

75430

**GENETİK ALGORİTMALARIN METEOROLOJİK
UYGULAMALARI**

uygundur

Aras. Gör. İbrahim Ekerif
M. S. K.

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. AHMET ÖZTOPAL

75430

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 Ocak 1998

Tezin Savunulduğu Tarih : 6 Şubat 1998

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Zekai Şen 
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Şakir Kocabaş 
Doç. Dr. Mikdat Kadioğlu 

ŞUBAT 1998

ÖNSÖZ

Meteorolojik çalışmalarda geleceği tahmin etmek önem arz etmektedir. Bunun için meteoroloji literatüründe pek çok yöntem mevcuttur. Genetik Algoritmalar, bu yöntemlerin arasına girmeye aday bir yöntemdir.

Beni meteorolojideki bu yeni yönetime yönlendiren değerli hocam Prof. Dr. Zekai Şen başta olmak üzere, benden değerli bilgilerini esirgemeyen Arş. Gör. İbrahim Sönmez'e, Ahmet Duran Şahin'e, Hasan Tatlı'ya, bütün meteoroloji bölümü üyelerine ve bana her zaman destek olan sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ahmet Öztopal

Şubat, 1998

İstanbul

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	ii
SEMBOL LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xiii
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 GENETİK ALGORİTMALAR.....	3
2.1 Genetik Algoritmaların Tanımı ve Özellikleri.....	3
2.1.1 Analitik yöntemler.....	4
2.1.1.1 Dolaylı metod.....	4
2.1.1.2 Doğrudan metod.....	4
2.1.2 Sayısal yöntemler.....	5
2.1.3 Rastgele yöntemler.....	5
2.2 Genetik Algoritmalar'da Kullanılan Operatörler.....	6
2.2.1 Gen havuzu.....	6
2.2.2 Seçim.....	7
2.2.2.1 Rulet çarkı.....	7

2.2.3 Çaprazlama.....	7
2.2.4 Mutasyon.....	10
2.2.5 Tersleme.....	10
2.3 Yöntemin Performansı İle İlgili Özellikler.....	11
2.4 Uygulama.....	12
2.5 Genetik Algoritmalar'ın Genel Yapısı.....	15
BÖLÜM 3 GEOMETRİK AĞIRLIK FONKSİYONLARI.....	17
3.1 Uygulama.....	20
3.2 Sonuç.....	21
BÖLÜM 4 GA ile AYRIM YÖNTEMİ.....	22
4.1 Uygulama.....	24
4.2 Sonuçlar.....	25
BÖLÜM 5 YAPAY SİNİR AĞLARI-GENETİK ALGORİTMALAR SICAKLIK MODELLEMESİ.....	27
5.1 Uygulama.....	27
BÖLÜM 6 ANGSTRÖM DENKLEMİNİN DİNAMİK HALE GETİRİLMESİ.....	33
6.1 Uygulama.....	34
BÖLÜM 7 SONUÇLAR.....	39
KAYNAKLAR.....	41
EKLER.....	44

EK A Bilgisayar Yazılımı.....	45
EK B Şekiller.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	66



SEMBOL LİSTESİ

$F(x)$: Fonksiyon

μ_I : Uygunluk

Z_m : Tahmin değeri

Z_I : Ölçüm değeri

$W(r_{i,m})$: i-inci istasyon ile m-inci istasyon arasındaki ağırlık fonksiyonu değeri

$r_{i,m}$: i-inci istasyon ile m-inci istasyon arasındaki uzaklık

R : Tesir yarıçapı

α : Yumşatma katsayısı

X_1 : Düşey hız

X_2 : Çiğ noktası depresyonu

η : Öğrenme oranı

E : Hata

H : Ölçülen aylık ışıınım miktarı

H_0 : Atmosfer dışında yatay birim alana gelen aylık ışıınım miktarı

S : Güneşlenme süresi

S_0 : Gün uzunluğu

a : Angström denklemi sabiti

b : Angström denklem sabiti

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
Figure 1 Genetic Algorithm Operations (FORREST, 1993).....	xiv
Figure 2 Scatter diagram; (a) classical regression,(b) discriminant regression.....	xvi
Figure 3 Artificial neural network connections.....	xvii
Şekil 2.1 Amaç fonksiyonları.....	5
Şekil 2.2 Genetik Algoritma işlemleri (FORREST, 1993).....	6
Şekil 2.3 Rulet çarkı.....	7
Şekil 3.1 Çeşitli ağırlık fonksiyonları.....	18
Şekil 3.2.1 Kümülatif yarı-varyogram fonksiyonları (Ocak, Şubat, Mart, Nisan; Şen, 1997).....	52
Şekil 3.2.2 Kümülatif yarı-varyogram fonksiyonları (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos; Şen, 1997).....	53
Şekil 3.2.3 Kümülatif yarı-varyogram fonksiyonları (Eylül, Ekim, Kasım, Aralık; Şen, 1997).....	54
Şekil 3.3 Marmara bölgesi istasyonları.....	20
Şekil 3.4.1 Kümülatif yarı-varyogram ağırlık fonksiyonları (Ocak, Şubat).....	55

Şekil 3.4.2 Kümülatif yarı-varyogram ağırlık fonksiyonları (Mart, Nisan).....	56
Şekil 3.4.3 Kümülatif yarı-varyogram ağırlık fonksiyonları (Mayıs, Haziran).....	57
Şekil 3.4.4 Kümülatif yarı-varyogram ağırlık fonksiyonları (Temmuz, Ağustos).....	58
Şekil 3.4.5 Kümülatif yarı-varyogram ağırlık fonksiyonları (Eylül, Ekim).....	59
Şekil 3.4.6 Kümülatif yarı-varyogram ağırlık fonksiyonları (Kasım, Aralık).....	60
Şekil 4.1 Saçılma diyagramı; (a) klasik regresyon, (b) ayırma regresyonu.....	23
Şekil 4.2 Yağışlı yağışsız günlerin saçılımı (Klasik yaklaşım doğrusu; Panofsky and Brier, 1968).....	25
Şekil 4.3 Yağışlı yağışsız günlerin saçılımı (GA yaklaşımı doğrusu).....	26
Şekil 5.1 Yapay sinir bağlantısı.....	29
Şekil 5.2 Gerçek ve YSA-GA tahminleri.....	31
Şekil 5.3 Gerçek-tahmin değerleri saçılma diyagramı.....	32
Şekil 6.1 Angström parametrelerinin zaman serileri; (a) İstanbul, (b) İzmir, (c) Ankara, (d) Diyarbakır.....	61
Şekil 6.2 Angström parametreleri arasındaki ilişki; (a) İstanbul, (b) İzmir, (c) Ankara, (d) Diyarbakır.....	62
Şekil 6.3 Angström parametrelerinin histogramları, (a) İstanbul, (b) İzmir, (c) Ankara, (d) Diyarbakır.....	63

Şekil 6.4 Ortalama a ve b parametrelerinin aylık değişimleri, (a) İstanbul,
(b) İzmir, (c) Ankara, (d) Diyarbakır.....64

Şekil 6.5 a ve b parametrelerinin standart sapmalarının aylık
değişimleri, (a) İstanbul, (b) İzmir, (c) Ankara, (d) Diyarbakır.....65



TABLO LİSTESİ

Tablo No

Sayfa No

Tablo 3.1 Hesaplanan yumşatma katsayıları (α) ve tesir

yarıçapları (R).....21

Tablo 5.1 Çalışmada kullanılan veri değerleri.....28

Tablo 6.1 Güneş radyasyonu ve güneşlenme süresi ortalama

ve standart sapmaları.....34

Tablo 6.2 GA ile hesaplanan a ve b değerlerinin ortalama ve standart

sapmaları.....35

Tablo 6.3 a, b, a+b, S/S₀ ve H/H₀'ın aylık ve on yıllık

ortalamları.....37-38

ÖZET

Bu çalışmanın esas amacı, uzman sistemlerden biri olan Genetik Algoritmalar'ın endüstrinin yanında atmosfer bilimlerinde de kullanılabileceğini göstermektir. Bununla bağlantılı olarak meteorolojik problemlerde çokça karşılaşılan objektif analiz, Angström denklemi, sınıflandırma ve sıcaklık modellemesi gibi dört farklı konu seçilmiştir.

Bunlardan Objektif analiz çalışmasında, literatürde bulunan Cressman ve Barnes ifadelerinin, bölgesel bağımlılığı da yansıtan ağırlık fonksiyonlarını temsil eder hale getirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için de en uygun tesir mesafesi (R) ve yumuşatma katsayısı (α) parametreleri Genetik Algoritmalarla bulunmuştur. Ayrıca bu çalışma ile R ve α parametrelerinin objektif olarak bulunabileceği de gösterilmiştir.

Eldeki sayısal ve sözel verilerden yararlanarak iki farklı yapıyı (sınıfı) birbirinden ayırmak için literatürde çoklu regresyon yöntemi kullanılabilir. Bunun yanında böyle bir sınıflandırma probleminde Genetik Algoritmaları da kullanabilmek mümkündür. Bunun için Albany, Newyork'ta ölçülen düşey hız ve çığ noktası depresyonu verileri kullanılmıştır. Toplam 91 günlük veriden 29 gününde yağış gözlenmiştir. Bu veriler için Panofsky ve Brier'in çoklu regresyon yöntemiyle buldukları doğru denklemi 15 hataya sahipken, Genetik Algoritmalarla hata sayısı 12 olarak bulunmuştur.

Diğer bir uygulamada, meteorolojik bileşenlerin en önemlilerinden birisi olan sıcaklık parametresinin buhar basıncı ve bağıl nem parametrelerinden faydalanılarak öngörülmesine çalışılmıştır. Burada yöntem olarak Yapay Sinir Ağlarının bilgilerin sinirler arası iletilmesi prensibi ile beraber Genetik Algoritmalar kullanılmıştır. Veriler İstanbul Göztepe istasyonuna ait sıcaklık, buhar basıncı ve bağıl nem verileri olup 1 Mart-20 Nisan 1996 tarihleri arasındaki günlük ortalama değerlerdir.

Bilindiği gibi aylık ortalama güneş ışıınımı hesaplamalarında Angström doğrusal ışıınım denklemi kullanılmaktadır ve dolayısıyla bu klasik bir regresyon analizidir. Eldeki verilerden sadece bir tane a ve b katsayısı hesaplanır. Yapılan bu çalışmanın klasik regresyon analizinden farkı, Angström denklemindeki a ve b

katsayılarının hesabında tüm veriyi gözönünde bulundurmamasıdır. Birbirlerini takip eden her iki ay arasından bir a ve b katsayısı hesaplanabiliyor. Böylelikle tüm verilerden bir tane durağan a ve b katsayısı elde etmek yerine dinamiği olan bir a ve b zaman serisi elde etmek mümkündür. Ayrıca bu elde edilen zaman serisinden hava ve iklim parametrelerindeki değişim dolaylı da olsa görülebilir. Klasik regresyon analizinin bize vermediği a ve b katsayılarının istatistiksel analizi bu yöntemle yapılabilmektedir.

Sonuç olarak Genetik Algoritmaların meteorolojideki en iyileme problemlerinin hepsinde rahatlıkla kullanılabileceği görülmüştür.



SUMMARY

In the last decades the human being have started to imitate the behavior of living organisms in order to model them in the artificial media through logical approaches and by this manner they are able to solve actual problems through models. For instance, the existence of neurons in the living organism's body is a means of transferring knowledge and examination of this system lead human kind to artificial neural networks. On the other hand, considering the adaptability of living organisms to their environments lead to the emergence of genetic algorithm approaches in the modeling of natural phenomena.

In the discipline of meteorology the modeling affairs are very significant. The prediction of future occurrence becomes rather simple and straight forward with the data available data recorded at meteorological stations. In addition to artificial neural network and fuzzy logic algorithms the Genetic algorithm may also be used successfully in these affairs. Especially, in the case of optimization problems Genetic Algorithm (GA) can be used most successfully.

HOLLAND (1975) who studies machine-learning has tried to develop genetic operations in the artificial media and later explained the overwhelming success of these approaches by HOLLAND (1992). It was thought in the beginning that GA did not have any beneficial possibilities but when Holland's student GOLDBERG (1989) completed his Ph. D. thesis on the abilities and application of the Gas he was granted with National Science Foundation award and then the significance of GA started to slip into the current literature more effectively. After four years from his doctorate studies he published few papers and then onwards the GA started to appear in different domains of science and engineering.

