

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UYDU VE YER KAYNAKLI METEOROLOJİK
DEĞİŞKENLERLE KISA VADELİ YAĞIŞ
MODELLEMESİ İÇİN YAPAY SİNİR AĞI YAKLAŞIMI**

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Ahmet ÖZTOPAL**

Anabilim Dalı: METEOROLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı: METEOROLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

MART 2007

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UYDU VE YER KAYNAKLI METEOROLOJİK
DEĞİŞKENLERLE KISA VADELİ YAĞIŞ
MODELLEMESİ İÇİN YAPAY SİNİR AĞI YAKLAŞIMI**

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Ahmet ÖZTOPAL
(511982101)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Kasım 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Mart 2007**

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Zekai ŞEN
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Selahattin İNCECİK (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Zafer ASLAN (A.B.M.Y.O.)
Prof.Dr. Cankut ÖRMECİ (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Nilgün HARMANCIOĞLU (D.E.Ü.)

MART 2007

ÖNSÖZ

Genel anlamda bu tezde, METEOSAT 7 uydusunun kızılötesi kanalından elde edilen bulut tepe sıcaklığı ve troposferin çeşitli seviyelerindeki meteorolojik değişkenlerin kullanımı ile bir Yapay Sinir Ağı modeli geliştirilerek, Marmara Bölgesi'ndeki 2000 yılı Mayıs – Eylül dönemi yağışlarının kısa vadeli tahmini gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

Tezimin bu sayfasını okumayan, hiçbir zaman da okumayacak ve amacı öğrencilerinin iyi birer bilim adamı olması olan değerli hocam Prof. Dr. Zekai ŞEN'e benim üzerimdeki tüm maddi ve manevi emekleri için şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim. Ayrıca tezimin her safhasında benden yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Selahattin İNCECİK ve Prof. Dr. Zafer ASLAN'a teşekkür ederim.

Bu çalışma yapılırken, her zaman maddi-manevi desteğini arkamda gördüğüm Doç. Dr. Ahmet Duran ŞAHİN ve yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Serhat ŞEKER, Dr. Burak BARUTÇU ve Doç. Dr. Sibel MENTEŞ'e de teşekkür ederim.

Gerekli olan uydu verisinin sağlanması ve çözümlenmesi konusunda, Devlet Meteoroloji İşleri'nde çalışan İsmail MERT, Aydın ERTÜRK ve Servet GÜNYEL'e de teşekkürü bir borç bilirim.

Doktora öğrenimim boyunca, bana destek olan ve büyük bir sabır gösteren eşim Şule'ye, dünya tatlısı kızım Zeynep'e ve emeklerinin karşılığını hiç bir zaman ödeyemeyeceğim anne, baba ve kardeşlerime şükranlarımı sunarım.

Ahmet ÖZTOPAL

Mart 2007

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı	13
2. ÇALIŞMA BÖLGESİ VE VERİLER	15
2.1. Marmara Bölgesi	15
2.2. Gözönüne Alınan İstasyonlar	16
2.3. Meteosat 7 Uydu Verisi	18
2.4. Yağış ve İşlenmiş NCEP/NCAR Verileri	19
3. KULLANILAN YÖNTEM VE İSTATİSTİK	21
3.1. Yapay Sinir Ağlarına Giriş	21
3.2. Yapay Sinir Hücresi	22
3.3. Yapay Sinir Ağları'nın Genel Yapısı	25
3.4. Yapay Sinir Ağları'nda Geriye Yayılma Algoritması	25
3.5. Kullanılan İstatistik Bilgiler	28
3.5.1. Yakalama Olasılığı	29
3.5.2. Taraflılık	29
3.5.3. Yanlış Uyarı Oranı	30
3.5.4. Kritik Başarı İndeksi	30
3.5.5. İsabet Oranı	30
3.5.6. Sınıflandırma	31
3.6. Düğüm Noktaları Değerlerinin İstasyonlara Taşınması	31
4. UYGULAMA	33
4.1. Yapay Sinir Ağı Mimarisi	33
4.2. 5 – 7 Eylül 2000 Dönemi Analiz Ve Uygulaması	34
4.2.1. Meteorolojik Analiz 1	34

4.2.2. Uygulama 1	36
4.3. 23 – 25 Mayıs 2000 Dönemi Analiz Ve Uygulaması	39
4.3.1. Meteorolojik Analiz 2	39
4.3.2. Uygulama 2	40
4.4. 21 – 23 Temmuz Dönemi Analiz Ve Uygulaması	43
4.4.1. Meteorolojik Analiz 3	43
4.4.2. Uygulama 3	44
4.5. 25 – 27 Ağustos Dönemi Analiz Ve Uygulaması	47
4.5.1. Meteorolojik Analiz 4	47
4.5.2. Uygulama 4	48
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	53
EKLER	58
ÖZGEÇMİŞ	70

KISALTMALAR

ITCZ	: Intertropical Convergence Zone
GOES	: Geostationary Operational Environmental Satellites
GPI	: GOES Precipitation Index
GWT	: Griffith – Woodley Technique
NAWT	: Negri–Adler–Woodley Technique
CST	: Convective-Stratiform Technique
AET	: AutoEstimator Technique
GA	: Genetik Algoritmalar
SSM/I	: Special Sensor Microwave Imager
AGIP	: Adjusted GOES Precipitation Index
ECST	: Enhanced Convective Stratiform Tecnique
IAET	: Improved Autoestimator Technique
YSA	: Yapay Sinir Ağları
NCEP	: National Centers for Environmental Prediction
NCAR	: National Center for Atmospheric Research
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
YM	: Yağış Miktarı
BTS	: Bulut Tepe Sıcaklığı
BM	: Bulanık Mantık
ADALINE	: Adaptive Lineer Combiner
POD	: Probability of detection
FAR	: False alarm ratio
CSI	: Critical succes index
HR	: Hit rate

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1: Çalışmada kullanılan istasyonlar.....	16
Tablo 2.2: Çalışmada kullanılan meteorolojik değişkenlerin kısaltma ve birimleri.....	20
Tablo 4.1: Kurulan YSA modelinin giriş ve çıkış değişkenleri.....	33
Tablo 4.2: Uygulama 1 için meteorolojik değişkenlerin yağış miktarı ile olan ilişki katsayıları.....	36
Tablo 4.3: Tüm uygulamalarda eğitim aşaması için istatistik yaklaşımlar.....	38
Tablo 4.4: Tüm uygulamalarda tahmin aşaması için istatistik yaklaşımlar.....	38
Tablo 4.5: Uygulama 1’de eğitim aşaması için sınıflandırılmış yağışların gözlem ve tahmin olarak karşılaştırılması.....	39
Tablo 4.6: Uygulama 1’de tahmin aşaması için sınıflandırılmış yağışların gözlem ve tahmin olarak karşılaştırılması.....	39
Tablo 4.7: Uygulama 2 için meteorolojik değişkenlerin yağış miktarı ile olan ilişki katsayıları.....	41
Tablo 4.8: Uygulama 2’de eğitim aşaması için sınıflandırılmış yağışların gözlem ve tahmin olarak karşılaştırılması.....	43
Tablo 4.9: Uygulama 2’de tahmin aşaması için sınıflandırılmış yağışların gözlem ve tahmin olarak karşılaştırılması.....	43
Tablo 4.10: Uygulama 3 için meteorolojik değişkenlerin yağış miktarı ile olan ilişki katsayıları.....	45
Tablo 4.11: Uygulama 3’te eğitim aşaması için sınıflandırılmış yağışların gözlem ve tahmin olarak karşılaştırılması.....	47
Tablo 4.12: Uygulama 3’te tahmin aşaması için sınıflandırılmış yağışların gözlem ve tahmin olarak karşılaştırılması.....	47
Tablo 4.13: Uygulama 4 için meteorolojik değişkenlerin yağış miktarı ile olan ilişki katsayıları.....	49
Tablo A.1: Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, BTS, Ω 1000 mb, T 1000 mb, R_v 1000 mb ve R_u 1000 mb veri seti.....	58
Tablo A.2: Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 1000 mb, RH 1000 mb, Ω 925 mb, T 925 mb ve R_v 925 mb veri seti.....	58
Tablo A.3: Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_u 925 mb, H 925 mb, RH 925 mb, Ω 850 mb ve T 850 mb veri seti.....	59
Tablo A.4: Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_v 850 mb, R_u 850 mb, H 850 mb, RH 850 mb ve Ω 700 mb veri seti.....	59
Tablo A.5: Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, T 700 mb, R_v 700 mb, R_u 700 mb, H 700 mb ve RH 700 mb veri seti.....	59
Tablo A.6: Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, Ω 600 mb, T 600 mb, R_v 600 mb, R_u 600 mb ve H 600 mb veri seti.....	60
Tablo A.7: Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, RH 600 mb, Ω 500 mb, T 500 mb, R_v 500 mb ve R_u 500 mb veri seti.....	60

Tablo A.8:	Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 500 mb ve RH 500 mb veri seti.....	60
Tablo B.1:	Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, BTS, Ω 1000 mb, T 1000 mb, R_v 1000 mb ve R_u 1000 mb veri seti.....	61
Tablo B.2:	Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 1000 mb, RH 1000 mb, Ω 925 mb, T 925 mb ve R_v 925 mb veri seti.....	61
Tablo B.3:	Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_u 925 mb, H 925 mb, RH 925 mb, Ω 850 mb ve T 850 mb veri seti.....	62
Tablo B.4:	Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_v 850 mb, R_u 850 mb, H 850 mb, RH 850 mb ve Ω 700 mb veri seti.....	62
Tablo B.5:	Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, T 700 mb, R_v 700 mb, R_u 700 mb, H 700 mb ve RH 700 mb veri seti.....	62
Tablo B.6:	Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, Ω 600 mb, T 600 mb, R_v 600 mb, R_u 600 mb ve H 600 mb veri seti.....	63
Tablo B.7:	Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, RH 600 mb, Ω 500 mb, T 500 mb, R_v 500 mb ve R_u 500 mb veri seti....	63
Tablo B.8:	Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 500 mb ve RH 500 mb veri seti.....	63
Tablo C.1:	Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, BTS, Ω 1000 mb, T 1000 mb, R_v 1000 mb ve R_u 1000 mb veri seti.....	64
Tablo C.2:	Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 1000 mb, RH 1000 mb, Ω 925 mb, T 925 mb ve R_v 925 mb veri seti.....	64
Tablo C.3:	Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_u 925 mb, H 925 mb, RH 925 mb, Ω 850 mb ve T 850 mb veri seti.....	65
Tablo C.4:	Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_v 850 mb, R_u 850 mb, H 850 mb, RH 850 mb ve Ω 700 mb veri seti.....	65
Tablo C.5:	Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, T 700 mb, R_v 700 mb, R_u 700 mb, H 700 mb ve RH 700 mb veri seti.....	65
Tablo C.6:	Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, Ω 600 mb, T 600 mb, R_v 600 mb, R_u 600 mb ve H 600 mb veri seti.....	66
Tablo C.7:	Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, RH 600 mb, Ω 500 mb, T 500 mb, R_v 500 mb ve R_u 500 mb veri seti.....	66
Tablo C.8:	Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 500 mb ve RH 500 mb veri seti.....	66
Tablo D.1:	Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, BTS, Ω 1000 mb, T 1000 mb, R_v 1000 mb ve R_u 1000 mb veri seti.....	67
Tablo D.2:	Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 1000 mb, RH 1000 mb, Ω 925 mb, T 925 mb ve R_v 925 mb veri seti.....	67
Tablo D.3:	Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_u 925 mb, H 925 mb, RH 925 mb, Ω 850 mb ve T 850 mb veri seti.....	68
Tablo D.4:	Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_v 850 mb, R_u 850 mb, H 850 mb, RH 850 mb ve Ω 700 mb veri seti.....	68
Tablo D.5:	Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, T 700 mb, R_v 700 mb, R_u 700 mb, H 700 mb ve RH 700 mb veri seti.....	68
Tablo D.6:	Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, Ω 600 mb, T 600 mb, R_v 600 mb, R_u 600 mb ve H 600 mb veri seti.....	69

Tablo D.7:	Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, RH 600 mb, Ω 500 mb, T 500 mb, R_v 500 mb ve R_u 500 mb veri seti.....	69
Tablo D.8:	Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 500 mb ve RH 500 mb veri seti.....	69

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1: Sirüs ve gök gürültülü fırtına ayrımı.....	7
Şekil 1.2: Yağış sınıflandırması (Şen ve Öztopal, 2001).....	7
Şekil 1.3: Griffth – Woodley tekniğindeki (GWT) $A_e/A_{e(maks)}$ oranının belirlenmesinde kullanılan amprik diyagram.....	10
Şekil 1.4: Yağış oranı grafiği.....	11
Şekil 1.5: Bulut piksel sıcaklığı ile b değeri arasındaki ilişki.....	12
Şekil 2.1: Çalışma istasyonlarının dağılımı.....	17
Şekil 2.2: OpenMTP formatında gelen veriyi çözümleyen yazılım.....	18
Şekil 2.3: Helman tipi plüviyograf.....	19
Şekil 3.1: Yapay sinirin genel yapısı (Yurtoğlu, 2005).....	23
Şekil 3.2: En çok kullanılan transfer fonksiyonları (Yurtoğlu, 2005).....	24
Şekil 3.3: Yapay sinirin detaylı yapısı (Yurtoğlu, 2005).....	24
Şekil 3.4: YSA'ların genel yapısı (Yurtoğlu, 2005).....	25
Şekil 3.5: Genel bir YSA mimarisi.....	26
Şekil 3.6: Gözlem – Tahmin yağış ihtimalleri.....	29
Şekil 3.7: Düğüm noktası yapısı.....	32
Şekil 4.1: Çalışmada kullanılan YSA mimarisi.....	34
Şekil 4.2: 1000 mb ve 500 mb sinoptik kartı (6 Eylül 2000, 00:00 GMT)....	35
Şekil 4.3: 1000 mb ve 500 mb sinoptik kartı (7 Eylül 2000, 00:00 GMT)...	35
Şekil 4.4: Uygulama 1 için modelin eğitim aşamasındaki başarısı.....	37
Şekil 4.5: Uygulama 1 için modelin tahmin aşamasındaki başarısı.....	37
Şekil 4.6: 1000 mb ve 500 mb sinoptik kartı (24 Mayıs 2000, 00:00 GMT)	40
Şekil 4.7: 1000 mb ve 500 mb sinoptik kartı (25 Mayıs 2000, 00:00 GMT)	40
Şekil 4.8: Uygulama 2 için modelin eğitim aşamasındaki başarısı.....	42
Şekil 4.9: Uygulama 2 için modelin tahmin aşamasındaki başarısı.....	42
Şekil 4.10: 1000 mb ve 500 mb sinoptik kartı (22 Temmuz 2000, 00:00 GMT).....	44
Şekil 4.11: 1000 mb ve 500 mb sinoptik kartı (23 Temmuz 2000, 00:00 GMT).....	44
Şekil 4.12: Uygulama 3 için modelin eğitim aşamasındaki başarısı.....	46
Şekil 4.13: Uygulama 3 için modelin tahmin aşamasındaki başarısı.....	46
Şekil 4.14: 1000 mb ve 500 mb sinoptik kartı (26 Ağustos 2000, 12:00 GMT).....	48
Şekil 4.15: 000 mb ve 500 mb sinoptik kartı (27 Ağustos 2000, 12:00 GMT).....	48
Şekil 4.16: Uygulama 4 için modelin eğitim aşamasındaki başarısı.....	50
Şekil 4.17: Uygulama 4 için modelin tahmin aşamasındaki başarısı.....	50

SEMBOL LİSTESİ

$f (.)$	: Transfer fonksiyonu
μ	: Öğrenme oranı
A, b, c	: Amprik sabitler
A_c	: 253 °K izotermi ile sınırlandırılmış alan
A_e	: Radardan elde edilen yağış alanı
A_m	: Maksimum alan genişliği
A_r	: Yağış alanı
b_1, b_2, b_3	: Amprik sabitler
b_{kj}	: Gözlem değeri
D_{ij}	: Yağmur derinliği
F_c	: Belli bir alandaki eşik değerinin altındaki bulutların kapallılığı
$g (.)$	: Toplama fonksiyonu
$g_1, g_2, \dots$	: Düğüm noktası değerleri
GPI	: GOES yağış indeksi
H	: Toplam hata
I	: Yağış oranı
i	: İstasyon değeri
J	: Hataların ağırlıklara göre türevlerini içeren Jacobian matrisi
J^T	: Jacobian matrisin transpozesi
Q	: Eşik değeri
R	: Yağış miktarı
r	: Yükselici akım yarıçapı
$r_1, r_2, \dots$	: Uzaklık
R_{ort}	: Ortalama yağış miktarı
R_v	: Yağmur hacmi
S_{ij}	: Eğim
T	: Zaman
T_c	: Düzeltilmiş sıcaklık
T_{ij}	: Ortalama sıcaklık
T_{min}	: Minimum sıcaklık
V	: Kızılötesi radyans
w_{ij}, v_{ij}	: Bağlantı ağırlıkları
X_i	: YSA girdisi
y_i	: YSA çıktısı
z_{kj}	: YSA tahmin değeri

UYDU VE YER KAYNAKLI METEOROLOJİK DEĞİŞKENLERLE KISA VADELİ YAĞIŞ MODELLEMESİ İÇİN YAPAY SİNİR AĞI YAKLAŞIMI

ÖZET

Yağış kaynaklı doğal afetlerin (sel, taşkın, vb.) önlenmesi ile su kaynakları ve havza yönetimi için yağışların ölçümü, modellenmesi ve tahminleri çok önemlidir. Kurulu olan yağış ölçer ağlarının hem zaman hem de uzay değişkenliklerinin yüksek olması sebebiyle, küçük ölçeklerdeki şiddetli yağışların belirlenmesinde çeşitli zorluklar vardır. Mevcut hava tahminlerinin son yıllardaki güvenilir sonuçlarına rağmen konvektif yağışların zaman ve alan yağış desenleri tam olarak yakalanamamaktadır. Bu sebeple uydulardan elde edilen bilgiler hava tahmin modellerine girdi olarak kullanılmaktadır.

Yağış tür ve miktarının uzaktan algılama ile belirlenmesi meteoroloji alanındaki önemli konulardan biridir. Bu amaçla kullanılan cihazlar radar ve uydulardır. Bunlar arasında zaman ve uzay çözünürlüğü en yüksek olan uydu sistemleridir ve bu da onlara önemli bir katkı sağlamaktadır.

Konvektif yapılar için bulut tepe sıcaklığı yağış ile ilişkilendirilebilen anahtar bir parametredir. Buradaki yaklaşım, soğuk tepeli bulutların sıcak tepelilerden daha fazla yağış ürettiklerine dayanmaktadır. Buradan hareketle, Bölüm 1’de ayrıntılı olarak açıklanan olan Arkin, GOES yağış indeksi, ayarlanmış GOES yağış indeksi, Griffith-Woodley, Negri-Adler-Woodley, konvektif-stratiform, güçlendirilmiş konvektif-stratiform, otomatik tahmin edici ve geliştirilmiş otomatik tahmin edici teknikleri gibi ekvator yörüngeli uydu verisini kullanan yöntemler geliştirilmiştir. Tüm bunlar yapılarında ampirik denklemler içermektedir ve bu denklemlerdeki katsayıların ülkemiz için belirlenmesi zorunluluğu vardır. Ayrıca bu yöntemler yapılarında doğrusal ilişkiler içermektedirler.

Bu çalışmada 2000 yılı içerisindeki 5-7 Eylül, 23-25 Mayıs, 21-23 Temmuz ve 25-27 Ağustos dönemlerine ait 4 ayrı konvektif yağışlı olay incelenmiştir. Ayrıntıları Bölüm 2’de verilen bu zaman aralıklarındaki Meteosat 7 uydusunun kızılötesi kanal verisi, çalışma istasyonlarındaki 6 saatlik toplam yağış verisi ve NCEP/NCAR’ın düğüm noktalarına aktarılmış troposferin düşey seviye verileri kullanılmıştır. Geliştirilen yöntemin uygulamaları için Marmara Bölgesi’nin 26 yağış ölçer istasyonu gözönüne alınmıştır.

Bu tez çalışmasında, yukarıda açıklanan problemin çözümünde yöntem olarak, çevreden alınan duyumların sinirler vasıtasıyla beyne aktarılması ve beynin karar vermesinden yola çıkarak geliştirilmiş olan Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılmıştır. YSA deneyerek, bir nevi insanlar gibi tecrübe ederek öğrenebilen ve bünyesinde doğrusal olmayan bir yapıya sahiptir. Bu da ona yapay zeka çalışmaları alanında

ayrıcalık sağlamaktadır. YSA ve kurulan modelin analizi için kullanılan yakalama ihtimali, taraflılık, yanlış uyarı oranı, kritik başarı indeksi, isabet oranı ve sınıflandırma istatistikleri hakkındaki ayrıntılar Bölüm 3’te verilmiştir.

YSA’nın yukarıda açıklanan özelliklerinden dolayı, yağış miktarını tahmin etmede birer giriş, gizli ve çıkış tabakalarını içeren sırasıyla 37, 19 ve 1 sinir hücrelerine sahip bir model kurulmuştur. Bölüm 4’te ayrıntıları sunulan bu model ile her bir yağış olayı modellenmeye çalışılmıştır. Mayıs, Temmuz ve Eylül aylarındaki yağış olayları başarılı olarak tahmin edilirken Ağustos ayı için tahmin aşamasında modelin yakalama ihtimalinin yeteri kadar yüksek olmadığı saptanmıştır.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORK APPROACH FOR MODELLING OF THE SHORT RANGE PRECIPITATION WITH METEOROLOGICAL PARAMETERS BASED SATELLITE AND GROUND DATA

SUMMARY

In order to hinder the natural hazard (surface water, floods, etc.) of precipitation origin it is necessary to measure, model and predict the precipitation for water resources and catchment management. Due to high spatial and temporal variability of precipitation measurement networks, there are difficulties in determining small scale intensive rainfall events. Although currently available weather prediction models yield reliable results, they cannot catch the spatio-temporal patterns of convective rainfall events. For this reason, the satellite based meteorological information is used as input in weather prediction models.

One of the most significant subjects in meteorology domain is the determination of precipitation pattern types and quantities through remote sensing. The instruments used for this purpose are radars and satellites. Satellite systems have the most refined resolution among all these instruments, which provides them significant superiority.

For convective structures the cloud top temperature is a key parameter that can be related to precipitation. The basic idea herein is that the cold cloud top temperatures generate more precipitation than hot or warm cloud top temperatures. Keeping this point in mind, Chapter 1 explains in detail currently available techniques in the literature such as Arkin, GOES precipitation index, adjusted GOES precipitation index, Griffith-Woodley, Negri-Adler-Wooley, convective-stratiform, enhanced convective-stratiform, automatic estimator, and advanced automatic estimator techniques. They all include empirical equations in their structure and the parameters of these equations must be determined for our country. On the other hand, these methods include linear relationships.

In this thesis, four convective precipitation events in 2000 are examined each within different time periods as 5-7 October, 23-25 May, 21-23 July and 25-27 August. Each of these are explained in detail in Chapter 2 by considering Meteosat 7 infrared channel data for 6-hour total rainfall amounts such that the data at the upper troposphere vertical levels are transferred to grid points from NCEP/NCAR. The application of the methodology is presented for 26 Marmara region rain gauge stations.

In this thesis, as effective methodology Artificial Neural Network (ANN) is used and, it has the analogy such that the inputs were taken from the environment through the neurons are transmitted to the brain. The ANN model can learn by training similar to a human and it has a non-linear structure. Such a non-linearity provides a distinctive possibility in the domain of artificial intelligence. For the model ANN and its analysis, various statistical criteria are used as detection probability, bias, wrong

alarm ratio, critical success index, target ratio and classification. These statistical criteria explained in Chapter 3.

By following the methodology explained above, as a result of ANN properties, convenient architecture for total precipitation amount prediction is proposed that constitutes single input, hidden and output layers with 37, 19 and 1 neurons, respectively. In Chapter 4, this model is used for precipitation prediction by considering each time period event. Although for May, July and September month's rainy events are predicted with success, for August there are failures.

1. GİRİŞ

1.1. Giriş

Yağışların ölçümü, modellenmesi ve tahminleri yağış kaynaklı doğal afetlerin (sel, taşkın, vb.) önlenmesi ile su kaynakları ve havza yönetimi için çok önemlidir. Yeryüzünde kurulu olan yağış ölçer ağırları hem uzay hem de zaman dağılımı olarak büyük değişkenlikler gösterir. Bu değişkenlik küçük ölçeklerde meydana gelen şiddetli yağışların belirlenmesini zorlaştırır. Özellikle yaz aylarında orta enlemlerde görülen konvektif yağışların zaman ve alan yağış desenleri (paternleri), mevcut hava tahmin modelleri ile tam olarak belirlenememektedir (Reudenbach ve diğ., 2001).

Son on yıldır daha güvenilir sonuçlar alınmaya başlanmış olmakla beraber, hava tahmin modelleri yine de küçük ölçeklerdeki şiddetli yağışları belirleyememektedir. Bu eksikliği bir ölçüde giderebilmek için son zamanlarda uydular yoluyla yağış bilgisi hava tahmin modellerine giriş verisi olarak kullanılmaktadır.

Uzaktan algılama, yeryüzüne yönelik havadan ya da uzaydan yapılan ve algılamanın fizik temasa geçilmeden gerçekleştirildiği yeryüzü ya da atmosfer konularındaki bilgi alma ve değerlendirme tekniği olarak tarif edilebilir. Buradan hareketle, gök cisimlerinin yeryüzünden teleskop ve benzeri cihazlarla incelenmesi, uzaktan algılama olarak adlandırılmaz (Sesören, 1999). Ekercin (2000) uzaktan algılamayı, cisimler ile fizik temasta bulunmadan onlar hakkında bilgi edinilmesi, tanınması, çevrelerinden ayırt edilmesi ve toplanan bilgilerin görüntü şeklinde kayıt edilmesi olarak değerlendirmiştir. Günümüzde uzaktan algılama tekniklerinin kullanılması ile hava ve deniz kirlilikleri, jeolojik, jeomorfolojik ve oşinografik çalışmalar, atmosferik, orman, zirai vb. uygulamalar kolaylıkla ve ekonomik olarak yapılabilir.

Yağış tür ve miktarının belirlenmesi konusunda uzaktan algılama tekniklerinden yararlanma alanında önemli gelişmeler bulunmaktadır (Reudenbach ve diğ., 2001;

Boi ve diğ., 2004; Feidas ve diğ., 2005). Radar ve uydu ile olan uzaktan algılama bu tekniklerin başında gelmektedir. Bu nedenle hava tahmin modellerini destekleyen uzaktan algılama teknikleri, özellikle konvektif sistemlerin belirlenmesi ve tahmininde son derece önemli katkılar sağlamaktadır. Yer istasyonlarında meydana gelebilecek herhangi bir problemten dolayı veri temininde karşılaşılabilecek aksaklıklara karşı en önemli seçenek uydu görüntüleri olmaktadır (Levizzani ve diğ., 2001a; Morel ve diğ., 1997).

Uydular geniş bir bölgede sinoptik bir görüş ve düzenli olarak veri sağlarlar. Ekvator üzerinde yere göre sabit ve yerden yaklaşık 36.000 km yukarıda yer alan ekvator yörüngeli uydular, üzerlerinde kısa dalga boyuna karşılık gelen kızılötesi ve görünür bölgeleri algılayabilen algılayıcılar ile yüksek bir zaman ve alan çözünürlüğüne sahiptirler (Griffith ve diğ., 1978; Levizzani, 1998). Gece boyunca görünür bölgeden herhangi bir bilgi alınamazken, kızılötesi kanaldan tüm gün boyunca yağışın sürekli olarak takibini yapabilmek mümkündür (Adler ve Negri, 1988; Arnaud ve diğ., 1992).

