

**REGCM4 BÖLGESEL İKLİM MODELİ
VERİLERİNİN VERİFİKASYONU**

**2012
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

Emrullah SONUÇ

REGCM4 BÖLGESEL İKLİM MODELİ VERİLERİNİN VERİFİKASYONU

Emrullah SONUÇ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

KARABÜK

Ocak 2012

Emrullah SONUÇ tarafından hazırlanan “REGCM4 BÖLGESEL İKLİM MODELİ VERİLERİNİN VERİFİKASYONU” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Baha ŞEN

Tez Danışmanı, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 12 / 01 / 2012

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Abdullah ÇAVUŞOĞLU (KBÜ)

Üye : Prof. Dr. Fatih ÇELEBİ (AÜ)

Üye : Yrd.Doç. Dr. Baha ŞEN (KBÜ)

...../...../2012

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Emrullah SONUÇ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

REGCM4 BÖLGESEL İKLİM MODELİ VERİLERİNİN VERİFİKASYONU

Emrullah SONUÇ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Baha ŞEN

Ocak 2012, 72 sayfa

Sayısal hava tahmini, hava tahmin metotları arasında önemli yer tutmaktadır. İklim modelleri tarafından yapılan tahminlerin güvenilirliği için verilerin doğrulama işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Sayısal hava tahminin gerçekleştirilmesi iklim modelleriyle sağlanmaktadır. Dünya üzerinde birçok ülkede iklim modelleri geliştirilmekte ve modellerden elde edilen veriler doğrulama işlemine tabi tutulmaktadır. Bu çalışmada, RegCM Bölgesel İklim Modeli'nin tahmin verileri kullanılarak doğrulama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla geliştirilen uzman sistem, web tabanlı olup PHP programlama dili kullanılarak oluşturulmuştur. Verilerin saklanması için Postgresql veritabanı kullanılmıştır.

Gözlem verileri Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından temin edilmiştir. Model verilerinin elde edilmesinde çift doğrusal interpolasyon yöntemi ile en yakın komşu interpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Gözlem ve model verilerinin

karşılaştırılmasında objektif ve subjektif doğrulama yöntemleri kullanılmıştır. Subjektif doğrulamalar grafiklerle, objektif doğrulamalar ise değişkenin türüne göre Ortalama Hata, Ortalama Mutlak Hata, Hata Miktarı Karelerinin Ortalamasının Kök Değeri ile ihtimal tablosundan elde edilen istatistiksel değerlerle gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Sayısal hava tahmini, iklim modelleri, RegCM, uzman sistem, doğrulama yöntemleri.

Bilim Kodu : 902.1.014

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

VERIFICATION OF REGCM4 REGIONAL CLIMATE MODEL DATA

Emrullah SONUÇ

Karabuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Computer Engineering

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Baha ŞEN

January 2012, 72 pages

Numerical weather prediction is an important issue about weather forecasting methods. Data validation is a necessity process for the reliability of predictions which are made by climate models. The realization of numerical weather prediction is provided by climate models. In many countries, climate models are developed and the output data that produced from those models are processed to validation. In this study, the model data of RegCM(Regional Climate Model) is using for data validation process. The web-based expert system is developed using PHP programming language for this purpose.

Observation data were provided by Turkish State Meteorological Service. Bilinear interpolation and nearest neighbor interpolation methods were used to produce model data. Subjective and objective methods of verification were used for comparison of observation and model data. Graphics are used for the subjective verification. Mean

Error, Mean Absolute Error, Root Mean Square Error and some statistical data calculated from contingency table are used for the objective verification.

Key Words : Numerical weather prediction, climate models, RegCM, expert system, verification methods.

Science Code : 902.1.014

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamda danıőmanlıęımı yapan; bilgi birikimi ile bana yol gösteren, tecrübelerinden yararlandığım Sayın Yrd. Doç. Dr. Baha ŞEN'e sonsuz teşekkür ederim.

Meteoroloji alanındaki bilgi ve birikimini benden esirgemeyen, tecrübelerinden yararlandığım Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Sayısal Hava Tahmin Őube Müdürlüğü Personeli Sayın Dr. Burak ŞEN'e teőekkürü bir borç bilirim.

Eğitim hayatım boyunca her daim yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen aileme, tez çalıőmam süresince sonsuz desteğini gösteren sevgili eőime yürekten teőekkürü ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
UZMAN SİSTEMLER	4
2.1. UZMAN SİSTEMLERİN BİLEŞENLERİ	6
2.2. UZMAN SİSTEMLERİN ÖZELLİKLERİ.....	7
2.3. UZMAN SİSTEMLERİN TASARIMI VE ÇALIŞMA PRENSİPİ	8
2.4. UZMAN SİSTEMLERİN UYGULAMA ALANLARI.....	9
2.5. UZMAN SİSTEMLERİN FAYDALARI VE SINIRLARI	11
BÖLÜM 3	14
SAYISAL HAVA TAHMİNİ VE İKLİM MODELLERİ.....	14
3.1. SAYISAL HAVA TAHMİNİ	14
3.2. İKLİM MODELLERİ	16
3.2.1. Küresel (Global) İklim Modelleri.....	18
3.2.2. Sınırlı Alan (Bölgesel) İklim Modelleri	20
3.2.2.1. MM5 Modeli.....	21
3.2.2.2. ALADIN Modeli.....	23

3.2.2.3. PRECIS Modeli	24
3.2.2.4. RegCM Modeli	24
BÖLÜM 4	27
VERİ VE YÖNTEM	27
4.1. VERİ.....	27
4.1.1. Gözlem Verileri	27
4.1.2. Tahmin(Model) Verileri	29
4.2. YÖNTEM.....	30
4.2.1. İnterpolasyon (Aradeğerleme) Yöntemleri.....	30
4.2.1.1. Çift Doğrusal (Bilinear) İnterpolasyon	32
4.2.1.2. En Yakın Komşu Yöntemiyle İnterpolasyon.....	33
4.2.2. Doğrulama (Verifikasyon) Yöntemleri.....	34
4.2.2.1. Objektif Doğrulama	34
4.2.2.1. Subjektif Doğrulama	35
4.2.3. İklimsel Verilerin Analizinde Kullanılan Yöntemler	35
4.2.3.1. Ortalama Hata (ME)	36
4.2.3.2. Ortalama Mutlak Hata (MAE)	36
4.2.3.3. Hata Miktarı Karelerinin Ortalamasının Kök Değeri (RMSE).....	37
4.2.3.4. İhtimal Tablosu ve Buna Bağlı Elde Edilen Değerler	37
BÖLÜM 5	42
SİSTEMİN OLUŞTURULMASI VE UYGULAMA	42
5.1. SİSTEMİN TEKNİK ALT YAPISI.....	42
5.2. VERİLERİN SİSTEME AKTARILMASI.....	44
5.2.1. Gözlem Verilerinin Sisteme Aktarılması.....	44
5.2.2. Tahmin(Model) Verilerinin Sisteme Aktarılması.....	44
5.3. SİSTEMİN UYGULANMASI.....	46
BÖLÜM 6	53
SONUÇ VE ÖNERİLER	53

KAYNAKLAR	56
EK AÇIKLAMALAR A. MODEL VERİLERİNİN ÇÖZÜMLENMESİ İÇİN YAZILAN PHP UYGULAMA KODU.....	59
ÖZGEÇMİŞ	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Uzman sistemlerin temel yapısı.	7
Şekil 2.2. Uzman sistem geliştirmede gerçekleştirilen işlem adımları.	9
Şekil 3.1. İklim modelinin kavramsal şeması.	17
Şekil 3.2. İklim modellerinin tarihsel gelişimi.	18
Şekil 3.3. Küresel ve bölgesel iklim modeli'nin şematik gösterimi.	21
Şekil 3.4. MM5 İklim Modeli'nin sistemsel akış şeması.	22
Şekil 3.5. ALADIN Modeli tahmin alanlarının uydu üzerinden görünümü.	23
Şekil 3.6. PRECIS Modelini kullanan ülkelerin dünya üzerinde gösterimi.	24
Şekil 3.7. Model grid yapısı (Arakawa B).	26
Şekil 4.1. Türkiye’de bulunan başlıca gözlem istasyonlarının dağılımları.	27
Şekil 4.2. RegCM çalışma alanının model topoğrafyası.	30
Şekil 4.3. RegCM modelinin çalıştırılmasının şematik gösterimi.	31
Şekil 4.4. Çift doğrusal interpolasyon yöntemi ile bir noktanın kestirimi.	32
Şekil 4.5. En yakın komşu interpolasyon yöntemi ile bir noktanın kestirimi.	33
Şekil 4.6. Gözlem-tahmin fark haritası.	35
Şekil 5.1. Sistemin mimarisi.	43
Şekil 5.2. Veritabanı tasarımı.	43
Şekil 5.3. Model dosyalarının veri tablosu(datagrid) üzerinde gösterilmesi.	46
Şekil 5.4. Atatürk Hava Alanı'na ait 1996 yılı sıcaklık değerleri.	47
Şekil 5.5. Atatürk Hava Alanı için 15 günlük BIAS çizgi grafiği.	47
Şekil 5.6. Atatürk Hava Alanı için ME, MAE ve RMSE hata değerleri.	48
Şekil 5.7. Esenboğa Hava Alanı'na ait 1996 yılı model yağış değerleri.	50
Şekil 5.8. Esenboğa Hava Alanı için günlük toplam yağış değerleri.	50
Şekil 5.9. Esenboğa Hava Alanı için hesaplanan istatistiksel değerler.	51
Şekil 5.10. Esenboğa Hava Alanı için hesaplanan istatistiksel değerler (2).	52
Şekil 5.11. Esenboğa Hava Alanı için İsbet/Iska Frekans Grafiği.	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Uzman sistemler tarafından çözümlenen problem çeşitleri	10
Çizelge 2.2. Gerçek hayatta kullanılan uzman sistem örnekleri.	11
Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan gözlem istasyonları	28
Çizelge 4.2. İhtimal tablosu.	37
Çizelge 5.1. Model dosyalarından elde edilen veriler.	45
Çizelge 5.2. 18 istasyona ait 1996 yılı ME, MAE ve RMSE değerleri.	49
Çizelge 5.3. Yağış verilerinin zamansal gösterimi.	49
Çizelge 5.4. Esenboğa Hava Alanı'na ait ihtimal tablosu.	51
Çizelge 5.5. Esenboğa Hava Alanı'na ait toplam yağış miktarı doğrulama tablosu. .	52

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

NCEP	: National Centers for Environmental Prediction
GRIB	: Gridded Binary
SQL	: Yapılandırılmış Sorgu Dili
MM5	: 5th Generation Meso-scale Model
ALADIN	: Aire Limite Adaptation dynamique Developpement InterNational
ECMWF	: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
ULAKBİM	: Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration
GCM	: Global Climate Model
RCM	: Regional Climate Model
ICTP	: International Centre for Theoretical Physics
REGCM	: ICTP Regional Climate Model
NCAR	: National Center for Atmospheric Research
PRECIS	: Providing Regional Climates for Impacts Studies
ME	: Mean Error
MAE	: Mean Absolute Error
RMSE	: Root Mean Square Error
B	: Bias
PC	: Proportion Correct
POD	: Probability of Detection
FAR	: False Alarm Ratio
POFD	: Probability Of False Detection
KSS	: Hanssen-Kuipers Skill Score
TS	: Threat Score
ETS	: Equitable Threat Score
HSS	: Heidke Skill Score

OR : Odds Ratio
ORSS : Odds Ratio Skill Score
GSS : Gilbert's Skill Score
PHP : Personel Home Page / PHP: Hypertext Preprocessor

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Son yıllarda bilimsel ve teknolojik gelişmelerin neticesinde haberleşme ve elektronik cihazlarla, uydular ve bilgisayarların meteoroloji biliminde kullanımının artması; meteorolojiyi yepyeni ve geniş kapsamlı bir hizmet alanı haline getirmiştir. Bu teknolojilerden birisi de sayısal hava tahmininde kullanılan iklim modelleridir. Sayısal hava tahmini, atmosferin durumunu belirten basınç, sıcaklık, yağış ve nem gibi değişkenlerin matematiksel ve fiziksel eşitliklerinin çözümlenmesiyle gelecekteki hava durumunu tahmin etme işlemidir.

Eğer halihazır bir durum tam olarak biliniyor ve halihazır durum ile bu durumun değişme oranı arasında dinamik bir ilişki ortaya konulabiliyorsa gelecekteki hava durumunu tahmin etmek ve hesaplamak mümkündür. Bu işlem sayısal hava tahmini yapılarak gerçekleştirilir. Bu yöntemle geliştirilen iklim modelleri, dünya üzerinde hava tahminleri yapmak için meteoroloji uzmanları ve iklim bilimciler tarafından kullanılmaktadır.

Uzman Sistemler, uzman becerisi gerektiren problemlerin, bilgisayar ile çözümüne imkan sağlayan sistemlerdir. Diğer bir deyişle belirli bir tip problemlerin çözümü için gerekli uzmanlıkları somutlaştırarak sisteminde mevcut bulunduran bilgisayar uygulamalarıdır.

Demirtaş vd. "The Developmental Testbed Center Verification System" adlı çalışmalarında Amerika'da bulunan NCEP'in doğrulama paketini referans alarak bir doğrulama paketi hazırlamışlardır. Verilerin oluşturulması aşamasında interpolasyon tekniklerini kullanmışlardır. Sonuçları grafiksel ve istatistiksel olarak göstererek doğrulama işlemini gerçekleştirmişlerdir [1].

Kruger vd., "AHPSVER: A Web-Based System for Hydrologic Forecast Verification" adlı çalışmalarında PHP dili kullanılarak web tabanlı bir sistem geliştirmişlerdir. Verilerin saklanması için MySQL veri tabanı kullanılmış ve hidrolojik veriler üzerinde doğrulama işlemini gerçekleştirmişlerdir [2].

Mahoney vd., "The Real-Time Verification System (RTVS) And Its Application To Aviation Weather Forecasts" adlı çalışmalarında buzlanma ve yağış verileri üzerinde doğrulama işlemini gerçekleştirmişlerdir. Verilerin saklanması için MySQL veri tabanı kullanmışlardır [3].

Dean vd., "Development Of A Comprehensive Severe Weather Forecast Verification System At The Storm Prediction Center" adlı çalışmalarında fırtına tahminleri için kapsamlı bir doğrulama sistemi geliştirmişlerdir. Verilerin saklanması için Postgresql veritabanı kullanmışlardır. Doğrulama işlemini gerçekleştirirken ihtimal tablosu kullanılarak elde edilen Algılama İhtimali (POD-Probability of detection) değerlerini referans almışlardır [4].

Aydın, "GRIB Türü Meteorolojik Dosyalardan Elde Edilen Verilerin İstasyonel Verilerle Verifikasyonu İçin Bir Uzman Sistem Geliştirilmesi" isimli yüksek lisans tez çalışmasında Devlet Meteoroloji Müdürlüğü'nden elde ettiği MM5, ALADIN ve ECMWF iklim modeli verilerinin doğrulanması için bir sistem geliştirmiştir. Java programlama dilini kullanarak geliştirilen web tabanlı sistemde verilerin saklanması için MySQL veritabanı kullanılmıştır [5].

Literatürde daha bir çok doğrulama işlemi yapılan çalışmalar incelenmiş fakat yapılan doğrulama işlemleri, geliştirilen bir uzman sistem üzerinden değil, genelde uzmanın kendi tarafından gerçekleştirilen çalışmalardır.

Bu çalışmada iki tür veri bulunmaktadır. Gözlem verilerinin tamamı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır. RegCM model verileri ise ULAKBİM(Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi) tarafından sağlanan yüksek bilgi işlem gücüne sahip bilgisayarlar tarafından hesaplanarak oluşturulmuştur. Ülkemizde

bulunan meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler yine Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılan model verileri ile gözlem verileri karşılaştırma işlemine tabi tutulup, analiz için istatistiksel değerler hesaplanarak doğrulama işlemi gerçekleştirilmiştir. Gözlem verilerine ait istasyonların enlem ve boylam derecelerine karşılık gelen değerler, model verisi üzerinde bulunmayabilir. Bunun için interpolasyon yöntemlerine başvurulmuştur. Çalışmada, en yakın komşu interpolasyon yöntemi ve çift doğrusal interpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Doğrulama işlemi objektif ve subjektif şekilde gerçekleştirilmiştir.

Subjektif doğrulama için çizgi grafikleri kullanılmıştır. Objektif doğrulama için değişkenin türüne göre Ortalama Hata, Ortalama Mutlak Hata ve Hata Miktarı Karelerinin Ortalamasının Kök Değeri ile 2x2'lik ihtimal tablosu ve bu tablodan elde edilen istatistiksel değerler kullanılmıştır. Bu değerler, sistemi kullanan kullanıcıların modelin doğruluğu hakkında yorum yapabilmesini sağlayabilecek nitelikte olan değerlerdir.

Hazırlanan tez çalışmasının ilk bölümü "Giriş" bölümüdür. Bu bölümde geliştirilen sistem oluşturulmadan önce incelenen ve literatürde yer alan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde "Uzman Sistemler" hakkında genel bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde "Sayısal Hava Tahmini ve İklim Modelleri"nden bahsedilmiştir. Sayısal Hava Tahmini'nin tarihsel gelişimi, geçmişten günümüze geliştirilen iklim modelleri ve türleri bu bölümde anlatılmıştır. Dördüncü bölüm "Veri ve Yöntem" adlı bölümdür. Bu bölümde, çalışmada kullanılan veri türleri ile kullanılan yöntemlerden bahsedilmiştir. Beşinci bölüm olan "Sistemin Oluşturulması ve Uygulanması" bölümü geliştirilen uzman sistemin yapısı, geliştirildiği ortam hakkında teknik bilgilerin yer aldığı ve sistemin kullanımı hakkında detaylı anlatımın gerçekleştirildiği bölümdür. Aynı zamanda bu bölümde sistem tarafından gerçekleştirilen doğrulama işlemi neticesinde elde edilen istatistiksel değerler gösterilmiş ve yoruma açık hale getirilmiştir. Son bölüm ise "Sonuçlar ve Öneriler" bölümüdür. Bu bölümde çalışmanın değerlendirilmesi yapılmış bu bağlamda birtakım önerilerde bulunulmuştur.

BÖLÜM 2

UZMAN SİSTEMLER

Günümüzde bilgi, her geçen gün önemini artıran ve aynı zamanda ulaşılması en kolay olguların başında yer almaktadır. "Bilgi Çağı" ve "Bilgi Toplumu" terimlerinin kullanımının her geçen gün yaygınlaşması bunun en önemli kanıtlarından biridir. Bilgiyi toplamak, belirli süreçlerden geçirerek istenilenleri elde etmek, bunları paylaşmak, dağıtmak vb. işlemler için bilgisayar destekli bilgi sistemleri geliştirilip kullanılmaktadır. Uzman Sistemler bilgiyi yöneten bir tekniğe sahip olduğundan son yıllarda büyük dikkat geçmiştir.

Uzman; belli bir işte, belli bir konuda bilgi, görüş ve becerisi çok olan kimse demektir. Bu bağlamda Uzman Sistemler tanımlanacak olursa, uzman becerisi gerektiren problemlerin, bilgisayar ile çözümüne imkan sağlayan sistemler olarak tanımlanabilir.

Suraj (1985)'a göre uzman sistemler, akıl tarafından yönlendirilen davranışların nedeni olan düşünce yapısını keşfetmek ve insan zekasının gösterdiği fonksiyonları bilgisayara yaptırabilmek için programlanabilmesini sağlayan yöntemlerin bulunmasıdır. Samways ve Byrne-Jones (1991) uzman sistemi; kullanıcılarına, uzmanların bilgi muhakeme yeteneklerine ulaşma ve bu yeteneklerden faydalanma olanağı veren bir bilgisayar paketi olarak tanımlamışlardır. Jackson (1990)'a göre uzman sistem, uzmanlık bilgileri ve muhakeme yeteneği ile problem çözebilen veya önerilerde bulunabilen bir bilgisayar programıdır [6].

Uzman Sistemlere ait ilk çalışmalar Standford Üniversitesi'nde yapılmaya başlamıştır ve 1970 yılının başlarında "DENDRAL" adlı bir uzman sistem geliştirilmiştir. Standford Üniversitesi profesörlerinden Edward Feigenbaum Uzman Sistemlerin

tanımını "bilgi ve çıkarım prosedürlerini kullanarak uzman bilgisi gerektiren zor problemleri çözen akıllı bilgisayar programları" şeklinde yapmıştır.