Gas use natural selection and genetic rules for survival. These rules can be understood as the continuance of the adaptable living organism to his/her environment to continue the survival whereas the others do not have a chance for survival. Gas employ these two rules for reaching the best of the solutions in an optimum manner. In short it is a method of searching and then finding the optimal solution.

These algorithms require simple calculations and due to these simplicities their effectiveness does not lost any value. They do not require continuity and derivative prerequisites like other optimization techniques. Their applications do not base on heavy mathematical expressions or algorithms.

It is possible to state the major differences between Gas and other classical search techniques as follows:

- 1) In Gas the parameters are used by a systematic coding procedure. In general the coding system is binary.
- 2) Instead of a single point, in the Gas many points are used initially for optimization. Consequently, like in other classical techniques in such a search technique the system is not clogged at local best solutions.
- 3) In Gas only objective functions are used. There is no need for extra knowledge such as derivatives or integrations. These properties render the Gas to be away from the influence of many assumptions and conditions.

4) Gas use not the deterministic rules but the probability rules.

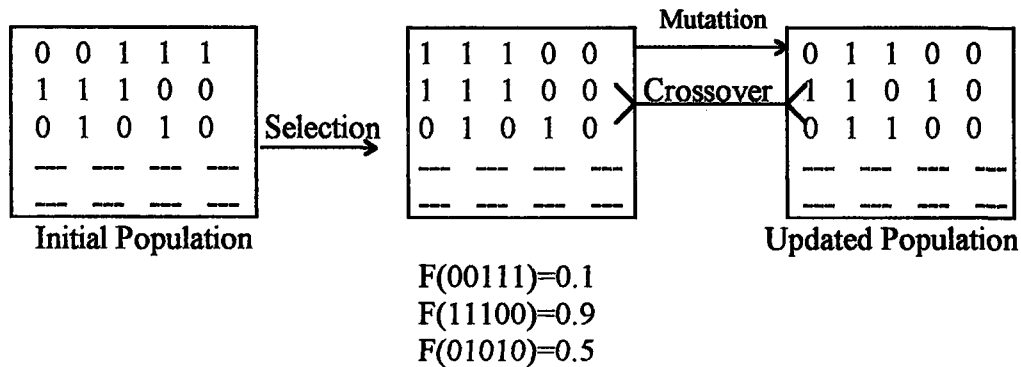


Figure 1. Genetic Algorithm Operations (FORREST, 1993).

The gene pools a reservoir where the chromosomes suitability is searched and the ones that are suitable are kept in the pool. For instance, in the Figure 1 $F(00111) = 0.1$, $F(11100) = 0.9$, $F(01010) = 0.5$ all show the suitability values. From these suitability values the ones with greater suitability are selected and then they are reproduced over the others with small suitability values. In later stages the individuals are passed through the cross-over and mutation operations.

Over-crossing operation corresponds to procedure whereby the genes in two different chromosomes are overchanged with each other. First of all the pairs of chromosomes that will be operated through the cross-over are selected randomly from the pool. Later, again through another random operation the location within the chromosome is determined for cross-over and subsequently all the genes after this location are interchanged between two chromosomes. The purpose of such an operation is to be able to obtain different chromosome characteristics. As stated earlier both the selection of two chromosomes and the location of over-crossing are achieved through random processes. In the following the pairs of chromosomes, the location for cross-over operation and the numbers they represent are shown on the right hand side of the arrows.

$$\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0 & 0 & & 1 & 0 & 1 & 1 & \rightarrow 75 \\ 1 & 1 & 1 & & 0 & 1 & 0 & 0 & \rightarrow 116 \end{array}$$

The chromosome pair above is cut at the third location and then the bold genes are interchanged between these chromosomes and the result is the following two new chromosomes. Under the light of the aforementioned explanation each chromosome represents a single decimal number and even a single change in the gene leads to different numbers.

$$\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \rightarrow 68 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & \rightarrow 123 \end{array}$$

Mutation is an operation whereby each one of the genes in a single chromosome is changed randomly by its opposite gene which is not similar to interchange as in the cross-over. Hence, in the mutation operation if a gene has 0 as

its value it will be rendered to 1 or if the value is 1 it will be replaced by 0. The benefit from such an operation is to be able to find the best of the bests in the search method. The mutation number i.e., the number of genes for mutation will be held rather small otherwise randomness become dominant in the overall search methodology.

1 0 0 1 0 1 1 → 75

For instance, with the application of mutation operation at gene within the third location the chromosome will take the following sequence of binary numbers,

1 0 1 1 0 1 1 → 91

Inversion of the chromosome is equivalent to read the chromosome from left to right from right to left. In the new chromosome the gene locations are similar to the gene locations from the end of the previous chromosome. Hence, the newly born chromosome in this manner exposes completely different numerical value. For instance, the reversal of chromosome

1 1 0 0 0 1 0 → 98

leads to a new chromosome as

0 1 0 0 0 1 1 → 35

APPLICATION 1

THIEBAUX and PEDDER (1987) have suggested the weighting functions for regional estimation of meteorological variables without taking into consideration the effects of the meteorological phenomena at all. They have considered the station configuration only and suggested that the weightings are as follows

$$W(r_{i,m}) = \begin{cases} \left(\frac{R^2 - r_{i,m}^2}{R^2 + r_{i,m}^2} \right)^\alpha & \text{for } r_{i,m} \leq R \\ 0 & \text{for } r_{i,m} \geq R \end{cases} \dots\dots\dots(1)$$

Herein, R is the radius of influence and α the smoothing coefficient (power parameter).

This equation becomes equivalent to the CRESSMAN (1955) approach when the smoothing coefficient is equal to one. It is possible to determine the radius of influence and the smoothing coefficient α according to the personal experience and ability subjectively. In fact, in the practical studies there appear some difficulties in the determination of especially α parameter.

SASAKI (1960) and BARNES (1964) have suggested a different type of geometric function for weighting finding as follows

$$W(r_{i,m}) = \exp \left[-4 \left(\frac{r_{i,m}}{R} \right)^\alpha \right] \dots\dots\dots (2)$$

In fact, the procedures for the weighting function determinations should take into consideration not only the station configuration but also the behavior of the meteorological phenomena regionally. Recently, ŞEN (1997) has proposed the cumulative semivariogram technique in the determination of the weighting functions as an alternative to Cressman and Barnes approaches. It has been observed that none of the classical techniques can be obtained by this procedure. It is necessary to determine the radius of influence and α rather objectively. Such a determination procedure is developed through the GA in this thesis.

APPLICATION 2

It is possible to obtain the relationships between the precipitation event and related factors on a basic X-Y coordinate system. For instance, let us assume that X variable is verbal whereas Y and Z are the numerical data related to this verbal variable. Verbal data may have the forms of Yes/No, black/white, foggy/nonfoggy, precipitation/non-precipitation. In the evaluation of these variables the following procedure is followed

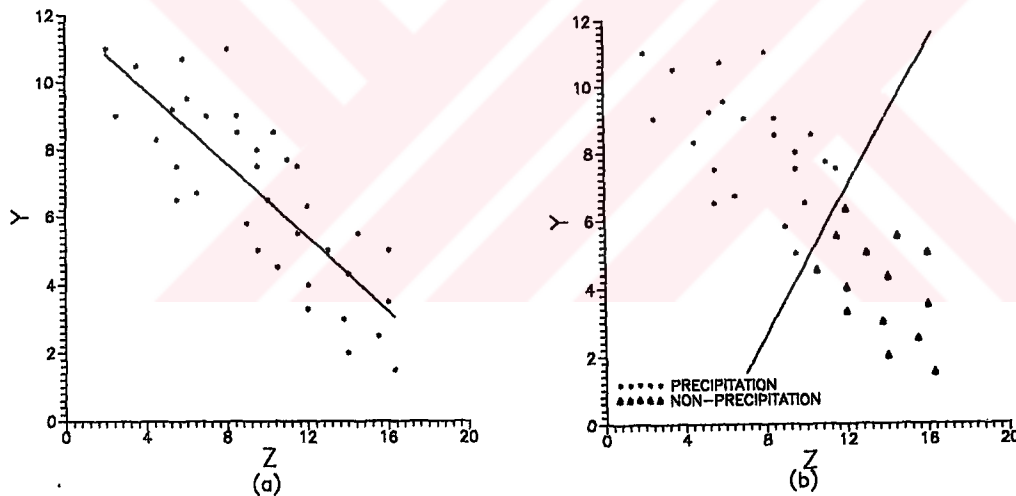


Figure 2. Scatter diagram; (a) classical regression; (b) discriminant regression

(a) Plot the scatter diagram of Y and Z as shown in Figure 2a. The relationship between these two different variables can be expressed by the least squares technique. However, such an approach is very classical and it will not be used in this thesis. Herein, the purpose is not the determination of the equation form but the estimation of parameters.

(b) If the regression technique is not suitable for the solution then the verbal data might be employed. Use of X verbal data discriminates the whole space of the Cartesian coordinate system into two distinctive areas as shown in Figure 2b. Herein the circles show precipitation and full triangles the non-precipitation events. The first question in this solution is whether the separation line is linear or nonlinear? Hence, the problem is completely different than the classical solutions. One should try and find the discriminant line or curve between these two areas for separation.

The main problem here is not to find the best linear line fitting to the data with minimum squares of errors but to find a line that separates the verbal data into two distinctive parts with minimum error of miscounts. The purpose is to minimize the number of false points in these two areas. According to PANOFSKY and BRIER (1968) similar problems are solved classically in the literature according to the multiple regression approach.

For this purpose Albany, New York data are adopted as the vertical axis representing vertical velocity X_2 and dew point temperature X_1 on the horizontal axis. These data are taken from PANOFSKY and BRIER (1968). All together there are 91 daily data out of which there are 29 precipitation days.

$$X_2 = 27.83 + 1.12 X_1 \dots\dots\dots(3)$$

This line separates the verbal data with 12 miscounts hence the number of error is 12 out of 91

On the other hand, as presented by Panofsky and Brier (1968) the discriminant line through the regression procedure led to 15 miscounts.

$$X_2 = 37.53 + 0.75 X_1 \dots\dots\dots(4)$$

APPLICATION 3

In this application, one of the most significant meteorological variables as temperature is estimated from the water vapor pressure and relative humidity data. Herein, the artificial neural network procedure is coupled with the GA approach.

In the application the data are adopted from Göztepe, İstanbul Meteorological Station. Among these data are temperature, vapor pressure and relative humidity which are recorded from 1 March - 20 April, 1996 daily.

Detailed knowledge in Turkish concerning artificial neural network is available from SÖNMEZ and ŞEN (1997) and according to their methodology the GA is coupled and the applications are executed. For this reason detailed artificial neural network information is not furnished in this thesis.

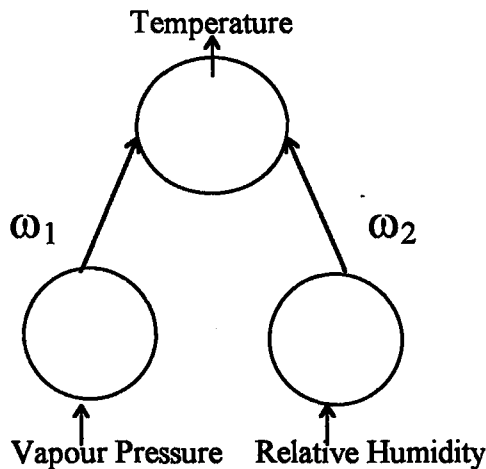


Figure 3. Artificial neural network connections

As can be seen from Figure 3 the input layer includes water vapour pressure and relative humidity through two cells and output layer includes the temperature variable in the form of a single cell. In the output in order to represent the associated nonlinearities a sigmoid function is also employed.

The weightings w 's in the artificial neural network system are used for the backpropagation of the error through the whole system and their appearance in the backpropagation equation is given by MANIEZZ (1994) as

$$w_{jij}^{yeni} = w_{ji}^{eski} - \eta \frac{\partial E}{\partial w_{ji}} \dots \dots \dots (5)$$

As a result of this procedure the actual and predicted temperature values follow each other very closely.