Günümüzde operasyonel olarak kullanılan ekvator yörüngeli meteorolojik uydulardan elde edilen kızılötesi veriler yaklaşık 60° N - 60° S enlemleri için 1 – 7 km arasında değişen uzay ve 15' – 30' arasında değişen zaman çözünürlüğüne sahiptir. Oysa böylesine bir çözünürlüğü yer istasyonlarıyla sağlamak olanaksızdır. Uydu sistemlerinin sahip olduğu bu yüksek zaman çözünürlüğü ile bulut ve yağış sistemleri gerçek zamanlı olarak belirlenebilmekte ve izlenebilmektedir. EUMETSAT (European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites) tarafından 2005 yılından beri işletilmekte Meteosat 2. nesil (MSG: Meteosat Second Generation) uydusundan Meteosat 8 uydusunun 12 spektral kanala, 15 dakika zaman ve 1 – 5 km alan çözünürlüğüne sahip olması konvektif sistemlerin belirlenmesi ve tahmininde başarı oranının daha da artmasına sebep olacaktır. Levizzani ve diğerleri (2001,b,c) MSG'nin kullanılmasıyla bulut mikrofiziğine ait bilginin artacağını ve buradan geliştirilecek çoklu spektral teknikler konusunda ilerleme sağlanacağını ortaya koymuştur.

Kutup yörüngeli uydular ise ekvator yörüngeli uydular gibi bir bölgeden sürekli olarak bilgi akışı sağlayamamaktadır. Bu tip uydular yaklaşık 860 km yükseklikteki bir yörüngede sürekli olarak kutuplar boyunca geçiş yapmaktadır. Dolayısıyla bir

bölgeden gün içerisinde ancak 2 kez geçmektedirler. Bu özellikleri operasyonel ve iklim çalışmaları için yeterli olmamaktadır. Bu tip meteorolojik uydular, üzerlerinde mikrodalga algılayıcılara sahiptirler. Elbetteki buradan elde edilen verinin alan çözünürlüğü de ekvator yörüngeli uydularınkinden daha düşüktür (Yüksek frekanslarda $15\text{km} \times 15\text{km} = 225\text{km}^2$, düşük frekanslarda ise $40\text{km} \times 40\text{km} = 1600\text{km}^2$). Ayrıca mikrodalga radyansı ölçen bu uydular toprak ve bitki alanlarından da etkilenmektedirler (Reudenbach ve diğ., 2001).

Yağışın fizik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan en eski ve en uygun uzaktan algılama sistemi radarlardır. Bunlar kapsama alanları içerisinde son derece kullanışlıdır, ancak ekvator yörüngeli uydular gibi büyük bir uzay kapsama alanına sahip değildirler. Ayrıca radarlar dağlık alanlardan da etkilenmektedirler. Sinyal kirliliği de bu sistemler için ayrı bir sorundur. Buna ek olarak radarların konumlandığı bölge için yansıtma, Z, ve yağış, R, oranını ifade eden Z/R oranı saptanmalıdır. Bu oran her bölge için farklılık gösterir. Aksi takdirde tahmin edilen yağış miktarlarında büyük hatalar görülür (Marshall ve Palmer, 1948). Buluttaki damlacık büyüklük dağılımının, farklı bulut tipleri ve gelişim aşamaları için değişken olan bulutun mikrofizik işlemlerine bağlı olması yağış tahminlerinde önemli hataların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Gori ve diğ., 1987 ve 1988).

Bu nedenle ekvator ve kutup yörüngeli uydulardan alınan kızılötesi, mikrodalga ve radar verileri karşılaştırılacak olursa kızılötesi veri, çözünürlük bakımından daha uygundur. Mikrodalga radyans ve radar yansıtması yağış ile doğrudan ilişkili olmakla beraber kızılötesi radyans ile yağış dolaylı bir ilişkiye sahiptir. Bu yüzden kızılötesi veri çeşitli sorunlar içerir. Örneğin, kızılötesi kanaldan elde edilen bilgi varolan bulutun tepe sıcaklığıdır. Bu nedenle kızılötesi kanal için geliştirilen tüm teknikler, yağış ile bulut tepe sıcaklığı ilişkisine dayanır. Bu durum sirüs ve yağış üretmeyen yüksek seviyeli bulutlar için kızılötesi tekniklerin yanlış yağış bilgisi üretmesine sebep olur. Ayrıca bulut tepe sıcaklığı yüksek olan ve yağış üretebilen bulutların bu teknikler ile belirlenebilmesi de zorluklar içerir. Çünkü kızılötesi radyans yağmur damlacığı ile karşılıklı etkileşim içerisinde değildir. Buradan ortaya çıkan bir sonuç da 3-boyutlu olarak gerçekleşen yağışın bu teknikler ile ancak 2-boyutlu olarak göze alınabilmesidir.

Kutup yörüngeli uydu platformlarındaki mikrodalga algılayıcılar ve radarlar, yağış miktarının belirlenmesinde büyük bir üstünlüğe sahiptirler. Çünkü mikrodalga radyans ve radar yansıtma verileri bulut ve yağış mikrofiziği hakkında doğrudan sinyalleri içerir.

Çok kararsız bir yapıya sahip olan tropikler arası konverjans alanında (ITCZ: Intertropical Convergence Zone) yapılan çalışmalar, konvektif yapılar için bulut tepe sıcaklığının yağış ile ilişkilendirilebilen anahtar bir parametre olduğunu gösterir (Desbois ve diğ., 1989). Bu nedenle kızılötesi görüntülerden yağış miktarının kestirilmesi için eşik değerlerin belirlenmesine gidilmektedir (Griffith ve diğ., 1978; Arkin ve Meisner, 1987; Desbois ve diğ., 1989; Adler ve Negri, 1988). Konvektif kuleler olarak da adlandırılan kümülünimbüs yapısı güçlü düşey hava hareketleri dolayısıyla bulut tepesinde adeta bir kaynama etkisine sahiptir. Bu nedenle ITCZ alanı içerisinde konvektif kulelerin araştırılması bir anlamda yağışın araştırılmasına karşı gelir.

Ampirik olarak yağışı bulut tepe sıcaklığı ile ilişkilendiren pek çok yöntem geliştirilmiştir. Tüm bu yöntemler soğuk tepeli bulutların sıcak tepelilerden daha fazla yağış ürettikleri temeline dayanır (Marrocu ve diğ., 1993; New ve diğ., 2001; Levizzani ve diğ., 2002). Bunlar arasında Arkin (1979) tarafından geliştirilen Arkin Tekniği, Doneaud ve diğ. (1984) ve Lopez ve diğ. (1989) tarafından geliştirilen ATI tekniği ve GOES yağış indeksi (GPI: Geostationary Operational Environmental Satellites-GOES Precipitation Index) (Arkin ve Meisner, 1987) bulunur.

Griffith – Woodley tekniği (GWT: Griffith ve diğ., 1976; 1978; 1981; Negri ve diğ., 1984) olarak adlandırılan uydu yağış yöntemi, bulutların uzay ve zamanla değişimlerine dayanır. Negri ve arkadaşları (1984), bu yönetimin basitleştirilmiş bir hali olan ve bulutun zamanla değişimini gözönünde bulundurmeyen Negri–Adler–Woodley (NAWT) tekniğini geliştirmişlerdir. Sirüsler yağış üretmezler, dolayısı ile bu bulutların yağış veren bulutlar ile karışması önemli bir sorundur. İşte bu yüzden Adler ve Negri (1988), sirüs problemini ortadan kaldıran ve piksel tabanlı olan konvektif-stratiform teknik olarak adlandırılan, CST (Convective-Stratiform Technique), yöntemini sunmuştur. Ayrıca bu yöntemin GPI'ye göre daha yüksek uzay çözünürlüğünde kestirimler ortaya koyduğu görülmüştür.

Arkin (1979) tekniđi tropikal atlantik okyanusu için geliřtirilmiřtir ve tepe sıcaklıđı 235°K'den daha dūřuk olan sođuk bulutlar ile saatlik toplam yađıř arasında bir iliřki olduđu fikrini kullanmaktadır. Bu dūřunceye göre, bulut tepe sıcaklıđı, T, eřik deđer olan 235°K'den daha dūřuk ise saatlik toplam yađıř miktarı $R=3 \text{ mm/m}^2$, daha yüksek ise saatlik toplam yađıř miktarı $R=0 \text{ mm}$ olarak atanmaktadır.

NAWT, Arkin yönteminden daha karmaşık olup ABD'nin Florida bölgesi üzerindeki konvektif yağışlar için geliştirilmiştir. Buradaki eřik sıcaklığı 253°K olarak belirlenmiştir. Bu eřik değerinden dūřuk pikseller bir bulut olarak algılanıyor ve bu bulutun içerisindeki en soğuk piksellerin %10'una karşı gelen saatlik toplam yağış miktarı $R=8 \text{ mm/m}^2$; %10'u ile %50'si arası saatlik toplam yağış miktarı $R=2 \text{ mm/m}^2$ ve geriye kalan %50 piksellere ise yağış atanmıyor, $R=0 \text{ mm/m}^2$.

Diğer bir adı da Operasyonel GOES Kızılötesi Yağış Hesaplama Yöntemi olan Otomatik Tahmin Edici, AET (AutoEstimator Technique), Kuzey Amerika'daki geniş iç ovalar ve Meksika Körfezine komşu alanlar üzerinde kullanılmak için geliştirilmiştir. Bu yöntemde °K cinsinden bulut tepe sıcaklığı, T, ile mm/saat olarak ifade edilen radar yağış verisi, R, arasındaki ilişki üstel (eksponansiyel) bir fonksiyon olarak aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$R = A \exp(bT^c) \quad (1.1)$$

Burada A, b ve c değerleri amprik sabitlerdir. Bu yöntemin geliştirildiği bölge için amprik değerler, $A = 1,1183 \cdot 10^{11} \text{ mm/m}^2$, $b = 3,6382 \cdot 10^{-2} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$ ve $c = 1,2$ 'dir. Ayrıca bu yöntemde, yağışın görülmediği piksellerin ayıklanması için iki filtre önerilmektedir. Bunlardan ilk filtre ardışık görüntülerin karşılaştırılmasına dayanır. Buna göre, Eğer bir pikseldeki bulut tepe sıcaklığı ardışık olarak artıyorsa, bu pikselde yağışın olmayacağı kabul edilir. Çünkü sistem bozulmaktadır. İkinci filtre ise piksel sıcaklıkları ile komşu piksel sıcaklıklarının karşılaştırılmasına dayanır. Eğer piksel sıcaklığı komşu piksel sıcaklıklarından daha yüksek ise bu pikselde de yağış meydana gelmeyecektir.

Adler ve Negri (1988) tarafından geliştirilen CST aşağıdaki adımları içerir.

- a) Gökğürültülü fırtına (Thunderstorm) alanlarının belirlenmesi: Uydu verisi üzerindeki yerel minimum sıcaklıklar, T_{min} , belirlenir ve bu sıcaklıklara sahip alanlar çevrelerinden daha soğuk oldukları için bir gökğürültülü fırtına adayıdır ya da güçlü bir konveksiyon alanıdır. Burada eşik değer olarak 253°K alınmıştır ve bundan daha büyük olan T_{min} değerleri dikkate alınmamaktadır.
- b) Eğim parametresinin hesaplanması: İnce ve yağış vermeyen sirüsleri temsil eden T_{min} 'ları ortadan kaldırmak için her T_{min} değerine karşılık (i,j) noktasında bir eğim parametresi, S_{ij} , aşağıdaki ilişkiye göre hesaplanır.

$$S_{ij} = T_{ij} - T_{min} \quad (1.2)$$

Burada

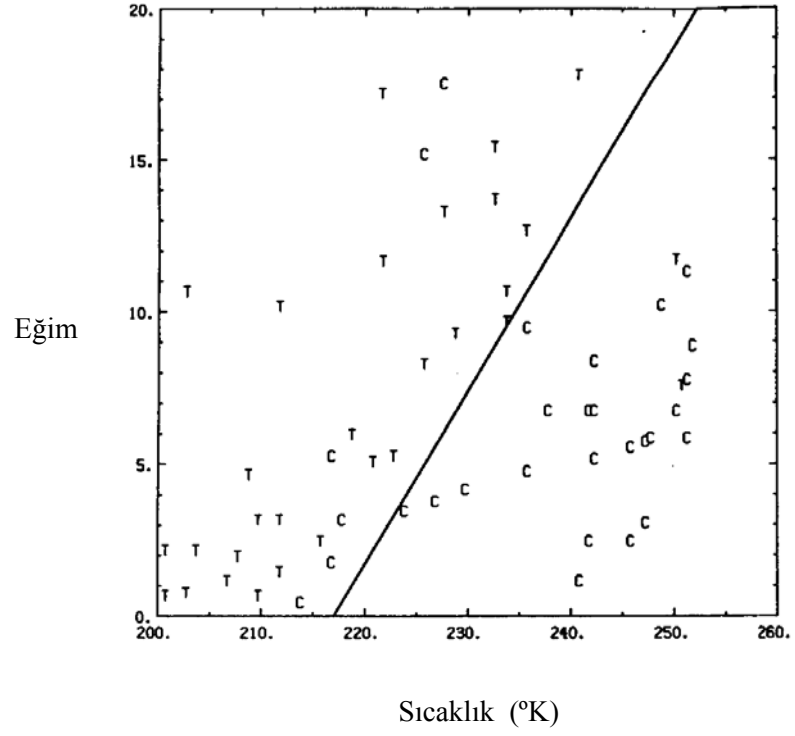
$$T_{ij} = (T_{i-2,j} + T_{i-1,j} + T_{i+1,j} + T_{i+2,j} + T_{i,j+1} + T_{i,j-1})/6 \quad (1.3)$$

aritmetik ortalama olarak hesaplanır.

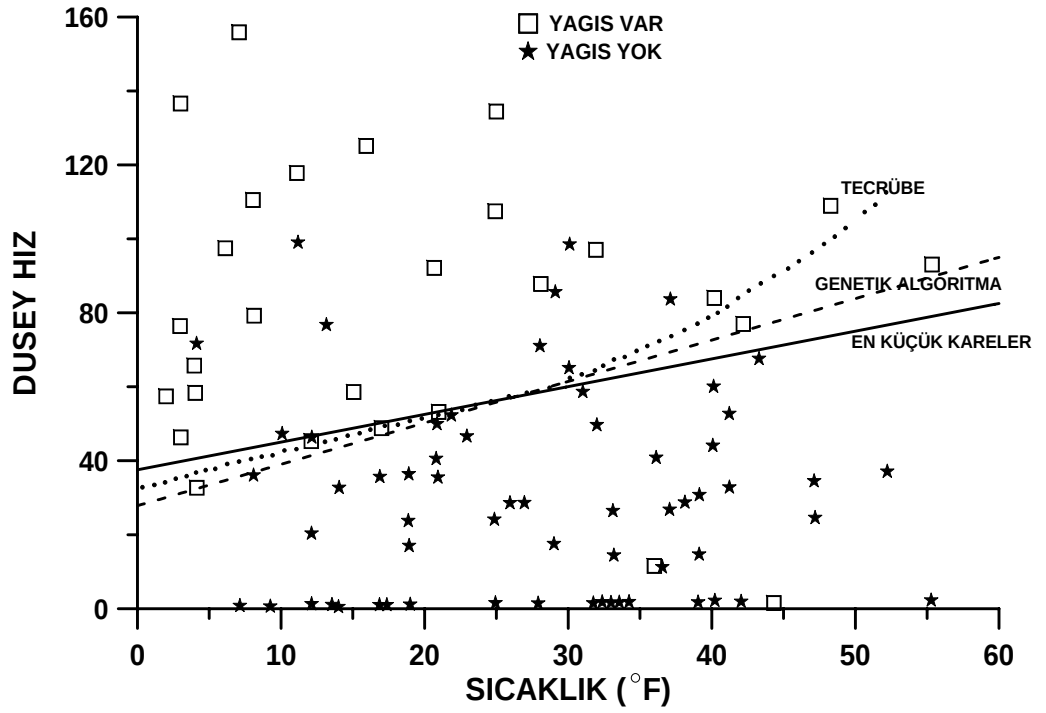
- c) Sirüs/Gökğürültülü fırtına ayrımı: Burada radar ve görünür bölge uydu verileri kullanılarak aktif olan konveksiyon ve sirüslerin ampirik bir denklem ile ayrılması hedeflenmektedir. Yukarıdaki a ve b adımları takip edilerek, temeli Panofsky ve Brier (1968) tarafından verilen bu ampirik denklemin yardımıyla sıcaklık ve eğim arasındaki ilişkiyi gösteren aşağıdaki grafik çizilmiştir (bak Şekil 1.1).

$$S = 0,568(T_{min} - 217,0) \quad (1.4)$$

Panofsky ve Brier (1968)'de gösterilen klasik ayırma analizi Öztopal (1998) ve Şen ve Öztopal (2001) tarafından genetik algoritma (GA) ile geliştirilmiştir. Şekil 1.2'de en küçük kareler ismi ile belirtilen düz doğru Panofsky ve Brier (1968)'in klasik ayırım doğrusudur ve 15 adet yanlışla sahiptir. Halbuki GA yöntemi ile elde edilen kesikli doğru 12 hata ile daha başarılı bir yağış sınıflandırması yapabilmektedir.



Şekil 1.1: Sirüs ve gök gürültülü fırtına ayrımı.



Şekil 1.2: Yağış sınıflandırması (Şen ve Öztopal, 2001).

- d) Görüş alanı düzeltmesi: GOES uydusu yaklaşık 8 km'lik bir çözünürlüğe sahipken, Adler ve Mack (1984) tarafından kullanılan 1 boyutlu bulut modelinin çözünürlüğü ise 1 km'dir. Dolayısıyla GOES'dan elde edilen sıcaklık ile 1 Boyutlu bulut modelinden elde edilen çıktının karşılaştırılması için ölçeklerin uyumsuzluğu giderilmelidir. Bu konuda aşağıdaki tecrübeye dayanan doğrusal (ampirik) denklem belirlenmiştir.

$$(T_{\min}-T_c) = 0,283T_{\min}-56,6 \quad (1.5)$$

Burada T_c düzeltilmiş sıcaklığı ifade eder.

- e) Yağış oranı ve alanının belirlenmesi: Bir boyutlu bulut modeli için konvektif yağış alanı, A_r , aşağıdaki eşitlik ile verilir.

$$A_r = 5\pi r^2 \quad (1.6)$$

Burada r modelin yükselici akım (updraft) yarıçapını gösterir.

Yağışlı alan üzerindeki ortalama yağış miktarı ise

$$R_{\text{ort}} = V_r/A_r \quad (1.7)$$

şeklinde ifade edilir ve burada V_r yağış alanına düşen yağışın hacmini gösterir.

Buradan R_{ort} ve A_r 'nin T_c üzerinden belirlenebilmesi için aşağıdaki eşitlikler elde edilmiştir.

$$R_{\text{ort}} = 74,89 - 0,266T_c \quad (1.8)$$

ve

$$A_r = \exp(15,27 - 0,0465T_c) \quad (1.9)$$

- f) Tabakalı bulut yağış oranının belirlenmesi : Yağışın stratiform olduğuna karar vermek için önce sirüs sınaması uygulanır. Bu sınama geçildikten sonra eğim parametresinin 4'ten küçük olduğu durumlar geçerlidir. Bu tür yağış için genelde yağış miktarı saatte 2,0 mm/m² olarak alınır.

GOES Yağış İndeksi (GPI) için ise Arkin (1979) tarafından önerilen eşik değer 235°K'dir. Bu eşik değeri için bulut kapallılığı ile yağış arasındaki ilişkinin eğimi 2,9–3,7 mm/saat² dir. Bu ilişki aşağıdaki eşitlik ile gösterilmiştir.

$$GPI = SF_c t \quad (1.10)$$

Burada S eğimi, F_c belli bir alandaki eşik değerinin altındaki bulutların kapallılığını (0–1 arasında bir değer) ve t de saat cinsinden süreyi gösterir.

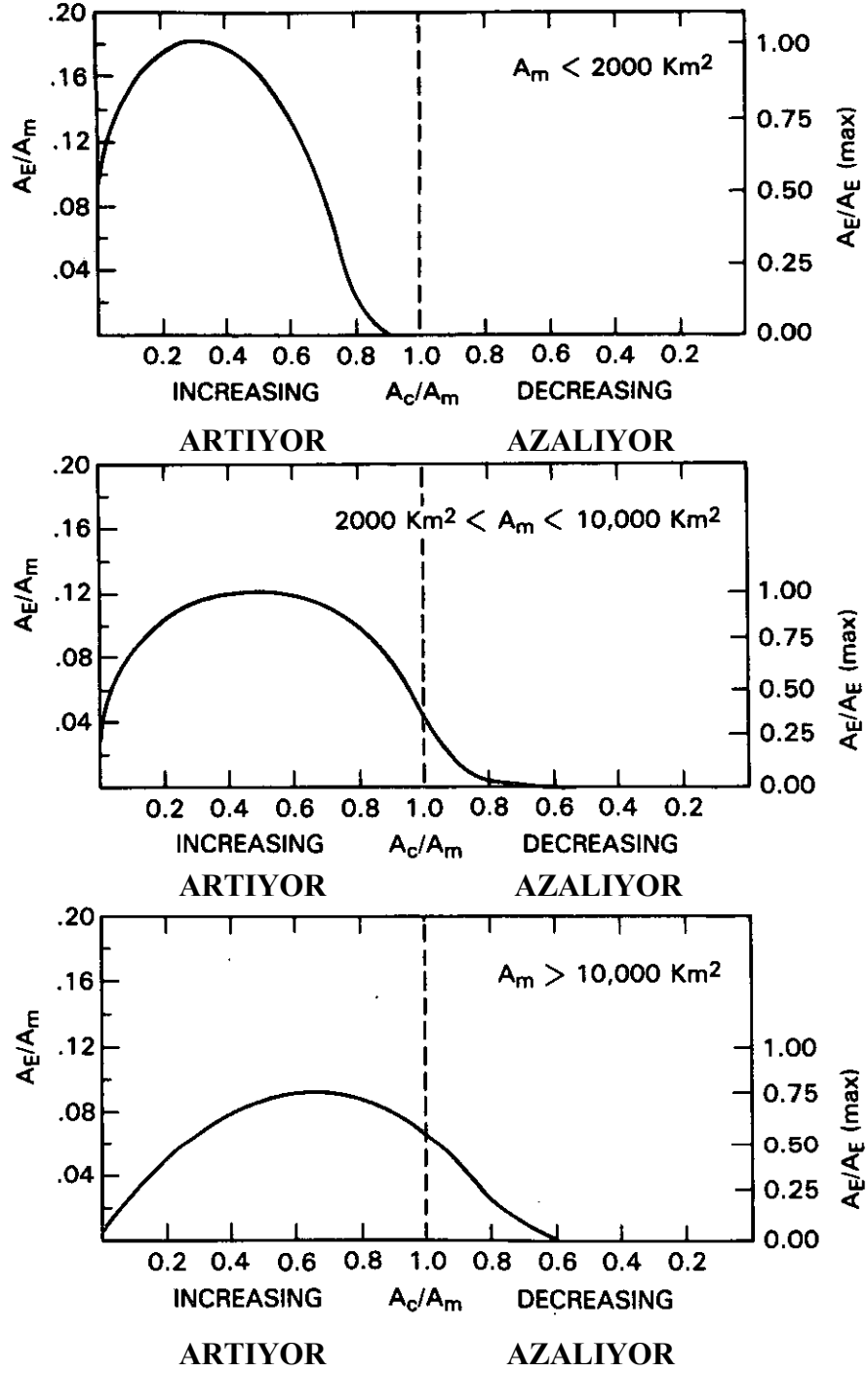
Griffth – Woodley Tekniği (GWT), (i,j) noktasındaki yağmur derinliğini hesap etmek için kullanılır. Bu amaçla gerekli olan adımlar şunlardır:

- a-) Kızılötesi görüntüden 253 °K izotermi ile sınırlandırılmış A_c alanının belirlenmesi,
- b-) Maksimum alan genişliği, A_m , belirlenerek A_c 'lerin normalize edilmesi,
- c-) Radardan elde edilen yağış alanı, A_e , yardımıyla A_e/A_m oranının belirlenmesi,
- d-) Şekil 1.3'den $A_e/A_{e(maks)}$ oranı belirlenerek Şekil 1.4'ten yağış oranı olan I değerinin okunması,
- e-) a_1 , 253 °K – 225 °K arasındaki A_c 'nin oranını; a_2 , 224 °K – 202 °K arasındaki A_c 'nin oranını; a_3 de 201 °K'den daha düşük olan A_c 'nin oranını; b_1 , b_2 ve b_3 ampirik değerleri de sırasıyla 1,00; 2,19 ve 3,24 olarak belirlendikten sonra

$$\sum_{i=1}^3 a_i b_i \text{ terimi hesaplanması,}$$

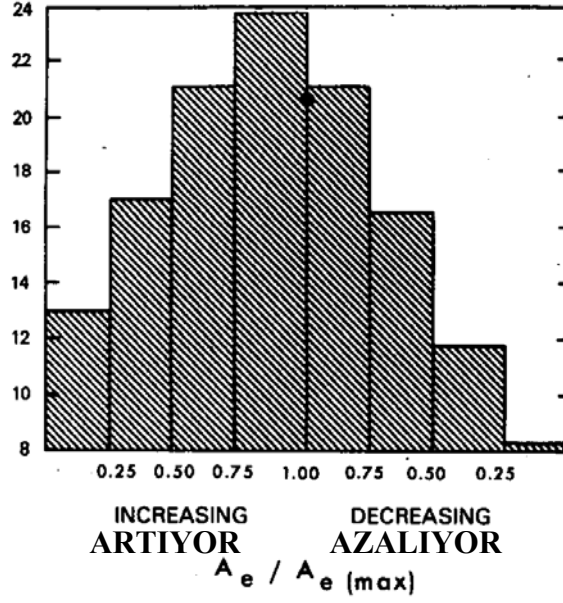
- f-) Yukarıdaki adımlarda elde edilen büyüklüklerin kullanımı ile yağmur hacminin, R_v , hesaplanması,

$$R_v = I \left[\frac{A_e}{A_m} \right] A_m \sum_{i=1}^3 a_i b_i \Delta t \quad (1.11)$$



Şekil 1.3: Griffth – Woodley tekniğindeki (GWT) $A_e/A_{e(\text{maks})}$ oranının belirlenmesinde kullanılan amprik diyagram.

**YAĞIŞ
ORANI
(mm/saat)**



Şekil 1.4: Yağış oranı grafiği.

Parantez içindeki terim boyutsuzlaştırma için kullanıldığından eşitlikteki A_m terimleri birbirini götürmez.

g-) Bulut piksel sıcaklığı aşağıdaki 2 eşitlikle ilişkilendirilmiştir (Şekil 1.5).