Uzman sistemler yapay zekaya bağlı olarak ortaya çıkan bir teknolojidir. Yapay zeka, bilgisayar bilimlerinin; insanın düşünme yöntemlerini analiz ederek insani yeteneklere sahip programların dizaynı ve işletmesi ile ilgilenir. Bu teknoloji birçok bilim dalında başarıyla uygulanmaktadır.

Uzman sistem normalde insan uzmanlığı (human expertise) gerektiren fonksiyonları yerine getirebilir veya karar aşamasındaki kişilere (human decision maker) destekleyici rol oynar. Karar aşamasındaki kişinin uzman olması durumunda ise kararları pekiştirici bir katkıda bulunur. Bu tür programları kullanan kişiler konunun uzmanı olmasalar bile program tarafından verilen teknik bilgiler sayesinde uygulamada uzman seviyesine ulaşabilirler [7].

Uzman sistemler belirli bir tip problemlerin çözümü için gerekli uzmanlıkları somutlaştırarak sisteminde mevcut bulundurulur. Örnek olarak uzman sistemler, tanı uygulamalarında kullanılmaktadır. Ayrıca satranç oynamak, finansal planlama kararlarında bulunmak, bilgisayarları yapılandırmak, gerçek zamanlı sistemleri izlemek, sigorta poliçeleri düzenlemek ve bunun gibi uzmanlık gerektiren birçok işlemi gerçekleştirebilecek niteliklere sahiptir.

Klasik bir yordamsal program ile uzman sistemi aşağıdaki formüller aracılığıyla karşılaştırabiliriz:

Uzman Sistem = Çıkarım Mekanizması + Bilgi Birikimi.

Yordamsal Program = Algoritma + Veriler [8].

Uzman Sistemler, problem çözmeye uzman bilgisini yani insan bilgisini kullanırlar. Bu sistemlerde uzman bilgisi, bilgi ya da kurallar kümesi olarak adlandırılır. Bu bilgi ve kurallar kümesi problem çözümünde ihtiyaç duyulursa kullanılır. Yordamsal programlar, bir problemi çözmeye bilgiden ziyade basit algoritmalar kullanırlar. Uzman sistemlere ait özelliklerden olan yapılan işlemlerin gerekçelerini açıklaması,

güven seviyeleri ile uğraşması ve kuşku gibi özellikler yordamsal programlara göre uzman sistemleri öne çıkaran özellikler arasındadır.

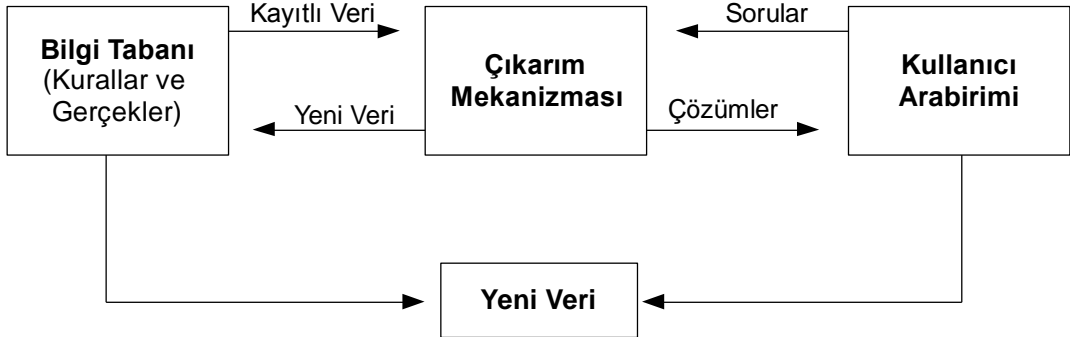
2.1. UZMAN SİSTEMLERİN BİLEŞENLERİ

Uzman sistemler temel sistem bileşenleri ile ara yüz üzerinde etkileşimde bulunan ve tanımlanmış bazı rollere sahip kullanıcılardan oluşur. Bu bileşenler:

- 1- **Bilgi Tabanı:** Belli bir problemin çözümü için gereken kuralları ve bilgileri içerir. Olaylar ve durumlar hakkında bilgi ve bunlar arasındaki mantıksal ilişki yapılarını ihtiva eder. Ayrıca standart çözüm ve karar alma modellerini de içerir.
- 2- **Çıkarım Mekanizması:** Uzman sistemin beynidir. Problemlere çözümler üreten bir mekanizmadır. Problemlere çözümler üretmek üzere depolanan bilgiyi ustalıklı kullanır. Burada sistem bilgisinin nasıl kullanılacağı hakkında kararlar alınır.
- 3- **Kullanıcı Arabirimi:** Kullanıcı ile iletişim sağlamak için kullanılır. Modern bilgisayar programlarında olduğu gibi, uzman sistemlerin de kullanıcının rahat kullanabileceği kolay ve anlaşılır bir arabirimi olmalıdır. Kullanıcı arabiriminin kolay ve anlaşılır olması, sistemin iç çalışmasının akıcı olacağı anlamına gelmez, fakat kullanıcıların uzman sistemi kullanırken sisteme problemlerini rahatça anlatabilmelerini ve sistemin verdiği sonucu da rahatça anlayabilmelerini sağlar.
- 4- **Bilgi Edinim Modülü:** Bilgi tabanını geliştirmeye yardımcı olur. Potansiyel bilgi kaynakları, uzman insanlar, kitaplar, veri tabanları, özel araştırma raporları ve kullanıcının kendi deneyimleri olabilir.

Son zamanlarda uzman sistemlerin geliştirilmesinde uzman sistem kabukları denilen sistemlerden de istifade edilmektedir. Bunlar hazır hale getirilmiş, çıkarım mekanizması ve bilgi saklama özellikleri ile donatılmış sistemler olup belli bir alanda bilgisi olmayan içi boş uzman sistemlerdir. Bu kabuklar bir sonuç mekanizması ile donatılmışlardır ve özel bir formata göre bilgi girişi sağlarlar. Ayrıca kullanıcının

kendisinin özel çıkarım mekanizması geliştirmesine imkan veren daha gelişmiş sistemler de vardır [9]. Şekil 2.1'de uzman sistemlerin genel yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Uzman sistemlerin temel yapısı.

2.2. UZMAN SİSTEMLERİN ÖZELLİKLERİ

Uzman sistemler ile geleneksel sistemler arasındaki en büyük farklardan birisi muhakeme yeteneğidir. Geleneksel sistemler, uzman sistemlerin aksine muhakeme gerektiren konularda zayıf kalır. Buna karşılık uzman sistemler de nümerik işlemlerde zayıf kalmaktadır [7].

Bir Uzman Sistem genelde aşağıdaki özellikleri taşıyacak şekilde tasarlanır [9]:

- 1- Yüksek Performans : Bir uzman sistem, sorulan sorulara en aşağı uzman bir insanın cevap verebileceği nitelikte ya da daha ileri seviyede cevap verebilmelidir.
- 2- Hızlı Cevap Verme: Tasarlanan sistemin, sorulan sorulara yönelik bir sonuca uygun bir sürede varabilmesi ve hatta uzman bir insandan daha hızlı karar verebilmesi gerekir. Örneğin, bir uzmanın bir saatte sonuca vardığı bir konuda, uzman sistemin bir yılda karar vermesi o sistemden faydalanılamayacağını gösterir.
- 3- Güvenilirlik: Hazırlanan uzman sistemin güvenilir olması, beklenmedik bir sonuç ya da hata vermemesi gerekir.
- 4- Anlaşılabilirlik: Tasarlanan sistemin, bir konuda vardığı sonucun aşamalarını anlaşılır şekilde açıklayabilmesi gerekir. Sonuca nasıl vardığı

belirsiz bir sistemden öte, bir uzman gibi vardığı sonucun nedenlerini açıklayabilen bir sistem olmalıdır.

- 5- Esneklik: Bir uzman sistemde kullanılmak üzere fazlaca bilgi yüklemek gerekir. Bu yüzden sisteme bilgi ilave etmek, sistemdeki bilgiyi değiştirmek ve silmek için etkin bir mekanizmanın Uzman Sisteme eklenmesi gerekir.

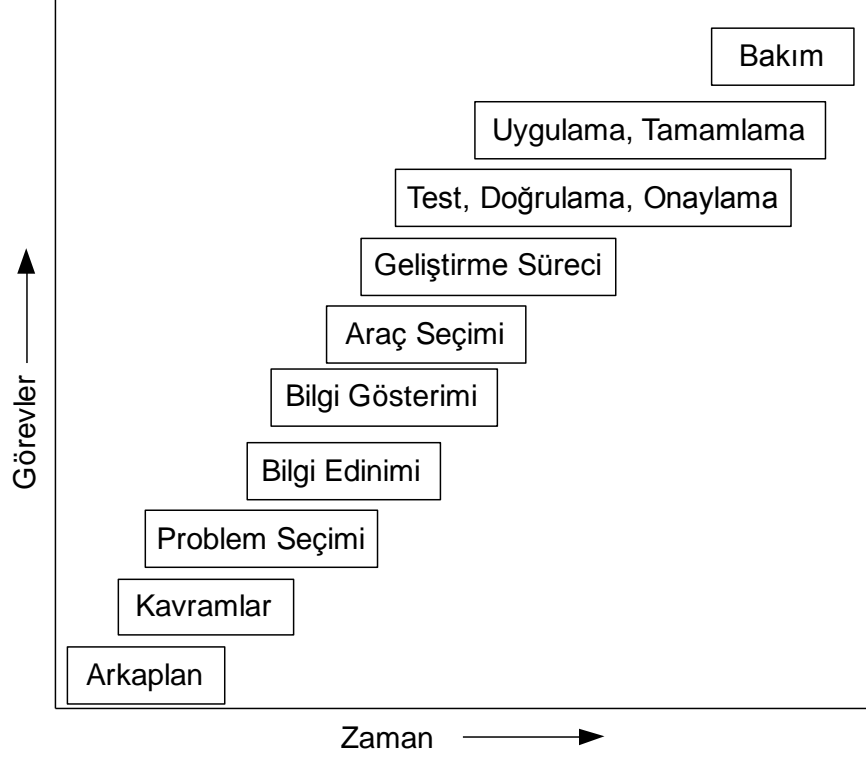
2.3. UZMAN SİSTEMLERİN TASARIMI VE ÇALIŞMA PRENSİPİ

Uzman Sistemin tasarımı için aşağıda bulunan 6 adım uygulanmalıdır:

- 1- Uzman Sistem tasarımı için bir araç seçilir,
- 2- Problemin tam olarak ne olduğu belirlenir ve sistemin içermesi gereken bilgi analiz edilir,
- 3- Sistem dizayn edilir. İlk olarak bu dizayn kağıt üzerinde tasvir edilir. Akış diyagramları ve matrisleri, sistemin kurallarının taslakları bu dizayn içerisinde yer alır,
- 4- İlk adımda belirlediğimiz araç kullanılarak sistemin bir prototipi oluşturulur. Bu prototip, bilgi tabanının oluşmuş halini, test edilmesini ve birçok denemenin gerçekleştirilmesini içerir,
- 5- Sistem istediğimiz hale gelene kadar üzerinde genişletmeler ve testler yapılarak sistem gözden geçirilir,
- 6- Sistem son halini alır ve yeri geldikçe üzerinde yeni düzenlemeler yapılabilir.

Bu başlıca 6 adım, işlemsel biçimde Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

Uzman Sistemlerin temel çalışma prensipleri şöyledir: Programı kullanan kişi Uzman Sistem programına gerçekleri (facts) verir ve karşılığında uzman tavsiyesi veya uzmanlık alır. Uzman Sistemler genelde iki ana unsurdan oluşur. Bunlardan birincisi Bilgi-Tabanı (Knowledge-Base) olup, doğruluğu önceden bilinen gerçekleri içerir. İkinci unsur olan Çıkarım Mekanizması (Inference Engine) ise, Bilgi Tabanı'nda bulunan bilgiyi kullanarak kullanıcının sorduğu sorulara uygun sonuçlar çıkarır.



Şekil 2.2. Uzman sistem geliştirmede gerçekleştirilen işlem adımları.

Tasarlanmış bir uzman sistemde algoritma yoktur. Her zaman bilgiye dayalı işlem yapılır. Bilgi tabanından bilgi çağırılır, işlem yapılır arama gerçekleştirildikten sonra sonuca varılıp bilgi dahilinde açıklaması yapılır. Daha önceden tasarlanmış bir akış diyagramları ya da algoritmaları yoktur. İhtiyacı olduğu bilgiye ulaşır ve onu kullanır. Sistem doğru şekilde tasarlanırsa kendini geliştirebilir ve bu sayede sisteme öğrenme yeteneği kazandırılabilir [10].

2.4. UZMAN SİSTEMLERİN UYGULAMA ALANLARI

Uzman sistemler, günümüzde bilginin kullanıldığı hemen her alanda kullanılmaktadır. Bazı uzman sistemler araştırma aracı olarak kullanılırken, bazıları önemli iş ve endüstri alanlarında kullanılmaktadır. Uygulama alanlarında gruplama yapmak istenirse, bunu aşağıdaki maddelerle ifade edebiliriz.

- 1- Mevcut uzmanlık bilgisini daha geniş alanlara yayarak az sayıda uzmanın bilgilerini, bilgi seviyeleri daha düşük ve farklı yerlerde bulunan kişilerce kullanıma hazır duruma getirerek geniş alanlarda yayılmasında.

- 2- Karışık problemlerin çözümünü daha hızlı hale getirmede.
- 3- Uzmanın çözümü zor olan problemlere daha fazla vakit ayırmak için daha kolay problemleri çözerek zaman kazandırmada.
- 4- Uzman bilgilerinin sisteme kaydını sağlayarak, uzman değişikliklerinde oluşabilecek bilgi kayıplarını önlemede.
- 5- Sistem üzerinde yapılan işlemleri neden-sonuç ilişkisi içerisinde ele alarak çalışanların kendisini eğitmede.
- 6- Bir uzmanın bilgisinin yeterli olmadığı birden çok uzmanın bilgisine gerek olduğu durumlarda.

Uzman sistemler tarafından çözümlenen problem çeşitleri Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Uzman sistemler tarafından çözümlenen problem çeşitleri

Problem	Açıklama
Kontrol	Yönetim sisteminin özelliklerine cevap verme
Tasarım	Nesneleri yapılandırma
Tanı	Gözlenebilir sistemsel arızaları anlama
Eğitim	Teşhis, hata bulma ve öğrenci davranışını düzeltme
Yorumlama	Verinin durumundan sonuç çıkarma
İzleme	Beklentilerin gözlemlerle karşılaştırılması
Planlama	Yapılacak işleri tasarlama
Tahmin	Verilen durumlardan olası sonuçları çıkarma
Talimat	Sistemsel arızalara ait gerekli çözümleri sunma
Seçim	Olasılıklar arasından en iyi seçimi elde etme
Simülasyon	Sistem bileşenleri arasındaki etkileşimi modelleme

Uzman sistemlerin en çok kullanıldığı alanları, şu şekilde sıralamak mümkündür [11]:

- 1- Yatırım danışmanlığı, menkul değerler alım ve satım kararları,
- 2- Hastalıklara tanı koyma ve hastalara reçete yazma,
- 3- İşletme yönetiminde planlama, programlama ve zamanlama yapma,
- 4- İşletme, mühendislik, eczacılık, hukuk ve muhasebecilik danışmanlığı ve öğretimi,

- 5- Yapı tasarımı, yapı planlaması, yapı denetimi ve iç mimari,
- 6- Bilgisayar tasarımı,
- 7- Ürün maliyetlerini bulmadır.

Kullanıldığı alana ve amacına göre uzman sistem örnekleri Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Gerçek hayatta kullanılan uzman sistem örnekleri.

Kullanıldığı Alan	Uzman Sistem	Kullanım Amacı
Biyoloji	MOLGEN	Gen kopyalama deneylerinin tasarımı.
Elektronik	ACE	Telefon Ağlarındaki arızaların teşhisi.
Tıp	PUFF	Akciğer hastalıklarının teşhisi.
Madencilik	MUD	Sondaj problemlerinin teşhis ve çözümü.
Bilişim	IDT	Bilgisayar analizi ve testi.
Eğitim	SCHOLAR	Oyunla öğrenme.

2.5. UZMAN SİSTEMLERİN FAYDALARI VE SINIRLARI

Uzman sistemler insanların yeteneklerini en iyi şekilde sunabileceği ortamları sağlar. Bilgisayarın gücünü kullanarak birçok problemin çözümüne imkan sağlar. Uzman sistemlerin yararları aşağıdaki maddeler halinde ifade edilebilir [12]:

- 1- Doğru kararlar alma olasılığını ve tutarlılığı artırmak,
- 2- Uzman bilgisinin paylaşımında yardımcı olmak,
- 3- Uzman olmayan kişiye bir uzman düzeyinde kararlar alma konusunda imkan sağlamak,
- 4- Eldeki verilerden en uygun olanı en doğru şekilde kullanmak,
- 5- Yapılması gereken işlerde, önyargı ve saygı gibi kişisel düşünceler ile duygusal reaksiyonları dikkate almaksızın gereken özgülüğü sağlamak,
- 6- Sistem yapısının düzenlenmesinde dinamik bir yaklaşıma imkan vermek,
- 7- Uzmanın, zihin ve zaman açısından esneklik sağlayarak daha yaratıcı aktivitelere konsantre olmasını sağlamak,
- 8- Problemler üzerinde yapılacak araştırmalara ve incelemelere teşvikte bulunmaktır.

Uzman sistemler herkesin kullanabileceği sistemlerdir. Hangi alanda uygulanırsa uygulansın, uzman sistemler ihtiyacı karşılamak için gereken işlevselliği sağlamak, kararları en doğru ve güvenilir şekilde alabilmek için tasarlanır. Bu yüzden ilgili alandaki herkes uzman sistemler alanındaki bir uygulamada potansiyel bir kullanıcıdır. Uzman sistemlerin iş güvenliği konusunda öngörülen bir tehdit olması düşüncesinin aksine, yeni iş alanları için fırsatlar sunmada yardımcı olduğunu söylemek mümkündür. Yeni iş imkanları için umut vadeden bazı iş alanları şöyle sıralanabilir [12]:

- 1- Temel araştırma,
- 2- Uygulamalı araştırma,
- 3- Bilgi mühendisliği,
- 4- Çıkarım mekanizması geliştirme,
- 5- Danışmanlık (geliştirme ve uygulanma),
- 6- Eğitim ve alıştıırma,
- 7- Satış ve pazarlama,
- 8- Pasif veya aktif son kullanıcılarıdır.

Aktif kullanıcı, uzman sistemler tarafından gelecek önerileri elde etmek için sistemle direkt olarak iletişimde olan kullanıcıdır. Pasif kullanıcı ise uzman sistemlerden gelen sonuçları doğru olarak kabul edip, bunların uygulanmasını sağlayan kullanıcı olarak tanımlanabilir.

Uzman sistemlerin hayatımıza kattığı bahsedilen faydalarına karşılık bazı noktalarda önemli kısıtlarının olduğunu söylemek mümkündür. Uzman sistemlerin sınırları, uzman sistemlerin ticari olarak yayılmasının önündeki bazı problemler şunlardır [9]:

- 1- Bilgi her zaman okunabilir uygunlukta değildir,
- 2- İnsanlardan bilgi almak zordur,
- 3- Uzman sistemler ancak sınırlı sahalarda, bazı durumlarda ise çok sınırlı sahalarda iyi çalışabilirler,
- 4- Yardım için bilgi mühendisine ihtiyaç gösterir. Bilgi mühendisi az bulunur ve pahalı olduğu için sistemin maliyetini yükseltir,

- 5- Sistemin maliyeti ve geliştirme süresi engelleyici bir faktördür,
- 6- Herhangi bir uzmanın durum değerlendirmesi için yaklaşımı farklı bile olsa doğru olmalıdır.

BÖLÜM 3

SAYISAL HAVA TAHMİNİ VE İKLİM MODELLERİ

Meteoroloji, dünyamızı çevreleyen atmosferi ve atmosferde meydana gelen değişiklikleri matematik, fizik , kimya gibi pozitif bilimlerin esaslarına dayanarak inceleyen bilim dalıdır. Atmosferin özellikle alt katmanlarında meydana gelen hava olaylarının oluşumunu ve değişimini nedenleriyle inceler ve kısa dönemli tahminler yapmayı amaçlar. Matematik, coğrafya, istatistik ve fizikten yararlanır [13].