APPLICATION 4

As is well known from the literature ANGSTRÖM (1924) linear equation is invariably employed in the solar irradiation estimations through the following expression

$$\frac{H}{H_0} = a + b \frac{S}{S_0} \dots \dots \dots (6)$$

In this equation sunshine duration S and S_0 and solar irradiation H and H_0 are dominant. This equation has been solved through the data by ŞAHİN and ŞEN (1997) through the assumption that the changes between two successive months is linear and then the substitution of the data values concerning two months lead to a solution of parameters a and b . They have used rather regression technique simply but the view taken in this thesis is the same except that the solutions of the parameters is achieved by the GA approach. Hence, a sequence of a and b parameter estimations is obtained instead of constant and single a and b values as resulting from the classical techniques. Availability of sequences of the parameters give ability to obtain their statistical evaluations at any level.

In this thesis, four solar irradiation station data are used, namely, İstanbul, İzmir, Ankara and Diyarbakır from 1992 to 1993 inclusive. The results are as follows.

- 1) a and b parameters are mostly positive but occasional negative values are also possible.
- 2) Negative values are comparatively very little. In few stations big negative b values are possible. B parameter is related to the cloud coverage.
- 3) Summation of a and b in any time period is less than 1.
- 4) There is an inverse relationship between these two parameters. Hence, high a values are followed by low b values and vice versa.
- 5) It is possible to construct the histograms of parameters a and b . Although the concentration of a and b parameters is confined between 0 and 1 there are values outside of this range. These may be due to sudden air and weather changes or as a result of errors.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Eğer bilimin gelişme sürecine bakılacak olursa, insanlığın bu süreç içerisinde tabiattan pek çok kez ilham aldığı görülür. Tabiat, insanoğlu için sürekli bir model olmuştur. Örneğin, uçan bir varlığın olmadığı bir ortamda uçmanın hayal edilmesi, hayal edilebilse bile bu işin gerçekleştirilmesi neredeyse imkansızdır. Bugün gökyüzünde özgürce dolaştığımız uçaklar, kuşların aerodinamik yapılarıyla bir benzeşim göstermektedir. Ayrıca asfaltları delmek ve kırmak için kullanılan kompresörler de kullanıcıya minimum zararı verecek şekilde, yapılarında titreşimin çoğunu emen bir mekanizmaya sahiptir ve bu mekanizma Ağaçkakanların kafa ve gaga yapılarının arasının incelenmesiyle geliştirilmiştir. Çünkü Ağaçkakanların o bölgesinde titreşimi emen bir yumşak tabaka vardır ve bu sayede ağaçkakanın beyni ağaçları devamlı gagalamasına rağmen zarar görmemektedir.

Artık insanlık, canlıların yapılarında varolan bir takım özellikleri sanal ortamlarda taklit ederek modeller geliştirmeye ve bu modellerle de karşılaştığı problemlere çözümler getirmeye çalışmaktadır. Örneğin, canlıların yapısında varolan sinirlerin, bilgileri aktarma kabiliyetlerinin incelenmesiyle Yapay Sinir Ağları ve canlıların çevreye uyum ve genetik özelliklerinin araştırılmasıyla da Genetik Algoritmalar geliştirilmiştir.

Meteoroloji bilim dalında modelleme çok önemlidir. Elde bulunan verilerin modellenmesiyle gelecek hakkında tahmin yapmak kolaylaşır. Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık gibi yöntemlerin yanında Genetik Algoritmalar'da bu alanda rahatlıkla kullanılabilirler. Genetik Algoritmalar (GA), özellikle en iyileme problemlerinde çok başarılı bir yöntemdir.

Bu tezin amacı, GA yöntemi ile meteorolojide neler yapılabileceğini göstermektir. İşte bu doğrultuda bölüm 2'de yöntem hakkında bilgi verildi.

Bunlardan bölüm 3’de, meteoroloji’deki Cressman ve Barnes ifadelerindeki tesir mesafesi (R) ve yumuşatma katsayılarının (α) subjektif (kişisel) olarak değil de objektif olarak bu yöntemle bulunabileceği gösterildi.

Bölüm 4’de, çığ noktası depresyonu ve düşey hız sayısal verileriyle yağış sözel verilerinden faydalanılarak, kartezen koordinat düzleminde yağış olan bölge ile olmayan bölgeyi ayırabilecek en az hatalı bir doğru GA yöntemi ile bulundu.

Yapay Sinir Ağlarındaki katsayı hesabı için geriye yayılma algoritması yerine Genetik Algoritmaların kullanılabileceği Bölüm 5’de gösterilmiştir. Böyle bir çalışma için Göztepe’ye ait sıcaklık verileri, buhar basıncı ve bağıl nem parametrelerinden faydalanılarak modellenmeye çalışılmıştır.

Angström denklemindeki a ve b katsayılarının Genetik Algoritmalarla hesaplanabileceği ve böylelikle bu katsayıların istatistiksel analizinin yapılabileceği Bölüm 6’da anlatılmıştır.

Bu çalışmaların sonuçları ve tavsiyeler Bölüm 7’de sunulmuştur.

BÖLÜM 2

GENETİK ALGORİTMALAR

İnsanoğlu varolduğu tarihten bu yana doğa ile iç içe yaşamaktadır. Bu birliktelik içerisinde doğa, insanoğluna birçok konuda ilham kaynağı olmuştur. Örneğin uçağın yapılması, radarın icadı gibi birçok teknolojik gelişme insanoğlunun doğayı ve doğadaki canlıları incelemesi sonucu gerçekleştirilmiştir. Doğanın incelenmesi esnasında kimi problemlerin çözülmesi için birçok yöntemler de geliştirilmiştir. GA'lar ise bu yöntemlerden biri olmakla birlikte en yenilerindendir. Makina öğrenmesi konusunda çalışan HOLLAND (1975), canlılardaki genetik işlemleri sanal ortamda gerçekleştirmeye çalışmış ve bu işlemlerin etkinliğini yine HOLLAND (1992) açıklamıştır. Başlangıçta pratik bir yararı olmadığı düşünülen GA'lara, Holland'ın öğrencisi olan Goldberg'in yaptığı doktora teziyle National Science Foundation tarafından verilen Genç Araştırmacı ödülünü alması ve bundan dört yıl sonra da klasik eserini (GOLDBERG, 1989) yayınlamasıyla ilgi artmıştır.

2.1 GENETİK ALGORİTMALARIN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Genetik Algoritmalar (GA), doğal seçme ve genetik kurallarına dayanmaktadırlar. Bu kurallar, en fazla uyum sağlayan canlının hayatına devam etmesi ve uyum sağlayamayan canlının da elenmesi olarak algılanabilir. GA'lar bu iki kuralı bir arada kullanarak en iyiye aramayı amaç edinen bir yöntemdir. Kısacası bir en iyileme yöntemidir.

GA'lar basit hesaplamalar gerektirir ve bu basitliğinden dolayı etkinliği azalmaz. Diğer pek çok en iyiye arama yöntemlerindeki süreklilik ve türevler gibi kabulleri içermez. Uygulamalarında ağır matematik bilgiler kullanılmaz. Pek çok en iyiye arama yöntemi bulunmaktadır ve bunlardan bir kısmı aşağıda verilmiştir:

2.1.1 Analitik Yöntemler

2.1.1.1 Dolaylı Metod

Burada kullanılan matematik ifadeler genel olarak aşağıdaki şekildedir.

$$\nabla F(x)=0 \dots\dots\dots(2.1)$$

Amaç fonksiyonunun gradyanının sifıra eşit alınması sonucu ortaya çıkan doğrusal olmayan denklem takımının çözülmesini gerektirir. Arama tepe veya çukur olması muhtemel noktalar civarında yapılır.

Bu yöntemde görülen eksiklikler şunlardır:

1) Doğrusal olmayan denklem takımlarının çözümü oldukça zordur. Başlangıç ve sınır şartları içerisinde çözüme ulaşılabilir. Ayrıca varolan çözümün kaotik olması da muhtemeldir.

2) Amaç fonksiyonları türevi alınabilir olmalıdır. Aksi takdirde çözüme ulaşmak imkansızdır. Oysaki gerçek hayattan elde edilen verilerde zaman zaman süreksizlikler olduğu gibi veriler içerisinde gürültü de mevcuttur.

3) Arama tepe veya çukur olması muhtemel noktalar civarında yapılacağından bu yöntem, bir tek tepesi olan Şekil 2.1a gibi geometriler için çalışırken Şekil 2.1b için iyi çalışmayabilir. Çünkü yöntem genel en iyi yerine yerel en iyiye takılabilir, yani yöntem yersel bakış açısıyla yürür.

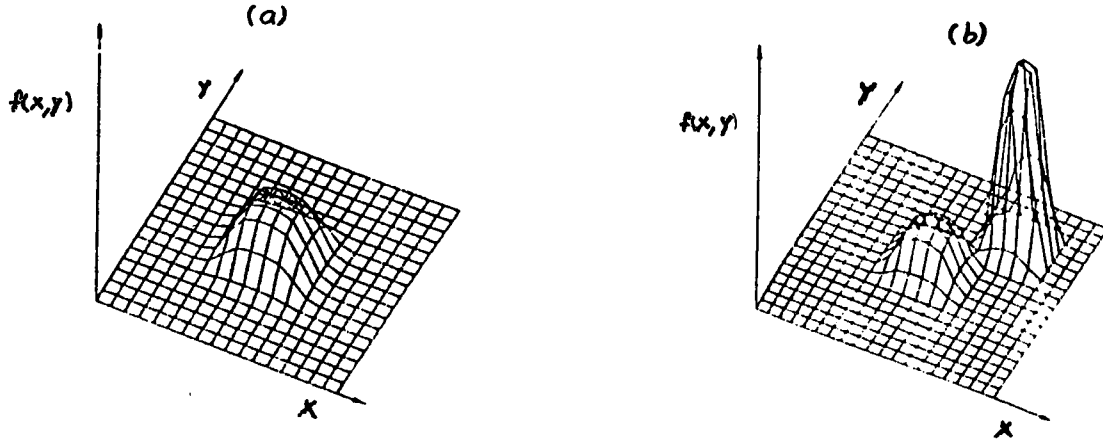
2.1.1.2 Doğrudan Metod

Literatürde Hill-Climbing (Tepe Tırmanma) adı verilen arama şekli bir Doğrudan Metoddur. Bu arama şeklinde maksimum noktasının yeri hakkında bir tahminde bulunulur ve buna yakın herhangi bir noktadan arama sürdürülür. Burada yerel en iyi noktayı bulmak için mümkün olan en dik eğimli yönde ilerlenir.

Bu yöntemin eksiklikleri de şunlardır:

1) Yöntem yersel bakış açısıyla ilerler. Dolayısıyla Şekil 2.1a için iyi sonuçlar verir. Şekil 2.1b için yöntem yerel en iyiye takılabilir.

2) Amaç fonksiyonları türevlenebilir olmalıdır. Aksi takdirde yöntem arama yapamaz hale gelir.



Şekil 2.1. Amaç fonksiyonları.

2.1.2 Sayısal Yöntemler

Sonlu elemanlar, sonlu farklar ve sınır elemanları sayısal yöntemlerdir. Sınırlı bir arama uzayındaki amaç fonksiyonu değerlerine bakarak sonuca göre yeni noktaların bulunmasını içerir. Ancak pratikte ele alınan uzayların geniş olmasından dolayı noktaların tek tek ele alınması mümkün değildir.

2.1.3 Rastgele Yöntemler

Bu yaklaşımlar yukarıda anlatılan arama yöntemlerinin zayıf yönlerinden dolayı artan bir ilgiyle izlenmektedir. GA'lar rastgele arama yöntemlerinden farklı olarak olasılığı kodlanmış parametre uzayında işlem yapmada bir araç olarak kullanılırlar (EROL, 1995).