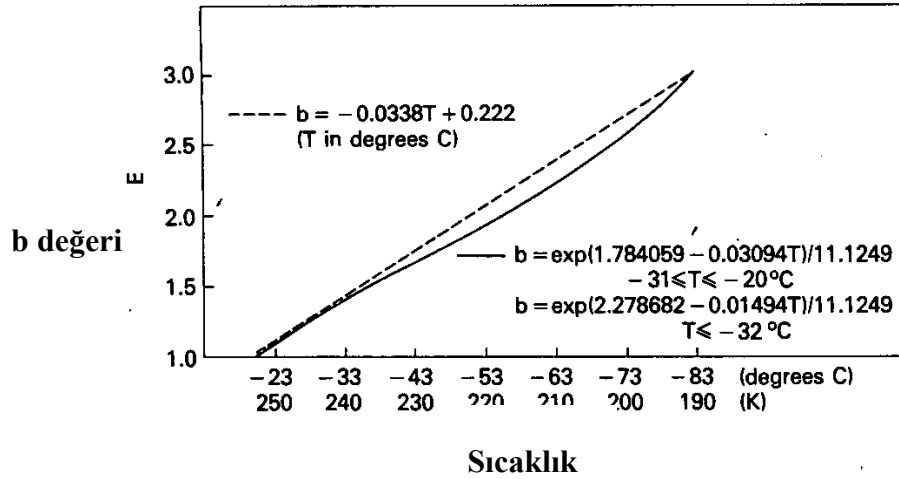
$$-31 < T < -20 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ için } b = \exp(1,784095 - 0,03094T) / 11,1249 \quad (1.12)$$

$$T < -32 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ için } b = \exp(2,278682 - 0,01494T) / 11,1249 \quad (1.13)$$

h-) Son olarak T_{ij} sıcaklığına sahip a_{ij} noktasındaki yağmur derinliği, D_{ij} ,

$$D_{ij} = \frac{R_v b_{ij}}{2a_{ij} \sum b_k} \quad (1.14)$$

bağıntısından hesaplanır.



Şekil 1.5: Bulut piksel sıcaklığı ile b değeri arasındaki ilişki.

Yukarıda açıklanan yöntemler 1979 ve 1990 yılları arasında geliştirilmiş olmasına rağmen günümüzde de kullanılmaktadır. Örneğin, Adler ve Negri (1993) GPI yöntemine SSM/I (Special Sensor Microwave Imager) mikrodalga verisini ekleyerek Ayarlanmış GPI, AGIP (Adjusted GPI), yöntemini sunmuşlardır.

Reudenbach ve diğ. (2001) CST algoritmasını bölge ayarlamalarını da dikkate alarak ve su buharı kanalını da kullanarak Güçlendirilmiş Konvektif - Stratiform Teknik, ECST (Enhanced Convective Stratiform Technique), ismi ile Almanya için geliştirmiştir. Tjemkes ve diğ. (1997) derin konvektif bölgelerde su buharı kanalı sıcaklığının kızılötesi kanalı sıcaklığından daha büyük olduğunu göstermişlerdir.

Tarruella ve Jorge (2003) Arkin, NAWT ve AET yöntemlerini kullanarak İber Yarımadası'ndaki yağışlar ile bulut tepe sıcaklığı arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bu çalışmalarında Arkin yöntemindeki sınıf aralığını 2'den 220-275°K arasında 12 sınıfa çıkartarak her sınıf aralığına karşı gelen yağış miktarlarını İspanya için belirlemişlerdir. Ayrıca ayrıntıları yukarıda anlatılan NAWT ve AET yöntemlerindeki sabit katsayıları da hesaplamışlardır.

AET ardışık 2 kızılötesi resmin karşılaştırılmasına dayanır. Eğer 2. resim öncekinden daha soğuk ise yükselici hareket söz konusudur ve ortamda konvektif yağış görülmektedir ya da 2. resim öncekinden daha sıcak ise bu takdirde de sistem zayıflıyor demektir ve yağışın görülmeyeceği söylenebilir. Burada konvektif sistemin yatay hareketi gözönüne alınmamaktadır. Oysa 2. resimdeki piksel herhangi bir

yükselici hareket olmadan da ilk resimdeki pikselden daha soğuk olabilir. İşte bu yüzden ki Boi ve diğ. (2004) bu sorunu ortadan kaldırmak için bulutun yatay hareketini de içine alan Geliştirilmiş Otomatik Tahmin Edici, IAET (Improved Autoestimator Technique), yöntemini sunmuşlardır. Yağış veren bulutun hızlı bir yatay hareketi yoksa AET ve IAET benzer sonuçlar vermiştir. Yatay hareketin hızlı olması durumunda, 3 ve 24 saatlik yağış toplamalarında, AET yüksek miktarda yanlış yağış alarmı verir iken IAET düşük oranda vermiştir.

Feidas ve diğ. (2005) Yunanistan için 7-8 Kasım 1999 zaman aralığında NAWT ve CST tekniklerini bir mikrodalga – kızılötesi kombinasyonu olan 3B42 adı verilen bir algoritma ile karşılaştırmışlar ve CST'nin konvektif yağışlarda NAWT ve 3B42 tekniklerinden daha başarılı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca 3B42'nin tabakalı bulut yağışını diğerlerinden daha başarılı olarak kestirdiği görülmüştür.

Yukarıda da açıklandığı gibi ekvator yörüngeli uyduların gerek zaman ve gerekse uzay çözünürlükleri son derece önemlidir. Bu tür uydulardan yağış konusunda alınan bilgiler dolaylı ölçümler olduğu için geliştirilen tüm yöntemler amprik bağlantılar içerirler. Dolayısıyla bu amprik denklemlerde görülen katsayıların çalışma yapılacak her alanda aynı olması beklenemez, çünkü her bölgenin meteorolojik, jeomorfolojik ve iklim özellikleri aynı değildir. Genelde konvektif yağışların en fazla görüldüğü tropikal alanlar için geliştirilen yöntemler alt-tropikal (sub-tropikal) enlemler için de geliştirilir. Buradan hareketle, bugüne kadar ülkemizde yağışın uydu verilerinden kestirimi konusunda bu yöntemlerin ülkemiz şartlarına uyarlanabilmesi için amprik ifadelerde yer alan katsayıların yeniden belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca bu yöntemler yapılarında doğrusal ilişkileri içerirler. Kuşkusuz doğrusal olmayan yaklaşımlar başarıyı daha da arttıracaktır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Yukarıda ifade edilen sorunlar doğrultusunda, bu tezde, doğrusal olmayan yapılı ve öğrenebilme yeteneğine sahip Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntem ile uydudan alınan kızılötesi ve NCEP (National Centers for Environmental Prediction) - NCAR (National Center for Atmospheric Research)'dan sağlanan düşey hız değişkeni, jeopotansiyel yükseklik, sıcaklık, bağıl nem, rüzgarın u ve v

bileşenlerinden meydana gelen ve düğüm noktalarına (grid) taşınmış veri tabanından yağış miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu tezde yağışlar 6 saat önceki veri tabanı değerlerinden tahmin edilmiştir. Bütün bunların uygulanabilmesinde için gerekli olan gerçek veriler Marmara Bölgesi'ndeki 26 istasyon ve 2000 yılı Mayıs – Eylül ayları arasındaki konvektif yağışlı 4 olaydan alınmıştır.

Daha önce açıklanan Arkin, GPI ve NAWT dışındaki yöntemler uydu ve radar verilerinin birlikte kullanılmasını gerektirir. Halbuki Marmara Bölgesi için radar verisini kullanmak mümkün değildir, çünkü radarların Z/R oranı ülkemiz için henüz belirlenmemiştir. Bu nedenle şu anki Z/R oranı olarak dünya standartı alınmıştır. Bu durumu tam ve doğru bilgiyi yansıtmamaktadır. Arkin, GPI ve NAWT yöntemleri ise sadece uydunun kızılötesi kanalı bilgisiyle çalışmaktadır ancak onlar da doğrusal yaklaşımlar içermektedirler.

2. ÇALIŞMA BÖLGESİ VE VERİLER

2.1. Marmara Bölgesi

Türkiye'nin coğrafi bölgeleri arasında en önemlisi olan Marmara Bölgesi, genel anlamda Akdeniz iklimi etkisi altında olmasına rağmen aynı zamanda karasal, Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş özelliğine sahiptir. Kışları Akdeniz iklimi kadar ılık, yazları Karadeniz iklimi kadar yağışlı değildir. Karasal iklim kadar kışı soğuk, yazı da kurak geçmemektedir. Bölgenin Karadeniz kıyılarında, özellikle Anadolu kısmında yağışlar fazladır. İç Trakya ise karasal iklimin özelliklerini taşımaktadır, kışlar daha soğuk ve kar yağışlı, yazlar ise daha kuraktır. Uzun yıllar Ocak ayı ortalama sıcaklığı 5 °C, Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 24 °C ve yıllık ortalama sıcaklık 14 °C'dir. Ortalama yıllık yağış yaklaşık 600 mm'dir ve yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı %11'dir. Ayrıca yıllık ortalama bağıl nem ise %73'tür (Sırdaş, 1996; Şensoy, 2006).

Yaz aylarında deniz kaynaklı kutup (Maritime-Polar) ve kara kaynaklı kutup (Continental-Polar) hava sistemlerinin kuzeye çekilmesi sebebiyle orta enlemlerde tropikal hava sistemleri baskındır. Dolayısıyla Marmara Bölgesi de yaz dönemi içerisinde Azor yüksek basınç ile Basra üzerinden uzanan Arabistan-Hindistan eksenindeki alçak basınç alanlarının etkisinde kalmaktadır. Bu dönem içerisinde troposferin yukarı seviyelerindeki soğuk adveksiyon neticesinde meydana gelen konveksiyon nedeniyle oluk yağışları görülür.

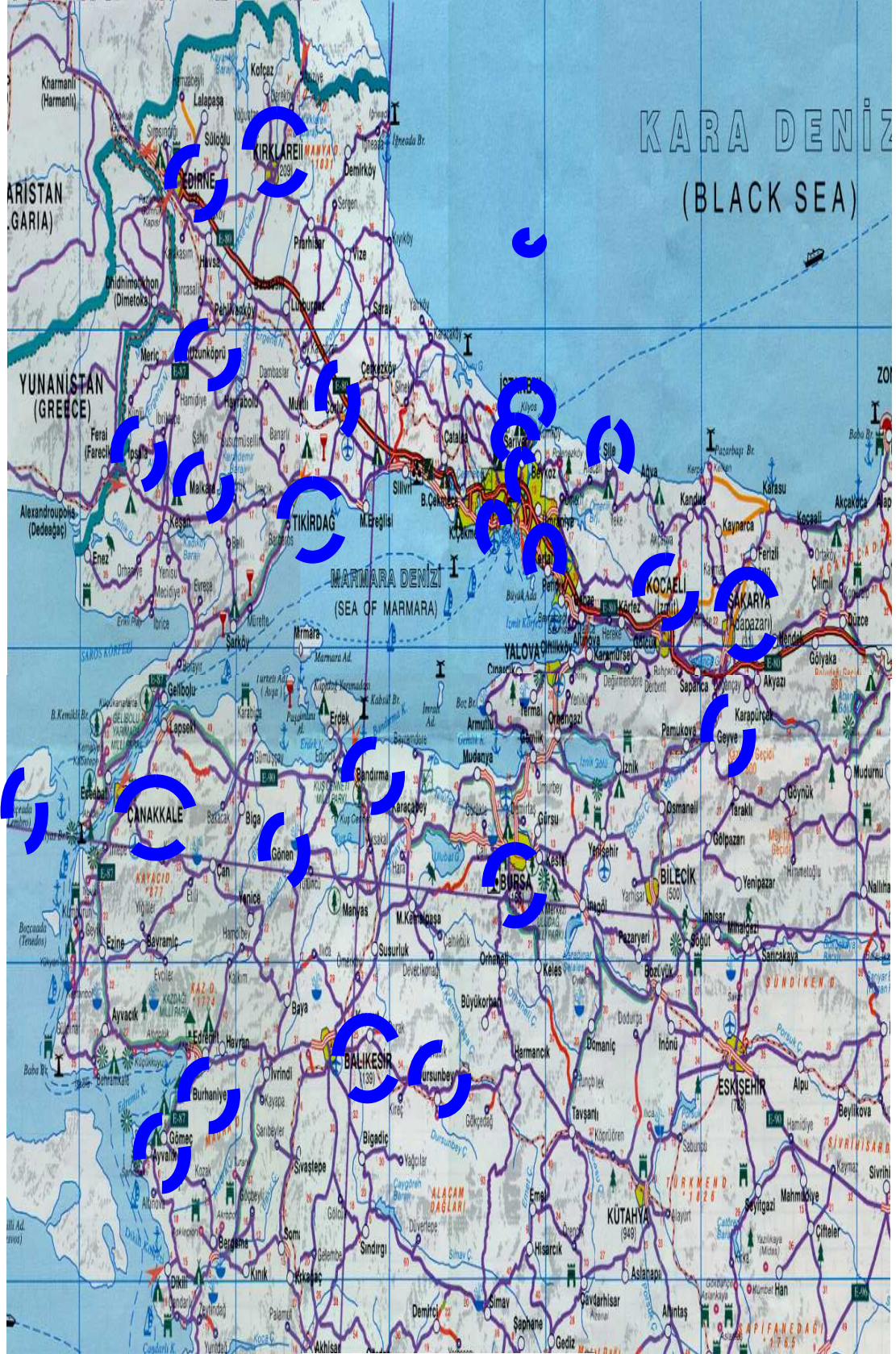
Kış aylarında ise soğuma nedeniyle deniz kaynaklı kutup ve kara kaynaklı kutup sistemlerinin kuzeyden orta enlemlere kadar inebilmesi nedeniyle bölge İzlanda alçak basınç ve Sibirya yüksek basınç alanları ile Akdeniz siklonlarının etkisinde kalır. Bu dönem içerisinde genelde polar cephelerin neden olduğu cephe yağışları görülmekle birlikte oluk yağışları da izlenmektedir.

2.2. Gözönüne Alınan İstasyonlar

Çalışma alanı olarak seçilen Marmara Bölgesi'ndeki 26 istasyonun isimleri, istasyon kodları ve konumları Tablo 2.1'den görülebilir. Bu istasyonlardan Şile, Kumköy, Sarıyer, Florya, İTÜ-Maslak, Göztepe, Kartal, Tekirdağ, Çanakkale, Gökçeada, Ayvalık, Burhaniye, Bandırma ve Kocaeli istasyonları deniz yakınındaki istasyonlar olup geriye kalanlar ise bölgenin iç kesimlerinde yer almaktadır (Şekil 2.1).

Tablo 2.1: Çalışmada kullanılan istasyonlar.

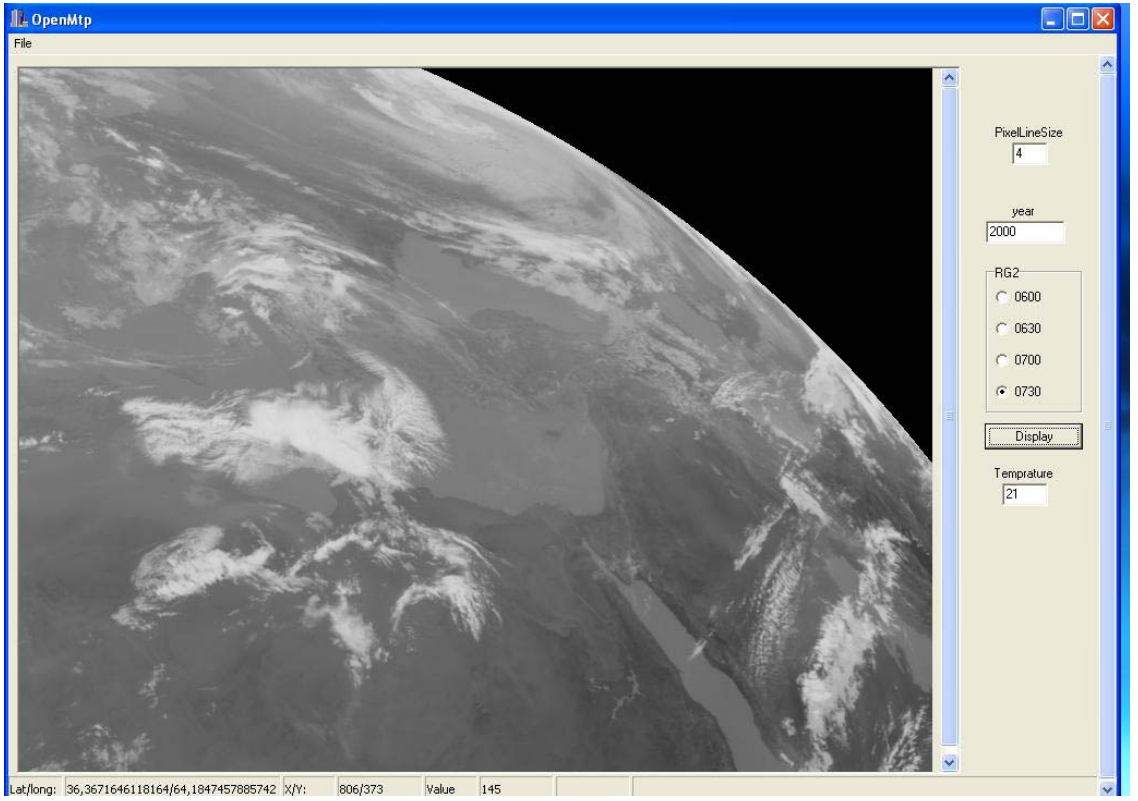
İSTASYON ADI	İSTASYON KODU	ENLEM (°)	BOYLAM (°)
Edirne	17050	41,67	26,57
Kırklareli	17052	41,73	27,22
Çorlu	17054	41,16	27,82
Tekirdağ	17056	40,98	27,48
Kumköy	17059	41,30	29,00
Sarıyer	17061	41,22	29,12
Göztepe	17062	40,97	29,08
Kocaeli	17066	40,77	29,92
Adapazarı	17069	40,78	30,42
Gökçeada	17110	40,60	26,07
Çanakkale	17112	40,13	26,40
Bandırma	17114	40,33	28,00
Bursa	17116	40,18	29,07
Balıkesir	17152	39,64	27,89
Ayvalık	17175	39,31	26,69
Uzunköprü	17608	41,26	26,69
Şile	17610	41,17	29,60
İpsala	17632	40,92	26,38
Malkara	17634	40,89	26,91
Florya	17636	40,98	28,78
Geyve	17662	40,52	30,30
Gönen	17674	40,11	27,64
Dursunbey	17700	39,58	28,63
Burhaniye	17722	39,50	26,98
Kartal	18118	40,90	29,17
İTÜ-Maslak	-	41,01	29,03



Şekil 2.1: Çalışma istasyonlarının dağılımı.

2.3. Meteosat 7 Uydu Verisi

Bu çalışmada 2000 yılının Meteosat 7 uydusuna ait kızılötesi kanalı verileri kullanılmıştır. Uydu verisi Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) tarafından EUMETSAT'tan temin edilmiştir. OpenMTP formatında gelen bu verinin çözümü için özel bir yazılım kullanılmıştır (Mert, 2005). Bu yazılım istasyon noktalarına ve çevrelerine ait kızılötesi radyansları, V, ve aşağıdaki denklemde belirtilen a ve b ayarlama katsayılarını veri dosyasından okuyarak bu radyanslara karşılık gelen sıcaklık, T, değerlerini elde etmekte ve veri dosyasını görüntülemektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: OpenMTP formatında gelen veriyi çözümleyen yazılım.

$$T = aV+b \quad (2.1)$$

2.4. Yağış ve İşlenmiş NCEP/NCAR Verileri

Çalışmanın bir başka veri kaynağı olarak da DMİ Hidroloji Servisi’nden alınan 2000 yılına ait saatlik kayıt eden yağış ölçer (plüviyograf) verileri kullanılmıştır. Bu verilerin temininde kullanılan plüviyograf tipi “Helman tipi plüviyograf”tır (şekil 2.3). Bugün DMİ’de tüm istasyonlarda Helman plüviyografları kullanılmaktadır.



şekil 2.3: Helman tipi plüviyograf.

Atmosferin düşey yapısına ait sıcaklık, bağıl nem, düşey hız, jeopotansiyel yükseklik ve rüzgarın u ve v bileşenlerinin düğüm noktalarına aktarılmış gözlem değerleri ise NCEP (National Centers for Environmental Prediction) - NCAR (National Center for Atmospheric Research)’dan sağlanmıştır. Bu verinin zaman çözünürlüğü 6 saat, uzay çözünürlüğü ise 2,5 °’dir. Bu tez çalışmasında geliştirilen bir doğrusal enterpolasyon yazılımı ile uzay çözünürlüğü ile 0,5°’ye yükseltilmiştir.

Çalışma için kullanılan verilere örnek olması açısından 5-7 Eylül 2000 tarihindeki Sarıyer, Kocaeli, Florya ve Edirne istasyonlarına ait yağış miktarı, bulut tepe sıcaklığı ve NCEP/NCAR düğüm noktalarına aktarılmış gözlem verilerinin istasyonlara taşınmış değerleri tablolar halinde görülebilir (EK A - D). İlgili tablolardaki kısaltmalar Tablo 2.2’ de verilmiştir.

Tablo 2.2: Çalışmada kullanılan meteorolojik değişkenlerin kısaltma ve birimleri.

Meteorolojik Değişkenler	Kısaltma	Birimi
Yağış Miktarı	YM	mm/m ²
Bulut Tepe Sıcaklığı	BTS	° C
Düşey Hız Değişkeni	Ω	Pa/s
Sıcaklık	T	° K
Rüzgarın V Bileşeni	R_v	m/s
Rüzgarın U Bileşeni	R_u	m/s
Jeopotansiyel Yükseklik	H	m
Bağıl Nem	RH	%

3. KULLANILAN YÖNTEM VE İSTATİSTİK

3.1. Yapay Sinir Ağlarına Giriş

Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Genetik Algoritmalar (GA) gibi canlıların biyolojik özelliklerine dayanan ve Bulanık Mantık (BM) insanların düşünme yeteneğini temel alan yöntemler sırasıyla Zadeh (1965), Rumelhart ve diğerleri (1986) ve Goldberg (1989) tarafından geliştirilmiştir. Bunlar aynı zamanda, insanın düşünme yeteneğinin bilgisayarlara kazandırılması anlamında bir uzman sistem olarak da adlandırılır.

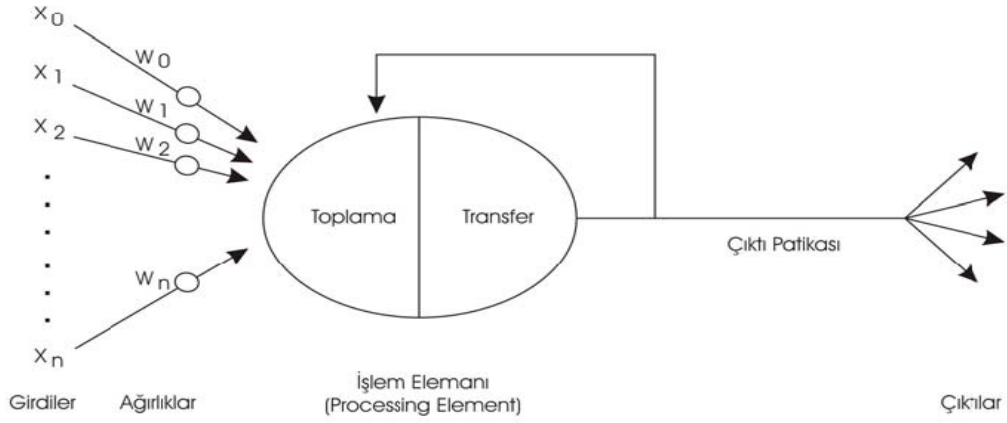
Canlıların biyolojik özelliklerinin sanal ortamda taklit edilmesiyle geliştirilen yöntemlerden ilki Yapay Sinir Ağları'dır. Beynin zor işlemleri yapabilme, karmaşık örnekleri kavrayabilme ve özellikle ilgili fizik büyüklükleri bilmeden sadece deneme yöntemi ile bazı şeyleri öğrenebilmesi ilgi çeken cazip bir araştırma konusu olmuştur (Partal ve Cıgızoğlu, 2005). Duyu organlarımız yardımıyla çevreden aldığımız uyarımlar, vücudumuzdaki sinirler vasıtasıyla beyne iletilirler ve beyin bu uyarımlar doğrultusunda karar verir. YSA'ların çalışma prensibi de buna dayanmaktadır. YSA'ları, verilen girdileri işleyerek bu girdilere karşı çıktı üreten bir kara kutu modeli olarak düşünebiliriz. Önce bu kara kutu bir eğitime tabi tutulur ve eğitim aşamasından sonra sistem girdilere karşı karar verebilecek düzeye ulaşır. YSA'lar bir eğitim sürecine sahip olmalarından dolayı öğrenebilme yeteneğine sahiptirler. Bu, geleneksel yöntemlerde olmayan bir özelliktir. Sistem bilgilerin paralel işlenmesi ve hataların minimum yapılarak sinir hücreleri arasındaki bağlantı ağırlıklarının yenilenmesiyle öğrenmektedir. Dolayısıyla öğrenilen bilgi bağlantı ağırlıklarında saklıdır. Diğer bir anlamda, YSA'lar da insanlar gibi deneyerek ya da yaşayarak öğrenmektedirler. Özetle YSA'lar, insan beyinin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri bilgisayarlara kazandıran sistemlerdir (Öztemel, 2005). Ayrıca bu yöntem genelleme yapabilme ve sınırsız sayıda değişkenle çalışabilme gibi başka özelliklere de sahiptir. Tüm bu özelliklerinden dolayı YSA'lar, kontrol, görüntü işleme, sınıflandırma, görüntü ve ses tanıma, modelleme, kalite kontrolü, kestirim ve tahmin (öngörü) hesaplamaları gibi pekçok alanda kullanılmaktadır ve uygulama alanları için bir sınırlama da bulunmamaktadır.

Yapay Sinir Ağları 1940'lı yıllarda ortaya çıkmalarına karşın, ancak 1980'li yılların ortalarında yeterli seviyeye ulaşmışlardır. İlk yapay sinir hücresi modeli McCullogh ve Pitts (1943) tarafından tasarlanmıştır. Hebb (1949) bugün hala geçerli olan öğrenme kurallarından birçoğunun temelini oluşturan bir öğrenme kuralı geliştirmiştir. Rosenblatt (1958) ise bugünkü makina öğrenme algoritmasının temeli olan ve karmaşık adaptif davranışlarda kullanılabilen bir algılayıcı modelini tasarlamıştır. Widrow ve Hoff (1960) ADALINE (Adaptive Lineer Combiner) yaklaşımını geliştirdiler. Minsky ve Papert (1969) o zamana kadar geliştirilen algılayıcının pekçok mantık fonksiyonunu gerçekleştiremeyeceğini matematiksel olara ispat ettiler ve böylelikle 1980'li yılların başlarına kadar YSA çalışmaları ilgiyi kaybederek bir durgunluk dönemine girdi. Hopfield (1982), Kohonen (1982) ve Anderson (1983) yaptıkları çalışmalar ile YSA'ya olan ilgiyi yeniden canlandırmışlardır. Rumelhart ve diğerleri (1986) geriye yayılma algoritmasını geliştirerek YSA'ların yaygın olarak kullanılmasını sağlamışlardır.

Yapay Sinir Ağları'nın pek çok alanda olduğu gibi meteorolojik alanda da uygulamaları mevcuttur. Örneğin gökgürültülü sağnak yağışların tahmini (McCann, 1992), uydu görüntülerinden denizler üzerindeki bulutların sınıflandırılması (Bankert, 1994; Bankert ve Aha, 1996), tornadoların tahmini (Marzban ve Stumpf, 1996), hem karalar hem de denizler üzerindeki bulutların sınıflandırılması (Miller ve Emergt, 1997), zarar veren rüzgarların tahmini (Marzban ve Stumpf, 1998), meteorolojik değişkenlerden sıcaklık tahmini (Sönmez ve Şen, 1998), yağış miktarının tahmini (Hall ve diğ., 1999; Kuligowski ve Barros, 1998; Koizumi, 1999) uzun vadeli muson tahmini (Wu ve diğ., 2001), günlük yağış tahmini (Applequist ve diğ., 2002), genel dolaşım modelleri için bir alt ölçekleme (downscaling) yöntemi (Tatlı, 2004), kısa vadeli yağış tahmini (Feng ve Kitzmiller, 2006), rüzgar hızının alansal tahmini (Öztopal, 2006) vb.