Meteoroloji biliminin gelişmesi Birinci Dünya Savaşı döneminde hızlanmış, bu hızlanmada uçak ve radyonun büyük rolü olmuştur. Meteoroloji, insanlık tarihi kadar eski bir bilim olmasına karşın, gerçek kimliğine 19. yüzyıl sonlarına doğru kavuşmuştur. İlk meteorolojik haritalar 1869 yılında Prof. C. Abbe ve Buchan tarafından yapılmıştır. 1882 yılında Loomis, ilk dünya yağış dağılım haritasını, 1887 yılında Hann ise, ilk meteoroloji atlasını hazırlamışlardır [14].

Günümüzde meteorolojik hizmetler tamamen bilimsel yöntemlerle ve uluslararası işbirliği içerisinde yürütülmektedir. Bugün dünyada, 24 saat sürekli çalışan onbin civarında kara istasyonu, açık denizlerde görev yapan altıbinden fazla gözlem gemisi ve yüksek hava sondajları yapan binden fazla meteoroloji istasyonu vardır.

3.1. SAYISAL HAVA TAHMİNİ

Atmosferin durumunu gösteren değişkenlerin (sıcaklık, rüzgar, nem, basınç vb.) zamana ve yere bağlı değişimlerini ifade eden denklemlerin (hareket, termodinamik, süreklilik, hidrostatik eşitlik) matematik çözümleri yapılarak gelecekteki hava durumunu tahmin etme işlemine "Sayısal Hava Tahmini" denir [15].

Sayısal hava tahmini, tahmin yapmak için bilgisayarın gücünü kullanır. Tahmin modelleri olarak anılan kompleks bilgisayar programları çok çekirdekli işlemcilerle sahip süper bilgisayarlar üzerinde çalıştırılır. Sıcaklık, basınç, rüzgar ve yağış gibi pek çok atmosferik değişkenler üzerinde tahminler yapmayı sağlar.

Sayısal hava tahmininin temel kavramları, ilk kez 1904 yılının başlarında Vilhelm Bjerknes tarafından ele alınmıştır. Vilhelm Bjerknes, yine aynı yıl içinde doğrusal olmayan kısmi diferansiyel denklem sistemlerinin çözümü ile hava tahmini yapmanın mümkün olacağını belirten bir bildiri yayınlamıştır. 1922 yılında İngiliz matematikçi Lewis Fry Richardson "atmosferik hareket denklemleri"nin çözümüyle hava tahmininin yapılabileceğini öngörmüştür.

Lewis Fry Richardson bu denklemleri çözmek amacıyla Bjerknes tekniklerini geliştirmek için üç yıl çalışmıştır. Richardson tek noktadaki altı saatlik bir periyoda ait basınç değişikliğini tahmin için gereken hesaplamaları tamamlamıştır. Hesaplamalar altı hafta sürmüştür ve çalışma sonucunda tahminin gerçek değerlere çok uzak olduğu ortaya çıkmıştır. Ancak bu çabalar, hava durumu tahmini için gelecekte yapılacak çalışmalara bir bakış açısı kazandırmıştır.

Günümüzde, dünyanın dört bir yanında bulunan sayısal hava tahmin merkezleri pek çok sayıda tahmin modeli çalıştırmaktadır. Bu modellerden bazıları Ulusal Hava Merkezi (National Oceanic and Atmospheric Administration-NOAA) tarafından geliştirilmiş ve geniş bir yelpazede hizmete sunulmuştur. Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) 210 milyonun üzerinde gözlem yapılmış, büyük bir çoğunluğu uydulardan elde edilen bu gözlemler, okyanus ve atmosferik parametreler, kasırgalar, şiddetli hava, volkanik kül gibi hava tahminleri üreten küresel ve bölgesel modeller için giriş verisi kullanılmaktadır. Mevcut bilgisayarlar saniyede 14 trilyon işlem gücüne sahip bir hesaplama hızı ile çalışır. 2005 yılında, ilk dinamik iklim tahmini sistemi hayata geçirilmiş ve bir yıl sonunda tahminler elde edilmiştir.

Gelecekte, çevresel modelleme üzerindeki çalışmaların daha geniş yer tutması öngörülmektedir. Bir yeryüzü sistemi, model bileşenleri aracılığıyla denizden, karadan ve atmosferik disiplinlerden bilgi aktarmak için pek çok iklim modeline

kılavuzluk yaparak modelleme yaklaşımında bulunmaktadır. Bir takım tahmin modeli de hava, su ve iklimin ötesinde ekosistemi, ulaştırma, sağlık ve enerji toplulukları gibi müşteri ihtiyaçlarını da dahil ederek modelleri genişletmeyi amaçlamaktadır.

Sayısal hava tahmini, Bjerknes'in fikri ile oluşturulan ve Richardson tarafından test edilen haliyle önemli ilerleme kaydetmiştir. Richardson tarafından altı hafta süren uzun ve yorucu hesaplamalar, göz açıp kapayıncaya kadar yapılabilir. Geçtiğimiz yüzyılda gerçekleştirilen çalışmalar, can ve mal kaybını önleyici nitelikte hava tahminlerinin yapıldığını doğrular nitelikte sonuçlanmıştır. Bu nedenle de sayısal hava tahmini 20. yüzyılın en önemli başarılarından biri olarak kabul edilebilir [16].

3.2. İKLİM MODELLERİ

İklim, geniş bölgelerde ve çok uzun zaman için aynı kalan ortalama hava şartlarıdır. Bir bölgenin hava olayları bakımından karakterini tayin eder [17].

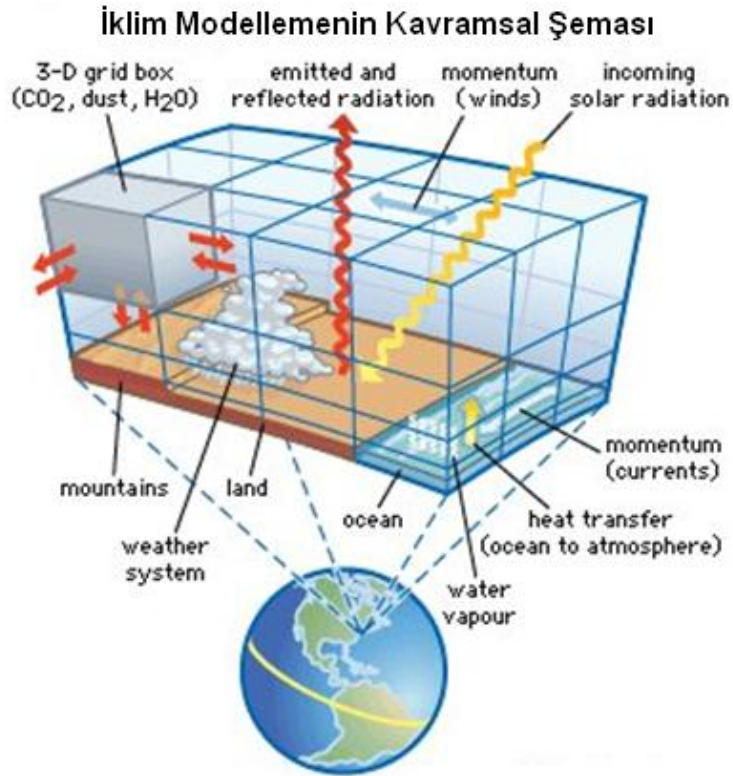
Ulusal meteoroloji kuruluşlarında, güneşlenme, bulutluluk, hava, deniz yüzeyi ve toprak sıcaklığı, yağmur, kar, dolu, şimşek ve fırtına gibi iklim elemanları ve atmosfer olayları, iklim bilimsel (klimatolojik) amaçlar için düzenli olarak kaydedilir. İklim bilimcilere göre, atmosferdeki değişebilen süreçlere bağlı olan hava, yeryüzünün herhangi bir yerindeki ve herhangi bir andaki atmosferik olayların tümüdür. İnsan etkinliklerinin çok büyük bir bölümü, hava olaylarına bağlıdır ve ondan etkilenir. Bu yüzden, hava olaylarının kısa süreli öngörülerinin yapılması, insan yaşamı için önemli bir olgu olarak kabul edilir. Bu da, atmosfere (hava küreye) ilişkin bilgilerin oldukça kesin bir doğrulukla bilinmesine bağlıdır [18].

Tüm atmosfer olayları, süreçleri ve iklim, belirli bir zaman süresi ile tanımlanabilmektedir: Bir rüzgar hamlesi (rüzgar hızındaki ani artışlar) birkaç saniye sürebilir; bir kümülüs bulutu, birkaç saat içinde gelişip yok olabilir; alçak basınçlar (siklonlar) ve onlara bağlı kötü hava koşulları, birkaç günden on güne kadar etkili olabilir; yüksek basınçlara (antisiklonlara) bağlı iyi hava devreleri, haftalar ve kuraklık olayları aylarca sürebilir. Buzulların eriyip geri çekilmesine yol açan

sıcaklık değişimleri, onlarca/yüzlerce; buzul ve buzul arası çağlar binlerce yıl sürebilir [18].

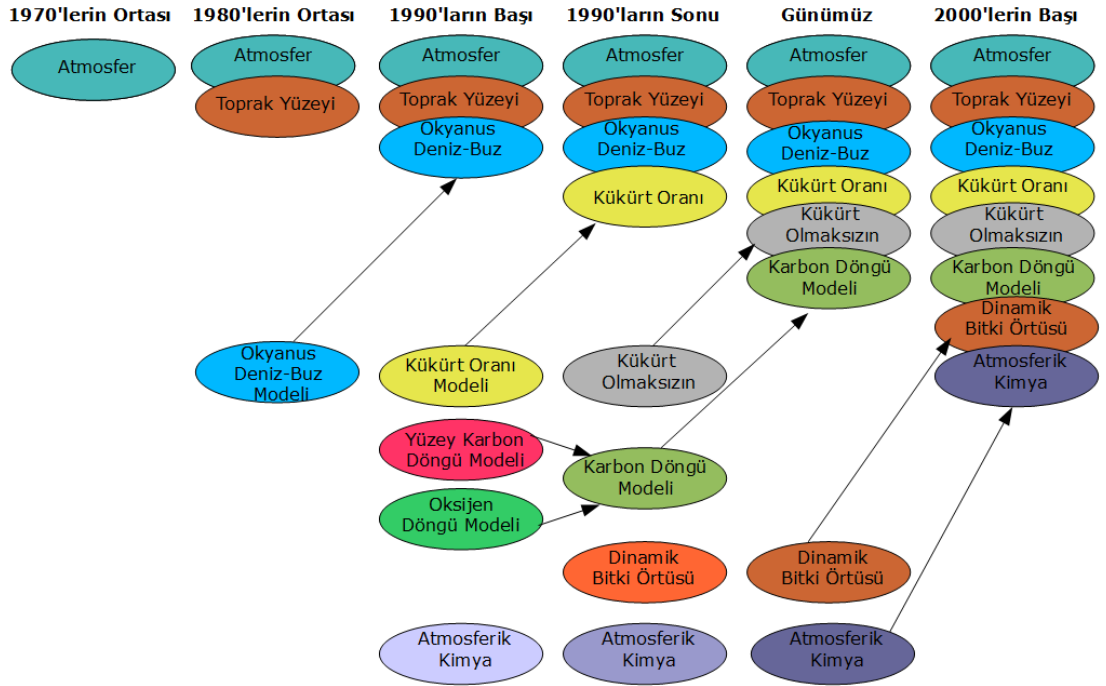
İklim değişikliği günümüzün en önemli çevresel ve ekonomik sorunları arasında ön sıralarda yer almaktadır. Özellikle sanayi devriminden sonra fosil yakıtların tüketilmesi, ormansızlaştırma, enerji üretimi ve diğer artan insan etkinlikleri sonucunda atmosfere salınan sera gazlarındaki hızlı artışlar, doğal sera etkisini kuvvetlendirerek küresel ortalama yüzey sıcaklıklarının artmasına yol açmıştır. Şehirleşme, nüfus artışı ve ekonomik gelişmeler de bu sürece katkıda bulunan etkenlerdir. Ortalama yüzey sıcaklıklarındaki bu artışların tüm insan ve doğal sistemlere çok ciddi ve büyük boyutlarda etki edebileceği öngörülmektedir [18].

İklim modelleri atmosfer, okyanus, yeryüzü ve buz üzerinde gerçekleşen olayları ve etkileşimleri simüle edebilmek için sayısal yöntemleri kullanır. Havanın dinamiklerinden gelecekteki iklimi öngörmek adına bir çok amaç için kullanılırlar. Şekil 3.1'de temel bir iklim modelinin kavramsal şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.1. İklim modelinin kavramsal şeması [19].

Ülkelerin iklim değişikliğinin sonuçlarına hazırlıklı olabilmesi için gelecekte iklimin nasıl olacağına ilişkin tahminlere ihtiyaçları vardır. İklim sisteminin bileşenlerinin, bunlar arasındaki etkileşimlerin ve geri beslemelerin matematiksel gösterimi olan ve iklim değişikliğini tahmin etmek için kullanılan yegane araç küresel iklim modelleridir (GCM). Bilgisayarların hesaplama gücündeki artışlarla doğru orantılı olarak iklim modelleri de büyük ilerleme göstermiştir. Günümüzde sülfür ve karbon döngüleri ile atmosfer kimyası da modellere dahil edilerek oldukça kapsamlı iklim modelleri geliştirilmiş bulunmaktadır [20]. Şekil 3.2'de iklim modellerinin geçmişten günümüze kadar olan tarihi gelişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.2. İklim modellerinin tarihsel gelişimi [21].

Günümüzde kullanılan iklim modelleri temel olarak iki gruba ayrılır: Küresel (Global) İklim Modelleri ve Sınırlı Alan Modelleri. Bu çalışmada sınırlı alan modellerinden RegCM bölgesel iklim modeli kullanılmıştır.

3.2.1. Küresel (Global) İklim Modelleri

Küresel iklim modeli (GCM), temel iklim sistemi bileşenlerini (atmosfer, yer yüzeyi, okyanus ve deniz buzu) ve bunların etkileşimlerini kullanan kompleks bir

matematiksel sistemdir. Dünyanın enerji düzeyi dört temel bileşen arasındadır ve bunlar iklim tahmininde temel yapıtaşlarını oluşturur.

İklim modelinde işlem gören temel iklim sistemi bileşenleri şunlardır [22]:

- 1- Atmosferik bileşenler; bulutlar ve aerosollerini simüle eden ve dünya çapındaki su ve ısı dolaşımında büyük rol oynayan bileşenler,
- 2- Yeryüzü bileşenleri; bitki örtüsü, kar örtüsü, yeraltı suları, nehirler ve karbon deposu gibi yeryüzü karakteristikli bileşenler,
- 3- Okyanus bileşenleri; iklim sistemindeki ısı ve karbon birikiminin okyanusta var olmasından bu yana olan hareket ve biojeokimya,
- 4- Deniz buzu bileşenleri; güneş radyasyonu emilimi ile hava-deniz ısı ve su değişimleridir.

Yatay çözünürlüğün spektral (yatay çözünürlüğün dalga sayısı ile orantılı olduğu) veya Grid (yatay çözünürlüğün iki grid noktası arasındaki mesafe ile orantılı olduğu) olarak çözümlendiği bu model türünde basit hidrostatik eşitlik kullanılmaktadır. Yani havanın ağırlığıyla düşey basınç gradyan kuvveti arasında bir denge olduğu kabul edilmektedir. Bu model türünde düşey ivme hesaplamalarda ihmal edilir. Global atmosferik modeller ve genel sirkülasyon modelleri global modellere örnek olarak verilebilir. Dünyada kullanılan belli başlı küresel modeller ve bu modelleri geliştiren ülkeler şunlardır [15]:

- 1- IFS (ECMWF),
- 2- UM (İngiltere),
- 3- GM (Almanya),
- 4- ARPEGE (Fransa),
- 5- AVN, MRF (ABD),
- 6- GEM (Kanada),
- 7- JMA (Japonya).

3.2.2. Sınırlı Alan (Bölgesel) İklim Modelleri

Sınırlı alan modellerinde (RCM) küresel modellerin tersine yatay çözünürlük, dalga sayısı ile değil grid noktaları arasındaki mesafe ile orantılıdır. Yani küresel modellerde dalga sayısı arttığında çözünürlük artarken sınırlı alan modellerinde grid sayısı artınca ki bu durumda gridler arasındaki mesafe azalır, çözünürlük artmaktadır. Sınırlı alan modellerinin bazılarında hidrostatik denge kabul edilirken (Sinoptik/Mesoscal modeller) bazılarında ise hidrostatik denge eşitliği kabul edilmez (Cloudscale/Cloud Resolving modeller). Bunlar genellikle çok yüksek çözünürlük gerektiren tahmin problemlerinde kullanılmaktadır [15].

Tipik bir küresel iklim modelinde atmosferik bileşenin yatay (alansal) çözünürlüğü 250 km, okyanus bileşenin ise 125-250 km arasındadır. Bu çözünürlük dünyanın pek çok bölgesinin iklim özelliklerinin ayrıntılarını verecek düzeyde değildir. Bu nedenle, bölgesel düzeyde ayrıntıları elde etmek için ölçek küçültmek (down-scaling) gerekmektedir. Bu noktada ihtiyacı karşılamak üzere sınırlı alan iklim modelleri geliştirilmiştir [20].

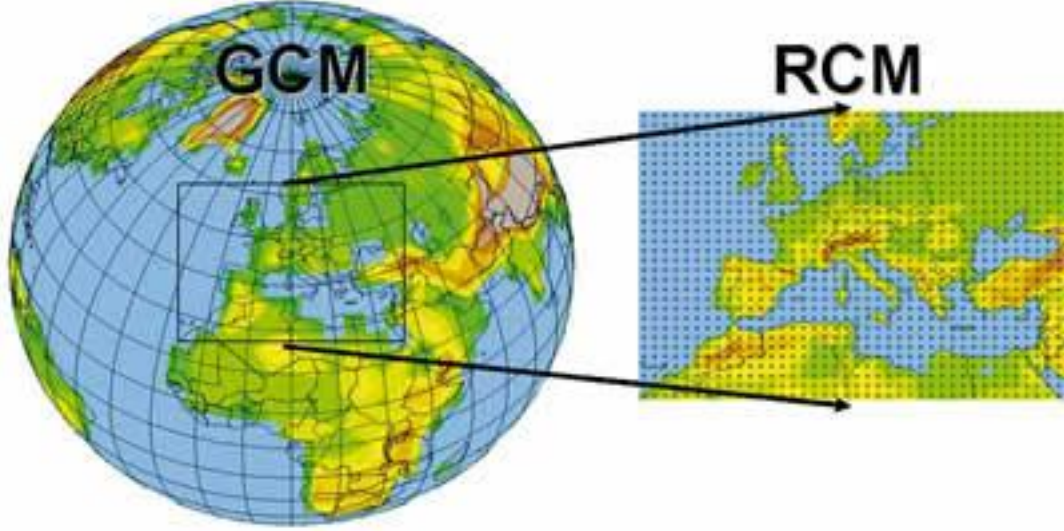
Sınırlı alan modelleri, küresel alan modellerindeki alanları küçültüp çözünürlüğü artırmayı amaçlar ve yalnızca o alan ile ilgilenir. Bu modeller üç boyutlu gridler kullanılarak çözümlenen matematiksel denklemler ile fiziksel kanunların esasına dayanır. Bu nedenle sınırlı alan modelleri kapsamlı birer fizik modelleridir ve genellikle atmosferik ve yer yeryüzü bileşenleri dahil olmak üzere iklim sistemi içinde yer alan önemli süreçlerle (bulut, radyasyon, yağış, toprak hidrolojisi gibi) temsil edilirler.

Dünyada kullanılan belli başlı sınırlı alan modelleri ve bu modelleri geliştiren ülkeler şunlardır [15]:

- 1- ALADIN (Fransa ve ALADIN Konsorsiyumu),
- 2- Eta, MM5, WRF (ABD),
- 3- LM (Almanya ve Cosmo Konsorsiyumu),
- 4- HIRLAM (HIRLAM Konsorsiyumu),

- 5- PRECIS (İngiltere),
- 6- RegCM (İtalya).

Şekil 3.3'te küresel ve bölgesel iklim modellerinin şematik şekli gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Küresel ve bölgesel iklim modeli'nin şematik gösterimi [23].