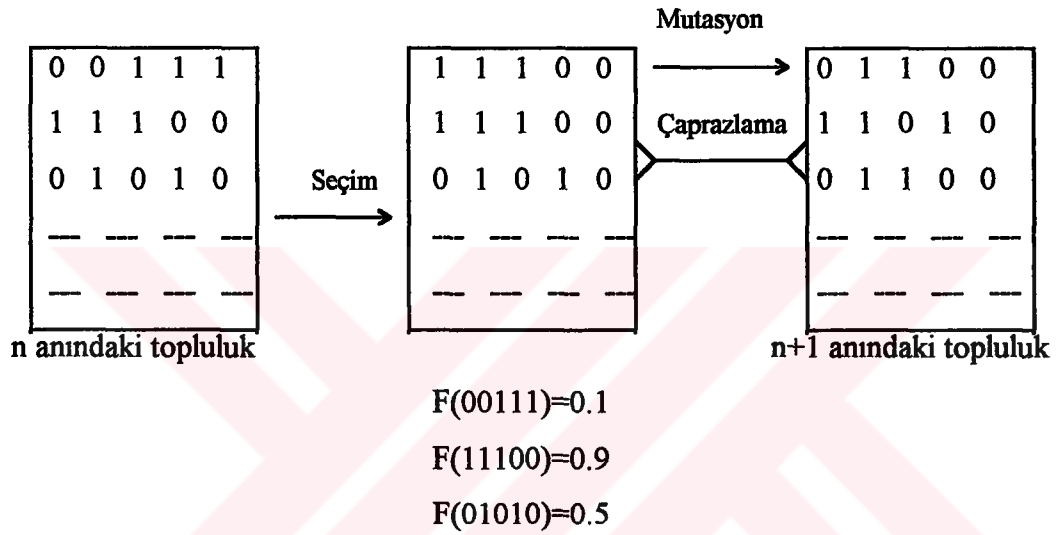
GA'lar ile diğer geleneksel yöntemler arasındaki farklar şöyle sıralanabilir:

1) GA'larda parametreler kodlanarak kullanılırlar. Genelde kodlama biçimi ikilik sayı sistemindedir. Bu sistem bilgisayarın çalışma sistemiyle aynıdır. Eğer istenirse bilgiler daha farklı sayı sistemlerinde de kodlanabilirler.

2) Genetik Algoritmalar'da tek bir nokta yerine noktalar topluluğundan hareket edilir. Bu da Şekil 2.1b'deki genel maksimuma ulaşmayı kolaylaştırır. Yani sistem yerel maksimuma takılmaz.

3) GA'larda sadece amaç fonksiyonu değerleri kullanılır. Türev ve integral gibi daha farklı bilgilere gerek yoktur. Bu da yöntemi belirli kabul ve şartlardan uzak tutar.

4) GA'lar belirlilik değil, olasılık kurallarına dayanır. Seçim işlemi bu olasılık doğrultusunda gerçekleştirilir.



Şekil 2.2 Genetik Algoritma işlemleri (FORREST, 1993).

2.2 GENETİK ALGORİTMALAR'DA KULLANILAN OPERATÖRLER

2.2.1 Gen Havuzu

Gen havuzu, kromozomların uygunluklarının değerlendirilip seçim işleminin yapıldığı havuzdur. Şekil 2.2'ye bakılacak olursa herbir 0 ve 1 değeri bir geni ve herbir 0 ve 1 topluluğu da bir kromozomu temsil eder. $F(00111)=0.1$, $F(11100)=0.9$, $F(01010)=0.5$ ise topluluğun uygunluk değerlerini göstermektedir. Bir kromozomun uygunluk değeri Denklem 2.2'den hesaplanır. Buradan uygunluk değerleri büyük olan fertler seçilir ve uygunluğu küçük olan fertlerin üzerine kopyalanır. Daha sonraki adımlarda ise fertler çaprazlama ve mutasyondan geçirilirler.

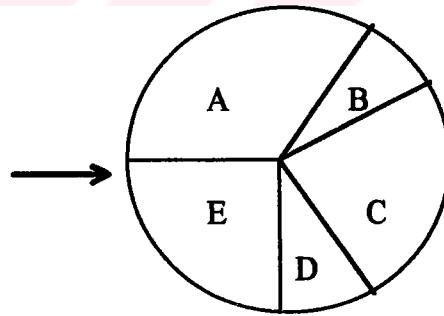
2.2.2 Seçim

Burada amaç, uygunlukları küçük olan kromozomların elenip uygunlukları büyük olan kromozomların ağırlıklarını hissettirerek yeni bir nesil oluşturmaktır. Seçim işlemi, uygunlukları büyük kromozomlar uygunlukları küçük kromozomlar üzerine tekrar yazılarak ve/veya rulet çarkı kullanılarak yapılabilir. Kromozomların karakterleri sahip oldukları uygunluk değerlerine göre saptanır.

$$\mu(i) = \frac{F(X)i}{\sum_{j=1}^n F(X)j} \dots\dots\dots(2.2)$$

2.2.2.1 Rulet Çarkı

Şekil 2.3'den de görüldüğü üzere rulet çarkı kromozomların uygunluk değerlerine bağlı olarak dilimlere ayrılır. Buradaki çalışma prensibi, bu çarkın döndürülerek herhangi bir dilimde durmasını beklemektir. Doğal olarak okun en fazla dilime sahip olan kromozomu gösterme olasılığı en büyüktür.



Şekil 2.3. Rulet çarkı.

2.2.3 Çaprazlama

Kromozomların genlerini birbirleriyle değiştirmelerini sağlayan bir işlemdir. Önce çaprazlamaya tabi tutulacak kromozom ikilileri rastgele seçilir. Daha sonra bu

kromozom ikililerinin hangi genlerden itibaren kesileceği yine rastgele seçim ile belirlenir. Kesilen genler kromozom ikilileri arasında değiştirilir. Burada amaç eldeki nesilden farklı nesiller elde etmektir. Bu işlemde çaprazlanacak kromozom ikilileri ve bunların hangi genlerden itibaren çaprazlanacağı rastgele belirlenir. Bu konudaki değişik işlemler aşağıdaki dört işlemle verilir. Okların sağ taraflarında her kromozomun temsil ettiği sayısal değerler gösterilmiştir.

a) Tek kesimli çaprazlama:

Bu işlemde kromozomlar rastgele bir yerinden kesilir ve sonra ilgili genler ile yer değiştirilir.

$$\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0 & 0 & & 1 & 0 & 1 & 1 & \rightarrow 75 \\ 1 & 1 & 1 & & 0 & 1 & 0 & 0 & \rightarrow 116 \end{array}$$

Yukarıdaki kromozom ikilisi 3. genden itibaren kesilmiş ve koyu renkli genler yer değiştirilerek aşağıdaki yeni kromozomlar elde edilir. Yukarıdaki izahlardan anlaşılacağı üzere her bir kromozoma bir sayı karşı gelir ve kromozomlardaki genlerden bir tanesinin bile değişmesi ile bu sayılarda değişir.

$$\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \rightarrow 68 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & \rightarrow 123 \end{array}$$

b) Çift kesimli çaprazlama:

Öncekine benzer işlem, kesimin kromozom boyunca iki yerde yapılması ile aynen tekrarlanır.

$$\begin{array}{cccc|cccc|cccc} 1 & & & & 0 & 0 & 1 & 0 & & & 1 & 1 & & & \rightarrow 75 \\ 1 & & & & 1 & 1 & 0 & 1 & & & 0 & 0 & & & \rightarrow 116 \end{array}$$

Burada kromozom ikilileri iki farklı yerden kesilerek çaprazlama uygulanır. Koyu renkli genler çaprazlanmıştır.

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & \rightarrow 119 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \rightarrow 72 \end{array}$$

Görüleceği üzere bu kez de yeni şekil alan kromozomlar sonucunda temsil ettikleri sayılar yine değişmiştir.

c) Çok kesimli çaprazlama:

Kromozomların çapraz olarak ikiden daha fazla yerden rastgele kesilerek genlerin yer değiştirilmesi ile sağlanır.

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & / & 0 & 0 & / & 1 & 0 & / & 1 & / & 1 & \rightarrow 75 \\ 1 & / & 1 & 1 & / & 0 & 1 & / & 0 & / & 0 & \rightarrow 116 \end{array}$$

Bu çaprazlama sonucunda yeni kromozom ve sayılar aşağıdaki gibidir.

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & \rightarrow 121 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & \rightarrow 70 \end{array}$$

d) Uniform çaprazlama:

Bu işlemin aslı rastgele genlerin iki kromozom arasında yer değiştirmesi ile olur.

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & \begin{array}{c} \uparrow 0 \\ \downarrow \end{array} & 0 & \begin{array}{c} \uparrow 1 \\ \downarrow \end{array} & 0 & 1 & \begin{array}{c} \uparrow 1 \\ \downarrow \end{array} & \rightarrow 75 \\ 1 & \begin{array}{c} \uparrow 1 \\ \downarrow \end{array} & 1 & \begin{array}{c} \uparrow 0 \\ \downarrow \end{array} & 1 & 0 & \begin{array}{c} \uparrow 0 \\ \downarrow \end{array} & \rightarrow 116 \end{array}$$

Burada her gen için yazı tura atılır. Örneğin yazı gelirse çaprazlama yapılsın, tura gelirse çaprazlama yapılmazın kuralına uyulur. Koyu renkli genler için yazı geldiğinden bu genler için çaprazlama uygulanarak kromozomların yeni şekilleri şöyle olur.

1	1	0	0	0	1	0	→100
1	0	1	1	1	0	1	→93

2.2.4 Mutasyon

Mutasyon, çaprazlamadan farklı olarak iki kromozomun yerine bir tek kromozom üzerinde rastgele belirlenen genlerin karşıt genlerle yer değiştirilmesi ile yapılan işlemdir. Burada amaç, verilen belli bir mutasyon değeriyle 0 olan genleri 1, 1 olan genleri de 0 yaparak yersel en iyilerin dışında mümkün olabilecek en iyileri de araştırmaktır. Mutasyon değeri yani mutasyona tabi tutulacak genlerin sayısı küçük tutulur; çünkü olaya rastgeleliğin hakim olması arzu edilmez.

1	0	0	1	0	1	1	→75
---	---	---	---	---	---	---	-----

Mesela mutasyon üçüncü gene uygulanırsa önceki kromozomun yeni şekli

1	0	1	1	0	1	1	→91
---	---	---	---	---	---	---	-----

olur.

2.2.5 Tersleme:

Önceki işlemlerden tamamen farklı olan tersleme kromozomun soldan sağa okunacak yerde sağdan sola doğru gen dizisi ile okunması durumunda ortaya çıkan kromozomdur. Burada da önceki kromozomun temsil ettiği sayıdan tamamen farklı bir sayı elde edilir. Mesela

1 1 0 0 0 1 0 → 98

gibi bir kromozom tersine çevrilirse aşağıdaki yeni kromozom elde edilir.

0 1 0 0 0 1 1 → 35

2.3 YÖNTEMİN PERFORMANSI İLE İLGİLİ ÖNEMLİ NOKTALAR

GA'ların başarısı, genlerde kodlanan bilginin, özellikle çaprazlama yoluyla, sürekli farklı şekillerde biraraya gelmesine ve bu birlikteliklerden de en başarılı sonucu verenlerin seçilmesine dayanmaktadır (MOUMİN, 1995). GA'larla alakalı bazı önemli özellikler ise şu şekilde özetlenebilir.

1) Kromozom, problemin çözümü için gerekli olan bilgiyi üzerinde taşıyan genler topluluğu olarak değerlendirilebilir. Kromozom sayısının fazla olması çalışma süresini arttırmasına karşılık az olması da çeşitliliği ortadan kaldırır.

2) Mutasyon en ideal çözüme ulaşmak için kullanılan bir işlemdir. Sistemin sıçramalar yaparak daha farklı alanları da incelemesine olanak verir. Mutasyon oranının yüksek tutulması, rastgeleliği arttıracak gibi ideal noktaya ulaşmayı da zorlaştıracaktır.

3) Normal olarak çaprazlama tek noktada yapılır. Fakat bazı problemlerde çok noktalı çaprazlamanın daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

4) İkilik sayı tabanındaki yani (0,1) kodlama en yaygın olanıdır.

5) Her nesil bir önceki nesil ile bağlı olarak oluşturulur. Bazı durumlarda yeni nesli, eski nesille birlikte yeni neslin o ana kadar elde edilen bireyleri ile oluşturmak yararlı olabilir.

6) Bu yöntemde ilk nesiller rastgele oluşturulmasına rağmen eğer olayın fiziği biliniyorsa bu takdirde ilk nesiller çözüme yakın bireylerden de seçilebilirler. Böyle bir seçim sonucu hesaplama zamanı azalır.