3.2. Yapay Sinir Hücresi

Bir YSA hücresi biyolojik bir sinir hücresine benzetilerek oluşturulmuştur. Bu hücre, biyolojik bir sinir hücresi gibi gelen bilgiyi sahip olduğu eşik değerinin izin verdiği oranda algılar ve işleyerek komşu sinir hücresine aktarır. Bu işlem çıkış sinir hücresine kadar devam eder, buradaki çıkış sinir hücresi de biyolojik anlamda beyindir. Başka bir deyişle YSA hücresi, biyolojik sinir hücresinin şekil ve işlev olarak bir taklididir.



Şekil 3.1: Yapay sinirin genel yapısı (Yurtoğlu, 2005).

Şekil 3.1’den görüldüğü üzere her bir $\mathbf{X}_i$ girdisi kendisine karşılık gelen $\mathbf{W}_i$ ağırlık katsayısı ile çarpılır, tüm bu çarpımlar toplanır ve bir transfer (aktivasyon) fonksiyonundan geçirilerek bir çıktı üretilir.

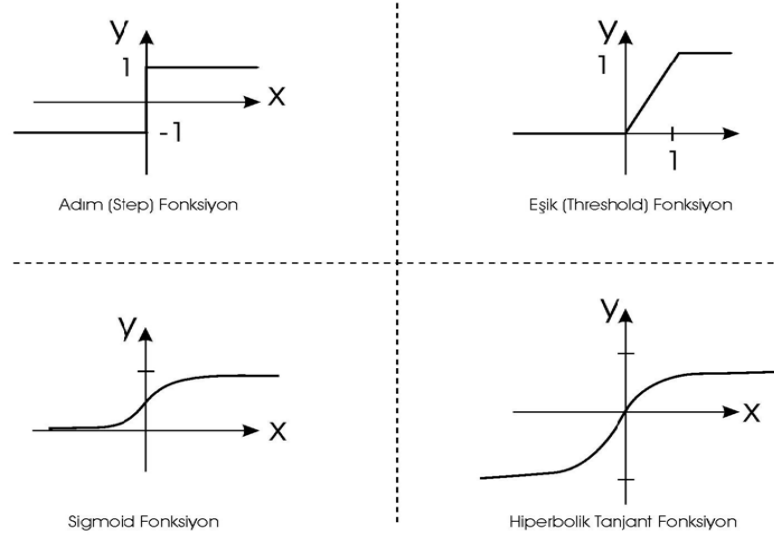
McCullogh ve Pitts (1943) tarafından tasarlanan ilk yapay sinir hücresinin matematik ifadesi,

$$y_i = f(g(x)) = f\left(\sum_{j=0}^n w_{ij}x_j - Q_i\right); \quad x_i = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R \quad (3.1)$$

şeklinde verilir. Burada $\mathbf{y}_i$ çıktı değerini, $f(\cdot)$ transfer fonksiyonunu, $g(\cdot)$ toplama fonksiyonunu, $\mathbf{w}_{ij}$ bağlantı ağırlıklarını ve $\mathbf{Q}_i$ ise i nolu sinir hücresi için eşik değerini ifade etmektedir. Transfer fonksiyonu olarak aşağıdaki birim adım fonksiyonu kullanılmıştır.

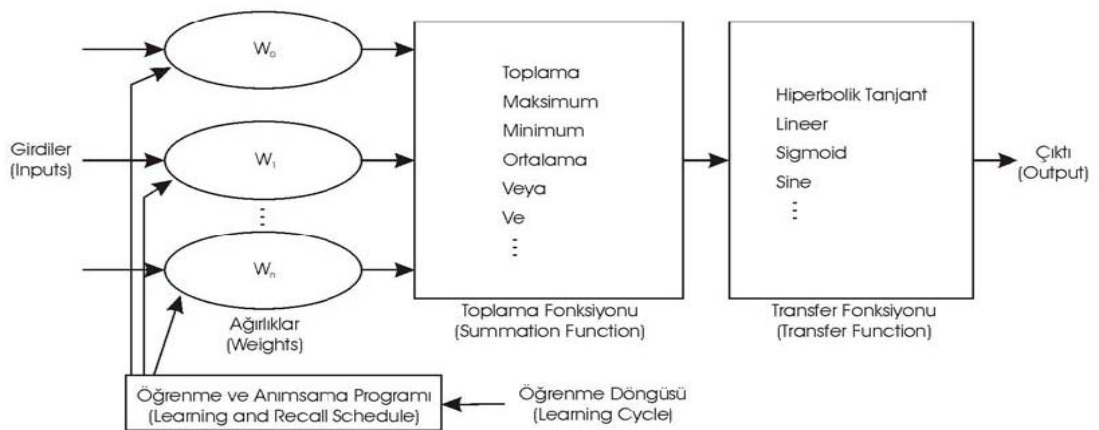
$$f(\cdot) = \begin{cases} 1; g(\cdot) \geq 0 \\ 0; g(\cdot) < 0 \end{cases} \quad (3.2)$$

Literatürde en çok kullanılan transfer fonksiyonları adım, eşik, sigmoid ve hiperbolik tanjant fonksiyonlarıdır. Bu fonksiyonlar Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: En çok kullanılan transfer fonksiyonları (Yurtoğlu, 2005).

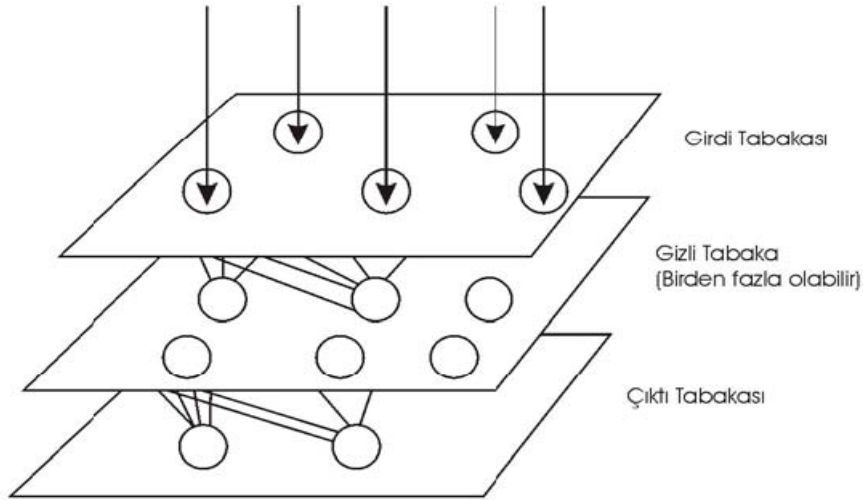
Şekil 3.3 yapay sinir hücrelerinin ayrıntılı yapısını göstermektedir. Burada başlangıçta girdilere ait olan W_i ağırlıkları belirlenmelidir, bu rastgele de olabilir. Ağırlıkların belirlenmesinden sonra girdiler bu ağırlıklar ile çarpılır ve toplama fonksiyonuna gönderilir. Toplama fonksiyonu olarak toplama işlemi seçilebileceği gibi maksimum, minimum, ortalama veya çarpım gibi işlemlerden herhangi biri de seçilebilir. Buradan elde edilen sonuç daha sonra probleme göre seçilen doğru, adım, eşik, sigmoid, hiperbolik tanjant gibi transfer fonksiyonlarından herhangi birinden geçirilerek ilgili sinir hücresinin çıktısı elde edilir.



Şekil 3.3: Yapay sinirin detaylı yapısı (Yurtoğlu, 2005).

3.3. Yapay Sinir Ağları'nın Genel Yapısı

YSA'ların genel yapısına bakılığında (Şekil 3.4), sistemin en az 3 tabakadan meydana geldiği görülür. İlk tabaka girdi katmanıdır ve son tabaka da çıktı katmanını meydana getirmektedir. Diğer kısım ise gizli tabakadır ve bu tabaka ilgilenilen problemin özelliğine göre birden fazla katman içerebilir. Her katman yapay sinir hücrelerine sahiptir ve çıktı tabakası hariç bir katmandaki yapay sinir hücreleri bir sonraki katmanın yapay sinir hücreleriyle ağırlık katsayılarıyla bağlıdır. Girdi (çıkı) katmanındaki sinir hücre sayısının girdi (çıkı) değişkenleri sayısı kadar olacağı oldukça açıktır. Oysaki gizli tabakadaki sinir hücre sayısının ne olacağı sadece girdiyle ilişkilidir. Literatürde genelde iki çeşit uygulama vardır. İlki n girdi sayısı olmak üzere $2n+1$ ve diğeri de $(n+1)/2$ sayılarıdır. Elbetteki problemin özelliğine göre gizli tabakada daha farklı sayıda sinir hücresi de kullanılabilir. Bu sayının çok olması sistemin çözüme ulaşma hızını azaltacağı unutulmamalıdır.



Şekil 3.4: YSA'ların genel yapısı (Yurtoğlu, 2005).

3.4. Yapay Sinir Ağları'nda Geriye Yayılma Algoritması

Geriye yayılma algoritmasında 2 temel akış vardır. Bunlardan ilki ağlar üzerinden ileriye doğru olan bilgi akışı ve diğeri ise hatanın geriye doğru yayıldığı akıştır (Çakar, 1997). İleri olan akışta, o an varolan ağırlık katsayıları yardımıyla yapay sinir hücrelerinin ve sonunda da sistemin çıktıları elde edilir. Sistemin verdiği çıktı (tahmin) ile gerçek çıkışlar arasındaki toplam hata hesap edilerek bu hata geriye doğru yayılır ve böylelikle bağlantı ağırlıkları yenilenir. Bu işlem ya belirli bir tekrar sayısına ya da belirli bir hata kriteri sağlanıncaya kadar tekrar edilir. Sonuçta da

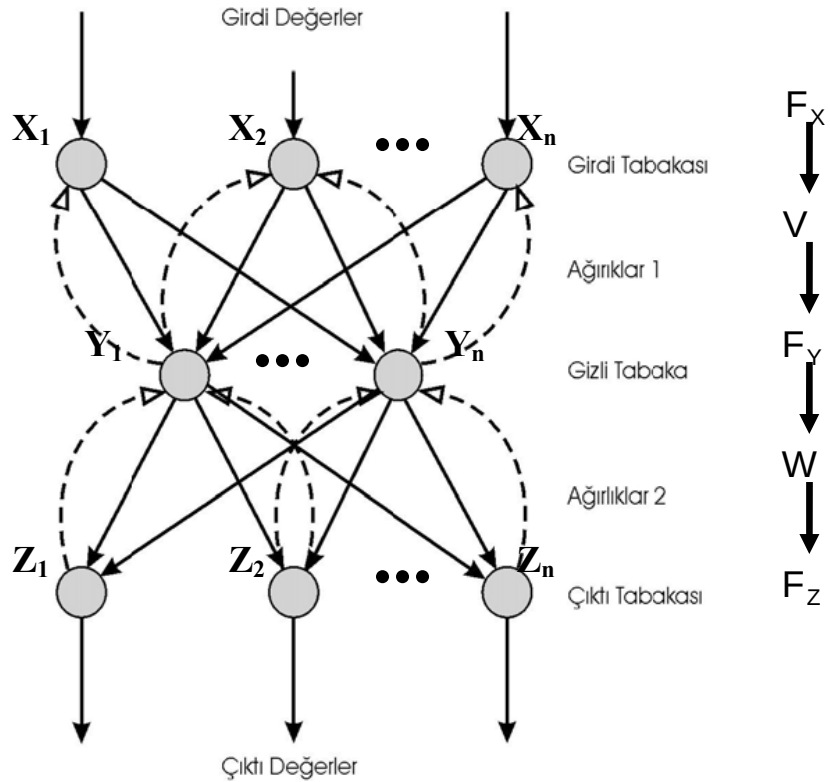
minumum hatayı sağlayan en uygun ağırlık katsayıları elde edilerek sistemin öğrenmesi tamamlanır.

Şekil 3.5 bir giriş, bir gizli ve bir çıkış tabakalarından oluşan bir YSA mimarisidir. Düz oklar ileriye doğru olan bilgi akışını, kesikli oklar ise hataların geriye yayılımını ifade etmektedir. Girdi tabakası F_X , gizli tabaka F_Y ve çıktı tabakası da F_Z olarak tanımlanmıştır. V girdi katmanı ile gizli katman ve W da gizli katman ile çıkış katmanı arasındaki bağlantı katsayılarını göstermektedir. Bu açıklamalar doğrultusunda F_Y tabakasındaki y ve F_Z tabakasındaki z değerleri aşağıdaki eşitlikler ile bulunmaktadır.

$$Y_i = f\left(\sum_{h=1}^n X_h V_{ih}\right) \quad (3.3)$$

ve

$$Z_j = f\left(\sum_{i=1}^p Y_i W_{ji}\right) \quad (3.4)$$



Şekil 3.5: Genel bir YSA mimarisi (Yurtoğlu, 2005).

Şen (2004) geriye yayılma algoritmasının adımlarını şu şekilde açıklamıştır:

- 1) Öncelikle YSA mimarisindeki tabaka ve her bir tabakadaki sinir hücre sayıları belirlenir.
- 2) Sistem için gerekli olan öğrenme oranı, hata adımı, itersayon sayısı, hata kriteri, vb. sabit parametre değerleri atanır.
3. Tabakalar arası ağırlık bağlantıları olan V ve W değerleri belirli ya da rastgele bir şekilde atanır.
4. Burada L ölçüm sayısı olmak üzere, atanan bağlantı ağırlıkları yardımıyla her bir giriş vektörü için z_{kj} ($k = 1,..L, j = 1,..q$) çıkışları hesaplanır ki burada q giriş sayısını gösterir.
5. Hataların geriye yayılma işlemine çıkış katmanı (F_Z) ile gizli katman (F_Y) arasındaki bağlantı ağırlıklarından başlanarak önce yeni w değerleri,

$$w_{jij}^{yeni} = w_{ji}^{eski} - \eta \frac{\partial H}{w_{ji}} \quad (3.5)$$

şeklinde hesaplanır. Burada η öğrenme oranını temsil etmektedir ve sıfırdan farklı bir değerdir.

6. Çıkış değerleri olan b_{kj} ve YSA'nın vermiş olduğu tahmini ifade eden z_{kj} değerleri yardımıyla toplam hata değeri, H , aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$H = \sum_{k=1}^L \sum_{j=1}^q (b_{kj} - z_{kj})^2 \quad (3.6)$$

7. Her bir ağırlık katsayısının yenilenebilmesi için H 'nin w_{ji} bağlantı ağırlıklarına göre teker teker türevlerinin hesaplanması gerekmektedir. H 'nin w_{ji} bağlantı ağırlıklarına göre türevi aşağıdaki şekilde alınır.

$$\frac{\partial H}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial}{\partial w_{ij}} \left[\sum_{k=1}^L \sum_{j=1}^q (b_{kj} - z_j)^2 \right] \Rightarrow \quad (3.7)$$

ve

$$\frac{\partial H}{\partial w_{ij}} = 2 \sum_{k=1}^L (b_{kj} - z_j)(-1) f'(z_j) y_i \quad (3.8)$$

Burada f fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır ve bu fonksiyonunun türevi $f'(\beta) = \alpha(1 - \beta)$ olarak ifade edilir. Böylece tüm işlemler tamamlandıktan sonra w_{ji} bağlantı ağırlıklarının yenilenmesi sağlanmış olur.

8. H'nin w_{ji} bağlantı ağırlıkları üzerine yayıldığı gibi, aynı şekilde v_{ih} üzerine de yayılması gerekir. Bu nedenle v_{ih} bağlantı ağırlıklarının yenilenmesi de şu şekilde gerçekleştirilir.

$$v_{ih}^{yeni} = v_{ih}^{eski} - \eta \frac{\partial H}{\partial v_{ih}} \quad (3.9)$$

9. Matematikteki Zincir kuralı yardımıyla H teriminin v_{ih} bağlantı ağırlıklarına göre olan değişimi aşağıdaki 2 eşitlik ile gösterilmiştir.

$$\frac{\partial H}{\partial v_{ih}} = \frac{\partial H}{\partial z_j} \frac{\partial z_j}{\partial y_i} \frac{\partial y_i}{\partial v_{ih}} \Rightarrow \quad (3.10)$$

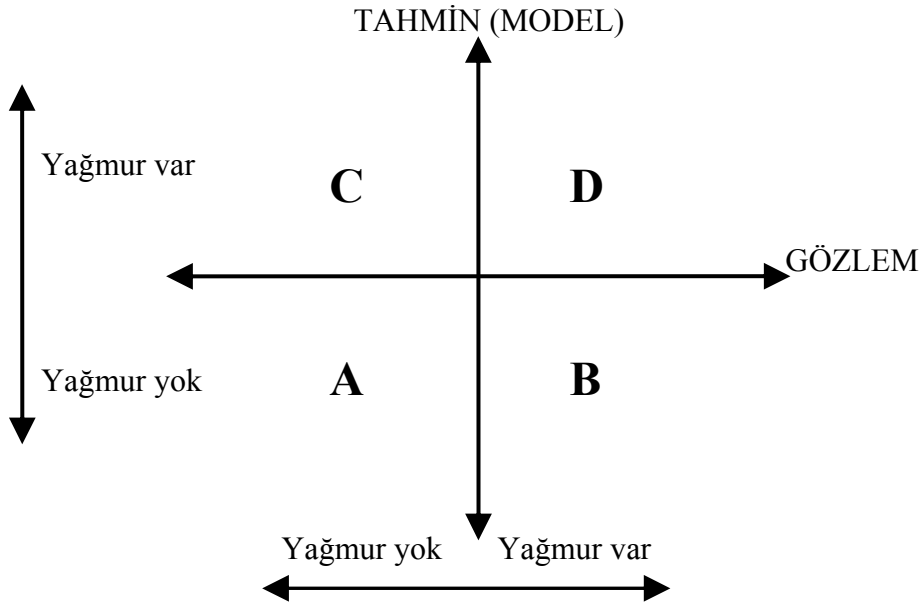
ve

$$\frac{\partial H}{\partial v_{ih}} = 2 \sum_{k=1}^L \sum_{j=1}^q (b_{kj} - z_j) (-1) f'(z_j) w_{ji} f'(y_i) a_{kh} \quad (3.11)$$

Tüm bu işlemlerin sonucunda V ve W bağlantı değerleri tamamen yenilenir ve YSA'nın ilk eğitimi tamamlanır. YSA'lar hakkında daha ayrıntılı bilgiler için Haykin (1999; 2001) ve Şen (2004) 'e bakılabilir.

3.5. Kullanılan İstatistik Bilgiler

Bu çalışmada kullanılacak istatistik bilgileri Şekil 3.6'da düzeni gösterilen farklı dört büyüklüğü (A, B, C ve D) esas alarak tanımlanmıştır. Burada A gözlemin yağmurlu olmaması durumunda tahminin yağmursuz olması yüzdesini yani olasılığını gösterir. Diğer büyüklükler de benzer şekilde tanımlanmışlardır. Bu şekildeki büyüklükler esas alınarak Wilks (1995) tarafından aşağıdaki istatistik büyüklükler önerilmiştir.



Şekil 3.6: Gözlem – Tahmin yağış ihtimalleri.

3.5.1. Yakalama Olasılığı

Yakalama olasılığı, POD (Probability of detection), modelin doğru tahmin ettiği yağışlarının (D) gözlenen tüm yağışlara (B+D) olan oranını ya da başka bir deyişle modelin, gözlenen yağışları doğru yakalama olasılığını gösterir. Buna göre;

$$POD = \frac{D}{B + D} \quad (3.12)$$

POD değeri 1 ise model tüm yağışlı olayları yakalama başarısına sahiptir.

3.5.2. Taraflılık

Taraflılık, BIAS, modelin doğru tahmin ettiği yağışsız durumlar (A) hariç olmak üzere, modelin yağış tahmin ettiği tüm zamanların (C+D) gözlenen tüm yağışlı zamanlara (B+D) oranını ya da başka bir deyişle modelin, gözlemlerden daha yüksek ya da gözlemlerden daha düşük tahminlerde bulunmasını ifade eder.

$$BIAS = \frac{C + D}{B + D} \quad (3.13)$$

BIAS değeri 1'den büyük ise model gözlemlerden daha yüksek tahminlerde, 1'den küçük ise model gözlemlerden daha düşük tahminlerde bulunmaktadır. BIAS 1 ise tahmin sonuçları mükemmeldir.

3.5.3. Yanlış Uyarı Oranı

Yanlış uyarı oranı, FAR (False alarm ratio), modelin yağış vermesi durumunda (C ve D), yanlış tahmin edilen yağışların (C), yağışlı ve yağışsız gözlemler toplamına (C+D) olan oranını ya da başka bir deyişle modelin, yanlış uyarı verme olasılığını, ifade eder. Buna göre;

$$FAR = \frac{C}{C + D} \quad (3.14)$$

FAR değeri 0 ise bu modelin yanlış yağış uyarısı vermemesi anlamına gelmektedir.

3.5.4. Kritik Başarı İndeksi

Kritik başarı indeksi, CSI (Critical succes index), modelin doğru tahmin ettiği yağışlarının (D), modelin doğru olarak yakaladığı yağışsız zamanların dışındaki tüm gözlemlere (B+C+D) olan oranını ya da başka bir deyişle modelin, yağış tahmininde bulunmadığı durumlardaki gözlenen yağışları doğru yakalama olasılığını ifade eder. Buna göre;

$$CSI = \frac{D}{B + C + D} \quad (3.15)$$

CSI değeri 1 ise model tüm yağışlı olayları yakalama başarısına sahiptir.

3.5.5. İsabet Oranı

İsabet oranı, HR (Hit rate), modelin doğru tahmin ettiği yağışlı ve yağışsız zamanların (A+D) tüm gözlemlere (A+B+C+D) olan oranını ya da başka bir deyişle modelin, gözlenen yağışlı ve yağışsız durumları doğru yakalama olasılığını ifade eder. Buna göre;

$$HR = \frac{A + D}{A + B + C + D} \quad (3.16)$$

HR değeri 1 ise model tüm yağışlı ve yağışsız olayları yakalama başarısına sahiptir.

3.5.6. Sınıflandırma

Gerek gözlem ve gerekse tahmini yağış değerleri daha ayrıntılı incelenmek için sınıflandırmaya tabi tutulur. Bu çalışmada yağış miktarları 0 – 1 mm, 1 – 7 mm, 7 – 12 mm, 12 – 20 mm ve 20 – 40 mm aralıklarını kapsayacak şekilde 5 sınıfa ayrılmıştır. İstatistiksel yaklaşımların düşük çıkması durumunda buna sebep olan faktörü saptamak çok önemlidir. Böylelikle modelin hangi yağış miktarlarında başarılı-başarısız olduğunu söylemek imkanı doğacaktır.

3.6. Düğüm Noktası Değerlerinin İstasyonlara Taşınması

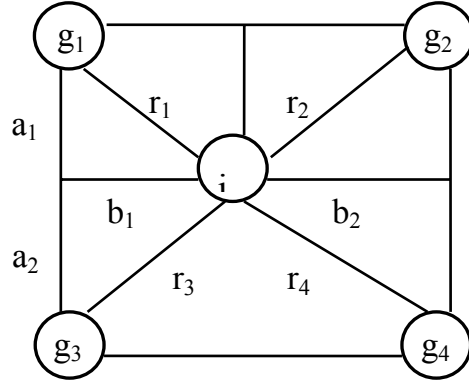
Burada düğüm noktalarındaki NCEP (National Centers for Environmental Prediction) - NCAR (National Center for Atmospheric Research) verisinin istasyonlara aktarılmasında istatistik yaklaşım olarak “Ters Mesafe Kareleri Yaklaşımı” kullanılmıştır (Davis, 1986). Şekil 3.7’den görüldüğü üzere g_1, g_2, g_3 ve g_4 düğüm noktalarını, i istasyon noktasını ve a, b, r ’ler ise uzaklıkları göstermektedir. Buradan hareketle önce uzunlukları,

$$r_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} \quad (3.17)$$

denklemine göre daha sonra da ilgili meteorolojik değişken ağırlıklı ortalama (ağırlıklar ters mesafe kareleri olmak üzere) yöntemi ile

$$i = \frac{\frac{1}{r_1^2} g_1 + \frac{1}{r_2^2} g_2 + \frac{1}{r_3^2} g_3 + \frac{1}{r_4^2} g_4}{\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{1}{r_3^2} + \frac{1}{r_4^2}} \quad (3.18)$$

denkleminde hesaplanabilir.



Şekil 3.7: Düğüm noktası yapısı.

4. UYGULAMA

4.1. Yapay Sinir Ağı Mimarisi

Çalışma için kurulan YSA mimarisi Şekil 4.1'den görüldüğü üzere giriş, gizli ve çıkış katmanlarına sahiptir. Giriş tabakası 37 yapay sinir hücresine sahiptir ve gizli tabakadaki yapay sinir hücresi sayısı, n giriş hücre sayısı olmak üzere $(n+1)/2$ yani 19 olarak alınmıştır. Her bir girişin hangi değişkenlere karşı geldiği Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Toplam hata, H , eşitliği Denklem (3.6)'da verilmiştir. Burada ağırlıkları ayarlamak için hızlı yakınsayan bir yöntem olan Levenberg-Marquardt yöntemi seçilmiştir. Bu metodun matematik ifadesi aşağıda verilmiştir.