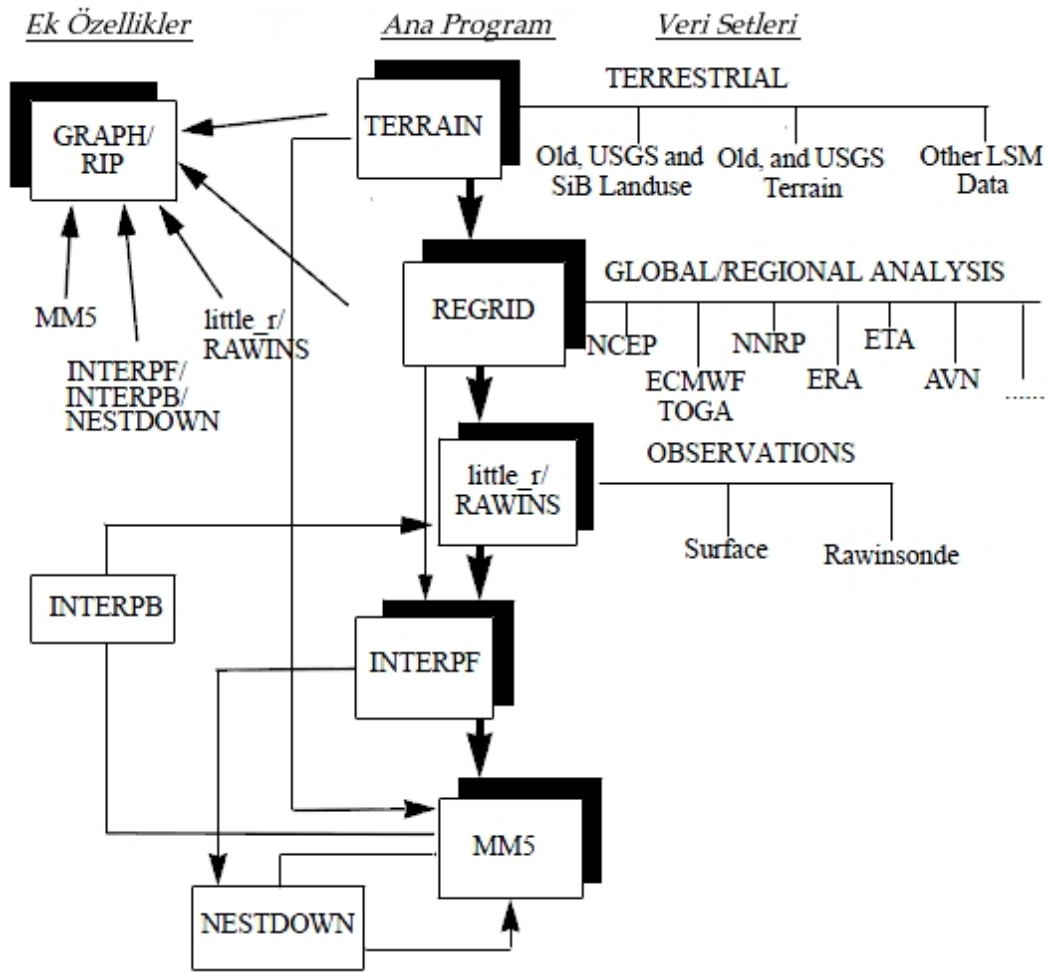
3.2.2.1. MM5 Modeli

MM5, Penn State ve NCAR (National Center for Atmospheric Research USA) tarafından geliştirilen beşinci nesil arazi takipli sigma-koordinat orta ölçekli meteorolojik iklim modelidir. Bu model, orta ölçekli atmosferik sirkülasyonu tahmin etmek ya da simüle etmek için tasarlanmıştır. Fırtına konveksiyonu, deniz meltemleri ve orta ölçekli konvektif kompleksleri içeren orta ölçekli meteorolojik olaylar ile ilgilenir [24].

MM5 orta ölçekli tahmin modeli TEFER (Turkey Earthquake and Flood Recovery Project-Türkiye Sel ve Deprem Felaketi Acil Yardım Projesi) kapsamında alınan yüksek başarılı hesaplama ile operasyonel olarak çalıştırılmaktadır. MM5 modeli tüm dünyada birçok meteoroloji örgütünde ve özellikle üniversitelerde kullanılan bir modeldir. Yüksek çözünürlükte kuvvetli fizik ve topoğrafya seti ile oldukça iyi sonuçlar veren MM5 modeli çoklu iç içe geçmiş bölge yapısını desteklemesi, 10 km

ve altındaki çalışma kabiliyetine (nonhydrostatic) sahip olması nedeniyle oldukça tercih edilmektedir. MM5, şu anda Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nde günde 4 defa 00, 06, 12, 18 UTC'de, iki ayrı alanda iki farklı çözünürlükte eşzamanlı olarak çalıştırılmaktadır. İç içe geçmiş bu alanların yatay çözünürlüğü birinci bölge için 21 km, Türkiye ve denizleri içinse 7 km'dir. Tahmin periyodu 48 saattir.

MM5 model sonuçları olarak şu anda yukarı seviyeler için tüm standart ve ara basınç seviyelerinde sıcaklık, rüzgar, jeopotansiyel yükseklik, nem, düşey hız, akım çizgileri, diverjans ürünleri, yer seviyesi için ise MSLP, 2m sıcaklığı, 10m rüzgar, toplam yağış (istenilen aralıklarda), kar karışım oranı, yağışa geçebilir su miktarı, konvektivite, tandans değerleri üretilmektedir [15]. Modelin çalışma prensibi Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



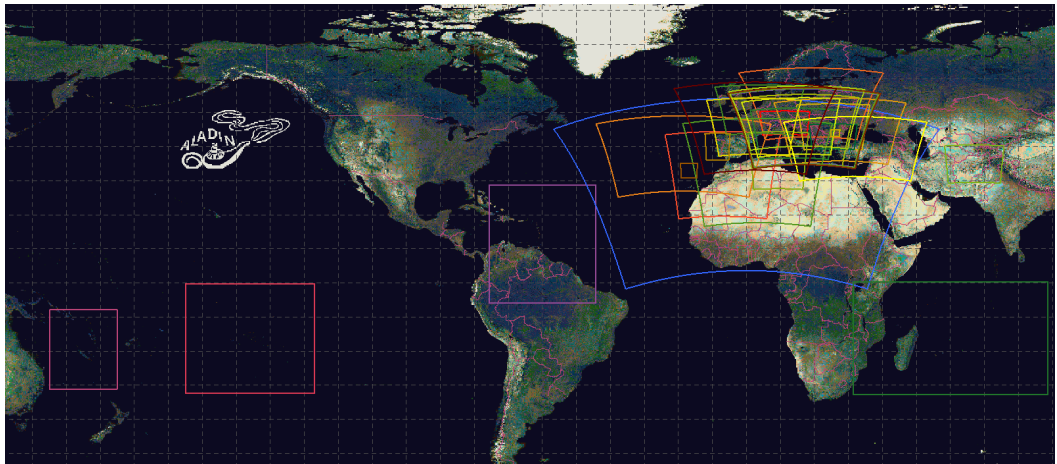
Şekil 3.4. MM5 İklim Modeli'nin sistemsel akış şeması [25].

3.2.2.2. ALADIN Modeli

ALADIN sınırlı alan modeli çalışmaları, ilk olarak Kasım 1990 yılında MeteoFrance'nin ARPEGE global modelinin sınırlı alan için geliştirilen versiyonunu Bulgaristan, Macaristan, Çek Cumhuriyeti, Polonya, Romanya ve Slovakya ile birlikte araştırma ve geliştirmeye açmasıyla başlamıştır. Bundan sonraki süreçte Cezayir, Belçika, Fas, Tunus, Portekiz, Avusturya, Hırvatistan, Slovenya ve en son olarak Türkiye bu gruba katılmıştır [15].

ALADIN aslında, AROME, ALARO ve ALADIN modelleri ile bu modellerin başlangıç ve sonuç verilerini işlemek için gerekli araçları da içeren komple bir sistemdir. Bu araçlar arasında veri asimilasyonu, ODB (Observational Database), FAtogRIB, klimatolojik dataların hazırlanması, diagnostik parametrelerin üretilmesi de yer almaktadır. AROME ve ALARO ise ALADIN'in hidrostatik olmayan versiyonları olup yatay çözünürlükleri sırasıyla 2.5 km ve 57 km'dir. Bu modellerin başlangıç ve sınır koşulları ARPEGE global modelinden elde edilmektedir. Şekil 3.5'te ALADIN modelinin kullanıldığı hava tahmin alanları gösterilmektedir [15].

ALADIN yaklaşık olarak 10 km yatay çözünürlükte kartezyen gridlerde sınırlı bir alanda çalışan biperiyodik ve hidrostatik hava tahmin modelidir [15].



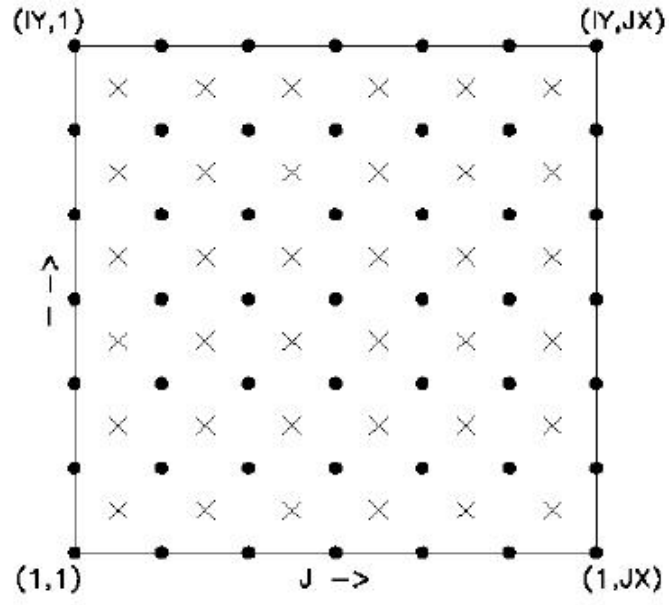
Şekil 3.5. ALADIN Modeli tahmin alanlarının uydu üzerinden görünümü [26].

parametrizasyon radyatif transfer ve kara yüzeyi fiziği değiştirilmiştir. Birinci nesil RegCM, yüzey işlemi temsili için Biyosfer-Atmosfer Transfer Modelini (BATS), radyatif transfer için Topluluk İklim Modelini (CCM) (NCAR 'National Center for Atmospheric Research'), orta ölçek yerel gezegensel çözünürlük sınır tabaka modelini, Kuo-tipi kümülüs konveksiyon alt modeli ve açık nem modelini alt modeller olarak kullanmıştır. RegCM2'nin fiziği NCAR CCM2 ve orta ölçek modelden MM5 alınmıştır. Radyasyon hesaplarında CCM2 modelinin radyatif transfer paketi ve yerel olmayan sınır tabaka alt modeli kullanılmıştır. Ayrıca kütle akısı kümülüs alt modeli eklenmiş ve BATS modelinin son uygulaması da modele dahil edilmiştir. Fiziksel gelişmeler RegCM modeli için kullanıma uygun hale getirilerek CCM2 radyatif transfer paketi yerine modelde CCM3 kullanılmıştır. Model alanının içine doğru gidildikçe model çözünürlüğü de artmaktadır. Bunun dışında göl modelleriyle olan birleştirmeler ve iz gazların radyatif etkileşime girmesinin model içinde hesaplanması da RegCM modelinin önemli bir üstünlüğüdür [21].

RegCM modelinin dünyada farklı iklime sahip bölgeleri için de uygulamaları mevcuttur. Bu çalışmalarda değişik bölgelerdeki yıllar arası değişimin simülasyonun da model performansı incelenmiştir. Bütün bu çalışmalarda model, gözlenmiş değerlerin analizleri kullanılarak çalıştırılmış ve özellikle de yağış simülasyonlarına odaklanmıştır. Genel olarak bu çalışmalar sonucunda RegCM modelinin bölgesel ölçekteki yıllar arası değişimin ana özelliklerini yakalamayı başardığı saptanmıştır [15].

RegCM modelinde Arakawa B grid yapısı kullanılmaktadır. Kaydırılmış gridin bir çeşidi olan B gridin yapısı Şekil 3.7'da gösterilmiştir. Bu grid sisteminde model noktalarda (.) u ve v rüzgar bileşenlerini, x ile gösterilen yerlerde ise diğer tüm değişkenleri (T (sıcaklık), p (basınç), vb.) hesaplamaktadır [21].

Bu çalışmada RegCM bölgesel iklim modelinin 2010 yılı içerisinde duyurulan 4.0 versiyonu kullanılmıştır. 2011 yılında RegCM 4.1 sürümü duyurulmuş ve 5.0 versiyonunun geliştirilmesi için yapılan çalışmalar ICTP tarafından yürütülmektedir.



Şekil 3.7. Model grid yapısı (Arakawa B) [21].

BÖLÜM 4

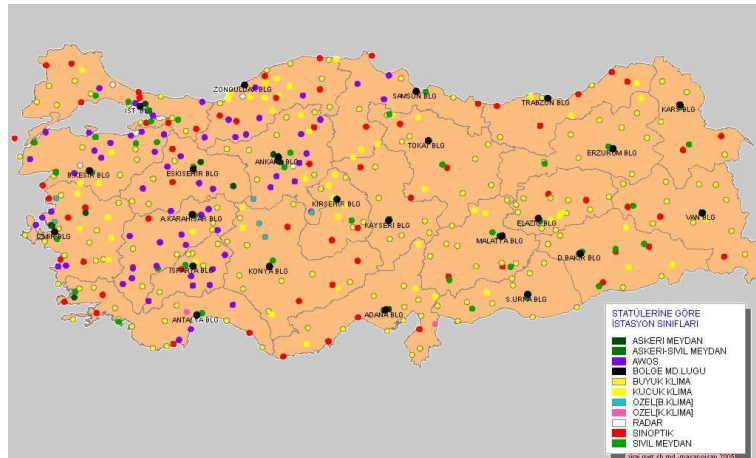
VERİ VE YÖNTEM

4.1. VERİ

4.1.1. Gözlem Verileri

Bölgesel iklim modeli RegCM sonuçlarının doğrulanması için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait meteorolojik gözlem istasyonlarının verileri kullanılmıştır. Şekil 4.1'de Türkiye üzerinde bulunan meteorolojik gözlem istasyonlarının dağılımı gösterilmiştir. Bu istasyonlar arasından Çizelge 4.1'de gösterilen istasyonlara ait veriler kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılmak üzere aylık ortalama, aylık maksimum, aylık minimum sıcaklık (°C), aylık yağış miktarı (mm) değerleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden metin formatında XLS ve CSV dosya uzantılı olarak alınmıştır. Bu dosyalar istasyon numarası, yıl, ay, gün gibi temel bilgilerin yanı sıra hava sıcaklığı, yağış, rüzgar hızı vb. meteorolojik değerleri içerir.



Şekil 4.1. Türkiye’de bulunan başlıca gözlem istasyonlarının dağılımları [21].

İstasyonlara ait bilgiler ise (istasyon adı, adresi, enlem ve boylam değerleri) ayrı bir dosya ile elde edilmiştir. Daha sonra bu veriler geliştirilen uzman sistem üzerinde çözümlenerek doğrulama yapmak için elverişli hale getirilmiş ve veritabanına kaydedilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan gözlem istasyonları

İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem (°)	Boylam (°)	Yükseklik (m)
17038	Trabzon Mey.Met.İst.Md.lüğü	40,5954	39,454	38,83
17060	Atatürk Hav.Lim. Mey.Met.İst.Md.lüğü	40,58	28,49	32,913
17082	Merzifon Mey.Meteor.İst.Md.lüğü	40,51	35,35	534,77
17090	Sivas Met.İst.Md.lüğü	39,45	37,01	1285
17096	Erzurum Meydan Met.İst.Md.lüğü	39,57	41,1	1758,18
17112	Çanakkale Met.İst.Md.lüğü	40,0828	26,2359	576
17115	Bandırma Mey.Meteor.Md.lüğü	40,19	27,58	42
17124	Eskişehir Meydan Met.İst.Md.lüğü	39,47	30,35	785,8
17128	Esenboğa Mey.Met.İst.Md.lüğü	40,07	33	951,55
17170	Van-Ferit Melen Mey.Meteor.Md.lüğü	38,27	43,19	1665,34
17195	Erkilet Meydan Met.İst.Md.lüğü	38,49	35,26	1053,58
17200	Erhaç Mey.Met.İst.Md.lüğü	38,26	38,05	848,56
17202	Elazığ Mey.Met.İst.Md.lüğü	38,36	39,17	881,431
17219	Adnan Menderes Mey.Met.İst.Md.lüğü	38,16	27,09	120,03
17244	Konya Meydan Met.İst.Md.lüğü	37,58	32,33	1030,61
17260	Gaziantep Mey.Meteor.Md.lüğü	37,05	37,22	700,84
17280	Diyarbakır Mey.Met.İst.Md.lüğü	37,54	40,12	674,007
17300	Antalya Mey.Met.İst.Md.lüğü	36,5454	30,4806	50,17

4.1.2. Tahmin(Model) Verileri

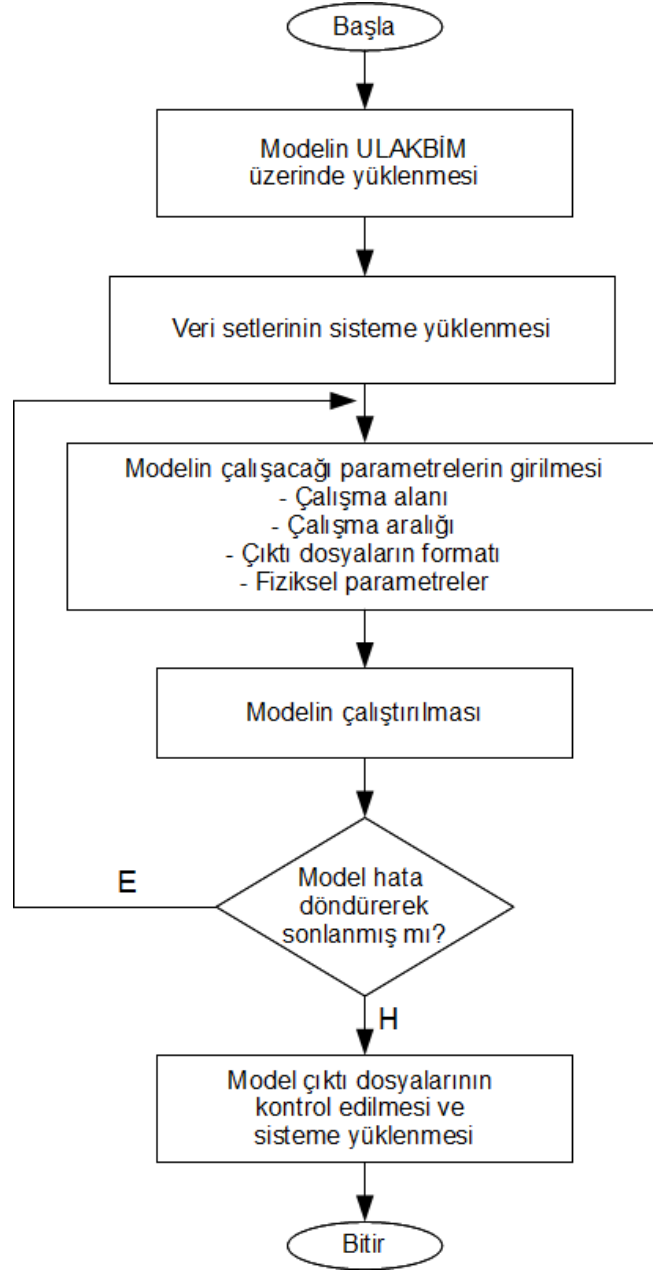
Bu tez çalışmasında tahmin verisi olarak kullanılan veriler; RegCM Bölgesel İklim Modeli tarafından üretilen verilerdir.