2.4 UYGULAMA

Yukarıda anlatılanları adım adım uygulayarak örneğin $F_{(X)}=X^3$ fonksiyonunun maksimum değerini bulmaya çalışalım.

1) Önce, örneğin 6 tane tamamen rastgele olarak belirlenen X değeri belirleyelim ve bu X değerlerini ikili tabana (0 ve 1 olarak) çevirelim. Elde edilen her X sayısına karşılık gelen iki tabanındaki yazılım bir kromozomu temsil etmektedir. Bu kromozomların uzunlukları da 6 olarak seçilsin. Yani herbir kromozomda 6 tane gen vardır. Örneğin elde edilen X değerleri ve kromozomları aşağıdaki şekilde olsun:

$X_1=5$ ise kodlama	0	0	0	1	0	1
$X_2=13$ ise kodlama	0	0	1	1	0	1
$X_3=1$ ise kodlama	0	0	0	0	0	1
$X_4=7$ ise kodlama	0	0	0	1	1	1
$X_5=16$ ise kodlama	0	1	0	0	0	0
$X_6=21$ ise kodlama	0	1	0	1	0	1

2) Her bir kromozomun temsil ettiği sayılar fonksiyonda yerine konarak bulunan sayıların toplamını sonra da her birinin bu toplam içindeki yüzdelerini (uygunluk değerlerini) hesap edelim. Böylece, toplam değeri ile yüzdeler

$$\Sigma F_{(X)}=125+2197+1+343+4096+9261=15996$$

$$\eta_{(1)}=\%0.78$$

$$\eta_{(2)}=\%13.73$$

$$\eta_{(3)}=\%0.00625$$

$$\eta_{(4)}=\%2.14$$

$$\eta_{(5)}=\%25.6$$

$$\eta_{(6)}=\%57.9$$

şeklinde bulunur. Bu yüzdelerin herbiri aslında önceki kromozomların temsil ettikleri sayıların kromozom topluluğu içindeki olasılık değerlerini gösterir. Diğer bir ifade ile bu yüzdeler kromozomların topluluk içinde yaşamlarını sürdürebilme mücadelesindeki kuvvetlerinin bir ölçüsüdür. Mesela en fazla kuvvetli olan 6'ncı, en zayıf olan ise 3'üncü kromozomdur.

3) Bu yüzde değerleriyle bir rulet çarkı oluşturalım. Rulet çarkının 6 kez çevrilmesiyle aşağıdaki nesiller elde edilir. Böyle bir rulet oyununda en fazla olasılıkla 6'ncı kromozom yani 21 sayısının meydana gelmesi beklenir.

$X_1=21$ ise kodlama	0	1	0	1	0	1
$X_2=21$ ise kodlama	0	1	0	1	0	1
$X_3=16$ ise kodlama	0	1	0	0	0	0
$X_4=13$ ise kodlama	0	0	1	1	0	1
$X_5=21$ ise kodlama	0	1	0	1	0	1
$X_6=21$ ise kodlama	0	1	0	1	0	1

4) Yukarıdaki şekilde oluşturulan kromozomların zaman içindeki gelişmeleri için önce kendi aralarında çaprazlanmaya tabi tutulurlar. Örneğin başlangıçta çaprazlanacak kromozom ikilileri ve daha sonra da çaprazlanmanın yapılacağı gen numaraları rastgele olarak belirlenirler.

Çaprazlanacak Kromozom İkilileri

Çaprazlama Gen Numaraları

X_6 ve X_2 kromozomları	3
X_5 ve X_4 kromozomları	2
X_1 ve X_3 kromozomları	5

Kromozom	Gen Numarası					
	1	2	3	4	5	6
X ₅ :	0	1	0	1	0	1
		↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
X ₄ :	0	0	1	1	0	1

Bu işlemler sonunda yeni oluşan kromozomlar ise

X ₅ :	0	0	1	1	0	1
X ₄ :	0	1	0	1	0	1

şeklini alır. Tüm çaprazlanma işlemlerinin tamamlanması ile de sonuçta

0	1	0	0	0	0	ise	X ₁ =16
0	1	0	1	0	1	ise	X ₂ =21
0	1	0	1	0	1	ise	X ₃ =21
0	0	1	1	0	1	ise	X ₄ =21
0	1	0	1	0	1	ise	X ₅ =13
0	1	0	1	0	1	ise	X ₆ =21

kromozomları elde edilir.

5) Son olarak mutasyon işlemini uygulayalım. Yine mutasyona uğrayacak kromozom ile gen rastgele seçilir. Bu örnekte mutasyon sayısı bir olarak alınmıştır. Mutasyona uğrayacak gen 3 nolu kromozomun 1 nolu genidir. Bu işlemin tamamlanması ile de yukarıdaki kromozom grubu aşağıdaki yeni şeklini alır.

0	1	0	0	0	0	ise	$X_1=16$
0	1	0	1	0	1	ise	$X_2=21$
1	1	0	1	0	1	ise	$X_3=53$
0	0	1	1	0	1	ise	$X_4=21$
0	1	0	1	0	1	ise	$X_5=13$
0	1	0	1	0	1	ise	$X_6=21$

Bu kromozom topluluğundan görüleceği üzere 3 nolu kromozomun değeri mutasyon sonrası 53'e ve fonksiyon değeri de 53^3 'e ulaşmıştır. Halbuki, ilk baştaki en iyi kromozom 21 ve dolayısıyla fonksiyon da 21^3 'tü. Eğer şimdiye kadar olan adımlar benzer işlemlerle bir süre daha tekrar edilirse bu kodlama sisteminde ulaşılabilecek en iyi fonksiyon değerinin 63^3 olacağı görülür.

2.5 GENETİK ALGORİTMALARIN GENEL YAPISI

Yukarıda ayrıntılı olarak izah edilen GA'ların genel işleyişi adım adım aşağıdaki çerçeve içinde gösterilmiştir.

(a) Önce toplumun bireyleri rastgele seçilerek oluşturulur. Eğer olayın fiziki biliniyorsa toplumu oluşturan bireyler istenildiği gibi seçilebilir. Bu seçim amaca ulaşmayı kolaylaştıracaktır.

(b) Bireylerin çevreye olan uygunlukları (Denklemler 2.2) ölçülür.

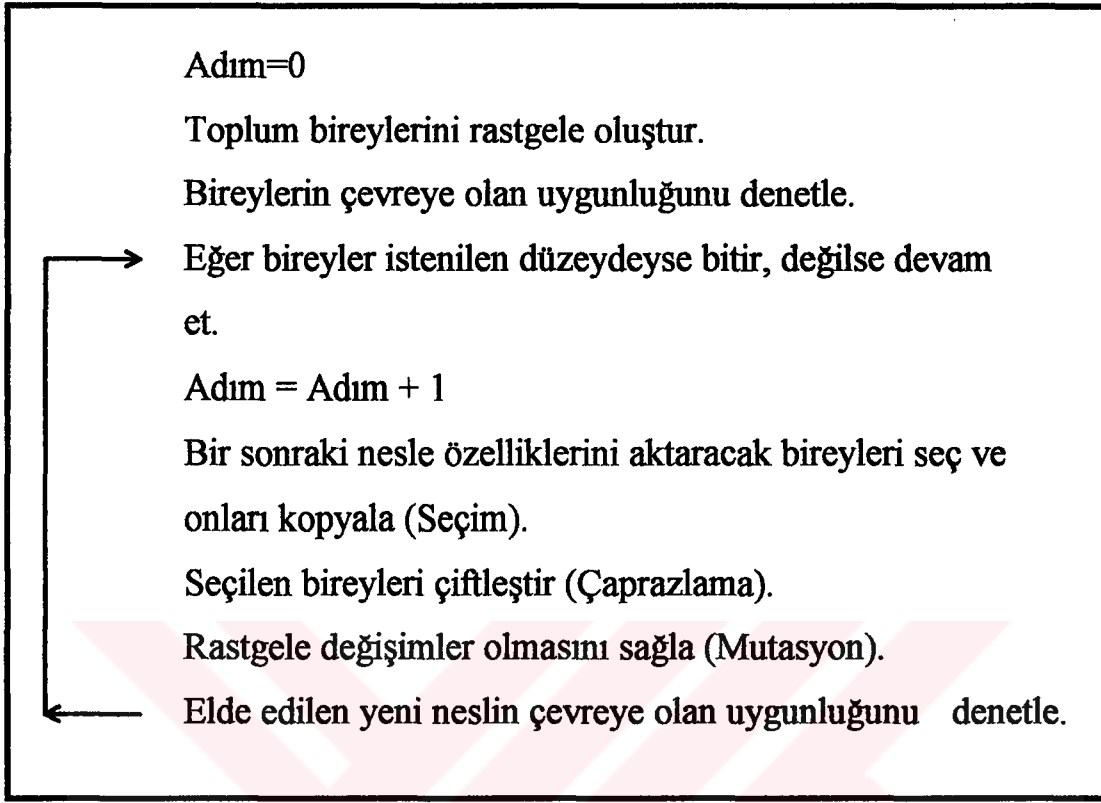
(c) Bireylerin uygunluk değerlerine bakılarak çevresine uyum sağlamış olan bireyler özelliklerini gelecek nesle aktarırken, çevresine uyum sağlayamamış bireyler elenirler (Seçim operatörü).

(d) Yeni nesli oluşturan bireyler çaprazlama operatörü yardımıyla çiftleştirilirler.

(e) Bazı bireyler üzerinde rastgele değişimler yapılır (Mutasyon operatörü).

(f) Elde edilen yeni bireylerin çevreye olan uygunlukları hesaplanır, eğer bu bireyler istenilen düzeydeyse işlemlere son verilir. Bireyler istenilen düzeye ulaşamamışsa iyiler seçilip kötüler elenerek çaprazlama ve mutasyona devam edilir. Bu işlemler bireyler istenilen düzeye gelinceye kadar ya da belirlenen bir iterasyon tamamlanıncaya kadar devam eder.

Yukarıdaki adımları kısaca aşağıdaki çerçeve içinde gösterebiliriz.



BÖLÜM 3

GEOMETRİK AĞIRLIK FONKSİYONLARI

Herhangi bir en iyileme (optimizasyon) analiz tekniğinde ana fikir, düzensiz dağılmış istasyonlarda ölçülen parametre değerlerinin ağırlıklı ortalamasını içeren herhangi bir istasyondaki meteorolojik değişkenin değerinin tahmin edilmesidir.

