapma konusunda fikir verici olamamaktadır.

Tez çalışması sonucunda rüzgar ve rüzgara bağlı veriler kullanılmadan dalga yüksekliği tahmini yapılmış ve tatmin edici sonuç alınmıştır.

Türkiye'de toplanmakta olan hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve atmosferik basınç verileri ile dalga yüksekliği üreten bir model de tasarlanmıştır.

[3] Modelin Doğru Tahmin Etme oranıdır

Kaynaklar

ABDALLA S. ve Özhan E., 1986. METU-KLARE Wind Wave Prediction Model, *Phd Thesis*, ODTÜ ANKARA

CHAKRABATI S. K. (Editor)**,** 2005. Handbook of offshore engineering, Elsevier London

HERBICH J. B. (Editor)**,** 1990. Handbook of Coastal and Ocean Engineering Volume 1 Wave Phenomena and Coastal Structures, GPC London

KABDAŞLI S., 1992. Kıyı Mühendisliği, İTÜ Matbaası İstanbul

KOMEN G. J., 1996**.** Dynamics and Modelling of Ocean Waves, Cambridge University Press

MAIMON O. and Rokach L. (Editor), 2005. Data mining and knowledge discovery handbook, Springer New York

MASSEL S. R., 1996. Ocean Surface Waves, World Scientific

MILLER H. C., 1986. Annual Data Summary for 1984 CERC Field Research Facility, Coastal Enginnering Research Center

SAWARAGI T., 1995. Coastal engineering : waves, beaches, wave-structure interactions Elsevier London.

SCHENCK H. (Editor), 1975 Introduction to ocean engineering Jr McGraw-Hill Newyork

www.cormactech.com

http://www.ndbc.noaa.gov/station_page.php?station=41002

http://www.ndbc.noaa.gov/station_history.php?station=41002

Ekler

Data.xls, data2.xls, visi22.exe, visiserial.txt, nnp22.exe, nnpserial.exe, 81.vrp, wwspd.vrp, project1.vrp, nnproject1.nnp, nnproject2.nnp, nnproject3.nnp, db5.mdb tez arka kapağındaki cd'ye iliştirilmiştir.

Özgeçmiş

Adı: Mehmet Güven

Soyadı: GÜNVER

Doğum Yeri ve Tarihi: 21/05/1981 - Nazilli

Lise: Isparta Süleyman Demirel Fen Lisesi

Lisans: Y. T. Ü. Matematik Mühendisliği

Akademik Çalışmalar;

1. Tübitak Liselerarası Proje Yarışması (Kimya) Tavuk Posasından Gübre Elde Edilmesinin İncelenmesi
2. Tübitak Liselerarası Proje Yarışması (Kimya) Helichrysum Chasmolucicum Bitkisinin Farmakognozik Özelliklerinin incelenmesi
3. YTÜ Yıliçi Projesi: Veri Modelleme ve ERWin veri modelleme programı
4. YTU Lisans Tezi: Karar Ağaçları Yöntemi İle Veri Madenciliği