RegCM modelinin çalıştırılması için öncelikle modelin kullandığı verilerin hazırlanması gerekmektedir. Bu veriler çok çeşitli koşullar için farklı kurumlar tarafından oluşturulan veri setlerinden alınmaktadır. Örneğin, başlangıç ve sınır koşullarını (Initial and Boundary Conditions-ICBC) içeren Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi (ECMWF) tarafından hazırlanan veri seti olan ERA40, Amerikan Ulusal Atmosferik Araştırma Merkezi (NCAR) ile Amerikan Ulusal Çevre Projeksiyon Merkezi (NCEP) tarafından hazırlanan veri setleri NRP1 ve NRP2 (Reanalysis Product, V.1,2) gibi yer, uydu, radar, ravisonde gözlemlerinin asimile edilmesiyle elde edilen veri setleri ile HadCM, ECHAM, ECHAOM, FvGCM gibi küresel iklim modellerinin Referans ve Senaryo veri setleri bu amaçla kullanılabilen veri setleridir. Ayrıca modellerde Amerikan Jeolojik Araştırmalar Kurumu'nun (US Geological Survey-USGS) çeşitli çözünürlüklerde (60, 30, 15, 10, 5, 2 dakikalık) topoğrafya ve arazi kullanım verileri kullanılmaktadır [21].

Bu çalışmada kullanılan RegCM modeli yukarıda belirtilen veri setlerinden ERA40 ve ERAINTERIM kullanılarak çalıştırılmıştır. Çalışılan alan için model grid aralığı 50 km olan 62x120'lik bir matristir. Çalışmalar, merkez koordinatları enlem 42.00 derece, boylam 19.00 derece olup 01 Ocak 1989 ile 31 Aralık 2007 tarihleri arasında yapılmıştır. Model topoğrafyası Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Çalışmada RegCM çıktı dosyalarından yüzey alanı çıktı dosyası içinde yer alan değişkenler kullanılmıştır. Bu dosyalar ikilik dosyalar olup her dosyaya ait açıklama dosyası bulunmaktadır. Açıklama dosyasında genel olarak şu bilgiler yer alır:

- 1- İkilik dosyanın adı,
- 2- Tanımsız ya da eksik veri değerleri,
- 3- Grid koordinatlar ile dünya koordinatları arasındaki eşleşme,
- 4- İkili veri setinde bulunan değişkenlerin açıklaması.

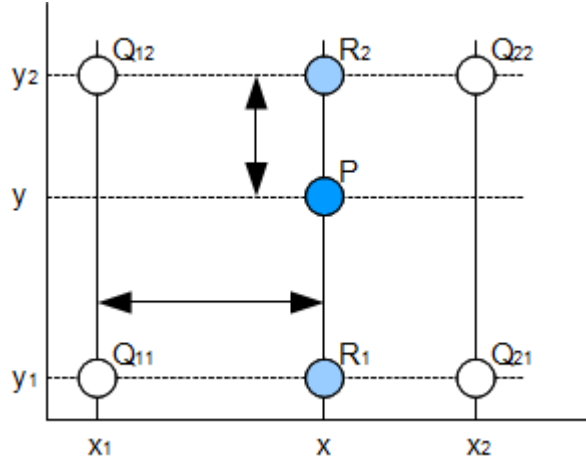


Şekil 4.3. RegCM modelinin çalıştırılmasının şematik gösterimi.

RegCM iklim modeli çıktı dosyalarından istenilen verileri süzebilmek için enlem ve boylam değerleri kullanılarak ilgili parametrelere karşılık gelen grid noktasındaki değerler elde edilmek istenir. Fakat her zaman ilgili noktaya karşılık gelen bir değer olmayabilir. Bu noktada interpolasyon işlemi devreye girer. Çalışmada, interpolasyon işlemi iki farklı yöntem ile (en yakın komşu interpolasyon yöntemi ve çift doğrusal interpolasyon yöntemi) gerçekleştirilmiştir.

4.2.1.1. Çift Doğrusal (Bilineer) İnterpolasyon

Çift doğrusal interpolasyon yöntemi; ölçülmek istenen değere yakın dört nokta üzerindeki değerlerin mesafe ağırlıklı ortalaması kullanılarak, o noktadaki değeri tahmin etmek için kullanan bir yöntemdir.



Şekil 4.4. Çift doğrusal interpolasyon yöntemi ile bir noktanın kestirimi.

$P=(x, y)$ noktasında bilinmeyen f fonksiyonu değerini bulmak istediğimizi varsayalım. Burada f değerinin dört grid noktasında bulunduğu varsayılır. Bunlar $Q_{11}=(x_1, y_1)$, $Q_{12}=(x_1, y_2)$, $Q_{21}=(x_2, y_1)$ ve $Q_{22}=(x_2, y_2)$.

P : İstenen nokta.

Q: Değeri bilinen noktalar (dört grid noktasının değeri).

R: Değeri bilinen noktalar kullanılarak elde edilen yeni noktalar.

İlk olarak x yönünde doğrusal interpolasyon uygulanır. Bu durum aşağıdaki formüllerle ifade edilir:

$$f(R_1) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(Q_{11}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(Q_{21}) \text{ ve } R_1 = (x, y_1), \quad (4.1)$$

$$f(R_2) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(Q_{12}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(Q_{22}) \text{ ve } R_2 = (x, y_2) \quad (4.2)$$

Daha sonra elde edilen noktalar üzerindeki değerler kullanılarak aynı şekilde y yönünde doğrusal interpolasyon işlemi gerçekleştirilir.

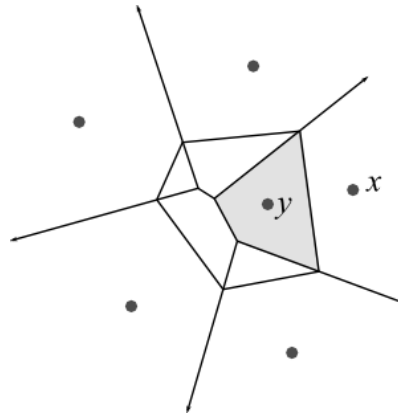
$$f(P) \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} f(R_1) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} f(R_2) \quad (4.3)$$

Bu da bize $f(x, y)$ 'nin istenilen tahmin değerini verir.

$$f(x, y) \approx \frac{f(Q_{11})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} (x_2 - x)(y_2 - y) + \frac{f(Q_{21})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} (x - x_1)(y_2 - y) \\ + \frac{f(Q_{12})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} (x_2 - x)(y - y_1) + \frac{f(Q_{22})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} (x - x_1)(y - y_1) \quad (4.4)$$

4.2.1.2. En Yakın Komşu Yöntemiyle İnterpolasyon

En yakın komşu interpolasyon yöntemi her durumda en yakın noktadaki değeri almak için kullanılan bir yöntemdir. En yakın komşu algoritması, en yakın noktadaki değeri seçer ve diğer yakın noktadaki değerleri dikkate almaz. Şekil 4.5'te y noktasına en yakın komşu interpolasyon yöntemi uygulanarak interpolasyon işlemi yapılmış ve en yakın noktanın x noktası olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.5. En yakın komşu interpolasyon yöntemi ile bir noktanın kestirimi.

4.2.2. Doğrulama (Verifikasyon) Yöntemleri

Doğrulama, yapılan tahminlerin gözlemlerle kıyaslanmak suretiyle doğruluk oranlarının tespitidir. Model sonuçlarının bölgeyi temsil edebilirliği diğer bir deyişle model verilerinin doğruluğunu tespit etmek için yapılır. Hava tahminlerinin doğrulanması alanında öncü isimlerden biri olan Allan Murphy, 1993 yılında ele aldığı makalesinde iyi bir doğrulama işlemi için üç önemli nitelikten bahsetmiştir. Bunlar [29]:

- 1- Tutarlılık: Hava tahmini yapacak kişinin temel bilgisine dayalı, durum hakkında en iyi kararı almasını sağlayacak ve buna karşılık gelen tahminde bulunma derecesi,
- 2- Kalite: Yapılan tahminin gerçekte var olan değere karşılık gelme derecesi,
- 3- Değer: Tahminin ekonomik ya da herhangi alanda yarar getirmesine imkan tanıyan kararlar verme konusunda yardımcı olma derecesidir.

Doğrulama yöntemleri, objektif ve subjektif doğrulama yöntemleri olarak iki kategoride ele alınabilir.

4.2.2.1. Objektif Doğrulama

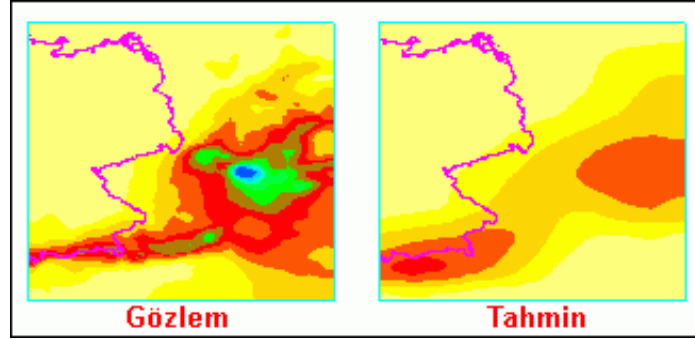
Tespit edilen herhangi bir parametre için, yapılan tahminlerle gözlem değerleri kıyaslanarak doğrulama değerlerinin rakamsal olarak ifade edilmesidir. Burada haritadaki tüm noktaların fark değerleri bulunabilir. Ancak belirli bir düzlemdeki fark değerleri tek başlarına çok fazla bir anlam ifade edemeyebilir. Bunun için objektif doğrulama hesaplamalarında, sabit bir noktada aynı parametre için fark değerlerinin zamanla nasıl bir trend ile devam ettiğini görmek, o nokta için yapılan tahminlerin doğruluğunun tespitinde daha büyük bir rol oynar. Bunun için de objektif doğrulamalarda genel bir alandan ziyade bir noktada doğrulamaların zamanla değişimleri göz önüne alınır [15].

Objektif doğrulamada ortalama hata (ME), ortalama mutlak hata (MAE) gibi hata oranlarını tespit etmek için gereken hesaplamalar yapılır. Bu sayede yapılan

tahminler rakamsal değerler olarak ele alınır ve istatistiksel değerlendirmeler yapılabilir.

4.2.2.1. Subjektif Doğrulama

Yapılan tahminlerle elde edilen değerleri rakamsal olarak ele almaksızın sadece grafiksel olarak kıyaslama yapmaya Subjektif Doğrulama adı verilir. Bu tür doğrulamalar genelde gözlem-tahmin fark haritaları (Şekil 4.5'deki gibi) oluşturularak ve doğrulama neticesinde ortaya çıkan istatistiksel değerlerin grafiksel olarak gösterilmesiyle yapılır. Bu yöntem, sadece birkaç tahminde bulunup istatistiki değerlerin rakamsal ifadelerde ilgilenilmediğinde tercih edilmektedir.



Şekil 4.6. Gözlem-tahmin fark haritası.

4.2.3. İklimsel Verilerin Analizinde Kullanılan Yöntemler

Model sonuçlarının doğrulamasının yapılması için sonuç değerleri gözlem değerleriyle karşılaştırılmıştır. Objektif bir doğrulamada, model değerlerinin gözlem değerlerinden farkını tespit etmek için bazı hesaplamalar yapılmıştır. Sıcaklık verilerinin analizi yapılırken Ortalama Hata (ME), Ortalama Mutlak Hata (MAE) ve Hata Miktarı Karelerinin Ortalamasının Kök Değeri (RMSE) değerlerine bakılmıştır. Yağış verilerinin doğrulanması ise 2x2'lik ihtimal tablosu oluşturularak, tabloya bağlı olarak elde edilen istatistiki değerlerle gerçekleştirilmiştir. Ayrıca toplam yağış miktarının doğrulanması için sapma değerleri hesaplanmıştır.

4.2.3.1. Ortalama Hata (ME)

Ortalama hata, verilen iklim değişkenlerinin yerel davranışları hakkında oldukça yararlı bilgiler veren ve yaygın olarak kullanılan hesaplaması kolay bir değerdir. Ortalama hata negatif sonsuz ile pozitif sonsuz aralığındadır ve değerinin sıfır olması model tahmininin % 100 doğru olduğunu, diğer bir ifadeyle gözlem ve tahmin değerleri arasında mükemmel bir uyum olduğunu gösterir. Ancak sıfır değerine ulaşmak, elde edilen pozitif hata değerlerinin negatif karşılıkları varsa mümkün olmaktadır. Bu yüzden ME tahmin hatalarının büyüklüğü hakkında bilgi sağlamaz ve bu nedenle de bir doğruluk ölçüsü olarak kabul edilmez.

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i) \quad (4.5)$$

ME = Ortalama Hata.

N = Gözlem sayısı.

F_i = Model değeri.

O_i = Gözlem değeri.

4.2.3.2. Ortalama Mutlak Hata (MAE)

Ortalama mutlak hata sıfırdan sonsuza kadar giden aralık içindedir ve en iyi değeri ortalama hatada da olduğu gibi sıfırdır. MAE verilen bir veri seti içinde tahmin hatalarının ortalama büyüklüğünü ölçer. Bu da tahmini doğruluk için sayısal bir ölçüyü ifade eder. MAE ile eş zamanlı olarak ME değerinin de görüntülenmesi tavsiye edilir. MAE küçük veya sınırlı veri setlerinde tercih edilmektedir.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |F_i - O_i| \quad (4.6)$$

MAE = Ortalama Mutlak Hata.

4.2.3.3. Hata Miktarı Karelerinin Ortalamasının Kök Değeri (RMSE)

Doğrulama çalışmalarında yaygın olarak kullanılan diğer bir ölçüm metodu Hata Miktarı Karelerinin Ortalamasının Kök Değeri (RMSE). RMSE hata karelerini dikkate alması nedeniyle büyük kestirim hatalarına karşı ortalama hataya göre daha duyarlıdır. RMSE interpolasyon, değişebilirlik ve anormallik gibi durumlara karşı duyarlıdır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)^2} \quad (4.7)$$

RMSE = Hata Miktarı Karelerinin Ortalamasının Kök Değeri.

4.2.3.4. İhtimal Tablosu ve Buna Bağlı Elde Edilen Değerler

İhtimal dahilinde gerçekleşecek ya da gerçekleşmeyecek durumlarda ikili tahminler yapılır. Bu tip tahminler, olumsuz hava koşulları (yağmur, kar, fırtına, donma ve sis) hakkında uyarılarda bulunmak için gerçekleştirilir. Değerlendirmenin ilk adımı olarak ihtimal tablosu (Çizelge 4.1'deki gibi) oluşturulur. İkili tahmin doğrulamasının ilk adımı, gözlem ve tahmin durumlarına ait evet/hayır sıklık değerlerinin bulunduğu 2x2'lik ihtimal tablosunu oluşturmaktır.

Çizelge 4.2. İhtimal tablosu.

Tahmin Durumları	Gözlem Durumları		
	Evet	Hayır	Ara Toplam
Evet	İsabet (a)	Yanlış Uyarı (b)	Evet Toplamı (a+b)
Hayır	İskalama (c)	İsabetli Ret (d)	Hayır Toplamı (c+d)
Ara Toplam	Evet Toplamı (a+c)	Hayır Toplamı (b+d)	Toplam (a+b+c+d = n)

Eğer doğru bir tahmin yapılmışsa iki durum vardır, bunlar "isabetli" tahmin ya da "isabetli ret" durumlarıdır. Yanlış bir tahmin söz konusu ise durumlar "yanlış uyarı" ya da "ıskalama" şeklinde belirtilmiştir. Tabloda gözlem ve tahmin değerlerinin kendi içerisinde "evet" ve "hayır" durumlarının toplamı ara toplam kısmında belirtilmiştir. Tüm durumların toplamı ise en alt sağ sütundaki değere eşittir.

İhtimal tablosu, 2x2'lik basit yapısına rağmen, görünüşten çok daha kompleks sonuçlar verebilmektedir. Bu tablo ile elde edilebilecek birçok ölçüm değeri vardır. Doğrulama işleminin gerçekleştirilmesi için birden çok değer ölçülür, sadece bir ölçüm değerini hesaplamak hiçbir zaman tek başına yeterli olmaz, isabetli bir doğrulama işlemini gerçekleştirmez. İhtimal tablosundan elde edilen ölçüm değerleri şunlardır:

Bias

Eşik (Bias-B) ikili tahminlerin arasındaki farkı temsil eder. Tahminler ile gözlemlerin gerçekleşeceğini belirttiği (evet) durumları karşılaştırmak ve oransal olarak temsil etmek için kullanılır. Sıfırdan sonsuza kadar giden aralıkta değer alır ve tarafsız skoru "1"dir. $B > 1$ (< 1) durumlarında aşırı tahmin ya da alt tahmin durumları söz konusudur ve B bir doğruluk ölçüsü değildir.

$$B = (a + b) / (a + c) \quad (4.8)$$

Doğruluk Oranı

En basit ve sezgisel performans ölçümü, kategorik tahmin sisteminin doğruluğu hakkında bilgi veren Doğruluk Oranıdır (Proportion Correct - PC). Sıfır ile bir arasında değer alır ve hedef skoru "1"dir.

$$PC = (a + d) / n \quad (4.9)$$

Algılama İhtimali

Gözlemlerin doğru tahmin değerleri ile oranı ölçülerek gerçekleştirilir. Sıfır ile bir aralığında bir değer alır ve hedef skoru "1"dir. İsabet oranı (Hit Rate-H) olarak da adlandırılır. POD değeri hesaplanırken ihtimal tablosundaki "isabetli" değeri maksimize edilirken, "yanlış uyarı" değeri minimize edilir. Bunun için POD değerinin yanlış uyarı oranı (False Alarm Ratio - FAR) ile birlikte değerlendirmesi önerilir.

$$POD = a / (a + c) \quad (4.10)$$

Yanlış Uyarı Oranı

Yanlış Uyarı Oranı FAR(False Alarm Ratio) sıfır ile bir aralığında değer alır ve hedef skoru "0"dir. FAR yanlış uyarıları dikkate alır ve ıskalanmış durumları dikkate almaz. FAR oranının artması veya azalması POD oranını etkileyeceğinden dolayı ikisi birlikte incelenmelidir.

$$FAR = b / (a + b) \quad (4.11)$$

Yanlış Algılama Olasılığı

FAR gibi sıfır ile bir aralığındadır ve hedef skoru "0"dır. Negatif eğilimli ölçüm değeridir, F ile gösterilir. Yanlış Algılama Olasılığı (POFD-Probability Of False Detection, POFD) şöyle hesaplanmaktadır:

$$F = b / (b + d) \quad (4.12)$$

Hanssen-Kuipers Beceri Puanı

Bir doğrulama sistemi POD ve F değerlerini hesaplıyorsa, Hanssen-Kuipers Beceri Puanı (Hanssen-Kuipers Skill Score-KSS) değerini de hesaplayabilir. KSS değeri

eksi bir ile artı bir aralığındadır ve hedef skoru "1"dir. KSS, hayır durumlarından (F) evet durumlarını (POD) ayırarak doğrulama sisteminin yeteneğini ölçer.

$$KSS = POD - F \quad (4.13)$$

Tehdit Puanı

Tehdit Puanı (Threat Score-TS) seyrek gerçekleşen olaylar için sıkça kullanılan bir ölçümdür. Sıfır ile bir aralığında bir değer alır ve hedef skoru "1"dir. Sıfır değeri geçersiz bir tahmin olduğunu gösterir ve dikkate alınmaz. TS ihtimal tablosundaki "isabetli" değerleri dikkate alır, "yanlış uyarılar" ile "ıskalamaları" da hesaba katar.

$$TS = a / (a + b + c) \quad (4.14)$$

Eşitlikçi Tehdit Puanı

İsabetli tahminlerin bazıları rastgele olduğu için, TS değeri seyrek gerçekleşen olaylarda değerlendirme açısından zayıf skorlar üretebilir. Bu durumun üstesinden gelebilmek için isabetli durumlar ile rastgele durumların ilişkisini ayarlayan Eşitlikçi (Adil) Tehdit Puanı (Equitable Threat Score -ETS, Gilbert's Skill Score-GSS) kullanılır. ETS değeri -1/3 ile bir aralığındadır ve hedef skoru "1"dir.

$$ETS = (a - ar) / (a + b + c - ar) \quad (4.15)$$

Burada ar değeri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$ar = (a + b)(a + c) / n \quad (4.16)$$

Heidke Beceri Puanı

2x2'lik ihtimal tablosunu özetlemek için kullanılan yaygın ölçümlerden biri Heidke Beceri Puanı(Heidke Skill Score-HSS)'dir. Rastgele biçimde gerçekleşme ihtimali

olan doğru tahminleri elemek için Doğruluk Oranı(PC) ölçüsünü referans alır. Eksi sonsuzdan bire kadar değer alabilir ve hedef skoru "1"dir.

$$HSS = 2 (ad - bc) / \{ (a + c)(c + d) + (a + b)(b + d) \} \quad (4.17)$$

Eşitsizlik Oranı

Eşitsizlik Oranı(Odds Ratio-OR) "isabetli" değerleri "yanlış uyarı" değerleriyle karşılaştırıp ele alarak tahmin sisteminin olasılığını ölçer. Bunun için de POD ve F değerlerinden yararlanır. Sıfırdan sonsuza kadar değer alır ve hedef skor sonsuzla bağlantılıdır. Değerin 1 olduğu durum dikkate alınmaz.

$$OR = ad / bc \quad (4.18)$$

Eşitsizlik Oranı Beceri Puanı

Eşitsizlik Oranı, ihtimal tablosu üzerindeki ara toplamlarla ilişkili olmadığından gözlem değerleri ile tahmin değerleri arasındaki olası farklardan bağımsızdır. Bu durumda -1 ile +1 arasında değişen bir beceri puanından (Odds Ratio Skill Score-ORSS) söz edilebilir. Şu şekilde hesaplanır:

$$ORSS = (ad - bc) / (ad + bc) \quad (4.19)$$

Hava olayının olup olmaması ihtimalinin yanı sıra toplam hava olayının miktarının doğrulaması da yapılmaktadır. Bu doğrulama çeşidinde öncelikle gözlem ve model değerleri için değer aralıkları belirlenir. Bu değer aralıkları genelde 3 ila 6 arasındadır. Bu aralıklar belirlendikten sonra gözlem ve model değerleri karşılık geldikleri aralıklara yerleştirilirler. Bu aralıklara ait değerler kullanılarak çeşitli istatistiksel değerler (sapma değerleri vb.) hesaplanır. Bir sonraki bölümde yer alan Çizelge 5.4'te toplam yağış miktarı doğrulaması için oluşturulan tablo ve Şekil 5.10'da bu tabloya ait istatistiksel değerler gösterilmiştir.