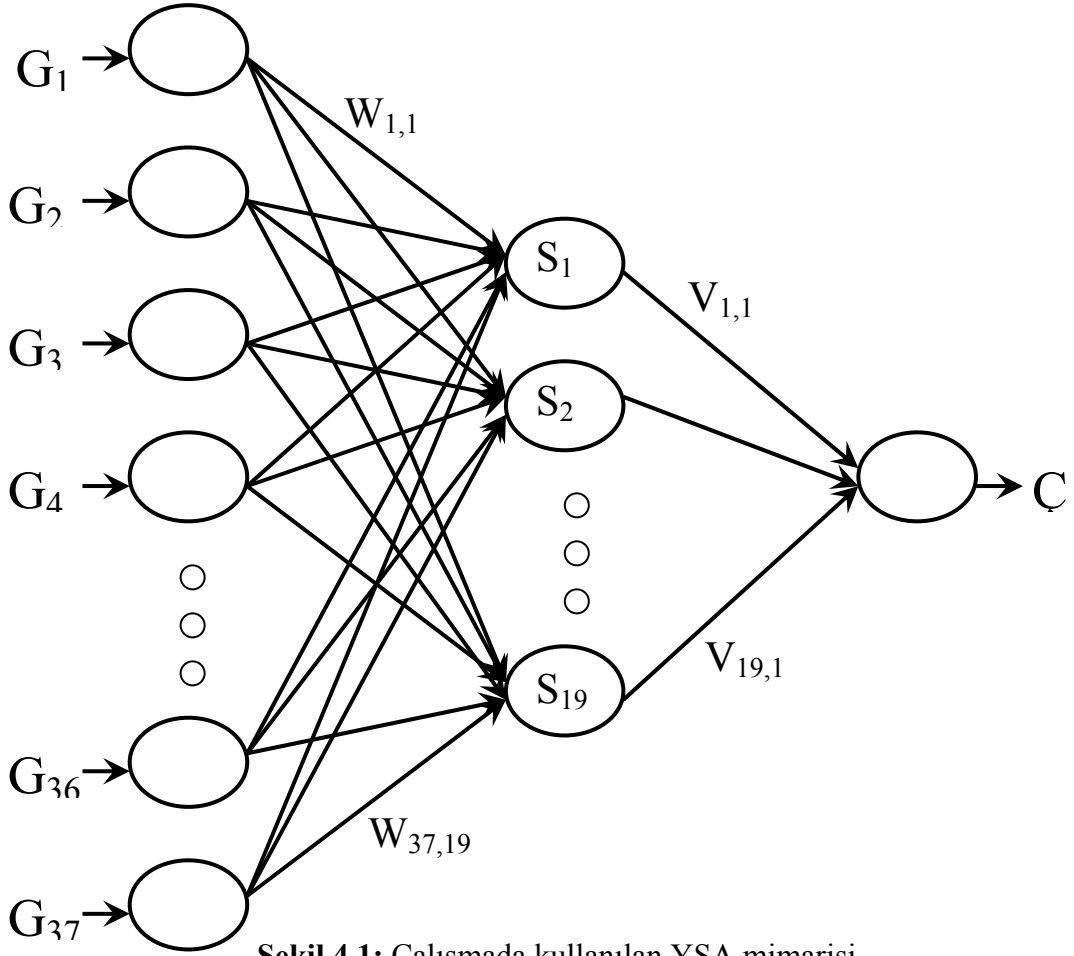
$$w_{i,j}^{yeni} = w_{i,j}^{eski} - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T H \quad (4.1)$$

Bu denklemdeki J hataların ağırlıklara göre türevlerini içeren Jacobian matrisini, J^T Jacobian matrisinin transpozisini, I birim matrisi, μ öğrenme oranını göstermektedir.

Yağış miktarının 6 saat öncesinden tahmin edilebilmesi için çıkış değişkeni t zamanına ait yağış miktarı olup giriş değişkenlerinin zamanı $t-6$ ve bulut tepe sıcaklığı ise t ile $t-6$ zaman aralığındaki minimum sıcaklık olarak alınmıştır.

Tablo 4.1: Kurulan YSA modelinin giriş ve çıkış değişkenleri.

Meteorolojik Değişkenler	Seviyeler					
	1000 mb	925 mb	850 mb	700 mb	600 mb	500 mb
Sıcaklık	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6
Jeopotansiyel Yükseklik	G_7	G_8	G_9	G_{10}	G_{11}	G_{12}
Düşey Hız Değişkeni	G_{13}	G_{14}	G_{15}	G_{16}	G_{17}	G_{18}
Rüzgarın v Bileşeni	G_{19}	G_{20}	G_{21}	G_{22}	G_{23}	G_{24}
Rüzgarın u Bileşeni	G_{25}	G_{26}	G_{27}	G_{28}	G_{29}	G_{30}
Bağıl Nem	G_{31}	G_{32}	G_{33}	G_{34}	G_{35}	G_{36}
Bulut Tepe Sıcaklığı	G_{37}					
Yağış Miktarı	$\dot{C}$					



Şekil 4.1: Çalışmada kullanılan YSA mimarisi.

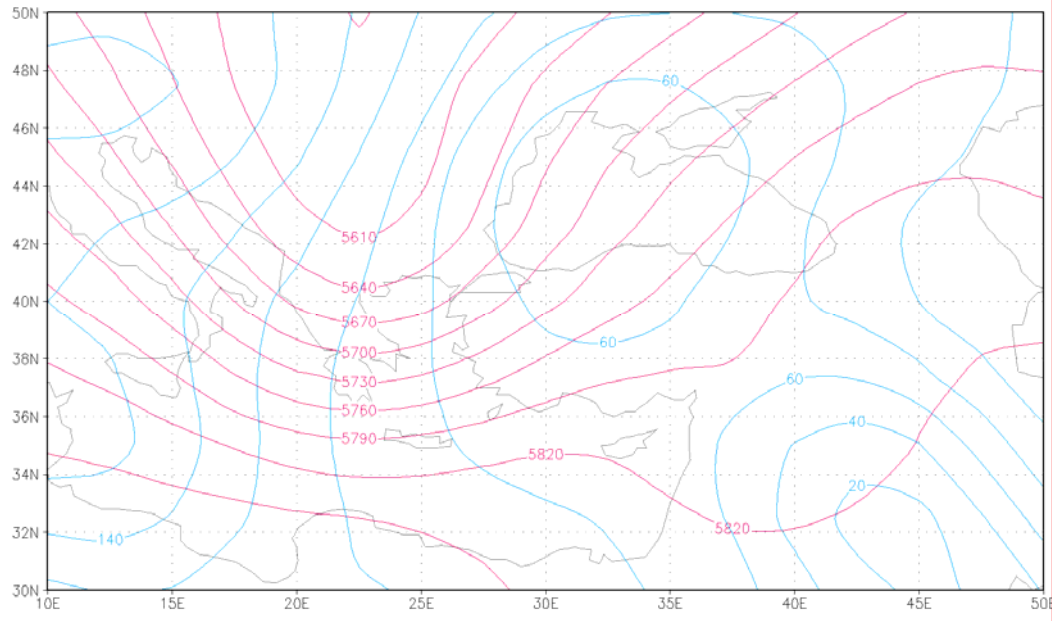
Bu çalışmada yer alan meteorolojik analiz Mayıs – Eylül 2000 tarihleri arasında seçilen toplam 4 ayrı dönemi kapsamaktadır. Bu dönemler sırasıyla i) 5 – 7 Eylül; ii) 23 – 25 Mayıs; iii) 21 – 23 Temmuz ve iv) 25 – 27 Ağustos 2000 dönemlerinden oluşmaktadır. Bu bölümdeki tüm meteorolojik analiz şekillerindeki 5000’li eşeğriler 500 mb ve diğerleri de 1000 mb seviyelerini göstermektedir.

4.2. 5 – 7 Eylül 2000 Dönemi Analiz Ve Uygulaması

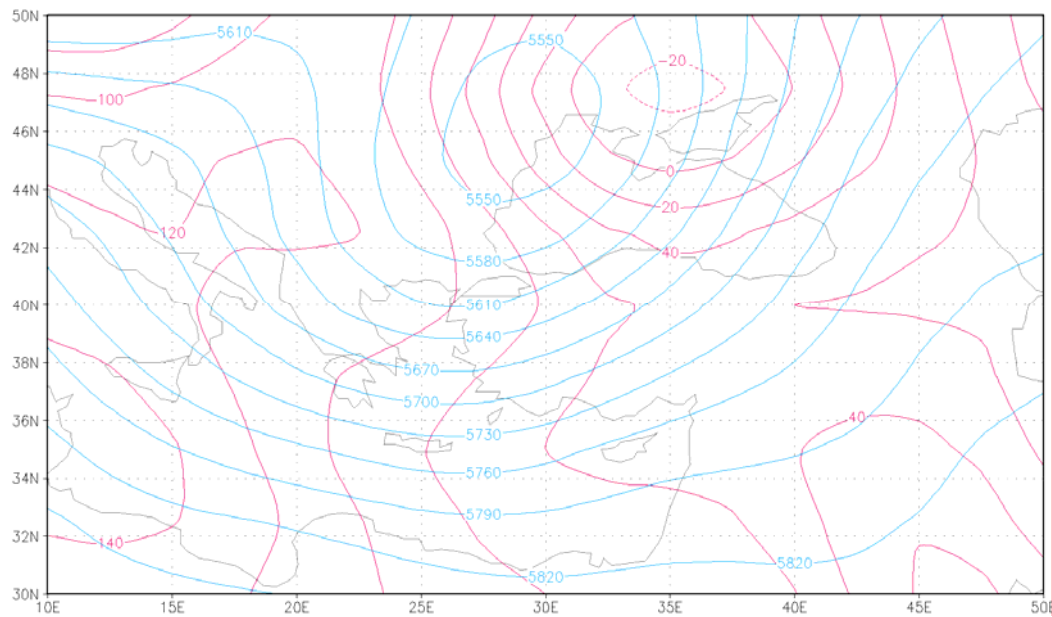
4.2.1. Meteorolojik Analiz 1

Şekil 4.2’den görüldüğü gibi 6 Eylül 2000, 06:00 GMT itibariyle, tüm Türkiye bölünmüş iki alçak basınç merkezinin etkisi altında bulunmaktadır. Bunlardan ilki Türkiye’nin kuzeybatısına yerleşmiş olup, diğer merkez Basra Körfezi üzerinden Türkiye’nin Güneydoğu ve Doğusuna doğru uzanmaktadır. Çalışma bölgesi olan Marmara Bölgesi’nin ilk alçak basınç merkezinin etkisi altında bulunduğu söylenebilir. Diğer taraftan Şekil 4.3’te görüldüğü üzere bu merkez zaman içerisinde Kuzeydoğuda Kırım Yarımadası’na doğru hareket etmektedir. Yağışın başladığı 6 Eylül 2000 tarihinin ilk saatlerini gösteren sinoptik yapı Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Bu şekilde Karadeniz üzerinde merkezlenmiş olan alçak basınç merkezinin yukarısında, 500 mb seviyesinde alçak merkez ve oluk gözlenmektedir. Bu yapı yerdeki sistemin soğuk karakterli olduğunu göstermektedir. Çünkü soğuk karakterli alçak basınç alanlarında sıcaklık alanı ile basınç alanı arasında pozitif ilişki mevcuttur (Bluiestein, 1993; Soucier, 2003,). Dolayısı ile Marmara Bölgesi soğuk adveksiyonun etkisi altındadır. Ayrıca 6 Eylül 2000, 00:00 GMT itibariyle çalışma bölgesinde bir soğuk cephe geçişi kaydedilmiştir. Bu yapı yer istasyonlarında gözlenen sağnak yağışları açıklamaktadır.



Şekil 4.2: 1000 mb ve 500 mb sinoptik kartı (6 Eylül 2000, 00:00 GMT).



Şekil 4.3: 1000 mb ve 500 mb sinoptik kartı (7 Eylül 2000, 00:00 GMT).

4.2.2. Uygulama 1

Bölüm 4.1’de verilen YSA mimarisine eldeki 300 adet verinin yaklaşık %75’i yani 220 tanesi eğitim ve geri kalan 80 tanesi de tahmin amaçlı olarak programa sokulmuştur.

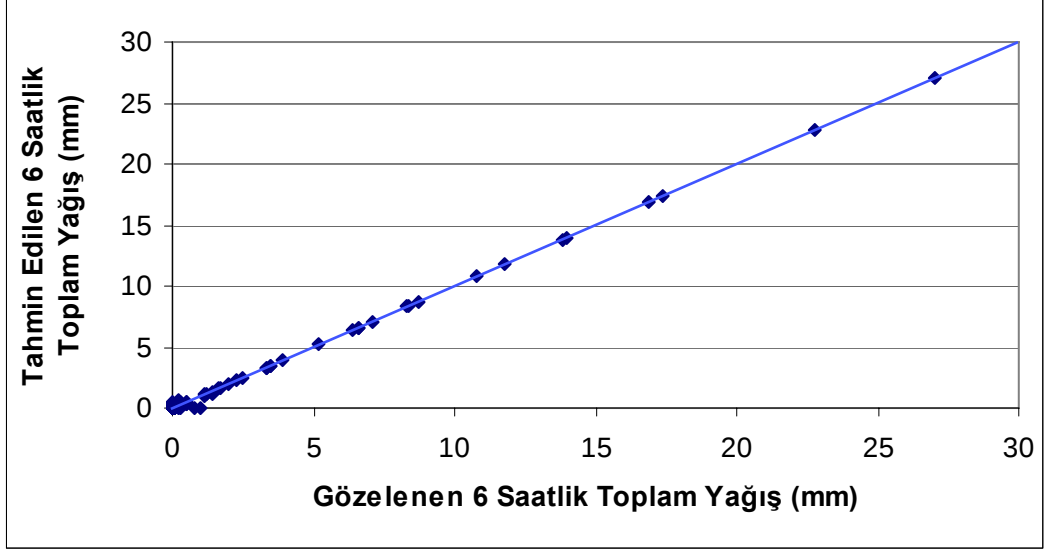
Yukarıda açıklanan meteorolojik yapıya bağlı olarak oluşan yağışların meteorolojik değişkenler ile olan ilişkisi Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Burada, sıcaklık değişkeni tüm seviyelerde yağış ile ilişkisiz bulunmaktadır. Jeopotansiyel yükseklikler 1000 mb ve 850 mb seviyelerinde sırasıyla -0.25 ve -0.15 korelasyona sahipken diğer seviyelerde çok düşük ve hatta ilişki 0’a yakındır. Düşey hız değişkeni tüm seviyelerde sırası ile -0.36; -0.14; -0,21; -0,14; -0,19 ve -0,28 korelasyon değerlerine sahiptir. Rüzgarın v bileşeni incelenecek olursa 925 ve 600 mb seviyelerinde ihmal edilecek kadar küçük bir ilişki mevcutken diğer seviyelerdeki korelasyon değerleri 0,11; 0,11; 0,35 ve 0,43’tür. Rüzgarın u bileşeninde ise 1000 ve 500 mb seviyelerindeki 0 korelasyona karşın diğer seviyelerde 0,13; 0,19; 0,14 ve 0,18 korelasyon değerleri görülmektedir. Diğer bir değişken olan bağıl nem ise 1000 ve 925 mb seviyelerinde yağış ile bir ilişkiye sahip değilken geriye kalan seviyelerde 0,14; 0,30; 0,44 ve 0,33’lük pozitif ilişkiye sahiptir. Bulut tepe sıcaklığının yağış ile olan ilişkisi -0,52 ile en yüksek korelasyona sahiptir. İşte bu sebeple yağışın korelasyon sıralamasında en fazla bulut tepe sıcaklığından etkilendiği anlaşılr.

Tablo 4.2: Uygulama 1 için meteorolojik değişkenlerin yağış miktarı ile olan ilişki katsayıları.

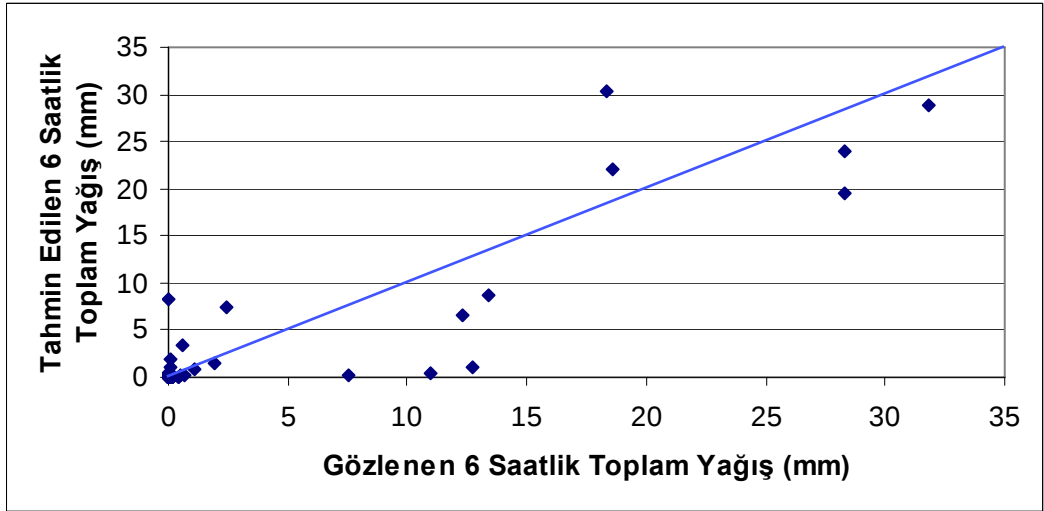
Meteorolojik Değişkenler	Seviyeler					
	1000 mb	925 mb	850 mb	700 mb	600 mb	500 mb
Sıcaklık	0,00	0,01	-0,02	0,06	0,01	0,07
Jeopotansiyel Yükseklik	-0,25	-0,01	-0,15	-0,04	-0,01	-0,01
Düşey Hız Değişkeni	-0,36	-0,14	-0,21	-0,14	-0,19	-0,28
Rüzgarın v Bileşeni	0,11	0,06	0,11	0,35	0,03	0,43
Rüzgarın u Bileşeni	0,05	0,13	0,19	0,14	0,18	-0,02
Bağıl Nem	0,02	0,04	0,14	0,30	0,44	0,33
Bulut Tepe Sıcaklığı	-0,52					

Şekil 4.4 ve 4.5 model ve tahmin değerlerinin birbirine göre saçılma diyagramlarını göstermektedir. Bu diyagramların özelliği model ve tahmin arasındaki uyumun nasıl olduğunu göstermesidir. Eğer saçılma noktaları 45° lik doğrunun yakınında rastgele biçimde dağılırlarsa model yağış olayını ortalama olarak o kadar iyi tahmin etmektedir. Örneğin Şekil 4.4’teki noktaların tümü nerede ise bu 45° lik diyagramın üzerine düşmektedir. Bu modelin yağışı çok iyi ve tarafsız olarak tahmin ettiğini

göstermektedir. Ancak Şekil 4.5'te her ne kadar ortalama olarak 45° lik doğru yakınında saçılma olmuyorsa da bir bakıma model yağış değerlerini az öngörmektedir yani model taraflıdır. Eğitim aşamasında YSA modeli 1,0 ve tahmin aşamasında ise 0,89 korelasyon değerlerine sahiptir.



Şekil 4.4: Uygulama 1 için modelin eğitim aşamasındaki başarısı.



Şekil 4.5: Uygulama 1 için modelin tahmin aşamasındaki başarısı.

Bu yağışlı günler için eğitim aşamasındaki modelin gerçekleşen tüm yağışlar içerisinde yakaladığı yağışların ölçüsü olan yakalama olasılığı, POD, Tablo 4.3'ten görüldüğü üzere 0,61'dir. Yağış olmadığı halde modelin yağış verdiği oranı temsil eden yanlış uyarı oranı, FAR, ise 0,27 olarak hesaplanmıştır. Modelin doğru

yakaladığı yağışların gözlenen yağışlar ile modelin verdiği yağışların toplamına oranını ifade eden kritik başarı indeksi, CSI, 0,50'dir. Tarafılık, BIAS, 0,83 ve modelin toplamdaki başarı oranı olan isabet oranı, HR, ise 0,84'tür.

Tablo 4.3: Tüm uygulamalarda eğitim aşaması için istatistik yaklaşımlar.

Günler	İstatistiksel Yaklaşımlar					
	POD	BIAS	FAR	CSI	HR	R
5 – 7 Eylül	0,61	0,83	0,27	0,50	0,84	1,0
23 – 25 Mayıs	0,97	1,78	0,46	0,53	0,80	0,97
21 – 23 Temmuz	0,71	1,0	0,29	0,55	0,85	0,99
25 – 27 Ağustos	0,73	1,0	0,27	0,57	0,85	0,99

Tahmin aşamasına gelindiğinde beklendiği gibi korelasyonda bir düşüş görülmektedir. Yukarıda verilen istatistik değerlere göre POD=0,61; FAR=0,30; CSI=0,49; BIAS=0,86 ve HR=0,77 olmaktadır (Tablo 4.4). Sonuç olarak elde edilen tüm istatistiksel değerler bu zaman dilimi içerisinde kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmaktadır.

Tablo 4.4: Tüm uygulamalarda tahmin aşaması için istatistik yaklaşımlar.

Günler	İstatistiksel Yaklaşımlar					
	POD	BIAS	FAR	CSI	HR	R
5 – 7 Eylül	0,61	0,86	0,30	0,49	0,77	0,89
23 – 25 Mayıs	0,85	2,40	0,65	0,33	0,69	0,77
21 – 23 Temmuz	0,42	1,50	0,72	0,20	0,75	0,93
25 – 27 Ağustos	0,20	0,76	0,74	0,13	0,57	0,57

Tablo 4.5 ve 4.6'ya göre verilerin hem gözlem hem de tahmin sınıflarına göre en çok bulunduğu sınıf 0 – 1 mm arasındır. Dolayısıyla modelin başarısını olumsuz yönde etkileyecek sınıf burasıdır. Bu meteorolojik olayda tüm istatistiksel değerlerin kabul edilebilir aralıkta olması nedeniyle modelin yüksek yağış değerlerini tahmin etmede başarılı olduğu gibi düşük yağış değerlerini de tahmin etmede yeterli olduğu görülmektedir.

Tablo 4.5: Uygulama 1’de eğitim aşaması için sınıflandırılmış yağışların gözlem ve tahmin olarak karşılaştırılması.

		TAHMİN				
		0 - 1 mm	1 - 7 mm	7 - 12 mm	12 - 20 mm	20 - 40 mm
GÖZLEM	0 - 1 mm	189	0	0	0	0
	1 - 7 mm	1	18	0	0	0
	7 - 12 mm	0	0	6	0	0
	12 - 20 mm	0	0	0	4	0
	20 - 40 mm	0	0	0	0	2

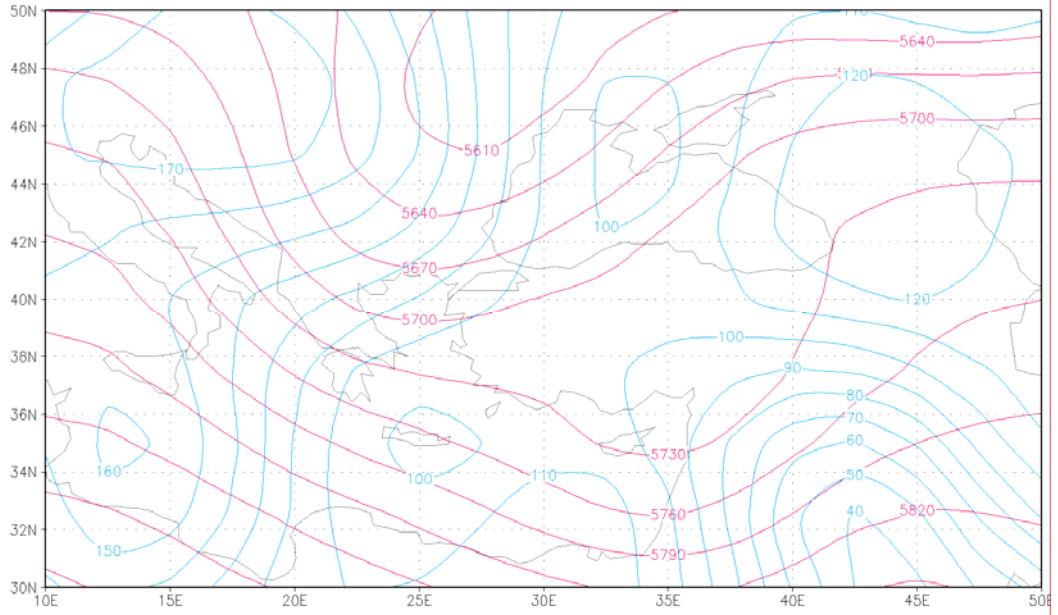
Tablo 4.6: Uygulama 1’de tahmin aşaması için sınıflandırılmış yağışların gözlem ve tahmin olarak karşılaştırılması.

		TAHMİN				
		0 - 1 mm	1 - 7 mm	7 - 12 mm	12 - 20 mm	20 - 40 mm
GÖZLEM	0 - 1 mm	64	2	1	0	0
	1 - 7 mm	1	1	1	0	0
	7 - 12 mm	2	0	0	0	0
	12 - 20 mm	0	2	1	0	2
	20 - 40 mm	0	0	0	1	2

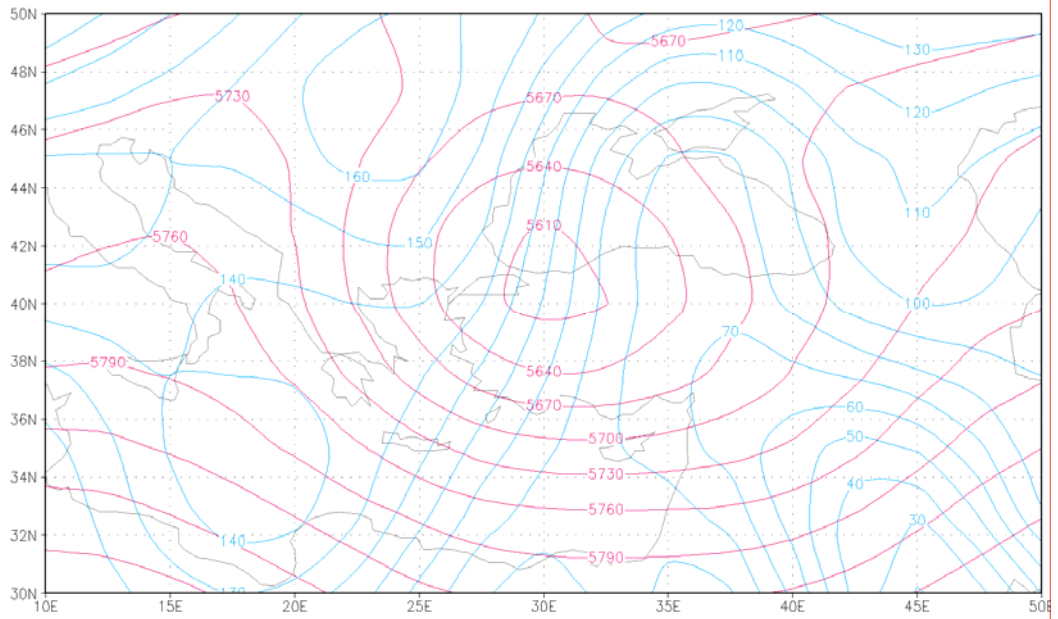
4.3. 23 – 25 Mayıs 2000 Dönemi Analiz Ve Uygulaması

4.3.1. Meteorolojik Analiz 2

Şekil 4.6 ve 4.7’den görüleceği üzere, Karadeniz üzerinde bir alçak basınç merkezi bulunmaktadır. 500 mb seviyesinde ise merkez değeri 5610 m olan bir alçak merkez Balkanlar üzerinden güneydoğuya doğru hareketle Türkiye’nin Batı ve Kuzeybatı bölgelerini etkilemektedir. 500 mb seviyesindeki oluşun etkili olduğu bölgeler pozitif vortisiti alanları olup yükselici akım bölgeleridir. Bu basınç seviyesinde ilerleyen saatlerde alanda etkili olan soğuk adveksiyon nedeniyle ortaya çıkan konvektif aktivite 23 – 25 Mayıs 2000 tarihleri arasında sağnak yağışa yol açmıştır.



Şekil 4.6: 1000 mb ve 500 mb sinoptik kartı (24 Mayıs 2000, 00:00 GMT).



Şekil 4.7: 1000 mb ve 500 mb sinoptik kartı (25 Mayıs 2000, 00:00 GMT).

4.3.2. Uygulama 2

Bu yağışlı zaman aralığındaki toplam 416 verinin yaklaşık %75'i yani 306'sı eğitim ve geri kalan 110'u ise tahmin için kullanılmıştır.

Yağışın, meteorolojik değişkenler ile olan ilişkisi irdelenecek olursa, sıcaklık değişkeni bütün seviyelerde ilişkisiz görülmektedir (Tablo 4.7). Buna karşın

jeopotansiyel yükseklik 1000 ve 925 mb'da -0,21 ve -0,17 korelasyonlara sahipken diğer seviyelerde jeopotansiyel yükseklik değişkeni anlamlılığını yitirmektedir.