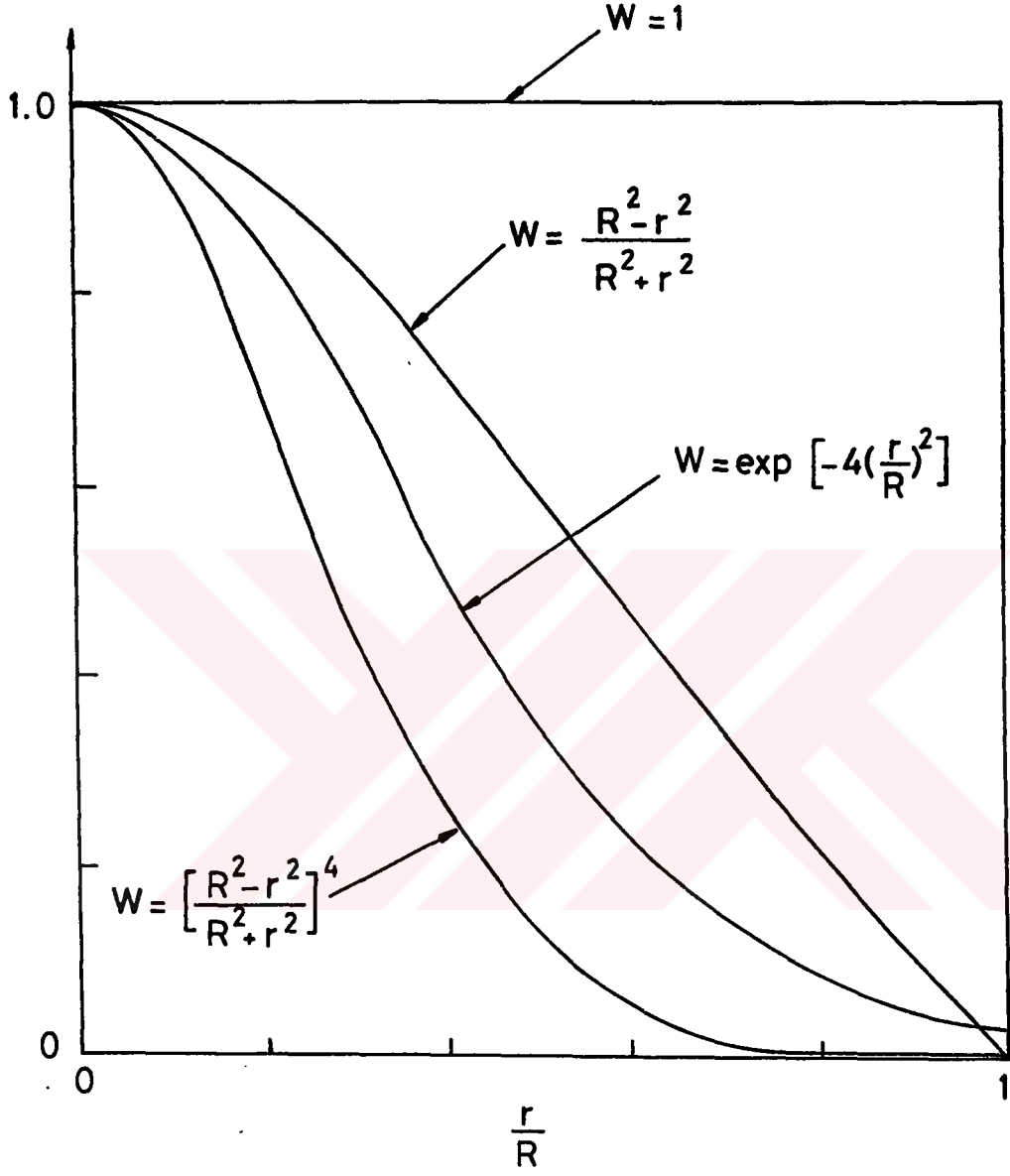
Eğer istasyon sayıları $i=1,2,3, \dots, n$; ölçüm değerleri Z_i ve tahmin alanı m olmak üzere Z_m tahmin değerinin genel formülü aşağıdaki gibi verilir.

$$Z_m = \frac{\sum_{i=1}^n w(r_{i,m}) Z_i}{\sum_{i=1}^n w(r_{i,m})} \dots\dots\dots(3.1)$$

Burada $w(r_{i,m})$, i 'inci istasyon ile m -inci istasyon arasındaki ağırlık fonksiyonun değerini gösterir.

Yukarıda bahsedilen, bölgesel tahmin meteoroloji alanında çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen çözümlerde tüm ağırlık fonksiyonları istasyonlar arası mesafenin bir fonksiyonudur. Böyle fonksiyonlar sadece istasyonların geometrik olarak yerleşim konumlarına bağlıdır. Ancak bu fonksiyonlarda meteoroloji istasyonlarında ölçülen değerler gözönünde tutulmamaktadır. Şekil 3.1 farklı araştırmacıların geliştirdiği, meteoroloji literatüründeki birbirinden ayrı boyutsuz ağırlık fonksiyonlarını göstermektedir. Ne yazık ki, bunların hiçbirisi meteorolojik verilere dayanmamaktadır. Aksine mantık ve geometri ile elde edilmiş ifadelerdir. Dolayısıyla buralardan bulunan ağırlık katsayılarının bölgesel bağımlılığı yansıtımları beklenemez.

THIEBAUX ve PEDDER (1987), meteorolojik parametrelerin doğal değişimini gözönüne almadan, genel olarak ağırlık katsayılarını şu şekilde önermişlerdir.



Şekil 3.1. Çeşitli ağırlık fonksiyonları.

$$W(r_{i,m}) = \begin{cases} \left(\frac{R^2 - r_{i,m}^2}{R^2 + r_{i,m}^2} \right)^\alpha & \text{for } r_{i,m} \leq R \\ 0 & \text{for } r_{i,m} \geq R \end{cases} \dots\dots\dots(3.2)$$

Burada R tesir yarıçapını ve α yumuşatma katsayısını (Power parametresini) gösterir.

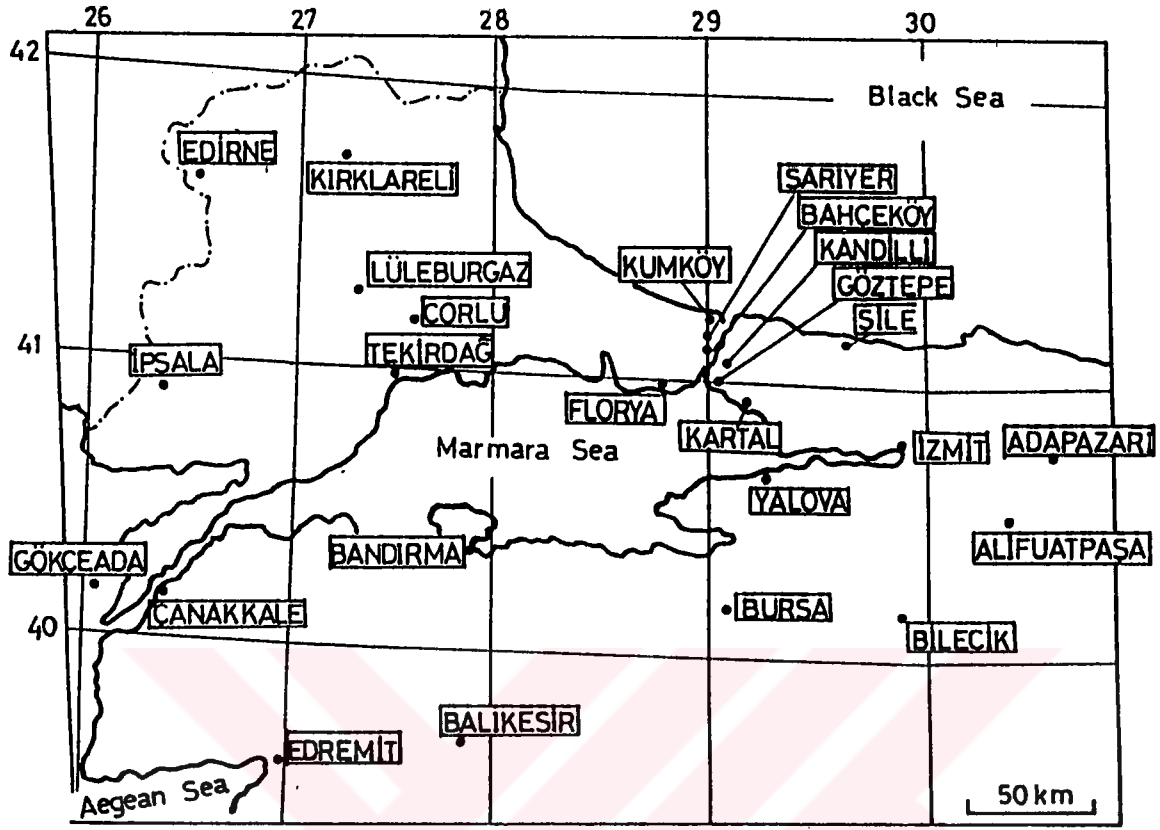
Bu son denklem, yumuşatma katsayısının 1'e eşit olduğu klasik CRESSMAN (1955) yönteminin genel halidir. Bu ifadede görülen tesir yarıçapı, R, ve yumuşatma katsayısı, α , parametreleri, incelenen meteorolojik olayla ilgili kişisel tecrübe ve yetenekle subjektif olarak belirlenir. Literatürde verilen bir başka α sayısı da 4'tür (Şekil 3.1). Aslında pratik çalışmalarda Denklem 3.2'deki α 'nın belirlenmesinde zorluklarla karşılaşılır.

SASAKI (1960) ve BARNES (1964) geometrik ağırlık fonksiyonun diğer bir şekli olan Denklem 3.2 yerine

$$W(r_{i,m}) = \exp \left[-4 \left(\frac{r_{i,m}}{R} \right)^\alpha \right] \dots\dots\dots(3.3)$$

fonksiyonunu önermişlerdir.

Oysaki ağırlık fonksiyonları meteorolojik olayın özelliğini ve ek olarak da istasyonun kuruluş geometrisini yansıtmalıdır. Son olarak ŞEN (1997), Barnes ve Cressman gibi teorik ağırlık fonksiyonlarına benzer bölgesel bağımlılık fonksiyonlarının kümülatif yarı-varyogram tekniği ile elde edilebileceğini göstermiştir. Şekil 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3 (bak. Ek B) ŞEN (1997) tarafından verilen bir örneği temsil etmektedir. Bu örnekten de görüldüğü üzere Cressman ve Barnes ifadeleri Şen tarafından elde edilen bölgesel bağımlılık fonksiyonlarını temsil etmemektedir. Bu iki denklemi ilgili fonksiyonları temsil eder hale getirmek için R ve α parametreleri subjektif olarak belirlenebilir. Bu parametrelerin objektif olarak belirlenmesi için de GA'lar kullanılabilir.



Şekil 3.3. Marmara bölgesi istasyonları.

3.1 UYGULAMA

GA'lar, ŞEN (1997) tarafından toplam yarı-varyogram yöntemiyle elde edilen deneysel standart objektif fonksiyonlarından yararlanılarak Cressman ve Barnes ifadelerindeki R ve α olarak verilen iki parametrenin bulunmasında kullanılmıştır. Başka bir deyişle Cressman ve Barnes ifadeleri GA'lar yardımıyla bölgesel bağımlılık fonksiyonlarını temsil eder hale getirilmiştir.

Bu uygulama için 16 kromozom ve 16 gen kullanılmıştır. Amaç fonksiyonu olarak da gerçek ile tahmin değerleri arasındaki farkların (hataların) kareleri toplamı kullanılmıştır. Bu toplamın minimum olması halindeki katsayılar bulunmuştur. Uygulamanın akışı ise önceki bölümün sonunda verilen çerçevedeki adımların hepsinin sırası ile icra edilmesi ile yapılır ve bilgisayar yazılımı Ek B'den görülebilir.

Yapılan hesaplamalar sonunda elde edilen neticeler Şekil 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.4.4, 3.4.5 ve 3.4.6'da (bak. Ek B) yılın değişik ayları için gösterilmiştir.

3.2 SONUÇ

Literatürde ağırlık fonksiyonları ilgilenilen parametrelerin ve tesir yarıçapının subjektif olarak belirlenmesiyle kullanılmaktadır. Bununla birlikte, çoğunlukla kullanılan Cressman ve Barnes tekniklerinde, tesir mesafesi ve parametrelerin objektif olarak belirlenmesinde genetik işlemler rahatlıkla kullanılabilir. Bu yöntemle elde edilen deneysel standart ağırlık diyagramlarının uygulamalarda kullanılması için bir sakınca yoktur. Uygulama otomatik olarak tesir yarıçapını, yumşatma katsayısını ve tahmin hatasını verebilmektedir. Marmara Bölgesi'nde kaydedilen aylık yağış verisini Barnes denkleminin Cressman'dan daha iyi temsil ettiği gözlenmiştir. Sonuçlar toplu halde Çizelge 1'de sunulmuştur.

Tablo 3.1. Hesaplanan yumşatma katsayıları (α) ve tesir yarıçapları (R).

Aylar	Cressman			Barnes		
	α	R	Hata (10^{-2})	α	R	Hata (10^{-2})
Ocak	2.47	0.98	6.65	2.28	0.79	4.35
Şubat	16.23	2.32	8.68	2.28	0.75	6.97
Mart	30.81	2.75	8.56	1.89	0.73	8.00
Nisan	28.74	2.68	7.74	1.85	0.75	6.91
Mayıs	25.35	3.14	6.17	1.82	0.95	4.72
Haziran	22.70	3.23	4.05	2.00	0.96	4.04
Temmuz	28.38	2.95	7.19	2.12	0.75	6.63
Ağustos	1.50	0.80	7.70	2.42	0.79	3.84
Eylül	2.07	0.93	7.97	2.31	0.81	4.90
Ekim	1.25	0.75	24.30	3.15	0.69	5.15
Kasım	1.52	0.76	5.28	2.26	0.78	3.71
Aralık	1.69	0.77	21.70	3.03	0.63	5.30
Ortalama	13.50	1.83	9.66	2.28	0.78	5.37

Not: Hata ifadesi hataların kareleri toplamını ifade etmektedir.