BÖLÜM 5

SİSTEMİN OLUŞTURULMASI VE UYGULAMA

Bu çalışmada, RegCM Bölgesel İklim Modeli verileri interpolasyon yöntemleri kullanılarak işlenmiş, çeşitli doğrulama yöntemleri kullanılarak gözlem verileriyle karşılaştırmasına imkan veren bir uzman sistem geliştirilmiştir.

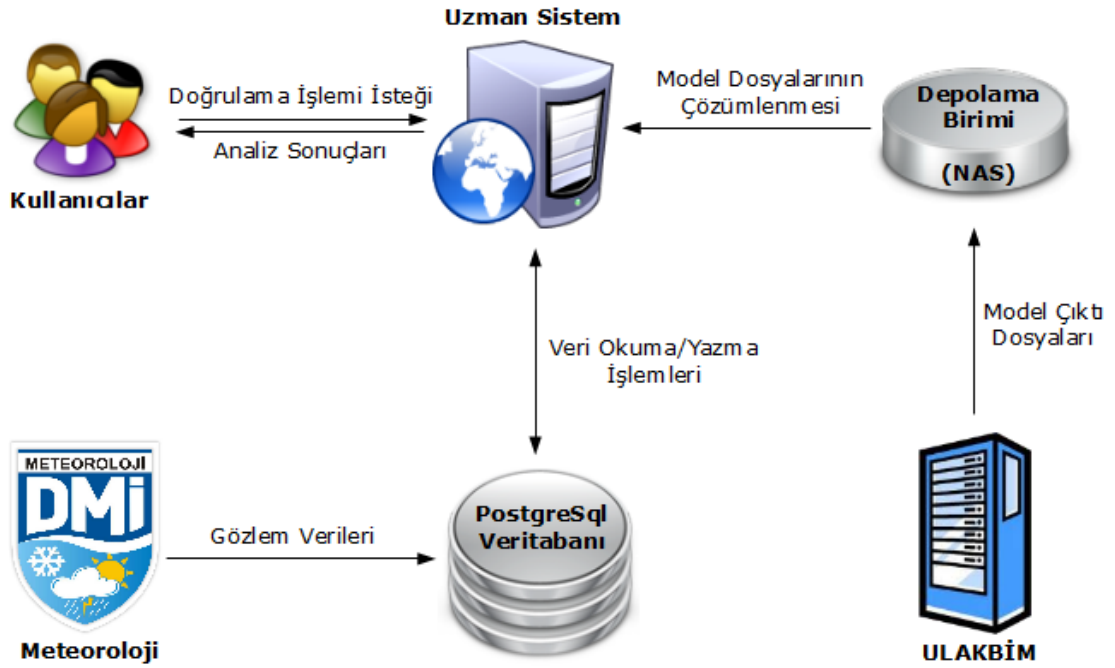
Çalışmanın amacı, meteoroloji bilimiyle uğraşanlar, iklim bilimciler ve iklim modeli ile ilgilenen uzman kişilerin sistem üzerinde sağlanan doğrulama yöntemlerini kullanarak, doğrulama işlemini kolayca yapmasını sağlamak, iklim modelinden elde edilen sonuçların güvenilirliği test etmek ve model hakkında kolayca yorum yapabilmeyi sağlamaktır.

5.1. SİSTEMİN TEKNİK ALT YAPISI

Geliştirilen sistem web tabanlı bir uygulamadır. Oluşturulan sistemin tüm platformlarda çalışabilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla web tabanlı uygulamalarda çokça tercih edilen ve hemen hemen her platformda çalışan PHP programlama dili kullanılmıştır. Uygulamanın kaynak kodları, Microsoft Windows 7 işletim sistemi üzerinde Notepad++ kod editörü kullanılarak oluşturulmuştur.

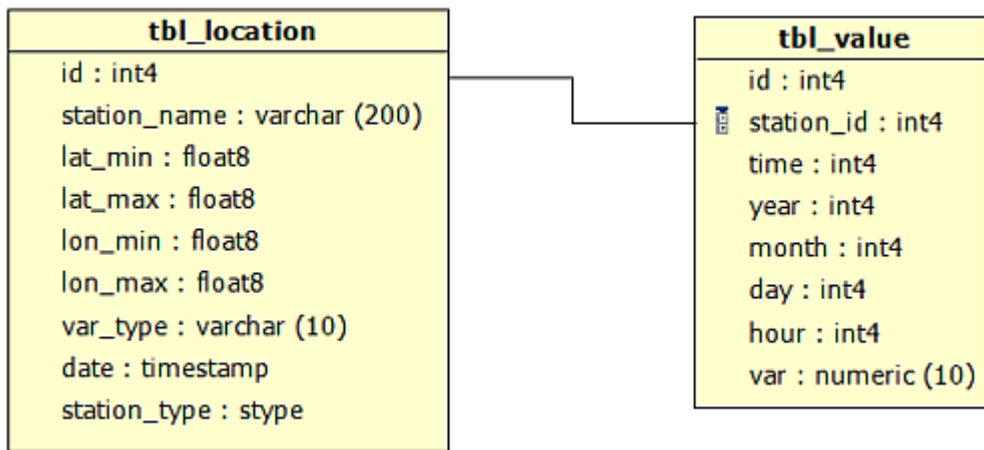
Çalışmada, iklimsel verileri depolamak için veritabanı kullanılmaktadır. Tercih edilen veritabanı PostgreSQL'dir. PostgreSQL, veritabanları için ilişkisel modeli kullanan ve SQL standart sorgu dilini destekleyen bir veritabanı yönetim sistemidir. PostgreSQL aynı zamanda iyi performans veren, güvenli ve geniş özellikleri olan bir Veri Tabanı Yönetim Sistemi'dir. Hemen hemen tüm UNIX ya da Unix türevi (Linux, FreeBSD gibi) ve windows işletim sistemlerinde çalışır. PostgreSQL ücretsiz ve açık kodludur.

Geliştirilen sistemin mimarisi Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Sistemin mimarisi.

Şekil 5.2'te de görüldüğü gibi istasyon bilgileri, model çıktı dosyalarından elde edilen parametre değerleri ile gözlem verilerine ait değerler veritabanında tutulmaktadır.



Şekil 5.2. Veritabanı tasarımı.

5.2. VERİLERİN SİSTEME AKTARILMASI

5.2.1. Gözlem Verilerinin Sisteme Aktarılması

Gözlem verilerinin uzman sisteme aktarılması geliştirilen web uygulaması aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Gözlem verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden metin formatında alınan dosyalar içerisinde süzülerek veritabanına kaydedilmiştir. Böylece gözlem verileri, doğrulama işlemini gerçekleştirmek ve gerekli analizleri yapabilmek için hazır hale getirilmiştir.

5.2.2. Tahmin(Model) Verilerinin Sisteme Aktarılması

RegCM Bölgesel İklim Modeli verilerinin sisteme aktarılması işlemi geliştirilen web tabanlı sistem ile sağlanmıştır. RegCM çıktı dosyaları üzerindeki değişkenlerin ve parametrelerin belirtilerek doğrulamaya hazır ve uygun biçime getirilme işlemi Grid Analiz ve Görüntüleme Sistemi-GRADS (The Grid Analysis and Display System) yardımcı programını içeren OpenGRADS kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

GRADS programı açık kaynak kodlu bir yazılımdır ve her platform üzerinde çalışmaktadır. Geliştirilen uygulamada tüm işlemlerin tek bir ekran üzerinden yapılması amaçlandığından, GRADS programı geliştirilen sisteme entegre edilerek kullanıcılar için kullanım kolaylığı sağlanmıştır.

Bu işlemi gerçekleştirmek için izlenmesi gereken adımlar aşağıdaki sözde kodda ifade edildiği gibidir:

BEGIN

Çözümlenecek Dosya/Dosyaları Seç

Enlem ve Boylam Değerlerini Gir

Elde Edilecek Meteorolojik Veriyi Seç

İnterpolasyon Yöntemini Belirle

FOR $i=1$ TO k

i . Dosya İçin Grads Kodunu Kod Bloğuna Ekle

END FOR

Grads Kod Bloğunu Çalıştır

Oluşan Verileri Veritabanına Aktar

END

Sözde koda ait program kodları Ek Açıklamalar A bölümünde sunulmuştur.

Model verilerinin sisteme aktarılması için ilk adım, model çıktı dosyalarının hangisi/hangileri üzerinde işlem yapılacağı ve seçme adımdır. Her dosya bir aylık değerleri içermektedir. Kullanıcı istediği zaman aralığındaki dosyaları seçerek ikinci adıma geçer. İkinci adımda ise dosyaların özellikleri bulunmaktadır. Kullanıcı bu aşamada dosya içerisinde yer alan meteorolojik değişkenleri (sıcaklık, yağış, rüzgar hızı vb.) süzmek için gerekli parametreleri seçer. Bunlar:

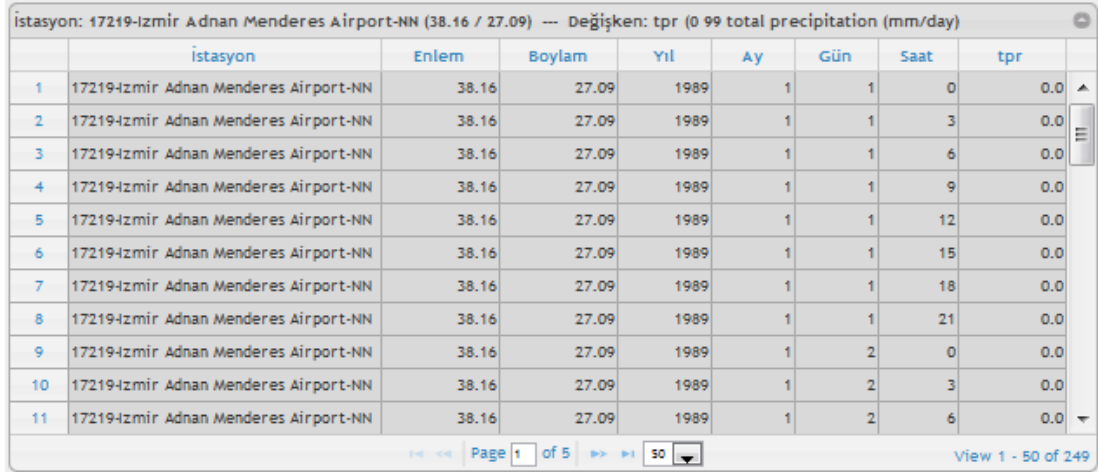
- 1- Konumun enlem derecesi,
- 2- Konumun boylam derecesi,
- 3- İstenen değişkenin(meteorolojik veri) tipi,
- 4- İnterpolasyon yöntemidir.

Kullanıcı talep ettiği parametreleri belirtip diğer aşamaya geçtiğinde istenen değerler metin kutusu içerisinde Çizelge 5.1'deki gibi görüntülenir.

Çizelge 5.1. Model dosyalarından elde edilen veriler.

lat_min	lat_max	lon_min	lon_max	time	year	month	day	hour	tpr
39,9727	39,9727	32,8637	32,8637	1	1996	1	1	3	0,2
39,9727	39,9727	32,8637	32,8637	2	1996	1	1	6	0,9
39,9727	39,9727	32,8637	32,8637	3	1996	1	1	9	0,9
39,9727	39,9727	32,8637	32,8637	4	1996	1	1	12	0,7
39,9727	39,9727	32,8637	32,8637	5	1996	1	1	15	0,8
39,9727	39,9727	32,8637	32,8637	6	1996	1	1	18	2,5
39,9727	39,9727	32,8637	32,8637	7	1996	1	1	21	0,8
39,9727	39,9727	32,8637	32,8637	8	1996	1	2	0	3,4
39,9727	39,9727	32,8637	32,8637	9	1996	1	2	3	2,2
39,9727	39,9727	32,8637	32,8637	10	1996	1	2	6	6,6

Son aşamada ise metin dosyasında bulunan veriler veritabanına kaydedilir ve işlem sonunda veri tablosunda Şekil 5.3'de görüldüğü gibi gösterilir.



	İstasyon	Enlem	Boylam	Yıl	Ay	Gün	Saat	tpr
1	17219-Izmir Adnan Menderes Airport-NN	38.16	27.09	1989	1	1	0	0.0
2	17219-Izmir Adnan Menderes Airport-NN	38.16	27.09	1989	1	1	3	0.0
3	17219-Izmir Adnan Menderes Airport-NN	38.16	27.09	1989	1	1	6	0.0
4	17219-Izmir Adnan Menderes Airport-NN	38.16	27.09	1989	1	1	9	0.0
5	17219-Izmir Adnan Menderes Airport-NN	38.16	27.09	1989	1	1	12	0.0
6	17219-Izmir Adnan Menderes Airport-NN	38.16	27.09	1989	1	1	15	0.0
7	17219-Izmir Adnan Menderes Airport-NN	38.16	27.09	1989	1	1	18	0.0
8	17219-Izmir Adnan Menderes Airport-NN	38.16	27.09	1989	1	1	21	0.0
9	17219-Izmir Adnan Menderes Airport-NN	38.16	27.09	1989	1	2	0	0.0
10	17219-Izmir Adnan Menderes Airport-NN	38.16	27.09	1989	1	2	3	0.0
11	17219-Izmir Adnan Menderes Airport-NN	38.16	27.09	1989	1	2	6	0.0

Şekil 5.3. Model dosyalarının veri tablosu(datagrid) üzerinde gösterilmesi.

5.3. SİSTEMİN UYGULANMASI

Sistemin uygulanması değişken türüne bağlı olarak iki şekilde gerçekleştirilmektedir. Bunlar; hava sıcaklıkları, zemin sıcaklıkları, basınç vb. veriler için gerçekleştirilen doğrulama yöntemleri ile yağış, sis vb. veriler üzerinde gerçekleştirilen doğrulama yöntemleridir.

Sıcaklık verileri üzerinde gerçekleştirilecek doğrulama işlemi için sistem üzerinden gözlem ve model istasyon verileri seçilir. Gözlem istasyonlarında bulunan veriler, Devlet Meteoroloji Müdürlüğü'nden sağlanan ve sisteme aktarılan verileri içermektedir. Model istasyon verileri ise RegCM Bölgesel İklim Modeli çıktı dosyalarından GRADS programı yardımıyla interpolasyon yöntemleri kullanılarak elde edilen verilerdir. Sıcaklık verilerini doğrulamak için gerekli olan diğer parametre ise saat seçimidir. Devlet Meteoroloji Müdürlüğü'nden elde edilen verilerde bulunan saatler gün içerisinde ölçüm yapılan saatleri gösterir ve bunlar 00, 06, 12 ve 18 olmak üzere dört saat dilimini ifade eder. Şekil 5.4'te İstanbul Atatürk Hava Alanı'na ait 1996 yılı hava sıcaklığı değerlerinin yer aldığı veri tablosu görüntülenmektedir. Tabloda gözlem değerleri ile model değerleri ve ikisi

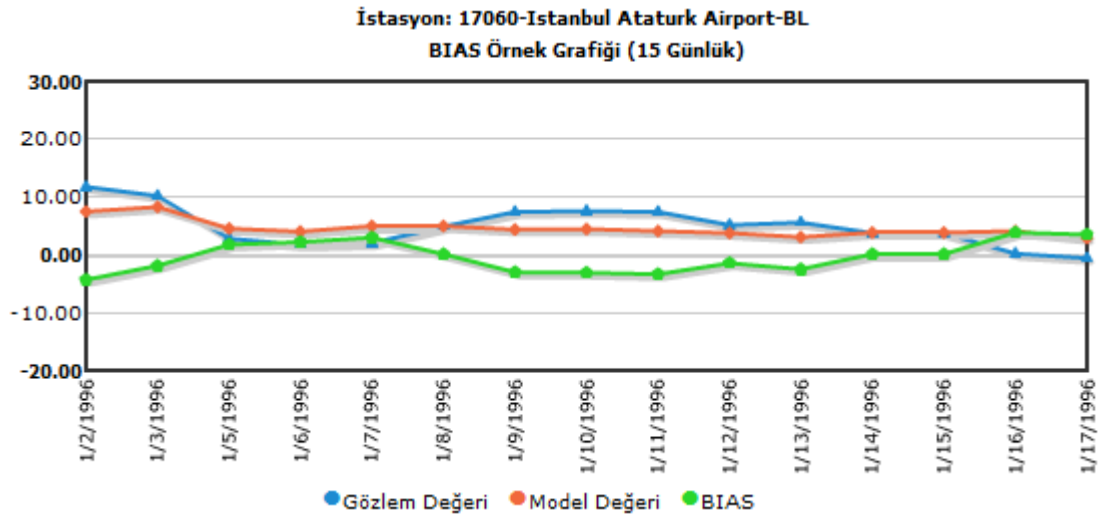
aralarındaki fark değerleri gösterilmiş, interpolasyon yöntemi olarak da çift doğrusal interpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Veri tablosunda AJAX teknolojisi kullanılmıştır. Bu sayede sayfa yenilenmeden veri tablosu üzerinde değerler görüntülenmekte ve sıralama işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Objektif doğrulama bu tablo aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

İstasyon: 17060-Istanbul Ataturk Airport ### Enlem / Boylam: 40.58 / 28.49 ### Değişken: t2m ### Saat: 0							
	Yıl	Ay	Gün	Model_Değeri	Gözlem_Değeri	BIAS	
1	1996	1	2	7.5	11.8	-4.3	
2	1996	1	3	8.3	10.2	-1.9	
3	1996	1	5	4.6	2.8	1.8	
4	1996	1	6	4.0	1.8	2.2	
5	1996	1	7	5.0	2.0	3.0	
6	1996	1	8	5.0	4.9	0.1	
7	1996	1	9	4.4	7.4	-3.0	
8	1996	1	10	4.5	7.6	-3.1	
9	1996	1	11	4.1	7.4	-3.3	
10	1996	1	12	3.8	5.2	-1.4	
11	1996	1	13	3.1	5.6	-2.5	

Page 1 of 8 50 View 1 - 50 of 359

Şekil 5.4. Atatürk Hava Alanı'na ait 1996 yılı sıcaklık değerleri.