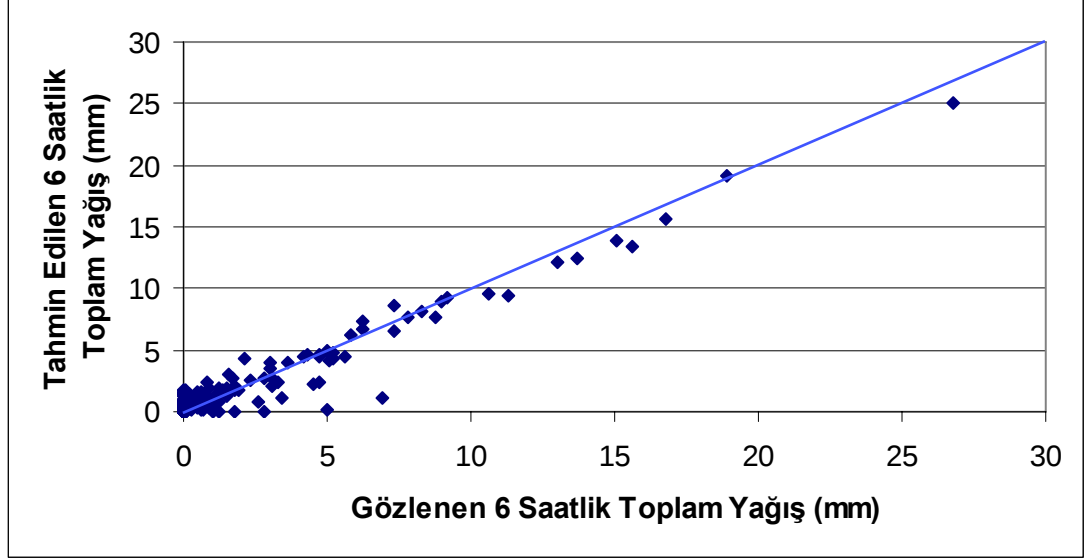
Tablo 4.7: Uygulama 2 için meteorolojik değişkenlerin yağış miktarı ile olan ilişki katsayıları.

Meteorolojik Değişkenler	Seviyeler					
	1000 mb	925 mb	850 mb	700 mb	600 mb	500 mb
Sıcaklık	0,01	0,00	0,00	-0,02	-0,07	-0,04
Jeopotansiyel Yüksekliği	-0,21	-0,17	0,02	-0,04	-0,08	-0,05
Düşey Hız Değişkeni	0,07	-0,01	-0,10	-0,20	-0,24	-0,13
Rüzgarın v Bileşeni	0,04	0,13	0,15	0,26	0,16	0,27
Rüzgarın u Bileşeni	0,01	0,01	0,15	0,04	0,30	0,07
Bağıl Nem	0,05	-0,11	0,08	0,17	0,23	-0,05
Bulut Tepe Sıcaklığı	-0,50					

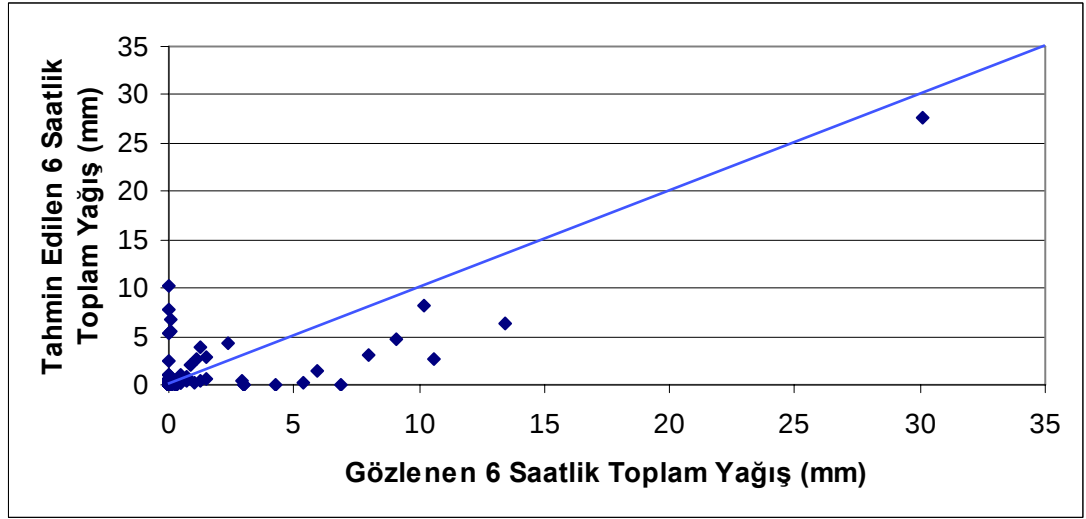
Düşey hız için tersi bir durum söz konusudur. 1000 ve 925 mb'da düşey hızın yağış ile olan ilişkisi 0 korelasyona sahip iken, diğer seviyelerde sırasıyla -0,10; -0,20; -0,24 ve -0,13 korelasyon söz konusudur. Rüzgarın v bileşeni gözönüne alındığında 1000 mb seviyesinde yağış ile bir ilişki yokken diğer seviyeler 0,13; 0,15; 0,26; 0,16 ve 0,27 korelasyona sahiptir. Rüzgarın u bileşenin de ise 850 ve 600 mb seviyeleri sırasıyla 0,15 ve 0,30'luk bir korelasyona sahip iken, diğer seviyelerde yağış ile bir ilişki söz konusu değildir. Son meteorolojik değişken olan bağıl nem sırasıyla 0; -0,11; 0; 0,17; 0,23 ve 0 korelasyona sahiptir. Tüm bu korelasyon değerleri bulut tepe sıcaklığının yağış ile olan ilişki katsayısı ile karşılaştırılırsa, bulut tepe sıcaklığının -0,50 korelasyon katsayısı ile yağışla en yüksek ilişkili değişken olduğu görülmektedir.

Şekil 4.8 ve 4.9'dan görüldüğü üzere eğitim aşamasında model 0,97 ve tahmin aşamasında ise 0,77 korelasyon değerlerine sahiptir. Yine eğitim aşamasında önceki zaman dilimi kadar olmasa da ortalama tahminlerin çok yüksek derecede tutarlı olduğu görülmektedir. Ancak tahmin aşamasında yağış değerleri yine düşük öngörülmektedir. Bu yağışlı günler için eğitim aşamasındaki modelin gerçekleşen tüm yağışlar içerisinde yakaladığı yağışların ölçüsü olan POD değeri 0,97'dir. Yağış olmadığı halde modelin yağış verdiği oranı temsil eden FAR değeri 0,46 olarak hesaplanmıştır. Modelin doğru yakaladığı yağışların gözlenen yağışlar ile modelin verdiği yağışların toplamına oranını ifade eden CSI=0,53'dir. BIAS=1,78 ve HR ise 0,8'dir (Tablo 4.3). Tahmin aşamasına gelindiğinde beklendiği gibi ilişki katsayısında bir düşüş görülmektedir. İstatistiksel değerlerimiz ise POD=0,85; FAR=0,65; CSI=0,33; BIAS=2,40 ve HR=0,69 olmaktadır (Tablo 4.4). Önceki yağış dönemine göre FAR değerinde artış ve CSI değerinde de bir azalma görülmektedir.

Bunlara rağmen verinin tümüne bakıldığında model tahmin aşamasında 0,69 isabet oranına sahiptir. Burada BIAS değerinin 1'den büyük çıkmasında küçük yağış değerlerinin yüksek tahmin edilmesinin payı büyüktür. Sadece büyük yağış değerleri göz önüne alındığında $BIAS < 1$ olmaktadır.



Şekil 4.8: Uygulama 2 için modelin eğitim aşamasındaki başarısı.



Şekil 4.9: Uygulama 2 için modelin tahmin aşamasındaki başarısı.

Tablo 4.8 ve 4.9'da verilerin hem gözlem hem de tahmin sınıflarına göre en çok bulunduğu sınıf 0 – 1 mm aralığıdır. Bu yağışlı olaydaki FAR ve CSI değerlerinin bir önceki olaya göre olumsuz etkilenmesi 0 – 1 mm sınıf aralığından dolayıdır. Model, görüldüğü gibi yüksek yağış değerlerini tahmin etmede daha başarılıdır.

Tablo 4.8: Uygulama 2’de eğitim aşaması için sınıflandırılmış yağışların gözlem ve tahmin olarak karşılaştırılması.

		TAHMİN				
		0 - 1 mm	1 - 7 mm	7 - 12 mm	12 - 20 mm	20 - 40 mm
GÖZLEM	0 - 1 mm	180	17	0	0	0
	1 - 7 mm	8	34	1	0	0
	7 - 12 mm	0	1	8	0	0
	12 - 20 mm	0	0	0	6	0
	20 - 40 mm	0	0	0	0	1

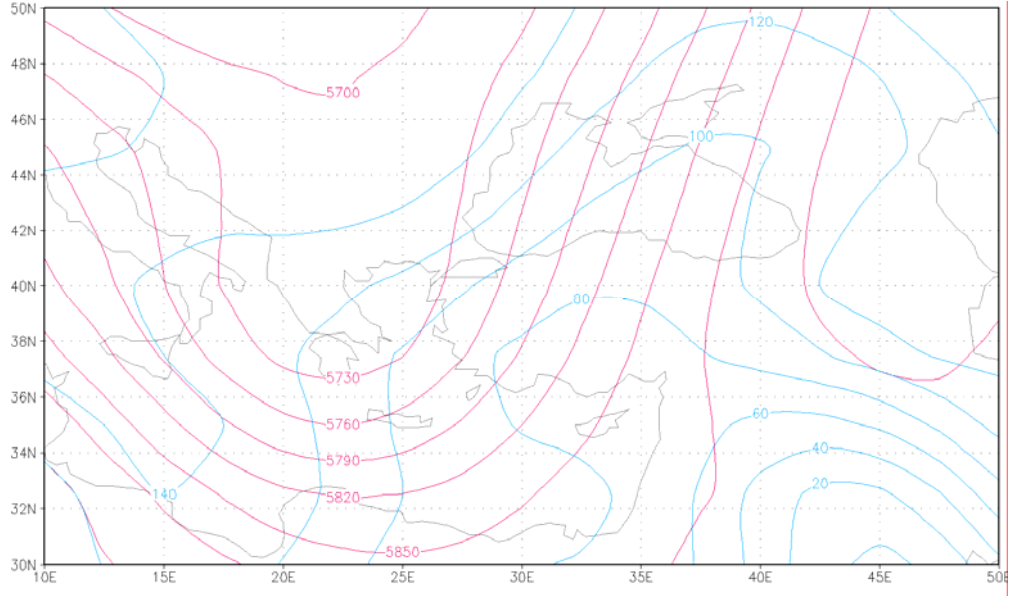
Tablo 4.9: Uygulama 2’de tahmin aşaması için sınıflandırılmış yağışların gözlem ve tahmin olarak karşılaştırılması.

		TAHMİN				
		0 - 1 mm	1 - 7 mm	7 - 12 mm	12 - 20 mm	20 - 40 mm
GÖZLEM	0 - 1 mm	84	5	2	0	0
	1 - 7 mm	8	5	0	0	0
	7 - 12 mm	0	3	1	0	0
	12 - 20 mm	0	1	0	0	0
	20 - 40 mm	0	0	0	0	1

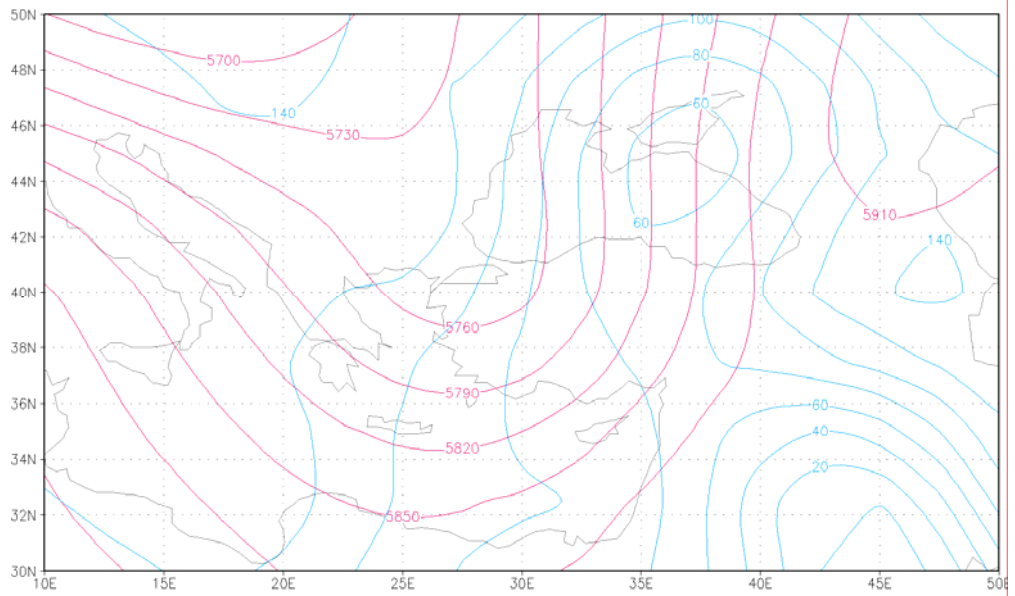
4.4. 21 – 23 Temmuz 2000 Dönemi Analiz Ve Uygulaması

4.4.1. Meteorolojik Analiz 3

Avrupa yüksek basınç alanı etkisi altında iken, Türkiye Basra Körfezi’nden uzanan Arabistan-Hindistan ekseninde ortaya çıkan alçak basınç alanının etkisi altındadır. Aynı zamanda Türkiye’nin Batısı Avrupa üzerinde yerleşmiş olan 500 mb oluşunun da etkisi alanına girmiştir. Bu oluk alanındaki soğuk adveksiyon ve pozitif vortisiti ortak etkileri yanısıra kovektif aktivite nedeniyle bölgede sağnak yağışlar söz konusudur (Şekil 4.10 ve 4.11).



Şekil 4.10: 1000 mb ve 500 mb sinoptik kartı (22 Temmuz 2000, 00:00 GMT).

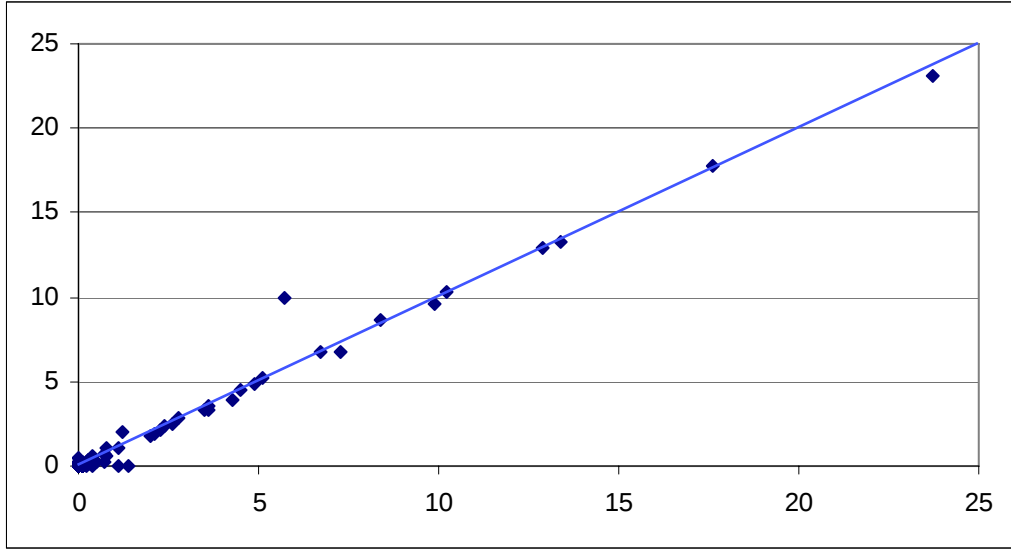


Tablo 4.10: Uygulama 3 için meteorolojik değişkenlerin yağış miktarı ile olan ilişki katsayıları.

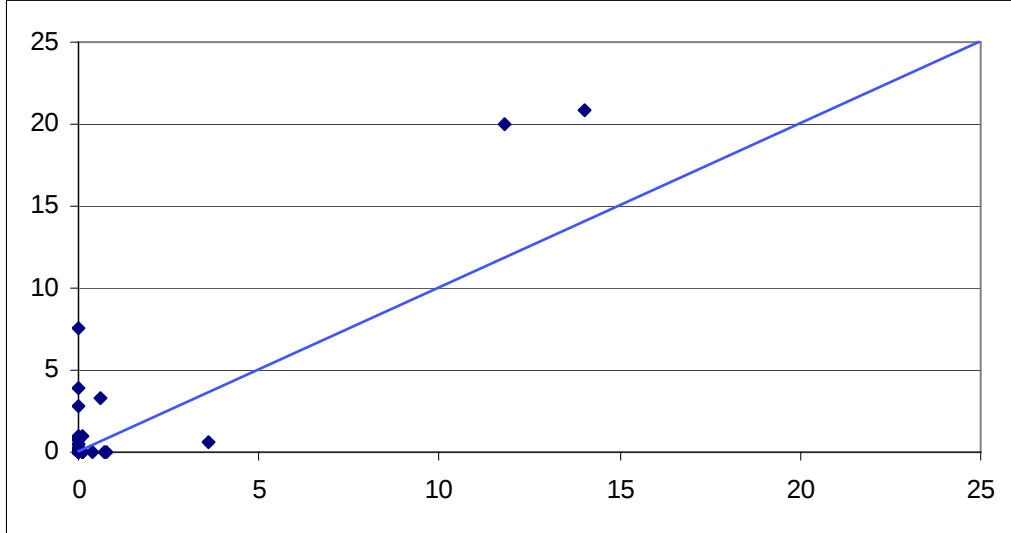
Meteorolojik Değişkenler	Seviyeler					
	1000 mb	925 mb	850 mb	700 mb	600 mb	500 mb
Sıcaklık	0,18	0,20	0,24	0,18	0,06	-0,04
Jeopotansiyel Yükseklik	-0,21	0,02	-0,11	0,01	0,06	0,03
Düşey Hız Değişkeni	-0,38	-0,34	-0,15	-0,32	-0,30	-0,25
Rüzgarın v Bileşeni	0,10	0,04	0,03	0,25	-0,01	0,22
Rüzgarın u Bileşeni	-0,07	-0,04	-0,10	-0,12	-0,10	-0,20
Bağıl Nem	0,07	0,06	0,16	0,14	0,17	0,03
Bulut Tepe Sıcaklığı	-0,48					

Jeopotansiyel yükseklikte ise 1000 ve 850 mb seviyelerinde -0,21 ve -0,11 ilişki bulunurken diğer seviyelerde ise korelasyon sıfırdır. Düşey hız değişkeninin ilişkisi tüm seviyelerde sırasıyla -0,38; -0,34; -0,15; -0,32; -0,30 ve -0,25'dir. Rüzgarın v bileşeninde 925, 850 ve 600 mb seviyelerinde bir ilişki bulunmaz diğer seviye ilişkileri 0,10; 0,25 ve 0,22'dir. Rüzgarın u bileşeni 1000 ve 925 mb'larda yağış ile bir ilişkisi yok iken diğer seviyelerde -0,10; -0,12; -0,10 ve -0,20 korelasyon değerine sahiptir. Son değişken olan bağıl nem 1000, 925 ve 500 mb seviyelerinde yağış ile ilişkisiz görülürken 850, 700 ve 600 mb seviyelerinde 0,16; 0,14 ve 0,17 ilişki katsayısı hesaplanmıştır. Bütün bu değerlendirmeler neticesinde bulut tepe sıcaklığının -0,48'lik korelasyon değeriyle en yüksek ilişkiye sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 4.12 ve 4.13'ten görüldüğü üzere eğitim aşamasında model tarafsız ama tahmin aşamasında ise daha saçılmalı ve genel ortalamada taraflıdır. Dolayısı ile yağış değerleri yüksek öngörülmektedir. Yağışlı günler için eğitim aşamasındaki modelin gerçekleşen tüm yağışlar içerisinde yakaladığı yağışların ölçüsü olan POD değeri 0,71'dir. Yağış olmadığı halde modelin yağış verdiği oranı temsil eden FAR değeri ise 0,29 olarak hesaplanmıştır. Modelin doğru yakaladığı yağışların gözlenen yağışlar ile modelin verdiği yağışların toplamına oranını ifade eden CSI=0,55'dir. BIAS=1,0 ve HR ise 0,85'tir (Tablo 4.3). Tahmin aşamasına gelindiğinde beklendiği korelasyonda bir düşüş görülmektedir. İstatistik büyüklükler ise POD=0,42; FAR=0,72; CSI=0,20; BIAS=1,50 ve HR=0,75 olmaktadır (Tablo 4.4). Görüldüğü üzere tahmin aşamasında FAR, POD ve CSI değerlerinde kötüleşme mevcut olmasına rağmen model 0,75 isabet oranına sahiptir.



Şekil 4.12: Uygulama 3 için modelin eğitim aşamasındaki başarısı.



Şekil 4.13: Uygulama 3 için modelin tahmin aşamasındaki başarısı.

Tablo 4.11 ve 4.12'ye bakılacak olursa verilerin hem gözlem hem de tahmin sınıflarına göre en çok bulunduğu sınıf yine 0 – 1 mm aralığıdır. Bu yağışlı olaydaki POD, FAR ve CSI değerlerinin bir önceki olaya göre olumsuz etkilenmesi 0 – 1 mm sınıf aralığından dolayıdır. Model, yüksek yağış değerlerini tahmin etmede daha başarılıdır.

Tablo 4.11: Uygulama 3’te eğitim aşaması için sınıflandırılmış yağışların gözlem ve tahmin olarak karşılaştırılması

		TAHMİN				
		0 - 1 mm	1 - 7 mm	7 - 12 mm	12 - 20 mm	20 - 40 mm
GÖZLEM	0 - 1 mm	204	1	0	0	0
	1 - 7 mm	2	16	1	0	0
	7 - 12 mm	0	1	3	0	0
	12 - 20 mm	0	0	0	3	0
	20 - 40 mm	0	0	0	0	1

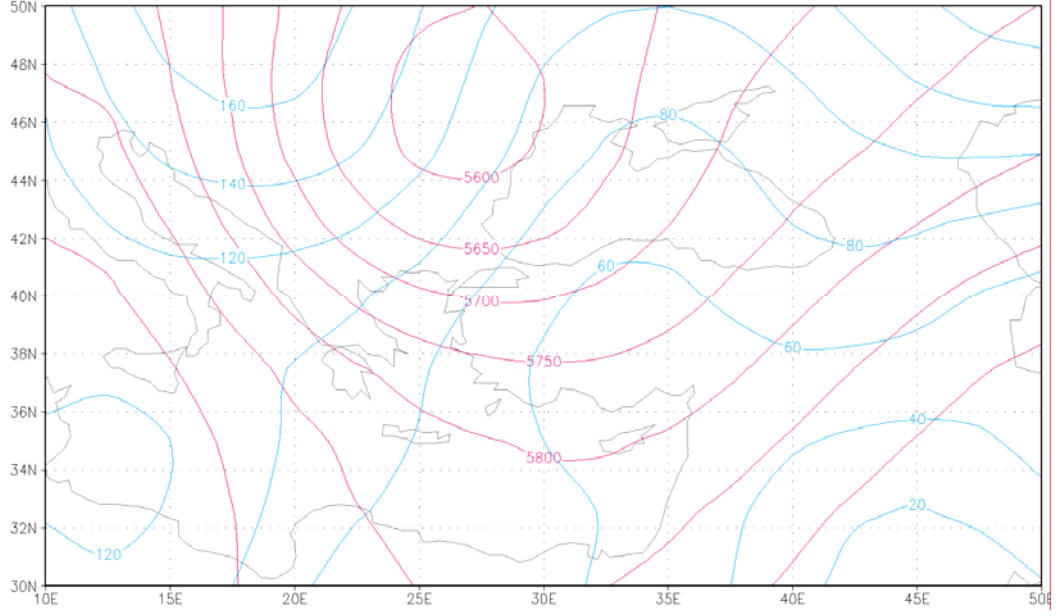
Tablo 4.12: Uygulama 3’te tahmin aşaması için sınıflandırılmış yağışların gözlem ve tahmin olarak karşılaştırılması.

		TAHMİN				
		0 - 1 mm	1 - 7 mm	7 - 12 mm	12 - 20 mm	20 - 40 mm
GÖZLEM	0 - 1 mm	72	4	1	0	0
	1 - 7 mm	1	0	0	0	0
	7 - 12 mm	0	0	0	0	1
	12 - 20 mm	0	0	0	0	1
	20 - 40 mm	0	0	0	0	0

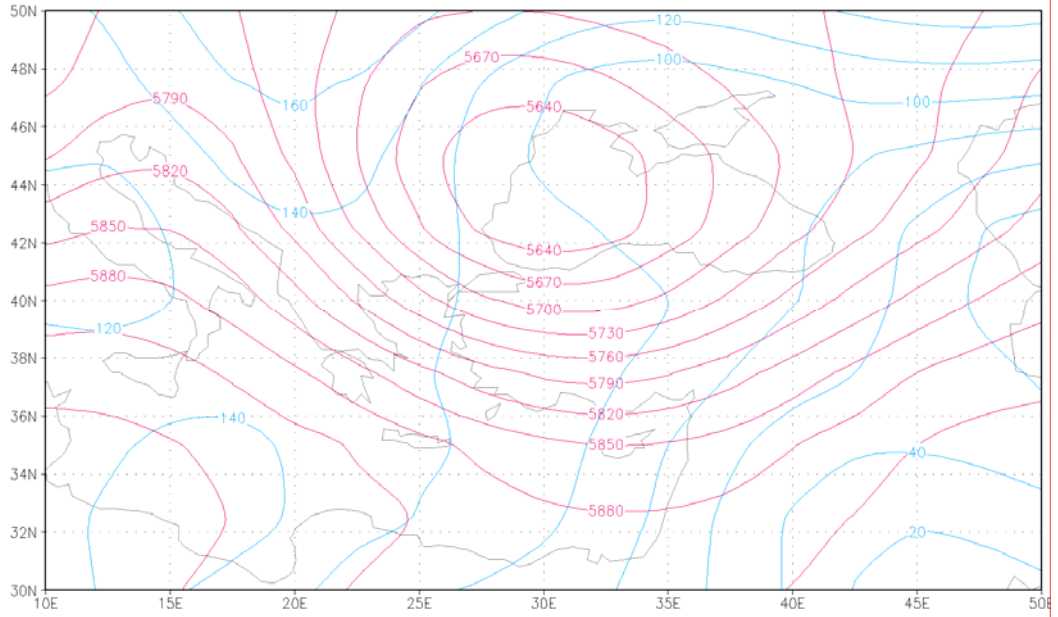
4.5. 25 – 27 Ağustos 2000 Dönemi Analiz Ve Uygulaması

4.5.1. Meteorolojik Analiz

Bu zaman diliminde Türkiye, Avrupa üzerindeki yüksek basınç alanı ile Basra Körfezi’nden uzanan ve Arabistan-Hindistan kaynaklı alçak basınç alanlarının arasındadır. 500 mb seviyesindeki alçak merkezin güneye doğru olan hareketiyle Türkiye üzerine yerleşmesi ve yukarı seviyelerdeki soğuk adveksiyon sonucunda oluşan konvektif aktiviteye bağlı olarak sağnak yağışlar görülmüştür (Şekil 4.14 ve 4.15).



Şekil 4.14: 1000 mb ve 500 mb sinoptik kartı (26 Ağustos 2000, 12:00 GMT).