BÖLÜM 4

GA İLE AYRIM YÖNTEMİ

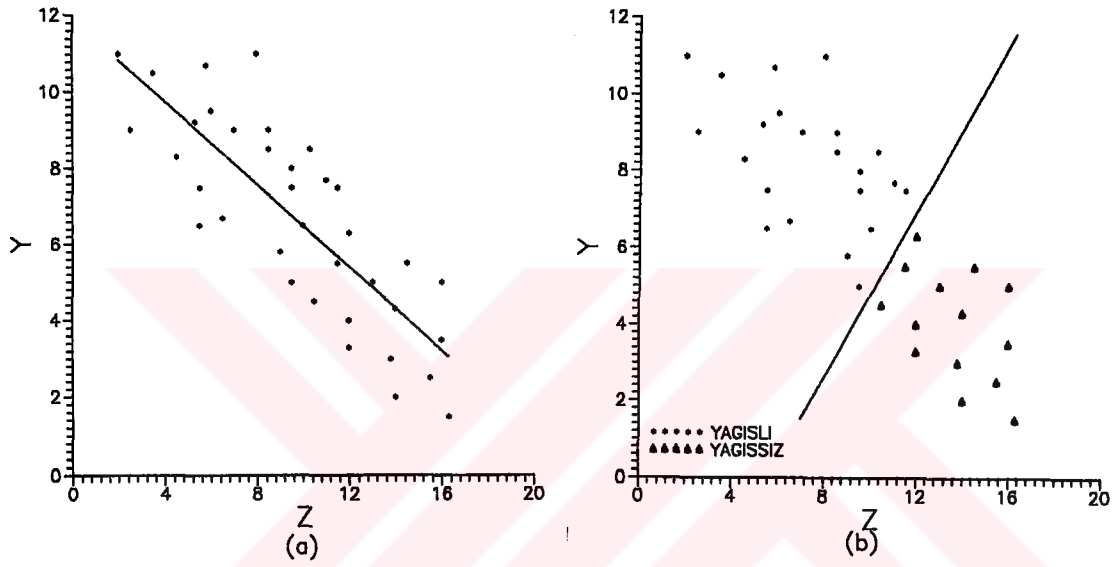
Pek çok atmosferik olayda, miktardan daha çok olayın meydana gelip gelmemesi insan faaliyetleri açısından önemlidir. Örneğin spor müsabakalarında ve seyahatlerde yarınki havanın yağış miktarından daha ziyade havanın yağışlı olup olmayacağı ile ilgilenilir. Kuraklık, deprem, sel, çığ, sis, dolu ve benzeri doğa olaylarında da bunların meydana gelip gelmemeleri, miktarlarından daha çok önem arz eder. Bu tür veriler sözel olup sayısal olanlara göre değerlendirilmeleri daha zordur.

Herhangi bir yerdeki doğa olayının meydana gelip gelmeyeceğinin tahmini için fiziksel, istatistiksel, sayısal, deneysel ve uzman sistem metodları gibi değişik yaklaşımlar vardır. Fiziksel metodlar neden sonuç ilişkisine dayanan en eski yaklaşımlar arasındadır. Bu yöntemlerde kütlenin ve momentumun korunumu, problemlere göre değişik ifadeleri olan termodinamik kanunlar ve süreklilik eşitlikleri kullanılır. Analitik çözümlerin tıkanıp nokta sayısal çözümlemelere başvurulabilir. Diğer yandan, istatistiksel yöntemler bir olayın meydana gelip gelmeyeceği konusunda bir tahmin imkanı sağlarlar. Bunların temeli, olayın kendisi ile ölçülebilen diğer birkaç değişken arasındaki kapalı ilişkiye dayanır. Tabiki istatistiksel çalışmalar için devamlı bir ölçüm ve gözlem ağı mevcut olmalıdır. Böylece değişkenler arası ilişkiler anlaşılabilir tahminde bulunulabilir. Bu metodlar homojenlik, normal dağılım ve durağanlık kabullerini içerirler.

Bir meteorolojik olayın meydana gelip gelmemesinde olasılık teorisine başvurulabilir, fakat verilerle ilgili çok miktarda yüzde değerlere ihtiyaç vardır ve dolayısıyla bu metodlar pratik bir ilişki vermezler. Örneğin, uzun yıllar verisi olan yağış için belki meydana gelme ya da gelmeme olasılıkları hesaplanabilir, fakat ne yazık ki, bu yöntem yağış olayının ilişkili olduğu parametreler hakkında bilgi vermez.

İşte bu noktada GA'lar, meteorolojik bir olayın ilişkili olduğu değişkenler arasındaki bağıntı fonksiyonunun parametrelerini minimum hata ile en iyi bir şekilde bulmaya yararlar.

Yağış olayının ilişkili olduğu değişkenlerle arasındaki bağıntı en temel olarak X-Y Kartezyen koordinat sisteminde anlatılabilir. Örneğin, X değişkeni sözel, Y ve Z'de X ile ilişkili iki sayısal verimiz olsun. Sözel veri olan X evet/hayır, siyah/beyaz, sisli/sisiz, yağışlı/yağışsız gibi ikili ifadelerden birini alabilir. Bunların değerlendirilmesinde şu işlemler yapılır:



Şekil 4.1. Saçılma diyagramı; (a) klasik regresyon, (b) ayırma regresyonu.

a) Y ve Z verilerinin Şekil 4.1a'da olduğu gibi saçılma diyagramları çizilmelidir. Bu iki değişken arasındaki ilişki en az hatalı bir eğri ile temsil edilebilir. Bu klasik bir regresyon tekniğidir. Buradan amaç parametre değerleri değil fakat eğrinin fonksiyonlarının belirlenmesidir.

b) Regresyon tekniğinin uygun olmadığı yerlerde diğer bir veri çeşidi olan sözel verilerden faydalanılabilir. Burada X sözel verisi Şekil 4.1b'deki saçılma diyagramını iki ayrı gruba ayırır. Bunlardan daireler yağışlı ve içi dolu üçgenler ise yağışsız durumları temsil etmektedir. Buradaki ilk soru bu iki grubu birbirinden ayıran sınır doğrusal mıdır yoksa eğrisel midir? Dolayısıyla sorun regresyon

yönteminden daha farklı bir hale gelir. Böylece yağışlı ve yağışsız bölgeler arasındaki ayrımı yapan doğru veya eğrinin belirlenmesine çalışılır.

Buradaki tahmin işleminde amaç, regresyon analizindeki gibi sayısal veriler arasında bir doğrusal olan ya da olmayan bir ilişki kurmak değil, sözel verileri kullanarak iki farklı yapıyı birbirinden en az hatayla ayıracak bir ayrım fonksiyonu bulmaktır. Dolayısıyla yanlış bölgelere düşen veri sayısı en az olmalıdır. Literatürdeki çalışmalarda aynı türden problemler çoklu lineer regresyon ile çözülebilir (PANOFSKY and BRIER, 1968). Bu örnekte sıcaklık, nem, basınç vb. tahmin ettiriciler iki farklı yapıyı birbirinden ayıran bir ayrım fonksiyonu bulmak için kullanılabilirler.

4.1 UYGULAMA

Bunun için Albany, Newyork'ta ölçülen düşey (ω) hız, X_2 , ve çiğ noktası depresyonu, X_1 , verileri kullanılmıştır (PANOFSKY and BRIER, 1968). Toplam 91 günlük verinin 29 gününde yağış gözlenmiştir. Saçılma diyagramı da Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Ayrım doğrusunun parametrelerinin hesabı için her biri 16 tane gen içeren 16 kromozom kullanılmıştır. Mutasyon oranı yaklaşık 0.1'dir. Bütün kromozomlar tek kesimli çaprazlamaya tabi tutulmuştur.

Sonuç olarak Genetik Algoritmalarla bulunan ayrım doğrusu

$$X_2 = 27.83 + 1.12 X_1 \dots\dots\dots(3.4)$$

şeklindedir.

Bununla birlikte çoklu regresyon analizi kullanılarak bulunan ayrım doğrusu da PANOFSKY ve BRIER (1968)'de şu şekildedir.

$$X_2 = 37.53 + 0.75 X_1 \dots\dots\dots(3.5)$$

Bu doğrular Şekil 4.2 ve 4.3’de saçılma diyagramları üzerinde gösterilmiştir.

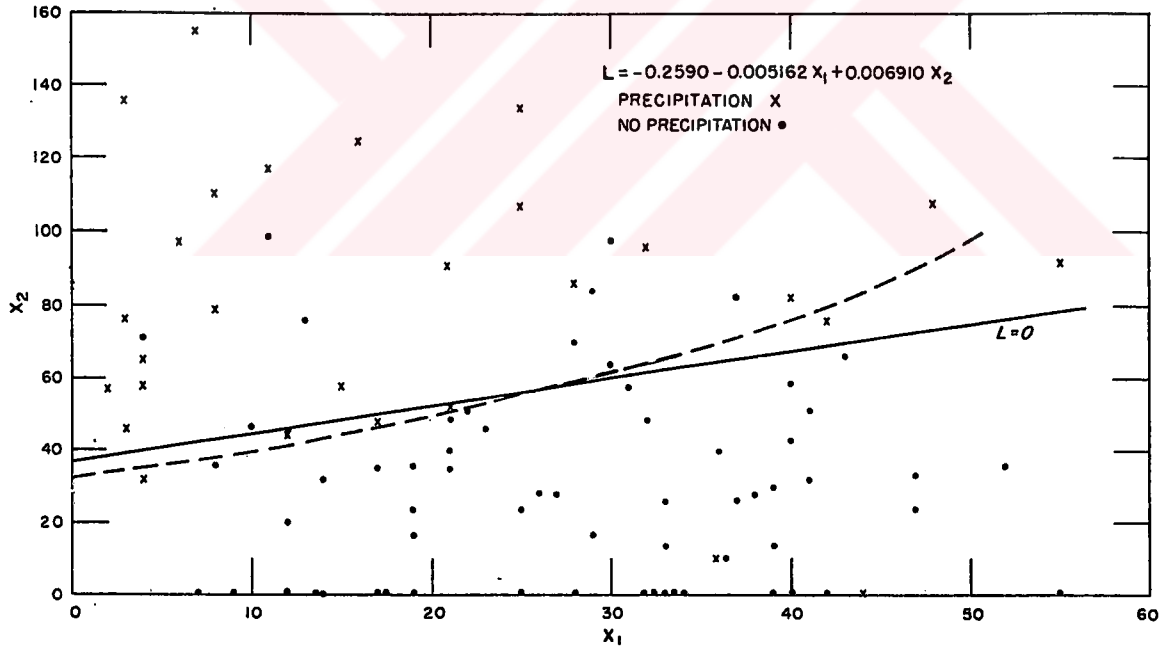
4.2 SONUÇLAR

Bu iki ayırım doğrusu ve hesaplanma prensipleri karşılaştırılırsa şunlar söylenebilir.