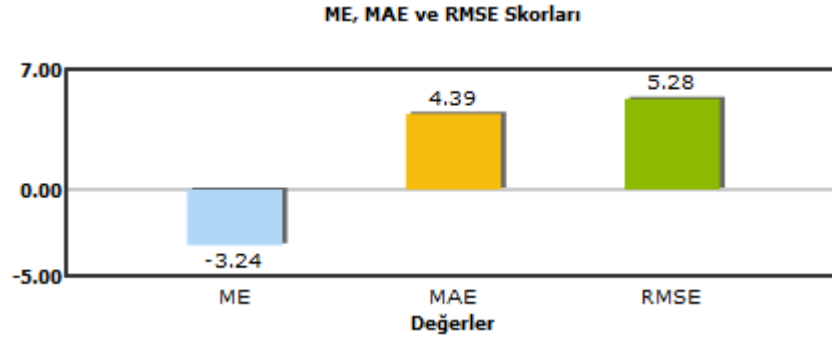
Subjektif doğrulama için sıcaklık değerlerinin 15 günlük örnek BIAS çizgi grafiği şekil 5.5'te gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Atatürk Hava Alanı için 15 günlük BIAS çizgi grafiği.

Son olarak sıcaklık değerlerinin doğrulanması ve analizi için hesaplanan ME, MAE ve RMSE değerleri rakamsal ve grafiksel olarak gösterilmektedir. Şekil 5.6'da ME, MAE ve RMSE değerlerinin grafiksel görünümü gösterilmektedir.

Uygulamada, sıcaklık verilerinin doğrulanması için sinoptik (synoptic) rasatların düzenli yapıldığı 18 meydan (airport) istasyonu seçilmiŐtir. Sistemin testi için 1996 yılı 00 GMT (Greenwich Mean Time) rasatları (365 adet gözlem değeri) model öngörüleriyle (model prediction) karŐılaŐtırılarak farklı iki interpolasyon tekniği kullanılan 3 ayrı istatistiki değerlendirmeye analiz edilmiştir. Sonuçlar izelge 5.2'de gösterilmiştir [30].



Şekil 5.6. Atatürk Hava Alanı için ME, MAE ve RMSE hata değerleri.

Çizelge 5.2'de; L_ME, L_MAE ve L_RMSE ift doğrusal interpolasyon yöntemi ile elde edilen sonuçları, N_ME, N_MAE ve N_RMSE ise en yakın komşu interpolasyon yöntemi ile elde edilen sonuçları göstermektedir. M(maritime) istasyonun deniz kıyısında olduğunu, C (continental) istasyonun deniz kıyısında olmadığı belirtmektedir.

Yağış verileri üzerinde doğrulama işlemi günlük toplam yağış verileri hesaplanarak yapılmaktadır. Bunun için yağış verilerinin doğrulanması için seçilen gözlem ve model istasyonları parametreleri seçilmelidir. İkinci aşamada seçilen istasyonlara ait değerler, gözlem ve model değerleri için ayrı ayrı veri tablolarında saat bazlı ve toplam yaęıŐı içermektedir. Şekil 5.7'de model tahmin verilerine ait üçer saatlik periyotlarda yağış verileri ile günlük toplam yağış verileri bulunmaktadır.

Çizelge 5.2. 18 istasyona ait 1996 yılı ME, MAE ve RMSE değerleri.

İstasyon No & Adı	L_ME	L_MAE	L_RMSE	N_ME	N_MAE	N_RMSE	M-C
17038-Trabzon	-8.66	8.68	9.50	-8.33	8.36	9.20	M
17060-İstanbul Atatürk	-3.24	4.39	5.28	-3.02	4.41	5.29	M
17082-Tokat	-2.45	3.76	4.58	-2.45	3.77	4.58	C
17090-Sivas	-3.66	4.24	5.01	-3.61	4.21	4.99	C
17096-Erzurum	-0.10	3.87	5.18	-0.01	3.84	5.17	C
17112-Çanakkale	-3.11	3.66	4.46	-3.05	3.63	4.43	M
17115-Balıkesir	-3.03	4.09	5.10	-3.04	4.10	5.12	M
17124-Eskişehir	-2.89	3.76	4.53	-2.85	3.77	4.54	C
17128-Ankara Esenboğa	-1.97	3.29	4.08	-1.89	3.25	4.04	C
17170-Van	-5.04	5.31	6.26	-4.54	4.90	5.89	C
17195-Kayseri	-2.14	3.24	4.13	-2.15	3.25	4.15	C
17200-Malatya Erhaç	-4.16	4.87	5.99	-3.66	4.54	5.62	C
17202-Elazığ	-2.70	3.56	4.55	-2.71	3.55	4.56	C
17219-İzmir A. Menderes	-0.66	3.00	3.71	-0.66	3.00	3.71	M
17244-Konya	-3.43	3.90	4.67	-3.41	3.87	4.63	C
17260-Gaziantep	-3.73	4.45	5.42	-3.69	4.39	5.36	C
17280-Diyarbakır	-1.88	3.18	4.11	-1.79	3.16	4.08	C
17300-Antalya	-5.12	5.19	5.91	-5.44	5.50	6.19	M
Ortalama	-3.22	4.25	5.14	-3.13	4.19	5.09	

Toplam yağış verileri, model verileri ve gözlem verileri için hesaplanmıştır. Model verileri için günlük toplam yağış değeri; gün içinde saatlik bazda ölçülen yağış değerlerinin toplamına eşittir. Gözlem değerleri (Çizelge 5.3'deki) sinoptik değerlerdir. Sinoptik değerler için günlük toplam yağış miktarı şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\text{Günlük Toplam Yağış} = e + d + b - a \quad (5.1)$$

Çizelge 5.3. Yağış verilerinin zamansal gösterimi.

Yıl	Ay	Gün	Saat	Yağış
1996	1	6	0	0,3 (a)
1996	1	6	6	0,3 (b)
1996	1	6	12	0,1 (c)
1996	1	6	18	0,4 (d)
1996	1	7	0	0,6 (e)

Esenboğa Hava Alanı istasyonuna ait 1996 yılı için yapılan analiz sonucunda en yakın komşu interpolasyon yöntemi ile elde edilen model verilerine ait günlük toplam yağış değerleri gözlem verileriyle birlikte Şekil 5.8'de gösterilmiştir.

Model İstasyonu: 17128-Ankara Esenboga Airport-1996-NN ### Enlem / Boylam: 40.07 / 33 ### Değişken: tpr ### Date: 01/01/1996 - 31/12/1996										
	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Yıl	Ay	Gün	Saat	Yağış	Günlük_Toplam_Yağış	
1	17128-Ankara Esenboga Airport-1996-NN	40.07	33	1996	1	1	3	0.2	10.1	
2	17128-Ankara Esenboga Airport-1996-NN	40.07	33	1996	1	1	6	0.9	10.1	
3	17128-Ankara Esenboga Airport-1996-NN	40.07	33	1996	1	1	9	1.0	10.1	
4	17128-Ankara Esenboga Airport-1996-NN	40.07	33	1996	1	1	12	0.8	10.1	
5	17128-Ankara Esenboga Airport-1996-NN	40.07	33	1996	1	1	15	0.6	10.1	
6	17128-Ankara Esenboga Airport-1996-NN	40.07	33	1996	1	1	18	2.2	10.1	
7	17128-Ankara Esenboga Airport-1996-NN	40.07	33	1996	1	1	21	0.9	10.1	
8	17128-Ankara Esenboga Airport-1996-NN	40.07	33	1996	1	2	0	3.5	31.6	
9	17128-Ankara Esenboga Airport-1996-NN	40.07	33	1996	1	2	3	2.3	31.6	
10	17128-Ankara Esenboga Airport-1996-NN	40.07	33	1996	1	2	6	6.6	31.6	
11	17128-Ankara Esenboga Airport-1996-NN	40.07	33	1996	1	2	9	12.6	31.6	

Şekil 5.7. Esenboğa Hava Alanı'na ait 1996 yılı model yağış değerleri.

Yağış verilerinin kategorik doğrulanması için ilk adım ihtimal tablosunu oluşturmaktır. İhtimal tablosu gözlem ve model verilerinin ikili olarak ele alınmasıyla oluşturulur. Oluşturulan tabloda eksik verilerin olduğu günler (32 gün) hesaplama dahil edilmemiştir.

17128-Ankara Esenboga Airport-1996-NN (40.07 / 33) ### Değişken: tpr ### Tarih: 01/01/1996 - 31/12/1996							
	Yıl	Ay	Gün	Toplam_Yağış(Model)	Toplam_Yağış(Gözlem)	Fark	
1	1996	1	1	10.1	0.0	10.1	
2	1996	1	5	7.9	8.5	-0.6	
3	1996	1	6	0.0	4.6	-4.6	
4	1996	1	7	0.5	0.0	0.5	
5	1996	1	8	0.3	0.0	0.3	
6	1996	1	9	1.7	0.0	1.7	
7	1996	1	10	2.1	0.0	2.1	
8	1996	1	11	0.4	0.0	0.4	
9	1996	1	12	2.3	0.0	2.3	
10	1996	1	13	2.0	0.0	2.0	
11	1996	1	14	2.5	0.0	2.5	

Şekil 5.8. Esenboğa Hava Alanı için günlük toplam yağış değerleri.

Çizelge 5.4'te Ankara Esenboğa Hava Alanı istasyonu için 1996 yılına ait toplam yağış değerleri kullanılarak oluşturulan ihtimal tablosu gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Esenboğa Hava Alanı'na ait ihtimal tablosu.

Tahmin Durumları	Gözlem Durumları		
	Evet	Hayır	Ara Toplam
Evet	76 (a)	94 (b)	170 (a+b)
Hayır	23 (c)	140 (d)	163 (c+d)
Ara Toplam	99 (a+c)	234 (b+d)	333 (a+b+c+d = n)

İhtimal tablosundan elde edilen istatistiki değerler Şekil 5.9'da gösterilmiştir. PC değerine bakılarak, modelin yağmur yağışının olup olmayacağı tahminindeki başarısının % 65 oranında olduğu söylenebilir.

Toplam yağış miktarı doğrulaması, oluşturulan tabloda kullanılacak değerlerin alacağı aralıklar belirlenerek, gözlem ve model değerlerine karşılık gelen alanlara yerleştirme işlemi yapılarak gerçekleştirilir.

BIAS = 1.72	PC = 0.65	POD = 0.77	FAR = 0.55
F = 0.4	TS = 0.39	ETS = 0.18	KSS = 0.37
HSS = 0.3	OR = 4.92	ORSS = 0.66	

Şekil 5.9. Esenboğa Hava Alanı için hesaplanan istatistiksel değerler.

Çizelge 5.5'te Ankara Esenboğa Hava Alanı istasyonu için 1996 yılına ait toplam yağış değerleri kullanılarak oluşturulan, gözlem ve model değerlerinin ilgili aralıklara yerleştirildiği tablo gösterilmiştir. Çizelge 5.5'deki tabloya bağlı olarak elde edilen istatistiksel değerler Şekil 5.10'da gösterilmiştir. Sonuçlara bakıldığında % 47,15 oranında gözlem ve model değerleri aynı aralıklara isabet etmiştir.

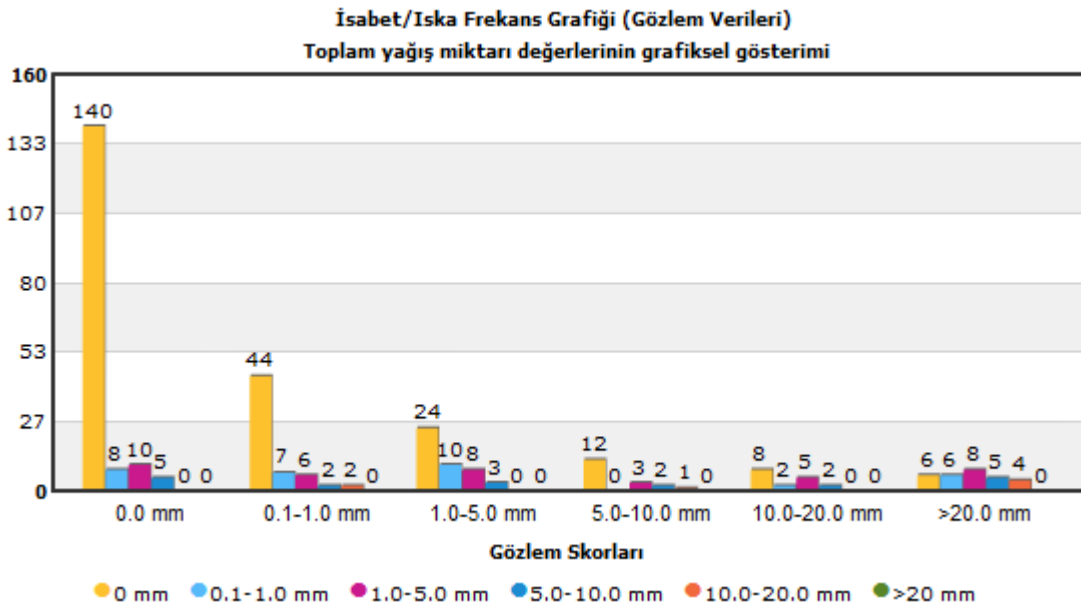
Çizelge 5.5. Esenboğa Hava Alanı'na ait toplam yağış miktarı doğrulama tablosu.

Gözlem\Tahmin	0.0 mm	0.1-1.0 mm	1.0-5.0 mm	5.0-10.0 mm	10.0-20.0 mm	Tahmin >20 mm
0.0 mm	140	44	24	12	8	6
0.1-1.0 mm	8	7	10	0	2	6
1.0-5.0 mm	10	6	8	3	5	8
5.0-10.0 mm	5	2	3	2	2	5
10.0-20.0 mm	0	2	0	1	0	4
Gözlem>20 mm	0	0	0	0	0	0

Tam İsbet (Hit Rates) : % 47.15	Önemli Sapma : % 8.71
Çok Küçük Sapma : % 24.32	Büyük Sapma : % 4.2
Küçük Sapma : % 13.81	Çok Büyük Sapma : % 1.8

Şekil 5.10. Esenboğa Hava Alanı için hesaplanan istatistiksel değerler (2).

Çizelge 5.5'deki tablonun subjektif doğrulaması ise, gözlem ve model verileri için "İsbet/Iska Frekans Grafiği" oluşturularak (Şekil 5.11) uygulanmıştır.



Şekil 5.11. Esenboğa Hava Alanı için İsbet/Iska Frekans Grafiği.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, RegCM Bölgesel İklim Modeli verilerinin doğrulanması için bir uzman sistem geliştirilmiştir.

Ülkelerin iklim değişikliğinin sonuçlarına hazırlıklı olabilmesi için gelecekte iklimin nasıl olacağına ilişkin tahminlere ihtiyaçları vardır. İklim sisteminin bileşenlerinin, bunlar arasındaki etkileşimlerin ve geri beslemelerin matematiksel gösterimi olan ve iklim değişikliğini tahmin etmek için kullanılan yegane araç iklim modelleridir. Değişen iklim koşulları ele alındığında iklim modellerinin yaptığı tahminleri doğrulamak gün geçtikçe önemli hale gelmektedir. Geliştirilen uzman sistem meteoroloji uzmanları ve iklim bilimciler tarafından kullanılabilir alternatif bir sistemdir. Sistemin tüm platformlarda çalıştırılabilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle sistem için PHP programlama dili ve Postgresql veritabanı tercih edilmiştir.

Çalışmada, sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak sistem test edilmiş ve başarıyla uygulanmıştır. Objektif doğrulama için Ortalama Hata(ME), Ortalama Standart Hata(MAE) ve Hata Miktarı Karelerinin Ortalamasının Kök Değeri(RMSE) ile oluşturulan 2x2'lik ihtimal tablosundan elde edilen istatistiksel değerler (B, PC, POD, FAR, F, KSS, TS, ETS, HSS, OR, ORSS) hesaplandıktan sonra sonuçların grafiksel olarak gösterimi, yapılacak olan analiz ve incelemeleri kolaylaştırmaktadır. Bu sayede modelin doğruluğu test edilmektedir.

Çizelge 5.1'deki sıcaklık verileri üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre çift doğrusal interpolasyonla en yakın komşu interpolasyon yöntemi incelenip objektif olarak değerlendirildiğinde önemli bir fark olmadığı görülmektedir. 18 istasyonun 6'sında çift doğrusal interpolasyonla elde edilen değerler daha iyi sonuç verirken, 10 tanesinde en yakın komşu yöntemi daha iyi sonuç vermiş , 2 istasyonda ise aynı

sonuçları göstermişlerdir. Çift doğrusal interpolasyonla en yakın komşu interpolasyon tekniklerinin kullanıldığı doğrulama skorları arasındaki fark sadece 4 istasyonda $\pm 0,1$ 'in üstünde iken, 14 istasyonda $\pm 0,1$ 'in altındadır. Bu değerlendirme göz önüne alındığında iki interpolasyon tekniği arasında seçilen istasyonlar ve değerlendirilen veri açısından önemli bir fark bulunmadığı görülmektedir.

Analiz sonuçlarında ME ve MAE sonuçlarının bir birine yakın olması modelin sürekli olarak (over/lower estimate) üst/alt tahmin yaptığını göstermektedir. Modelin bazen üst tahmin bazen alt tahmin yaptığı durumlarda ME değeri MAE değerinden önemli oranda küçük çıkmaktadır. RMSE ve MAE değerleri arasında önemli bir fark bulunmamaktadır.

En yakın komşu interpolasyon tekniğine göre 18 istasyonun RMSE verifikasyon skorları 9,2 ile 3,71 arasında, MAE skorları 8,36 ile 3,0 arasında, ME skorları -8,33 ile -0,66 arasında değişmektedir. Ortalama değerler sırasıyla "5,09", "4,19", "-3,13" olarak belirlenmiştir.

Çift doğrusal interpolasyon tekniğine göre 18 istasyonun RMSE verifikasyon skorları 9,5 ile 3,71 arasında, MAE skorları 8,68 ile 3,0 arasında, ME skorları -8,66 ile -0,66 arasında değişmektedir. Ortalama değerler sırasıyla "5,14", "4,25", "-3,22" olarak belirlenmiştir.

İki yönteme göre de net bir şekilde modelin 00 GMT için "alt tahmin" yaptığı yani daha düşük sıcaklık tahmininde bulunduğu görülmektedir. Bunun nedeni modelin gece radyasyona bağlı soğumayı normalden fazla yansıtması olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'te, Ankara Esenboğa Hava Alanı istasyonu için 1996 yılına ait (333 gün) günlük toplam yağış değerleri kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre; 76 günlük tahmin için gözlem verisine göre yağışın olduğu ve modelin bunları doğru tahmin ettiği, 140 günlük tahmin için gözlem verisine göre yağışın olmadığı ve modelin bunları yine doğru tahmin ettiği, 94 günlük tahminde yağışın olmadığı fakat model verisinin yanlış tahminde bulunduğu ve 23 günlük

tahminde yağışın olduğu fakat model verisinin yine yanlış tahminde bulunduğu söylenebilir. Bu sonuçlara göre iklim modeli, yağışın olup olmaması ihtimalini 333 günlük tahmin içinden 216 gün doğru tahmin ederek % 65 oranında bir başarı elde etmiştir. Toplam yağış miktarına göre yapılan değerlendirmede ise 157 günlük tahmin değeri gözlem değeriyle aynı aralıktadır ve % 47,15'lik (Tam İsbet Değeri) bir başarıdan söz edilebilir. Bu değerlendirme sonucunda elde edilen diğer istatistiklerde; Çok Küçük Sapma değeri % 24,32, Küçük Sapma değeri % 13,81, Önemli Sapma Değeri % 8,71, Büyük Sapma Değeri % 4,2 ve Çok Büyük Sapma Değeri % 1,8'dir.

İleriye yönelik çalışmalarda sisteme farklı iklim modelleri eklenebilir, bu modellere ait tahmin verilerinin gözlem verileriyle karşılaştırılması sağlanarak istenen konum için en iyi sonucu veren iklim modeli tercih edilebilir.