Şekil 4.15: 1000 mb ve 500 mb sinoptik kartı (27 Ağustos 2000, 12: GMT).

4.5.2. Uygulama

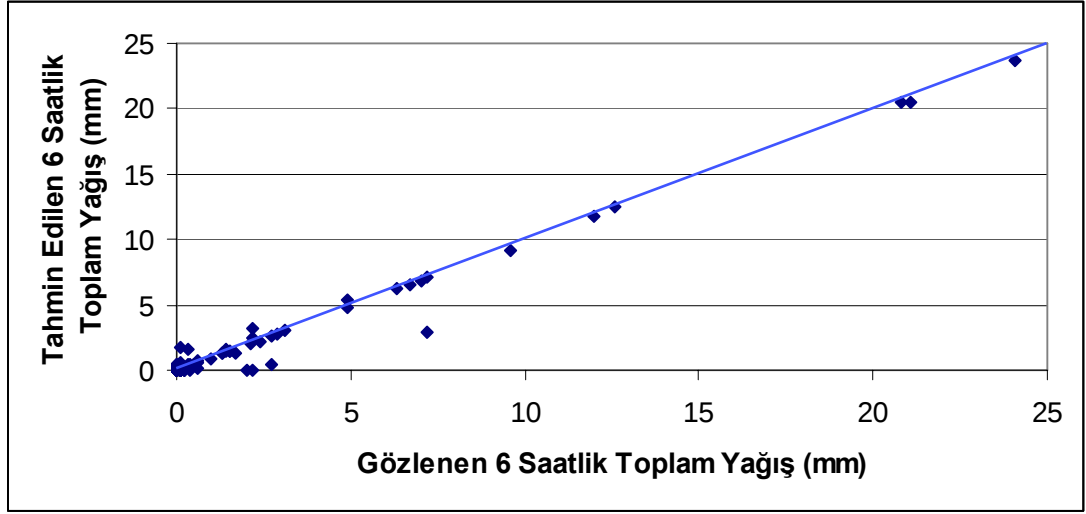
Yukarıda anlatılan meteorolojik yapı sonucunda meydana gelen yağışın meteorolojik değişkenler ile olan ilişkisi Tablo 4.13'te gösterilmiştir. Sıcaklık değişkeni ile yağış miktarı arasında tüm seviyelerdeki ilişki katsayısı sırasıyla -0,12; -0,17; -0,17; -0,20; -0,26 ve -0,19 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.13: Uygulama 4 için meteorolojik değişkenlerin yağış miktarı ile olan ilişki katsayıları

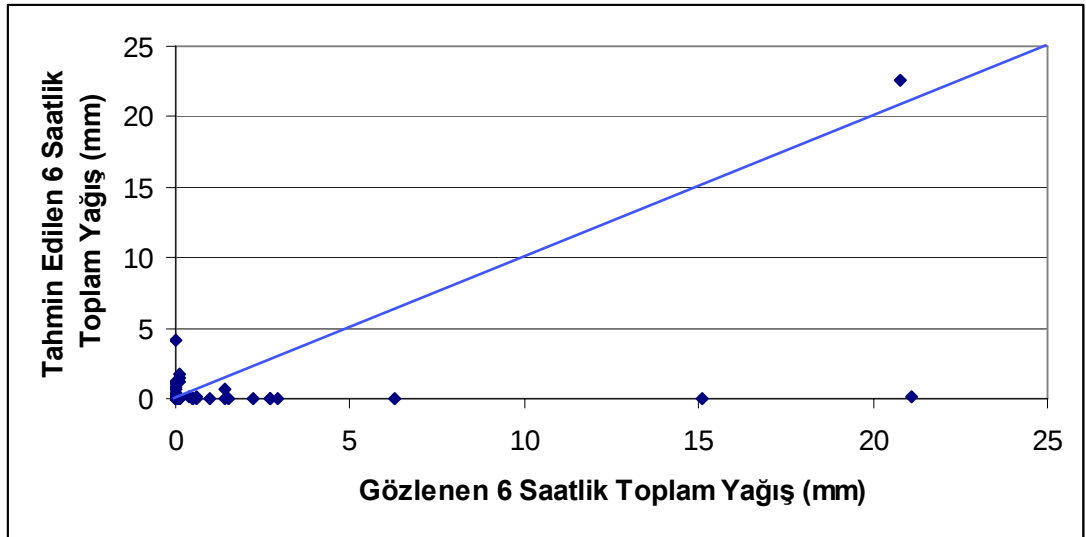
Meteorolojik Değişkenler	Seviyeler					
	1000 mb	925 mb	850 mb	700 mb	600 mb	500 mb
Sıcaklık	-0,12	-0,17	-0,17	-0,20	-0,26	-0,19
Jeopotansiyel Yükseklik	-0,11	-0,19	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25
Düşey Hız	-0,06	-0,10	-0,15	-0,11	-0,08	-0,12
Rüzgarın v Bileşeni	0,01	-0,03	0,04	0,28	0,17	0,13
Rüzgarın u Bileşeni	0,16	0,14	0,17	0,18	0,15	0,12
Bağıl Nem	0,02	0,15	0,23	0,05	0,12	0,00
Bulut Tepe Sıcaklığı	-0,23					

Jeopotansiyel yükseklikte ise tüm seviyelerde -0,11; -0,19; 0,25; -0,25; -0,25 ve -0,25 oranında ilişki mevcuttur. Düşey hız değişkeni 1000 ve 600 mb seviyelerinde sıfır ilişkiye sahipken diğer seviyelerde sırasıyla -0,10; -0,15; -0,11 ve -0,12 ilişki katsayısı değerine sahiptir. Rüzgarın v bileşeninde ise 1000, 925 ve 850 mb seviyelerinde bir ilişki yoktur ama diğer seviye ilişkileri 0,28; 0,17 ve 0,13'tür. Rüzgarın u bileşeni ile olan tüm seviyelerdeki ilişki katsayısı 0,16; 0,14; 0,17; 0,15 ve 0,12 olarak hesaplanmıştır. Son değişken olan bağıl nem 1000, 700 ve 500 mb seviyelerinde yağış ile ilişkisiz görülürken diğer seviyelerde 0,15; 0,23 ve 0,12 korelasyon değerlerini almaktadır. Bulut tepe sıcaklığı -0,23'lik korelasyon değeriyle önceki örneklere göre yaklaşık %50 düşüş göstermiştir.

Şekil 4.16 ve 4.17'den görüldüğü üzere eğitim aşamasında model tarafsız ama tahmin aşamasında ise başarısızdır. Burada model sağınak yağışlı anlardan sadece birini yakalayabilmiştir. Yağışlı günler için eğitim aşamasındaki modelin gerçekleşen tüm yağışlar içerisinde yakaladığı yağışların ölçüsü olan POD değeri 0,73'tür. Yağış olmadığı halde modelin yağış verdiği oranı temsil eden FAR değeri ise 0,27 olarak hesaplanmıştır. Modelin doğru yakaladığı yağışların gözlenen yağışlar ile modelin verdiği yağışların toplamına oranını ifade eden CSI=0,57'dir. BIAS=1,0 ve HR ise 0,85'tir (Tablo 4.3). Tahmin aşamasına gelindiğinde korelasyonda önemli bir düşüş görülmektedir ($R=0,57$). İstatistik değerler ise $POD=0,20$; $FAR=0,74$; $CSI=0,13$; $BIAS=0,76$ ve $HR=0,57$ olmaktadır (Tablo 4.4). Görüldüğü üzere model tahmin aşamasında önceki örneklere nazaran kötü sonuçlar vermektedir. Bu zaman dilimi diğer yağışlı zamanlarla karşılaştırılacak olursa buradaki modelin tahmin aşamasındaki başarısızlığı bulut tepe sıcaklığının yağış ile olan ilişkisinin -0,23 gibi düşük değer olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.16: Uygulama 4 için modelin eğitim aşamasındaki başarısı



Şekil 4.17: Uygulama 4 için modelin tahmin aşamasındaki başarısı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yeryüzünde kurulu olan yağış ölçer ağlarının hem zaman hem de uzay dağılımının büyük değişkenlikler göstermesi nedeniyle, küçük ölçeklerdeki şiddetli yağışların tahmini zordur ve hava tahmin modelleri de bu zorluk nedeniyle küçük ölçeklerdeki sağnak yağışları yakalayamamaktadır. Günümüzde bu sorunu ortadan kaldırmak için en uygun teknik zaman ve uzay çözünürlüğü yüksek olan uydu teknolojisidir. Uydulardan elde edilen bilgiler hava tahmin modellerinde girdi olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada 2000 yılı içerisindeki 5-7 Eylül, 23-25 Mayıs, 21-23 Temmuz ve 25-27 Ağustos ve dönemlerinde gözlenen 4 konvektif yağışlı olay incelenmiştir. Ayrıntıları Bölüm 2’de anlatılan, bu zaman aralıklarındaki Meteosat 7’nin kızılötesi kanal verisi, çalışma istasyonlarındaki 6 saatlik toplam yağış verisi ve NCEP/NCAR’ın düğüm noktalarına aktarılmış troposferin düşey seviye verileri kullanılmıştır. Geliştirilen bir Yapay Sinir Ağları (YSA) modeli ile de yağış miktarı tahmin edilmeye ve bu modelin başarısı ölçülmeye çalışılmıştır.

Bölüm 4’te anlatılanlar doğrultusunda görülmektedir ki, 25-27 Ağustos 2000 zaman dilimindeki olay hariç, diğerlerinde bulut tepe sıcaklığı yağış ile troposferin düşey seviye verilerine nazaran daha yüksek oranda ilişkilidir. Bu, Bölüm 1’de ifade edilen, konvektif yapılar için bulut tepe sıcaklığının yağış ile anlamlı bir ilişkiye sahip anahtar bir parametre olmasının bir sonucudur.

Ağustos ayında meydana gelen yağışlarda yağış ile bulut tepe sıcaklığı arasında belirgin bir ilişki yerine her sıcaklık değerinde yüksek ve düşük yağış değerlerinin karşı gelmesi nedeniyle korelasyon çok küçüktür. Bu durumda meydana gelen yağışın tamamen konvektif olduğu söylenemez. Her ne kadar YSA modeli eğitim sırasında yağışı çok iyi olarak modelleyebilmesine rağmen tahmin aşamasında başarılı değildir.

Yapılan örnek uygulamaların sonucunda, modelin en başarılı olduğu olay Eylül ayındaki yağıştır. Bu durum Bölüm 4’te açıklandığı gibi hesaplanan istatistik değerlerin modelin hem eğitim hem de tahmin aşamaları için kabul edilebilir seviyede olması nedeniyledir. Uygulamada modellerin başarı ölçütü olarak yakalama ihtimali (POD: Probability of detection), taraflılık (BIAS), yanlış uyarı oranı (FAR: False alarm ratio), kritik başarı indeksi (CSI: Critical succes index), isabet oranı (HR:

Hit rate) ve sınıflandırma kullanılmıştır. Mayıs ayında ise özellikle tahmin aşamasında FAR değerinin yükseldiği ve CSI'nın ise azaldığı görülmektedir. Bu durum 0-1 mm arasındaki yağışlardan kaynaklanmaktadır. Halbuki yüksek yağış değerlerini model daha iyi tahmin etmektedir. Temmuz ayındaki yağışın tahmin aşamasındaki POD, FAR ve CSI değerlerinde kötüleşme mevcuttur. Bu durum yukarıda belirtilen 0-1 mm arasındaki yağış değerleri için gözlenmektedir. Model yine yüksek yağışların tahmininde başarılıdır.

Bir modelin yağışı belirleyebilmesinin yanında aynı zamanda yağışın olmayacağını da tahmin edebilmesinin önemli olması dolayısıyla, yapılan bu çalışmada yağışın olmadığı ve olduğu durumların ayıklanması yapılmayıp, aksine yağışlı ve yağışsız tüm veriler sisteme sokulmuştur. Kurulan bu YSA mimarisinin başarısız kaldığı durumlarda bu tür ayrımlara gidilerek sonuçlar iyileştirilebilir.

Ayrıca bu tez çalışmasında kullanılan düğüm noktası verilerinin çözünürlüğü 2,5° yerine daha yüksek olarak alındığı takdirde, buradan gelecek troposferin düşey seviye verilerinin yağış ile olan ilişkisinin yükseltilebileceği görülebilir.

Verinin düğüm noktalarından istasyonlara taşınması için bu tezde kullanılan ters mesafe kareleri yaklaşımı ilgili değişkenin istasyona aktarılmasındaki ayarlamayı ifade eden bir takım sabit değerler ile geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Çalışma alanı içerisindeki istasyon sıklığı ne kadar fazla ise model de o kadar başarılı olacaktır. Buradan hareketle sonraki çalışmalar için istasyon sıklığı arttırılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Adler, R.F. and Mac, R.A.,** 1984. Thunderstorm cloud height-rainfall rate relations for use with satellite rainfall estimation techniques, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, **23**, 280-296.
- Adler, R.F. and Negri, A.J.,** 1988. A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall. *Journal of Applied Meteorology*, **27**, 30–51.
- Adler, R.F. and Negri, A.J.,** 1993. Estimation of monthly rainfall over Japan and surrounding waters from a combination of low-orbit microwave and geosynchronous IR data. *Journal of Applied Meteorology*, **32**, 335–356.
- Anderson, J.A.,** 1983. Cognitive and psychological computation with neural models, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, **SMC-13(5)**, 799-814.
- Applequist, S., Gahrs, G.E. and Pfeffer, R.L.,** 2002. Comparison of methodologies for probabilistic quantitative precipitation forecasting, *American Meteorological Society*, **17**, 783-799.
- Arkin, P.A.,** 1979. The relationship between fractional coverage of high clouds and rainfall accumulation during GATE over B-scale array. *Monthly Weather Review*, **107**, 1382–1387.
- Arkin, P.A. and Meisner, B.,** 1987. The relationship between largescale convective rainfall and cold cloud over the Western Hemisphere during 1982–1984, *Monthly Weather Review*, **115(1)**, 51–74.
- Arnaud, Y., Desbois, M. and Maizi, J.,** 1992. Automatic tracking and characterization of African convective systems on meteosat pictures, *Journal of Applied Meteorology*, **31**, 443–493.
- Bankert, R.L.,** 1994. Cloud classification of AVHRR imagery in maritime regions using a probabilistic neural networks, *Journal of Applied Meteorology*, **33**, 909-918.
- Bankert, R.L. and Aha, D.W.,** 1996. Improvement to a neural network cloud classifier, *Journal of Applied Meteorology*, **35**, 2036-2039.
- Bluestein, H.B.,** 1993. Synoptic – dynamic meteorology in midlatitudes, Oxford University Press, Oxford.
- Boi, P., Marrocu, M. and Giachetti, A.,** 2004. Rainfall estimation from infrared data using an improved version of the Auto-Estimator Technique, *International Journal of Remote Sensing*, **25**, 4657-4673.

- Çakar T.**, 1997. İmalat sistemlerinin tasarlanması ve öncelik kurallarının belirlenmesinde yapay sinir ağları kullanılması, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Davis, J.**, 1986. Statistic and data analysis in geology. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Desbois, M., Kayiranga, T. and Gnamien, B.**, 1989. Diurnal cycle of convective cloudiness over tropical Africa observed from Meteosat: Geographic characterization and interannual variations, *Ann. Geophys.*, **7**, 395–404.
- Doneaud, A.A., Ionescu-Niscov, S., Priegnitz, D.L. and Smith, P.L.**, 1984. The area time integral as an indicator for convective rain volume, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, **23**, 555–561.
- Ekercin, S.**, 2000, Meriç nehri kıyı çizgisi ve deltasının uydu verileri yardımı ile incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Feidas, H., Lagouvardos, K., Kotroni, V. and Cartalis, C.**, 2005. Application of three satellite techniques in support of precipitation forecasts of a NWP model, *International Journal of Remote Sensing*, **26**, 5393-5417.
- Feng, Y. and Kitzmiller, D.H.**, 2006. A short range quantitative precipitation forecast algorithm using back-propagation neural network approach, *Advance in Atmospheric Sciences*, **23**, 405-414.
- Goldberg, D.E.**, 1989. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning Addison-Wesley Pub. Co.
- Gori, E., Rafanelli, C., Aslan, Z.**, 1987. The Variations in Raindrop Size Distributions Measured at Rome, *CNR - IFA*, Technical Paper No. 1987/46, December.
- Gori, E., Rafanelli, C., Aslan, Z.**, 1988. Variations in raindrop size distribution measured at Rome, *Il Nuovo Cimento*, **2**, C.N. 5-6, 679-692.
- Griffith, C.G., Woodley, W.L., Browner, S., Teijeiro, J., Maier, M., Martin D.W., Stout, J. And Sikdar, D.N.**, 1976. Rainfall estimation from geosynchronous satellite imagery during daylight hours, *NOAA Tech. Rep. ERL 356-WMPO 7*, Boulder, CO.
- Griffith, C.G., Woodley, W.L., Grube, P.G., Martin, D.W., Stout, J. and Sikdar, D.N.**, 1978. Rain estimation from geosynchronous satellite imagery—visible and infrared studies, *Monthly Weather Review*, **106(8)**, 1153–1171.
- Griffith, C.G., Augustine, J.A. and Woodley, W.L.**, 1981. Satellite rain estimation in the U.S. high plains, *Journal of Applied Meteorology*, **20**, 53-66.
- Hall, T., Brooks, H.E. and Doswell C.A.**, 1999. Precipitation forecasting using a neural network, *Wea. Forecasting*, **14**, 338-345.
- Haykin, S.**, 1999. Neural networks: a comprehensive foundation, 2nd edition, Pentice-Hall, New Jersey.
- Haykin, S.**, 2001. Kalman filtering and neural networks, Wiley , New York.
- Hebb, D.**, 1949. The organization of behavior, Willey, New York.

- Hopfield, J.J.**, 1982. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **79**, 2554-2558.
- Kohonen, T.**, 1982. The self-organized formation of topography correct feature maps, *Biological Cybernetics*, **43**, 59-69.
- Koizumi, K.**, 1999. An objective method to modify numerical model forecasts with newly given weather data using an artificial neural network, *Weather Forecasting*, **14**, 109-118.
- Kuligowski, R.J. and Barros, A.P.**, 1998. Localized precipitation forecasts from a numerical weather prediction model using artificial neural network, *Weather Forecasting*, **13**, 1194-1204.
- Levizzani, V.**, 1998. Intense rainfall monitoring from geostationary satellites, *Proc. Conf. Satellites, Meteorology and Oceanography*, 327-330.
- Levizzani, V., Schmetz, J., Lutz, H., Kerkmann, J., Alberoni, P.P. and Cervino, M.**, 2001a. Precipitation estimations from geostationary orbit and prospects for Meteosat second generation, *Meteorol. Appl.*, **8**, 23-41.
- Levizzani, V., Bauer, P., Buzzi, A., Davolio, S., Hinsman, D.E., Kidd, C., Marzano, F.S., Meneguzzo, F., Mugnai, A., Poiare Baptista, J.P.V., Porcu, F., Prodi, F., Purdom, J.F.W., Rosenfeld, D., Schmetz, J., Smith, E.A., Tampieri, F., Turk, F.J. and Vicente, G.A.**, 2001b. EURAINSAT—Looking into the future of satellite rainfall estimation. *Proceeding of the 2001 EUMETSAT Meteorological Satellite Data Users' Conference*, EUMETSAT, Antalya, 1-5 October, 375-384.
- Levizzani, V., Bauer, P., Buzzi, A., Hinsman, D.E., Khain, A., Kidd, C., Marzano, F.S., Meneguzzo, F., Mugnai, A., Poiare Baptista, J.P.V., Prodi, F., Purdom, J.F.W., Rosenfeld, D., Schmetz, J., Smith, E.A., Tampieri, F., Turk, F.J. and Vicente, G.A.**, 2001c. EURAINSAT: European satellite rainfall analysis and monitoring at the geostationary scale. *11th Conference on Satellite Meteorology and Oceanography AMS*, Madison, WI, 15-18 October, 650-653.
- Levizzani, V., Amorati, R. and Meneguzzo, F.**, 2002. A review of satellite-based rainfall estimation methods. *MUSIC*, www.isao.bo.cnr.it/meteosat/papers/MUSIC-Rep-Sat-Precip-6.1.pdf.
- Lopez, R.E., Atlas, D., Rosenfeld, D., Thomas, J.L., Blanchard, D.O. and Holle, R.L.**, 1989. Estimation of rainfall using the radar echo area time integral, *Journal of Applied Meteorology*, **28**, 1162-1175.
- Marrocu, M., Pompei, A., Dalu, G., Liberti, G.L. and Negri, A.J.**, 1993. Precipitation estimation over Sardinia from satellite infrared data. *International Journal of Remote Sensing* **14**, 115-134.
- Marshall, J.S., McK Palmer, W.**, 1948. The distribution of raindrops with size, *Journal of Meteorology*, **5**, 165-166.
- Marzban, C. and Stumpf, G.J.**, 1996. A neural network for tornado prediction based on Doppler radar-derived attributes, *Journal of Applied Meteorology*, **35**, 617-626.

- Marzban, C. and Stumpf, G.J.,** 1998. A neural network for damaging wind prediction, *Weather Forecasting*, **13**, 151-163.
- McCann, D.W.,** 1992. A neural network short-term forecast of significant thunderstorms, *Weather Forecasting*, **7**, 525-534.
- Mcculloch, W.S. and Pitts, W.A.,** 1943. A logical calculus of the ideas immanent in nerve activity, *Bull. Math. Biophysics*, **5**, 115-133.
- Mert, İ.,** 2005. OpenMTP kodlu Meteosat 7 uydu verisinin çözüm ve görüntüleme proramı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Miller, S.W. and Emery, W.J.,** 1997. An automated neural network cloud classifier for use over land and ocean surface, *Journal of Applied Meteorology*, **36**, 1346-1362.
- Minsky, M. and Paperts, S.,** 1969. Perceptrons, Cambridge, MA, MIT Press.
- Morel, C., Orain, F. and Senesi, S.,** 1997. Automated detection and characterization of MCS using the Meteosat infrared channel, *Proc. Eumetsat Meteorological Satellite Data Users' Conf.*, 213-220.
- Negri, A.J., Adler, R.F. and Wetzell, P.J.,** 1984. Satellite rain estimation: An analysis of the Griffith-Woodley technique. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, **23**, 102-116.
- New, M., Todd, M., Hulme, M. and Jones, P.,** 2001. Precipitation measurements and trends in the twentieth century. *International Journal of Climatology* **21**, 1899-1922.
- Öztemel E.,** 2005. TUTORIAL: Yapay sinir ağları ve bilgisayarda öğrenme, *Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu-BMYS'2005*, Kocaeli, 16-18 Kasım, 11.
- Öztopal, A.,** 1998, Genetik algoritmaların meteorolojik uygulamaları, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztopal, A.,** 2006. Artificial neural network approach to spatial estimation of wind velocity data, *Energy Conversion and Management*, **47(4)**, 395-406.
- Panofsky, H.A. and Brier, G.W.,** 1968. Some applications of statistics to meteorology, The University of Pennsylvania, University Park, PA, 224.
- Partal, T. and Cığazoğlu, K.,** 2005. Yapay sinir ağları ile meteorolojik verileri kullanarak yağış tahmini, *Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu-BMYS'2005*, Kocaeli, 16-18 Kasım, 798-806.
- Reudenbach, C., Heinemann, G., Heuel, E., Bendix, J. and Winiger, M.,** 2001. Investigation of summertime convective rainfall in Western Europe based on a synergy of remote sensing data and numerical models, *Meteorology and Atmospheric Physics*, **76**, 23-41.
- Rosenblatt, F.,** 1958. The perceptron : A probabilistic model for information storage and organization in the brain, *Psychological Review*, **65**, 386-408.
- Rumelhart, D.E., Hinton, G.E. and Williams, R.J.,** 1986. Learning representations by back propagation error, *Nature*, **32**, 533-536.
- Sesören, A.,** 1999, Uzaktan algılamada temel kavramlar, Mart Matbaacılık, İstanbul.

- Sırdaş, S.**, 1996. Yıldız (Istranca) derelerinin hidrometeorolojik açıdan incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Saucier, W.J.**, 2003. Principle of meteorological analysis, Dover Publications.
- Sönmez, İ. ve Şen, Z.**, 1998. Artificial neural network approach for natural atmospheric event dynamics and application in meteorology, *2nd International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems – IMS'98*, 6 – 7 August, Sakarya, **1**, 325-332.
- Şen, Z. ve Öztopal, A.**, 2001. Genetic algorithms for the classification and prediction of precipitation occurrence, *Hydrological Science*, **46(2)**, 255–267.
- Şen, Z.**, 2004. Yapay sinir ağları ilkeleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Şensoy, S.**, 2006, Türkiye iklimi, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, DMİ, Ankara, www.meteor.gov.tr .
- Tath, H.**, 2004. New statistical downscaling methods and applications of Turkey, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tarruella, R. and Jorge, J.**, 2003. Comparison of three infrared satellite techniques to estimate accumulated rainfall over the Iberian Peninsula, *International Journal of Climatology*, **23**, 1757-1769.
- Tjemkes, S.A., Van de Berg, L. and Schmetz, J.**, 1997. Warm water vapour pixels over high clouds as observed by Meteosat, *Beitr Phys Atmosph*, **70**, 15-21.
- Widrow, G. and Hoff, M.E.**, 1960. Adaptive switching circuit, IRE Western electronic show and convection, *Coonvection Record*, 96-104
- Wilks, D.S.**, 1995. Statistical Methods in Atmospheric Sciences. New York: Academic Press.
- Wu, X., Hongxing, C., Flitman, A., Fengying, W. and Guolin, F.**, 2001. Forecasting monsoon precipitation using artificial neural networks, *Adv. Atmos. Sci.*, **18**, 951-958.
- Yurtoğlu, H.**, 2005. Yapay sinir ağları metodolojisi ile öngörü modellemesi: Bazı makroekonomik değişkenler için Türkiye örneği, *Uzmanlık Tezi*, DPT.
- Zadeh, L.A.**, 1965. Fuzzy sets, *Inf. Control*, **8**, 338-353.

EK A.**Tablo A.1:** Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, BTS, Ω 1000 mb, T 1000 mb, R_v 1000 mb ve R_u 1000 mb veri seti.

YM	BTS	Ω 1000 mb	T 1000 mb	R_v 1000 mb	R_u 1000 mb
0	13,7	0,073	296,1	3,58	-1,64
0,1	15,0	0,056	296,1	0,77	-3,10
0,1	6,9	-0,040	304,7	2,84	-5,90
0	-34,2	-0,021	301,6	0,60	-4,25
31,8	-48,6	-0,069	295,9	1,15	0,57
1,1	-25,6	-0,002	294,7	-1,52	2,60
0	-0,5	0,016	294,5	0,26	2,80
0,1	-8,6	-0,030	290,6	-2,24	5,55
0	-15,7	0,027	288,1	-1,80	8,19
0	0,3	0,029	288,4	-3,46	7,40
0	11,7	0,030	291,3	-1,19	6,86
0	11,1	0,061	291,2	-2,32	1,83

Tablo A.2: Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 1000 mb, RH 1000 mb, Ω 925 mb, T 925 mb ve R_v 925 mb veri seti.