KAYNAKLAR

1. Demirtas, M., Nance, L., Bernardet, L., Lin, Y., Chuang, H.Y., Loughe, A., Mahoney, J., Gall, R. and Koch, S., "The developmental testbed center verification system", *WRF/MM5 Users' Workshop*, Boulder, CO, <http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/workshops/WS2005/abstracts/Session3/23-DEMIRTAS.pdf>, (2005).
2. Kruger, A., Khandelwal, S.G. and Bradley, A., "AHPSVER: A web-based system for hydrologic forecast verification", *Computers & Geoscience*, 33: 739-748 (2006).
3. Mahoney, J.L., Henderson, J.K., Brown, B.G., Hart, J.E., Loughe, A., Fischer, C. and Sigren, B., "The real-time verification system (RTVS) and its application to aviation weather forecasts", *10th Conference on Aviation, Range, and Aerospace Meteorology*, Portland, OR, 323-326 (2002).
4. Dean, A.R., Schneider, R.S. and Schaefer, J.T., "Development of a comprehensive severe weather forecast verification system at the storm prediction center", *23rd Conference on Severe Local Storms*, St. Louis, MO, <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/115250.pdf> (2006).
5. Aydın, N., "GRIB türü meteorolojik dosyalardan elde edilen verilerin İstasyonel verilerle verifikasyonu İçin bir uzman sistem geliştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-4 (2010).
6. Kaya, İ. ve Gözen, Ş., "Personel seçim sürecinde uzman sistem yaklaşımı ve Konya Büyükşehir Belediyesi'nde bir uygulama", *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14: 355-376 (2005).
7. Kurbanoglu, S., "Uzman Sistemler", *Türk Kütüphaneciliği*, 6 (4): 189-193 (1992).
8. İnternet: "Expert system tutorial", <http://www.bhu.ac.in/ComputerScience/vivek/ai/Expert%20Systems%20tutorial.doc> (2011).
9. İnternet: "Uzman Sistemler, Emin İslam Tatlı, Haziran 2000 (Seminer Çalışması, Yıldız Teknik Üniversitesi)", <http://th.informatik.uni-mannheim.de/people/tatli/resources/pdf/expertsystems.pdf> (2011).
10. İnternet: "Uzman sistemler-genel, yönlendirilmiş çalışma" http://www.suatustkan.com/userfiles/Makalelerim/yapay_zeka.pdf (2011).

11. Şahin, M., "Yönetim Bilgi Sistemi", *Anadolu Üniversitesi İ.İ.B.F. Yayınları*, Eskişehir, 214 (2003).
12. Badiru, A.B. and John Cheung, J., "Fuzzy engineering expert systems with neural network applications", *ISBN: 978-0-471-29331-6*, 15-20 (2002).
13. İnternet: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü "Meteoroloji ders kitabı" <http://www.ssd.dhmi.gov.tr/getBinaryFile.aspx?Type=3&dosyaID=48> (2011).
14. İnternet: İTÜ Coğrafi Bilgi Sistemleri Portalı "Meteoroloji | GIS @ ITU | İTÜ Coğrafi Bilgi Sistemleri Portalı | GISLab" <http://www.gis.itu.edu.tr/content/meteoroloji> (2011).
15. İnternet: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü "Sayısal hava tahmini" <http://www.dmi.gov.tr/FILES/genel/sss/sayisalnedir.pdf> (2011).
16. İnternet: National Oceanic and Atmospheric Administration "NOAA 200th Foundations: Weather, Ocean, and Climate Prediction" http://celebrating200years.noaa.gov/foundations/numerical_wx_pred/welcome.html (2011).
17. İnternet: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, "Türkiye İklimi", www.dmi.gov.tr/FILES/iklim/turkiye_iklimi.pdf (2011).
18. Türkeş, M., "Hava, iklim, şiddetli hava olayları ve küresel ısınma" *Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri*, Ankara, 187-205 (2001).
19. İnternet: "Why Climate Modeling Is Not Climate Science | The Resilient Earth" <http://www.theresilientearth.com/?q=content/why-climate-modeling-not-climate-science> (2011).
20. İnternet: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü "Bölgesel iklim modelleri" <http://www.dmi.gov.tr/files/kurumsal/ekitap/4mevsim7/23iklimmodelleri.pdf> (2011).
21. Şen, B., "Bölgesel iklim modelleri kullanılarak Çukurova Yöresi'nde iklim değişikliğinin 1.ve 2. ürün mısır verimine olası etkilerinin belirlenmesi", Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 13- 15, 62-77 (2009).
22. İnternet: National Oceanic and Atmospheric Administration "Climate Modeling" http://www.gfdl.noaa.gov/cms-filessystem-action/model_development/climate_modeling.pdf (2011).

23. İnternet: The World Meteorological Organization (WMO) "Regionalization of climate change information for impact assessment and adaptation" http://www.wmo.int/wcc3/bulletin/57_2_en/giorgi_en.html (2011).
24. Asvija, B., Shamjith, K.V., Sridharan R. and Chattopadhyay, S., "Provisioning the MM5 meteorological model as grid scientific workflow", *2010 International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems*, 310-314 (2010).
25. İnternet: MM5 Community Model Homepage "Introduction to MM5 Modeling System" <http://www.mmm.ucar.edu/mm5/documents/tutorial-v3-notes-pdf/intro.pdf> (2011).
26. İnternet: "ALADIN : High Resolution Numerical Weather Prediction Project Homepage" <http://www.cnrm.meteo.fr/aladin/> (2011).
27. Demir, İ., Kılıç, G., Alan, İ., Tüvan, A. ve Demirbaş, H., "Bölgesel iklim modeli projeksiyonları ve önemi", *Uluslararası Katılımlı I. Meteoroloji Sempozyumu* (2010).
28. İnternet: "The PRECIS Regional Climate Modelling System" <http://www.metoffice.gov.uk/precis/workshops> (2011).
29. Murphy, A.H., "What is a good forecast? An essay on the nature of goodness in weather forecasting", *Weather and Forecasting*, 8 (2): 281–293 (1993).
30. Sonuç, E., Şen, Ba., Şen, Bu., "Verifying regional climate model results with web-based expert-system", *1st World Conference On Innovation and Computer Sciences*, (2011).

EK AÇIKLAMALAR A.

MODEL VERİLERİNİN ÇÖZÜMLENMESİ

İÇİN YAZILAN PHP UYGULAMA KODU

UYGULAMANIN KAYNAK KODLARI

```
<?php
/*****
# Date: 13.Mar.2011 00:24
# Written By Emrullah Sonuç
# Contact: esonuc[at]gmail.com
*****/

switch($_GET['action'])
{
case "step4":
while ( list($hede,$hodo) = each($_REQUEST)){
$hede = $hodo;
//echo $hede."=".$hodo."<br/>"; }
$sql = pg_query($dbconn,"INSERT INTO tbl_location
(station_name,station_type,lat_min,lon_min,var_type) values
('$stationname','0',$xmin,$ymin,$var_type)");
if(!$sql) die("An error occured.\n".pg_last_error());
$res=pg_query("SELECT currval('seq_tbl_location_id') as key");
$row=pg_fetch_array($res, 0);
$loc_id=$row['key'];
$lines = file($txtfile);
for($i=1; $i<count($lines); $i++){
$pieces= explode(" ", $lines[$i]);
$sql = pg_query($dbconn,"INSERT into tbl_value (station_id, time, year, month,
day, hour, var) values
($loc_id, $pieces[4], $pieces[5], $pieces[6], $pieces[7], $pieces[8], $pieces[9])");
if(!$sql) die("An error occured.\n".pg_last_error());
}
?>

<script type="text/javascript">
$(function(){
$("#list").jqGrid({
```

```

url:'jqgrid/example.php?q=<?php echo $loc_id;?>',
datatype: 'xml',
mtype: 'GET',
height: 250,
width: 750,
colNames:['İstasyon', 'Enlem', 'Boylam', 'Yıl', 'Ay', 'Gün', 'Saat','<?php echo
$var_type; ?>'],
colModel :[
{name:'Station Name', index:'station_name', width:80},
{name:'Latitude', index:'lat_min', width:60, align:'right'},
{name:'Longitude', index:'lon_min', width:60, align:'right'},
{name:'Year', index:'year', width:50, align:'right'},
{name:'Month', index:'month', width:40, align:'right'},
{name:'Day', index:'day', width:40, align:'right'},
{name:'Hour', index:'hour', width:40, align:'right'},
{name:'<?php echo $var_type; ?>', index:'var', width:80, align:'right', sorttype:'float'}
],
pager: '#pager',
rowNum:50,
rowList:[25,50],
rownumbers: true,
rownumWidth: 40,
viewrecords: true,
caption: 'İstasyon: <b><?php echo $stationname;?> (<?php echo $xmin." / ".$ymin;
?>) &nbsp;---&nbsp;Değişken: <?php echo $var_def; ?>'
});
});
</script>
<div class="tabbertab">
<h2>1:Dosya Seçimi</h2>
4. Adım Aktif »
</div>
<div class="tabbertab">

```

<h2>2:Parametre Girişi</h2>

4. Adım Aktif »

</div>

<div class="tabbertab">

<h2>3:Oluşturulan Dosya</h2>

4. Adım Aktif »

</div>

<div class="tabbertab tabbertabdefault">

<h2>4:Kayıt Sonuçları</h2>

<center>

<table id="list"></table>

<div id="pager"></div>

<div style="text-align:center;"> <input type="button"
onclick="location.href='verify.php';" value="Sıcaklık Doğrulama Sayfası'na Git">

<input type="button" onclick="location.href='verify_tpr.php';" value="Yağış
Doğrulama Sayfası'na Git"></div>

</div>

</center>

</div>

<?php

break;

case "step3":

while (list(\$hede,\$hodo) = each(\$_REQUEST)){

\$\$hede = \$hodo;

//echo \$hede."=".\$hodo."
"; }

//foreach (\$files as \$t){echo 'You selected ', \$t, '
';}

#####

Grads Command START

#####

\$xmin = trim(\$xmin);

\$xmax = trim(\$xmax);

\$ymin = trim(\$ymin);

\$ymax = trim(\$ymax);

```

if (empty($xmax)) $xmax = $xmin;
if (empty($ymax)) $ymax = $ymin;
$file = 'mycommand.gs';
$current .= "reinit\n";
$jj = 0;
foreach ($files as $t)
{
$t = "y:/regcm/$t";
if($jj == 0)
{
$current .= "\nfile = '$t'
'open 'file
val = '$vars'
lat_min = '$xmin'
lat_max = '$xmax'
lon_min = '$ymin'
lon_max = '$ymax'
'set lat 'lat_min' 'lat_max
lat_get = sublin(result,1)
lat_min_val = subwrld(lat_get,4)
lat_max_val = subwrld(lat_get,5)
'set lon 'lon_min' 'lon_max
lon_get = sublin(result,1)
lon_min_val = subwrld(lon_get,4)
lon_max_val = subwrld(lon_get,5)
'set gxout print'
'set prnopts %0.1f'
out_file = 'output_'val'.txt'
hh = 'lat_min lat_max lon_min lon_max time year month day hour 'val"
res = write(out_file, hh)
res = close(out_file)
'q file'
* where t1 = variable name of tdef max value

```

```

t0 = sublin(result,5)
t1 = subwrđ(t0,12)
timT = t1 + 1
year_val = substr (file, 5, 4)
month_val = substr (file, 9, 2)
day_val = 1
count = 1
while (count < timT)
'set t 'count
'q time'
timeinfo=result
year_val = substr(timeinfo,16,4)
month_val=substr(timeinfo,13,3)
if (month_val='JAN'); month_val='01'; endif
if (month_val='FEB'); month_val='02'; endif
if (month_val='MAR'); month_val='03'; endif
if (month_val='APR'); month_val='04'; endif
if (month_val='MAY'); month_val='05'; endif
if (month_val='JUN'); month_val='06'; endif
if (month_val='JUL'); month_val='07'; endif
if (month_val='AUG'); month_val='08'; endif
if (month_val='SEP'); month_val='09'; endif
if (month_val='OCT'); month_val='10'; endif
if (month_val='NOV'); month_val='11'; endif
if (month_val='DEC'); month_val='12'; endif
day_val = substr(timeinfo,11,2)
hour_val = substr(timeinfo,8,2)
";
if($interpolation != "neighbor")
{
if ($vars == "t2m")
$current .="
'd gr2stn('val'-273.15, 'lon_min', 'lat_min')'

```



```

d0 = sublin(result,4)
d1 = subwrld(d0,1)
";
else
$current .="
'd gr2stn('val', 'lon_min', 'lat_min')'
d0 = sublin(result,4)
d1 = subwrld(d0,1)
";
}
else
{
if ($vars == "t2m")
$current .="
'd gr2stn('val'-273.15, 'lon_min', 'lat_min', -n)'
d0 = sublin(result,5)
d1 = subwrld(d0,1)
";
else
$current .="
'd gr2stn('val', 'lon_min', 'lat_min', -n)'
d0 = sublin(result,5)
d1 = subwrld(d0,1)
";
}
$current .="
nn = "lat_min' 'lat_max' 'lon_min' 'lon_max' 'count' 'year_val' 'month_val' 'day_val'
'hour_val' 'd1"
res = write(out_file,nn ,append)
count = count + 1
endwhile
res = close(out_file)
'close 1'

```

```

*-----
";
}
$jj++;
}
$current .= "\n'quit'
*-----";

// Write the contents back to the file
file_put_contents($file, $current);
#####
##### Grads Command FINISH #####
#####
?>
<div class="tabbertab">
<h2>1:Dosya Seçimi</h2>
3. Adım Aktif »
</div>
<div class="tabbertab">
<h2>2:Parametre Girişi</h2>
3. Adım Aktif »
</div>
<div class="tabbertab tabbertabdefault">
<h2>3:Oluşturulan Dosya</h2>
<div id="header"></div>
<fieldset style="width:90%;"><legend>İşlem Sonucu:</legend>
<div id="box">
<?php
if(!exec('grads -blc !.$file))
die ("Error!");
else
echo " Dosya oluşturuldu !";
echo "<br/> Enlem (xmin,xmax) : $xmin, $xmax";
echo " & Boylam (ymin,ymax) : $ymin, $ymax";

```

```

echo "<br/> Değişken : $vars_def ($interpolation)";
?>
<?php
if (file_exists('output_'. $vars.'.txt'))
{ ?>
<textarea id="file_index" name="file_index" cols="75" rows="11"><?php echo
file_get_contents('output_'. $vars.'.txt'); ?></textarea>
<form name="file2db" id="file2db" action="?action=step4" method="post"
onsubmit="document.file2db.submit.disabled = true;">
<input type="hidden" id="xmin" name="xmin" value="<?php echo $xmin; ?>">
<input type="hidden" id="ymin" name="ymin" value="<?php echo $ymin; ?>">
<input type="hidden" id="var_type" name="var_type" value="<?php echo $vars;
?>">
<input type="hidden" id="var_def" name="var_def" value="<?php echo $vars_def;
?>">
<input type="hidden" id="stationname" name="stationname" value="<?php echo
$stationname; ?>">
<input type="hidden" name="observation" id="observation" value="<?php echo
$observation; ?>">
<input type="hidden" id="txtfile" name="txtfile" value="output_<?php echo $vars;
?>.txt">
<input name="submit" id="submit" type="submit" value="Dosyadaki Verileri
Veritabanına Aktar »»»»" onclick="startList();">
</form>
<?php } ?>
</div>
</fieldset>
</div>
<?php
break;
case "step2":
while ( list($hede,$hodo) = each($_REQUEST)){
$$hede = $hodo;

```

```

}
?>
<div class="tabbertab">
<h2>1:Dosya Seçimi</h2>
2. Adım Aktif »
</div>
<div class="tabbertab tabbertabdefault">
<h2>2: Parametre Girişi</h2>
<div id="header"></div>
<?php
$datafile = $files[0];
$datafile = "y:/regcm/$datafile";

$fd = fopen ($datafile, "r");
while (!feof ($fd))
{
$buffer = fgets($fd, 4096);
$lines[] = $buffer;
}
$check_vars = 0; // Check the line of vars is OK
$all_vars = array();
$all_vars_def = array();

for ($i=0; $i<count($lines)-2; $i++) // The last line is null and previous line is
endvars
{
if($check_vars == 1)
{
$parsed = trim(get_string_between($lines[$i], 0, " "));
$parsed_def = trim(get_string_between_orj($lines[$i], " ", ""));
array_push($all_vars, $parsed);
array_push($all_vars_def, $parsed_def);
}
}

```

```

if (substr($lines[$i],0,4) == "vars") // Find the line which is include vars
{
$vars_line = $i;
$check_vars++; // Set the check_vars
}
}
fclose ($fd);
?>
<div id="box">
<form name="makeCommand" id="makeCommand" action="?action=step3"
method="post" onsubmit="document.makeCommand.submit.disabled = true;">
<fieldset><legend>İstasyon bilgilerini giriniz: <strong> (<?php echo $stationname;
?>) </strong></legend>
<p>
<em>Enlem</em> ve <em>Boylam</em> değerlerini giriniz.<br/>
Enlem: <input type="text" id="xmin" name="xmin" size="15"> &nbsp; Boylam:
<input type="text" id="ymin" name="ymin" size="15">
</p>
</fieldset>
<p>
<fieldset><legend>Değişken türünü seçiniz:</legend>
<select id="vars" name="vars" style="width:315px;"
onchange="document.getElementById('vars_def').value =
this.options[this.selectedIndex].text">
<option>---Seçiniz---</option>
<?php
for ($i=0; $i<count($all_vars); $i++)
{
if ($all_vars[$i] == 'tpr' or $all_vars[$i] == 't2m')
echo '<option value="'. $all_vars[$i]."'>'. $all_vars[$i].'
('.$all_vars_def[$i].')</option>';
} ?>
</select></fieldset></p>

```

```

<p>
<fieldset><legend>Enterpolasyon yöntemini seçiniz:</legend>
<input type="radio" name="interpolation" value="bilinear" checked> <small>Çift
Doğrusal(Bi-linear) Enterpolasyon Yöntemi</small><br/>
<input type="radio" name="interpolation" value="neighbor"> <small>En Yakın
Komşu(The Nearest Neighbor) Enterpolasyon Yöntemi</small><br/>
</p>
<div>
<input type="hidden" id="datafile" name="datafile" value="<?php echo $datafile;
?>">
<input type="hidden" id="vars_def" name="vars_def" value="">
<?php
foreach ($files as $key)
{
echo '<input type=hidden name="files[]" value="'.htmlspecialchars($key)."'>';
}
?>
<input type="hidden" name="stationname" id="stationname" value="<?php echo
$stationname; ?>">
<input type="hidden" name="observation" id="observation" value="<?php echo
$observation; ?>">
<input name="submit" id="submit" type="submit" value="Devam Et >>>>"
onclick="startList();">
</fieldset></div></form></div></div>
<?php break;
default:
$dir = '.';
$dir = 'y:/regcm';
$files1 = scandir($dir,0);
?>

<div class="tabbertab">
<h2>1:Dosya Seçimi</h2>

```

```

<div id="header"></div>
<div id="box">
<form name="selectfile" id="selectfile" method="post"
action="?action=step2#step2" onsubmit="document.selectfile.submit.disabled =
true;">
<p><fieldset><legend>1.Lütfen istasyon ismi girip dosya seçimi yapın:</legend>
<div>İstasyon Adı: <br/><input type="text" name="stationname" id="stationname">
</div><br/><div>
<select name="files[]" multiple="multiple" size="5">
<?php
for ($i=0; $i<sizeof($files1); $i++)
{
if (substr($files1[$i], -3) == "ctl")
{ ?>
<option value="<?php echo $files1[$i]; ?>"><?php echo $files1[$i]; ?></option>
<?php } } ?>
</select></div><br/>
<input name="submit" id="submit" type="submit" value="Devam Et >>>>">
</fieldset></p></form>
<div style="text-align:center;"> <input type="button"
onclick="location.href='verify.php';" value="Sıcaklık Doğrulama Sayfası'na Git">
<input type="button" onclick="location.href='verify_tpr.php';" value="Yağış
Doğrulama Sayfası'na Git"></div> </div></div>
<?php break; } ?>

```

ÖZGEÇMİŞ

Emrullah SONUÇ 1986 yılında Karabük'te doğdu. İlkokulu Karabük Anayasa İlkokulu'nda tamamladı. Ortaokul ve lise eğitimini Karabük Anadolu İmam-Hatip Lisesi'nde tamamlayarak 2003 yılında mezun oldu. 2004 yılında Lefke Avrupa Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünü kazanarak bu bölümde lisans öğrenimine başladı. 2006 yılında yatay geçiş yoluyla geçtiği Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimini tamamladı ve 2008 yılında lisans diploması almaya hak kazandı. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında başladığı yüksek lisans eğitimini 2012 yılında tamamladı. Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Yazılım Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak 2009 yılında başladığı görevini halen sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Karabük Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Balıklarkayası Mevkii / KARABÜK

Tel: (536) 675 2104

E-posta: esonuc@karabuk.edu.tr