YM	H 1000 mb	RH 1000 mb	Ω 925 mb	T 925 mb	R_v 925 mb
0	98,8	54,3	0,057	294,7	5,18
0,1	88,3	53,4	0,004	295,2	1,81
0,1	54,7	29,4	-0,045	302,1	5,38
0	47,7	35,9	-0,078	299,7	0,74
31,8	54,3	66,7	-0,084	293,2	1,55
1,1	39,7	74,9	-0,049	291,3	-8,31
0	43,0	86,7	-0,032	291,6	-11,02
0,1	71,2	94,5	-0,051	287,1	-12,30
0	75,9	96,1	-0,030	284,0	-16,91
0	81,2	91,8	0,059	284,3	-5,54
0	80,0	72,7	0,060	288,7	-4,46
0	98,3	72,0	0,112	288,1	-3,91

Tablo A.3: Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_u 925 mb, H 925 mb, RH 925 mb, Ω 850 mb ve T 850 mb veri seti.

YM	R_u 925 mb	H 925 mb	RH 925 mb	Ω 850 mb	T 850 mb
0	-0,56	774,0	42,2	0,019	290,4
0,1	-2,00	762,7	41,5	-0,095	290,7
0,1	-1,35	736,9	33,9	-0,138	292,1
0	1,74	725,8	36,0	-0,193	291,0
31,8	2,91	722,1	60,9	-0,118	287,6
1,1	3,38	702,9	73,6	-0,176	285,1
0	3,85	704,6	83,3	-0,148	284,1
0,1	4,43	727,9	93,7	-0,111	280,6
0	4,09	725,2	96,8	-0,063	278,6
0	2,50	732,4	91,2	0,080	277,6
0	5,30	736,1	80,6	0,150	280,2
0	0,76	758,1	73,7	0,200	280,6

Tablo A.4: Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_v 850 mb, R_u 850 mb, H 850 mb, RH 850 mb ve Ω 700 mb veri seti.

YM	R_v 850 mb	R_u 850 mb	H 850 mb	RH 850 mb	Ω 700 mb
0	1,79	1,36	1500,6	48,0	0,067
0,1	4,74	-1,35	1490,7	43,9	-0,128
0,1	6,75	2,40	1472,9	42,4	-0,097
0	3,47	6,92	1458,9	46,8	-0,187
31,8	3,11	5,52	1444,5	72,0	-0,092
1,1	1,36	6,43	1421,0	78,2	-0,270
0	1,52	5,61	1420,7	85,2	-0,168
0,1	-2,50	4,33	1433,8	88,0	-0,048
0	-4,16	3,95	1427,6	91,9	-0,107
0	-3,39	2,45	1431,6	87,1	0,047
0	-1,07	4,38	1441,4	71,8	0,039
0	-1,69	1,13	1461,8	64,0	0,221

Tablo A.5: Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, T 700 mb, R_v 700 mb, R_u 700 mb, H 700 mb ve RH 700 mb veri seti.

YM	T 700 mb	R_v 700 mb	R_u 700 mb	H 700 mb	RH 700 mb
0	277,3	3,08	8,29	3122,1	75,0
0,1	277,7	4,63	6,51	3115,6	61,2
0,1	278,7	7,45	8,74	3103,9	50,3
0	277,8	7,90	9,39	3084,0	60,1
31,8	276,1	9,41	7,58	3056,3	78,4
1,1	274,6	8,42	8,52	3021,2	75,8
0	272,9	6,14	7,72	3011,4	60,7
0,1	271,4	1,90	5,94	3008,2	46,1
0	271,3	1,73	8,11	2999,3	66,2
0	270,7	-0,63	9,90	2997,7	77,5
0	271,4	0,84	7,84	3015,9	58,3
0	271,9	2,62	7,23	3036,0	35,9

Tablo A.6: Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, Ω 600 mb, T 600 mb, R_v 600 mb, R_u 600 mb ve H 600 mb veri seti.

YM	Ω 600 mb	T 600 mb	R_v 600 mb	R_u 600 mb	H 600 mb
0	0,063	271,0	3,22	10,06	4356,4
0,1	-0,082	270,7	4,15	10,69	4349,7
0,1	-0,075	271,0	6,74	12,94	4340,3
0	-0,139	269,7	9,31	12,40	4316,1
31,8	-0,097	268,3	11,87	11,12	4283,5
1,1	-0,260	266,3	10,44	11,59	4239,9
0	-0,139	265,8	8,53	10,77	4223,6
0,1	-0,014	264,6	4,13	9,98	4215,8
0	-0,104	264,7	3,59	12,05	4203,2
0	0,039	264,1	1,16	10,48	4199,5
0	0,040	265,1	1,35	11,70	4220,3
0	0,215	265,3	1,03	8,13	4244,8

Tablo A.7: Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, RH 600 mb, Ω 500 mb, T 500 mb, R_v 500 mb ve R_u 500 mb veri seti.

YM	RH 600 mb	Ω 500 mb	T 500 mb	R_v 500 mb	R_u 500 mb
0	40,0	0,077	261,3	3,60	11,15
0,1	35,6	-0,115	261,5	5,57	12,44
0,1	27,8	-0,284	261,6	8,30	15,03
0	30,1	-0,281	260,7	11,21	13,43
31,8	67,3	-0,280	259,8	14,90	14,27
1,1	59,4	-0,427	256,6	11,94	13,81
0	27,1	-0,372	256,1	8,62	13,67
0,1	27,7	-0,134	255,7	7,28	14,66
0	49,0	-0,159	255,3	6,54	15,34
0	58,7	0,027	254,5	1,65	13,85
0	43,7	0,156	255,4	2,71	14,37
0	27,0	0,159	256,4	-0,15	12,55

Tablo A.8: Sarıyer istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 500 mb ve RH 500 mb veri seti.

YM	H 500 mb	RH 500 mb
0	5781,2	34,7
0,1	5773,4	21,7
0,1	5764,3	8,1
0	5733,4	16,2
31,8	5694,1	55,4
1,1	5636,1	26,5
0	5619,1	13,8
0,1	5605,0	10,8
0	5592,6	27,1
0	5586,7	36,0
0	5613,8	20,0
0	5639,6	9,1

EK B.**Tablo B.1:** Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, BTS, Ω 1000 mb, T 1000 mb, R_v 1000 mb ve R_u 1000 mb veri seti.

YM	BTS	Ω 1000 mb	T 1000 mb	R_v 1000 mb	R_u 1000 mb
0	11,5	0,083	296,5	3,71	-1,65
0	18,7	0,079	296,6	0,86	-3,43
0	-17,1	-0,031	306,0	2,89	-1,32
0	-8,7	-0,026	302,8	0,78	0,26
22,8	-48,5	-0,060	296,8	1,49	2,02
17,4	-40,3	-0,007	295,6	-0,94	3,26
0,1	1,3	-0,012	295,9	0,84	3,96
2	-16,0	-0,048	291,6	-2,09	4,38
1	-16,0	0,003	288,9	-1,52	4,00
0	0,0	0,026	289,1	-3,34	2,46
0	4,9	-0,001	292,6	-0,87	3,39
0	6,9	0,042	292,2	-2,25	0,09

Tablo B.2: Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 1000 mb, RH 1000 mb, Ω 925 mb, T 925 mb ve R_v 925 mb veri seti.

YM	H 1000 mb	RH 1000 mb	Ω 925 mb	T 925 mb	R_v 925 mb
0	99,1	54,3	0,064	294,3	3,35
0	88,6	49,2	0,016	294,8	2,28
0	54,0	26,9	-0,031	301,1	4,32
0	47,4	32,9	-0,074	299,0	1,50
22,8	55,1	62,0	-0,084	293,2	0,80
17,4	40,8	71,1	-0,052	291,2	-1,88
0,1	42,6	85,0	-0,042	291,2	0,80
2	70,2	95,6	-0,063	286,8	-3,02
1	76,8	97,1	-0,045	283,6	-3,64
0	81,6	92,0	0,053	283,9	-4,69
0	79,1	72,4	0,050	287,5	-0,70
0	95,8	74,7	0,107	287,1	-2,04

Tablo B.3: Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_u 925 mb, H 925 mb, RH 925 mb, Ω 850 mb ve T 850 mb veri seti.

YM	R_u 925 mb	H 925 mb	RH 925 mb	Ω 850 mb	T 850 mb
0	-0,79	773,2	41,1	0,069	291,8
0	-2,19	762,3	38,6	-0,056	292,2
0	-0,36	736,9	26,9	-0,046	294,1
0	2,80	727,7	29,9	-0,145	293,1
22,8	3,26	727,0	55,2	-0,080	289,1
17,4	3,52	709,7	68,6	-0,128	286,4
0,1	4,29	709,2	80,6	-0,081	285,6
2	4,14	730,5	94,0	-0,074	281,4
1	2,95	732,9	97,0	-0,098	279,7
0	1,03	738,0	91,3	0,064	278,7
0	4,15	739,5	74,1	0,053	282,2
0	0,03	756,0	73,3	0,139	282,2

Tablo B.4: Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_v 850 mb, R_u 850 mb, H 850 mb, RH 850 mb ve Ω 700 mb veri seti.

YM	R_v 850 mb	R_u 850 mb	H 850 mb	RH 850 mb	Ω 700 mb
0	1,85	1,28	1502,3	46,4	0,072
0	4,49	-1,77	1492,9	42,4	-0,100
0	6,04	2,10	1475,6	40,1	-0,046
0	3,00	6,60	1462,1	43,5	-0,158
22,8	2,80	5,53	1447,7	69,2	-0,075
17,4	2,27	6,36	1424,5	76,6	-0,249
0,1	2,71	5,63	1423,3	86,9	-0,137
2	-1,35	4,56	1434,9	89,4	-0,024
1	-1,83	4,25	1430,2	92,4	-0,118
0	-3,05	2,43	1434,1	87,8	0,038
0	-0,14	4,36	1444,0	71,5	0,007
0	-1,42	1,27	1462,8	63,4	0,213

Tablo B.5: Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, T 700 mb, R_v 700 mb, R_u 700 mb, H 700 mb ve RH 700 mb veri seti.

YM	T 700 mb	R_v 700 mb	R_u 700 mb	H 700 mb	RH 700 mb
0	277,6	2,38	7,93	3125,1	64,4
0	278,1	3,75	5,61	3118,8	50,3
0	279,2	6,93	9,25	3108,3	43,4
0	278,4	7,44	10,58	3089,6	54,5
22,8	276,6	9,58	9,72	3062,1	74,2
17,4	275,2	9,26	11,23	3026,7	66,7
0,1	273,4	7,25	9,87	3015,4	53,9
2	272,0	2,71	7,25	3011,1	30,5
1	271,8	2,87	7,91	3001,8	59,4
0	271,0	0,47	8,97	2999,7	65,7
0	271,5	1,75	6,03	3018,6	48,6
0	272,1	3,25	4,70	3038,3	31,6

Tablo B.6: Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, Ω 600 mb, T 600 mb, R_v 600 mb, R_u 600 mb ve H 600 mb veri seti.

YM	Ω 600 mb	T 600 mb	R_v 600 mb	R_u 600 mb	H 600 mb
0	0,074	271,1	2,78	9,61	4370,0
0	-0,070	271,0	3,35	10,19	4365,0
0	-0,048	271,4	5,93	12,45	4358,6
0	-0,133	270,1	8,69	12,34	4335,5
22,8	-0,083	268,6	11,76	11,56	4298,9
17,4	-0,280	266,7	11,20	12,48	4259,0
0,1	-0,152	266,1	9,74	11,56	4241,3
2	-0,014	265,1	4,91	10,63	4231,0
1	-0,114	265,3	5,05	12,54	4226,1
0	0,028	264,5	2,38	11,09	4220,3
0	0,015	265,3	2,43	12,05	4240,8
0	0,214	265,5	1,66	8,07	4258,4

Tablo B.7: Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, RH 600 mb, Ω 500 mb, T 500 mb, R_v 500 mb ve R_u 500 mb veri seti.

YM	RH 600 mb	Ω 500 mb	T 500 mb	R_v 500 mb	R_u 500 mb
0	41,7	0,065	261,8	2,51	10,47
0	37,7	0,021	262,1	2,11	11,49
0	29,3	-0,015	262,0	5,05	14,14
0	29,1	-0,099	261,1	8,76	13,31
22,8	72,7	-0,088	260,2	13,93	14,84
17,4	71,8	-0,251	257,0	10,69	15,21
0,1	26,9	-0,094	257,4	7,23	14,95
2	23,8	0,025	257,0	7,17	16,04
1	44,3	-0,120	256,3	8,12	16,53
0	63,3	0,036	255,2	3,30	15,13
0	52,9	0,080	256,1	3,52	15,38
0	35,5	0,170	257,5	1,20	12,92

Tablo B.8: Kocaeli istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 500 mb ve RH 500 mb veri seti.

YM	H 500 mb	RH 500 mb
0	5782,8	32,5
0	5776,6	20,9
0	5769,1	5,5
0	5741,5	12,8
22,8	5703,5	60,1
17,4	5644,5	26,1
0,1	5623,0	9,8
2	5609,3	8,6
1	5595,2	26,7
0	5586,8	38,8
0	5611,6	19,3
0	5639,1	7,9

EK C.**Tablo C.1:** Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, BTS, Ω 1000 mb, T 1000 mb, R_v 1000 mb ve R_u 1000 mb veri seti.

YM	BTS	Ω 1000 mb	T 1000 mb	R_v 1000 mb	R_u 1000 mb
0	14,2	0,069	296,3	3,28	-1,73
0	14,5	0,053	296,3	0,62	-2,70
0	-0,1	-0,045	305,5	2,82	-0,54
0,2	-13,2	-0,021	301,9	0,37	1,38
28,3	-43,8	-0,069	295,6	0,64	2,35
0,1	-16,6	0,003	294,3	-2,45	4,30
0	-7,3	0,024	294,6	-0,49	4,35
0	-9,8	-0,020	290,5	-2,37	4,05
0	-10,2	0,024	288,0	-2,17	3,97
0	8,4	0,034	288,3	-3,81	2,88
0	12,5	0,023	292,4	-1,76	3,71
0	12,5	0,067	292,1	-2,51	-0,18

Tablo C.2: Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 1000 mb, RH 1000 mb, Ω 925 mb, T 925 mb ve R_v 925 mb veri seti.

YM	H 1000 mb	RH 1000 mb	Ω 925 mb	T 925 mb	R_v 925 mb
0	96,6	52,1	0,046	294,0	3,27
0	86,4	56,9	-0,014	294,2	2,30
0	53,2	30,8	-0,071	299,3	4,15
0,2	48,8	38,0	-0,083	296,9	0,94
28,3	58,8	70,9	-0,080	290,9	-0,27
0,1	45,6	78,8	-0,038	288,9	-3,66
0	48,6	87,4	-0,010	288,6	-1,04
0	75,2	92,3	-0,026	285,0	-3,65
0	82,3	94,3	-0,006	282,3	-5,05
0	85,9	90,9	0,070	282,4	-5,33
0	81,1	69,9	0,067	286,2	-1,76
0	96,6	66,0	0,117	286,3	-2,41

Tablo C.3: Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_u 925 mb, H 925 mb, RH 925 mb, Ω 850 mb ve T 850 mb veri seti.

YM	R_u 925 mb	H 925 mb	RH 925 mb	Ω 850 mb	T 850 mb
0	-0,82	770,6	41,5	0,043	291,2
0	-1,61	759,6	40,9	-0,095	291,6
0	0,15	736,2	33,8	-0,105	292,9
0,2	3,74	728,4	36,0	-0,161	291,3
28,3	3,47	728,4	63,7	-0,090	287,1
0,1	4,16	711,8	73,4	-0,128	284,6
0	4,47	713,5	86,9	-0,070	283,7
0	3,89	734,3	91,2	-0,057	280,1
0	2,84	736,6	93,1	-0,056	278,8
0	1,12	740,2	86,5	0,070	278,2
0	4,22	741,3	73,8	0,092	281,3
0	-0,19	757,2	68,8	0,150	281,5

Tablo C.4: Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_v 850 mb, R_u 850 mb, H 850 mb, RH 850 mb ve Ω 700 mb veri seti.

YM	R_v 850 mb	R_u 850 mb	H 850 mb	RH 850 mb	Ω 700 mb
0	2,45	1,36	1499,4	55,6	0,050
0	4,80	-0,52	1489,4	51,8	-0,131
0	6,12	1,68	1473,7	52,2	-0,098
0,2	2,83	6,08	1461,3	58,5	-0,170
28,3	2,03	4,31	1447,8	80,6	-0,095
0,1	0,53	5,46	1425,5	85,0	-0,234
0	0,79	4,62	1425,9	83,0	-0,115
0	-2,23	4,03	1437,3	86,0	-0,024
0	-3,36	4,45	1435,2	93,0	-0,100
0	-3,72	3,97	1437,3	88,5	0,050
0	-1,10	5,88	1447,1	69,8	0,044
0	-1,59	2,16	1463,5	61,5	0,212

Tablo C.5: Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, T 700 mb, R_v 700 mb, R_u 700 mb, H 700 mb ve RH 700 mb veri seti.

YM	T 700 mb	R_v 700 mb	R_u 700 mb	H 700 mb	RH 700 mb
0	278,0	3,62	8,21	3111,2	63,6
0	278,5	4,57	6,47	3103,6	49,4
0	279,3	6,95	10,01	3087,6	44,8
0,2	278,1	7,55	10,75	3065,2	55,6
28,3	276,0	9,31	9,36	3038,5	74,9
0,1	274,6	7,54	10,57	3003,4	64,2
0	273,0	5,17	9,06	2997,6	53,4
0	271,7	1,23	6,62	2998,2	42,7
0	271,6	1,51	7,28	2986,4	68,4
0	271,1	-0,80	8,75	2986,7	69,7
0	271,8	0,64	6,22	3003,0	49,6
0	272,3	2,31	5,02	3027,4	30,3

Tablo C.6: Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, Ω 600 mb, T 600 mb, R_v 600 mb, R_u 600 mb ve H 600 mb veri seti.

YM	Ω 600 mb	T 600 mb	R_v 600 mb	R_u 600 mb	H 600 mb
0	0,045	271,9	-60,10	9,94	4362,3
0	-0,094	271,9	-137,19	10,56	4355,6
0	-0,107	272,1	-137,36	13,82	4346,8
0,2	-0,139	270,3	-109,77	14,34	4320,6
28,3	-0,112	268,6	2,53	13,09	4284,2
0,1	-0,218	267,2	-41,86	14,57	4243,4
0	-0,102	267,1	10,78	12,76	4229,1
0	-0,006	266,1	-21,24	11,56	4220,4
0	-0,087	265,6	104,50	11,85	4214,6
0	0,056	265,1	92,15	10,29	4211,0
0	0,076	266,1	71,38	10,66	4232,1
0	0,216	266,6	63,61	7,43	4251,3

Tablo C.7: Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, RH 600 mb, Ω 500 mb, T 500 mb, R_v 500 mb ve R_u 500 mb veri seti.

YM	RH 600 mb	Ω 500 mb	T 500 mb	R_v 500 mb	R_u 500 mb
0	37,5	0,048	261,5	3,08	9,91
0	30,4	-0,015	261,7	4,30	11,37
0	22,3	-0,086	261,7	7,34	14,97
0,2	29,7	-0,128	260,5	10,50	17,69
28,3	62,9	-0,127	259,5	14,50	20,50
0,1	40,5	-0,206	256,5	9,59	24,36
0	22,4	-0,089	256,8	5,85	21,69
0	25,8	0,011	256,1	5,74	22,04
0	47,0	-0,096	255,4	5,69	19,40
0	49,2	0,067	254,6	0,66	18,78
0	32,6	0,157	255,8	1,64	16,49
0	18,1	0,183	257,1	-0,26	14,56

Tablo C.8: Florya istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 500 mb ve RH 500 mb veri seti.

YM	H 500 mb	RH 500 mb
0	5790,3	24,2
0	5783,6	10,5
0	5774,6	5,5
0,2	5740,8	18,0
28,3	5697,3	45,6
0,1	5642,9	14,2
0	5630,5	5,5
0	5614,8	4,0
0	5607,5	27,6
0	5601,9	29,7
0	5630,5	6,7
0	5651,9	6,8

EK D.**Tablo D.1:** Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, BTS, Ω 1000 mb, T 1000 mb, R_v 1000 mb ve R_u 1000 mb veri seti.

YM	BTS	Ω 1000 mb	T 1000 mb	R_v 1000 mb	R_u 1000 mb
0	9,1	0,031	294,6	2,09	-1,81
0	12,8	-0,002	294,5	-0,07	-1,51
0,5	-25,8	-0,074	302,4	0,92	-0,13
12,3	-41,5	-0,003	297,8	-1,89	2,16
0,1	-36,6	-0,079	291,0	-1,20	2,38
0	-0,2	0,023	289,9	-4,69	5,67
0	-17,4	0,088	290,6	-3,85	4,72
0	-32,6	0,028	287,3	-2,70	3,74
0	-9,5	0,074	285,3	-2,88	4,49
0	7,4	0,044	285,8	-2,69	3,85
0	9,0	0,069	291,3	-2,65	3,94
0	6,2	0,101	291,6	-2,67	-0,45

Tablo D.2: Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 1000 mb, RH 1000 mb, Ω 925 mb, T 925 mb ve R_v 925 mb veri seti.

YM	H 1000 mb	RH 1000 mb	Ω 925 mb	T 925 mb	R_v 925 mb
0	93,4	58,6	-0,011	293,3	2,47
0	83,0	71,3	-0,079	293,0	2,01
0,5	55,8	47,9	-0,160	296,9	3,07
12,3	57,9	65,3	-0,103	293,7	-0,75
0,1	72,0	92,3	-0,092	287,5	-2,11
0	61,7	89,1	-0,045	285,6	-6,41
0	68,3	90,3	0,008	285,7	-4,16
0	91,7	92,7	0,002	283,0	-4,61
0	97,3	93,2	0,059	281,0	-6,73
0	98,1	87,9	0,083	281,2	-5,61
0	89,0	68,6	0,125	285,8	-2,98
0	101,4	55,7	0,147	286,3	-2,95

Tablo D.3: Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_u 925 mb, H 925 mb, RH 925 mb, Ω 850 mb ve T 850 mb veri seti.

YM	R_u 925 mb	H 925 mb	RH 925 mb	Ω 850 mb	T 850 mb
0	-0,98	1206,0	46,4	-0,016	291,0
0	-0,21	965,5	52,3	-0,154	290,9
0,5	0,30	272,0	52,7	-0,234	290,8
12,3	4,56	9,2	58,0	-0,185	287,3
0,1	3,12	-301,3	85,1	-0,092	281,9
0	5,62	-807,1	87,8	-0,115	280,0
0	4,52	-775,8	90,3	-0,060	279,7
0	3,73	-97,6	90,1	-0,036	278,0
0	3,68	-532,8	89,8	0,015	278,7
0	2,60	-264,3	81,1	0,076	279,1
0	4,36	-48,2	72,9	0,155	282,3
0	-0,22	805,8	59,6	0,158	282,6

Tablo D.4: Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, R_v 850 mb, R_u 850 mb, H 850 mb, RH 850 mb ve Ω 700 mb veri seti.

YM	R_v 850 mb	R_u 850 mb	H 850 mb	RH 850 mb	Ω 700 mb
0	2,91	1,19	1491,2	61,2	-0,035
0	4,60	0,86	1479,2	57,9	-0,213
0,5	4,31	2,45	1464,7	63,7	-0,297
12,3	0,29	6,77	1453,5	74,1	-0,220
0,1	-1,46	3,77	1441,9	90,2	-0,124
0	-5,34	5,57	1421,9	89,6	-0,165
0	-4,85	4,44	1427,3	82,6	-0,063
0	-4,74	3,35	1440,0	89,8	-0,036
0	-6,13	3,04	1437,9	91,8	-0,032
0	-4,90	3,73	1439,0	85,7	0,081
0	-2,41	4,91	1447,0	68,6	0,150
0	-1,68	1,17	1463,4	62,3	0,179

Tablo D.5: Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, T 700 mb, R_v 700 mb, R_u 700 mb, H 700 mb ve RH 700 mb veri seti.

YM	T 700 mb	R_v 700 mb	R_u 700 mb	H 700 mb	RH 700 mb
0	277,1	5,82	8,47	3105,9	58,8
0	277,1	7,46	7,95	3097,0	54,2
0,5	277,4	7,70	11,41	3081,4	61,7
12,3	275,5	7,63	10,65	3057,6	69,5
0,1	273,4	6,73	8,46	3029,8	72,6
0	272,2	2,24	8,78	2999,7	65,8
0	271,2	-0,22	7,72	2999,2	62,4
0	269,7	-2,71	5,47	2998,4	72,3
0	269,9	-3,09	5,13	2996,4	82,4
0	270,2	-4,38	7,13	2997,1	61,5
0	271,5	-2,45	5,48	3011,9	32,8
0	271,7	-0,23	3,80	3028,6	25,6

Tablo D.6: Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, Ω 600 mb, T 600 mb, R_v 600 mb, R_u 600 mb ve H 600 mb veri seti.

YM	Ω 600 mb	T 600 mb	R_v 600 mb	R_u 600 mb	H 600 mb
0	-0,026	270,9	4,92	11,27	4343,8
0	-0,187	269,7	7,07	12,13	4329,4
0,5	-0,353	269,7	8,95	14,42	4315,3
12,3	-0,258	267,9	9,90	12,80	4282,9
0,1	-0,212	266,7	10,23	10,03	4248,8
0	-0,195	264,7	4,07	10,42	4213,2
0	-0,135	264,9	1,12	9,45	4210,4
0	-0,058	263,4	-1,05	8,73	4203,8
0	-0,042	262,9	-3,56	9,51	4203,3
0	0,078	263,2	-4,11	8,15	4206,0
0	0,172	265,4	-3,35	9,12	4227,4
0	0,186	265,5	-1,16	7,06	4242,9

Tablo D.7: Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, RH 600 mb, Ω 500 mb, T 500 mb, R_v 500 mb ve R_u 500 mb veri seti.

YM	RH 600 mb	Ω 500 mb	T 500 mb	R_v 500 mb	R_u 500 mb
0	37,5	-0,006	261,1	4,88	13,60
0	42,1	-0,095	260,8	8,28	15,74
0,5	39,5	-0,226	260,5	11,19	17,93
12,3	37,2	-0,192	258,6	11,74	15,00
0,1	51,6	-0,190	257,5	12,47	13,95
0	52,4	-0,135	255,1	3,31	13,49
0	38,6	-0,083	255,6	-0,35	12,76
0	47,6	-0,016	254,5	-0,27	12,63
0	68,1	-0,043	253,6	-1,68	11,95
0	54,2	0,094	253,6	-5,92	10,84
0	24,9	0,245	255,6	-3,29	10,78
0	14,6	0,170	257,0	-2,88	11,16

Tablo D.8: Edirne istasyonunun 5-7 Eylül 2000 tarihindeki YM, H 500 mb ve RH 500 mb veri seti.

YM	H 500 mb	RH 500 mb
0	5766,0	33,6
0	5748,5	20,5
0,5	5733,4	20,4
12,3	5692,1	28,0
0,1	5652,7	30,8
0	5601,1	19,2
0	5599,6	19,8
0	5585,6	17,4
0	5578,9	32,6
0	5583,6	26,8
0	5617,2	11,3
0	5636,9	14,3

ÖZGEÇMİŞ

Mayıs 1974'te Balıkesir'de doğdu ve ilk – orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. İTÜ, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü'nde 1991 yılında yüksek öğrenimine başladı. Bir yıl yabancı dil hazırlığından sonra 1996 yılında lisans öğrenimini tamamladı ve aynı yıl İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başladı. Yüksek lisans programını 1998 yılında tamamlayarak hemen akabinde aynı anabilim dalında doktora programına başladı.

Ahmet ÖZTOPAL 1999 yılından bu yana İTÜ, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.