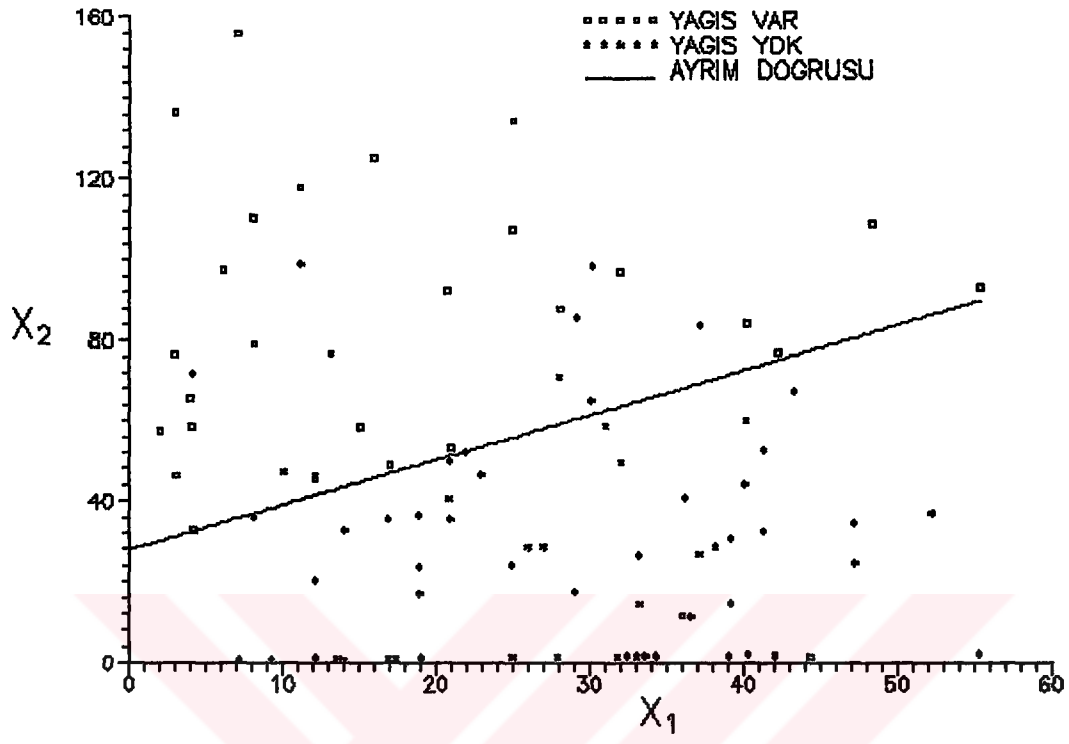
a) GA’larla elde edilen ayırım doğrusu analitik olarak hesaplanandan daha dik bir eğime sahiptir. Dolayısıyla çığ noktası depresyonun X_1 ’e katkısı daha fazladır.

b) GA’larla elde edilen ayırım doğrusu Şekil 4.2’deki tecrübelerle elde edilen eğriye (kesik çizgili eğri) diğerinden daha yakındır.

c) İstatistiksel regresyon ayırım doğrusu 15, GA ile elde edilen doğru ise 12 hataya sahiptir.



Şekil 4.2. Yağışlı yağışsız günlerin saçılımı (Klasik yaklaşım doğrusu; PANOFSKY and BRIER, 1968).



Şekil 4.3. Yağışlı yağışsız günlerin saçılımı (GA yaklaşımı doğrusu).

BÖLÜM 5

YAPAY SİNİR AĞLARI-GENETİK ALGORİTMALAR SICAKLIK MODELLEMESİ

İnsanlık varolduğu andan beri atmosferik olayları merak edegelmiştir. Çünkü bu olaylar insanın yaşamını önemli derecede etkilerler. Meteorolojinin sağlıktan trafiğe, giyimden ısınma ihtiyacına kadar geniş bir etkileme alanı vardır. Bugün bile, teknolojinin bu kadar iyi olmasına rağmen meteorolojik olaylar umulmadık zamanlarda hayatı alt üst edebilmekteler. Artık yarının havasını yaklaşık da olsa tahmin edebilmek çok önemlidir.

Ölçümlerin yapılamadığı ilk zamanlar atmosfer gözlenerek kişisel tecrübeler elde edilmiş ve bunların ışığı altında ilk öngörüler yapılmıştır. Teknolojik gelişmelerle birlikte ölçümler yapılarak bunlar sayısal hesaplamalarla modellenmiş ve öngörü şekli daha iyiye ve objektife gidecek şekilde değişmiştir. Artık öngörüler objektif olarak yapılabilmektedir.

Meteorolojik bileşenler rastgele karaktere sahip olduklarından zaman ve konum ile olan öngörülerin yapılması güçleşmektedir. Bundan dolayı farklı yöntemlerle modellemeler yapılarak sağlıklı öngörüler yapılmaya çalışılmaktadır.

5.1 UYGULAMA

Bu uygulamada, meteorolojik bileşenlerin en önemlilerinden birisi olan sıcaklık parametresinin buhar basıncı ve bağıl nem verilerinden faydalanılarak öngörülmesine çalışılmıştır. Burada yöntem olarak Yapay Sinir Ağlarının bilgilerin sınırlar arası iletilmesi prensibi ile beraber GA'larda kullanılmıştır.

Uygulamada İstanbul Göztepe istasyonuna ait veriler kullanılmıştır. Bunlar sıcaklık, buhar basıncı ve bağıl nem verileri olup 1 Mart-20 Nisan 1996 tarihleri arasındaki günlük ortalama değerlerdir. Bu değerler Tablo 5.1'den görülebilir.

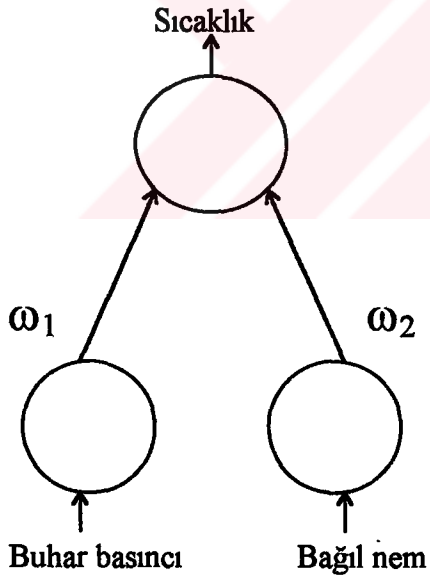
Burada kullanılan Yapay Sinir Ağları için SÖNMEZ ve ŞEN (1997) ve SÖNMEZ (1998) tarafından yapılmış olan çalışmalara başvurarak ayrıntılı bilgiler elde edilebilir. Bu nedenle bu tezde Yapay Sinir Ağları yöntemlerinden bahsedilmemiştir.

Tablo 5.1. Çalışmada kullanılan veri değerleri.

Sıcaklık (°C)	Su Buharı Basıncı (mb)	Bağıl Nem (%)
3.6	5.8	82.3
2.9	5.3	68.3
2.4	5.6	77.0
3.3	4.9	65.0
4.2	5.3	71.7
3.5	5.0	64.7
3.3	6.1	74.7
2.3	6.4	82.5
2.3	6.7	84.3
2.4	6.7	95.3
5.1	6.6	81.3
6.5	7.8	74.0
6.3	7.6	80.0
6.2	7.9	79.3
6.3	7.8	83.3
5.1	8.1	82.3
3.1	6.8	92.0
3.2	5.9	89.0
4.5	6.8	77.3
5.5	7.1	80.7
5.1	7.0	77.7
4.7	7.3	78.3
4.7	7.1	83.0
5.3	7.1	72.3
5.7	7.3	77.7
8.1	7.8	80.0
12.6	10.8	70.7
11.7	11.8	72.3
8.2	9.7	91.0
12.9	9.6	88.7
8.9	8.7	81.7
9.2	8.5	73.6
11.9	9.4	63.7
7.9	9.1	82.3
7.1	9.8	92.7
6.6	8.8	94.7
6.2	9.0	92.7

5.7	7.7	87.3
6.4	7.9	85.7
9.1	7.6	65.7
8.8	8.9	79.3
8.6	7.5	69.0
7.3	7.4	69.7
11.2	7.2	52.7
11.2	9.3	70.7
8.7	7.7	69.0
8.2	7.9	77.7
5.8	8.6	92.7
8.4	9.6	79.3
7.8	10.1	92.7

Şekil 5.1'den de görüleceği üzere giriş katmanında buhar basıncı ve bağıl nem için 2 hücre ve çıkış katmanında ise sıcaklık bileşeni tek hücre ile temsil edilmiştir. Çıkış katmanındaki hücre çıkışı için doğrusal olmayan bir yapıya sahip sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır.



Şekil 5.1. Yapay sinir bağlantısı.

Bu sinir yapısındaki ω 'lar aşağıdaki hataların geriye yayılmasını sağlayan Denklem 5.1 yerine GA'dan hesaplanabilir (MANIEZZO, 1994).

$$w_{jij}^{yeni} = w_{ji}^{eski} - \eta \frac{\partial E}{\partial w_{ji}} \dots\dots\dots(5.1)$$

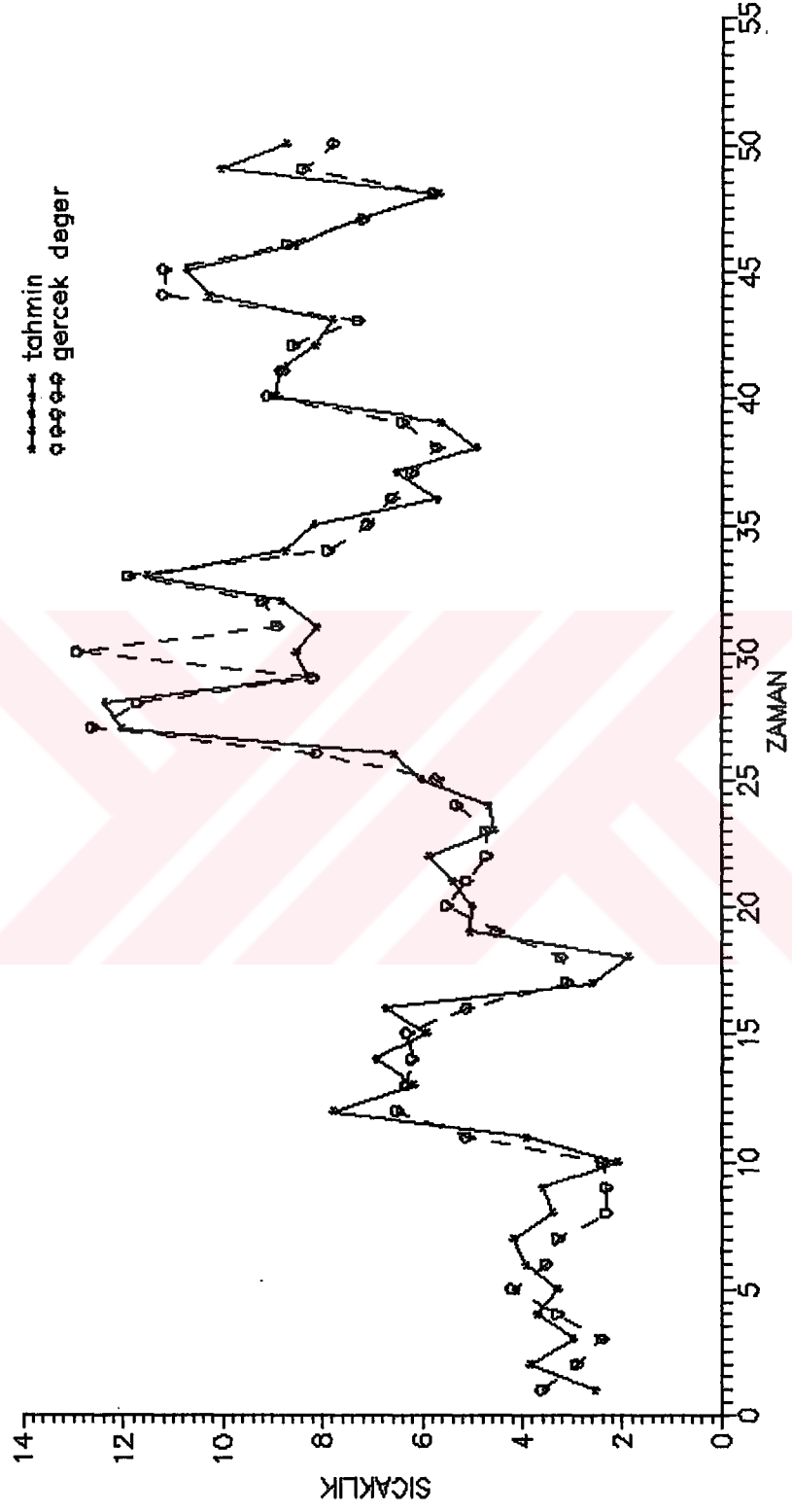
Şekil 5.2’de gerçek sıcaklık verileri ile modelin ürettiği sıcaklık değerleri görülebilir. Modelin bulduğu sıcaklık ile gerçek sıcaklık paternleri aşağı yukarı aynı yapıya sahiptir.

Eğer gerçek sıcaklık ile model değerlerinin Şekil 5.3’deki gibi saçılma diyagramı çizilecek ve bunlara regresyon analizi uygulanacak olursa aşağıdaki ilişki elde edilir.

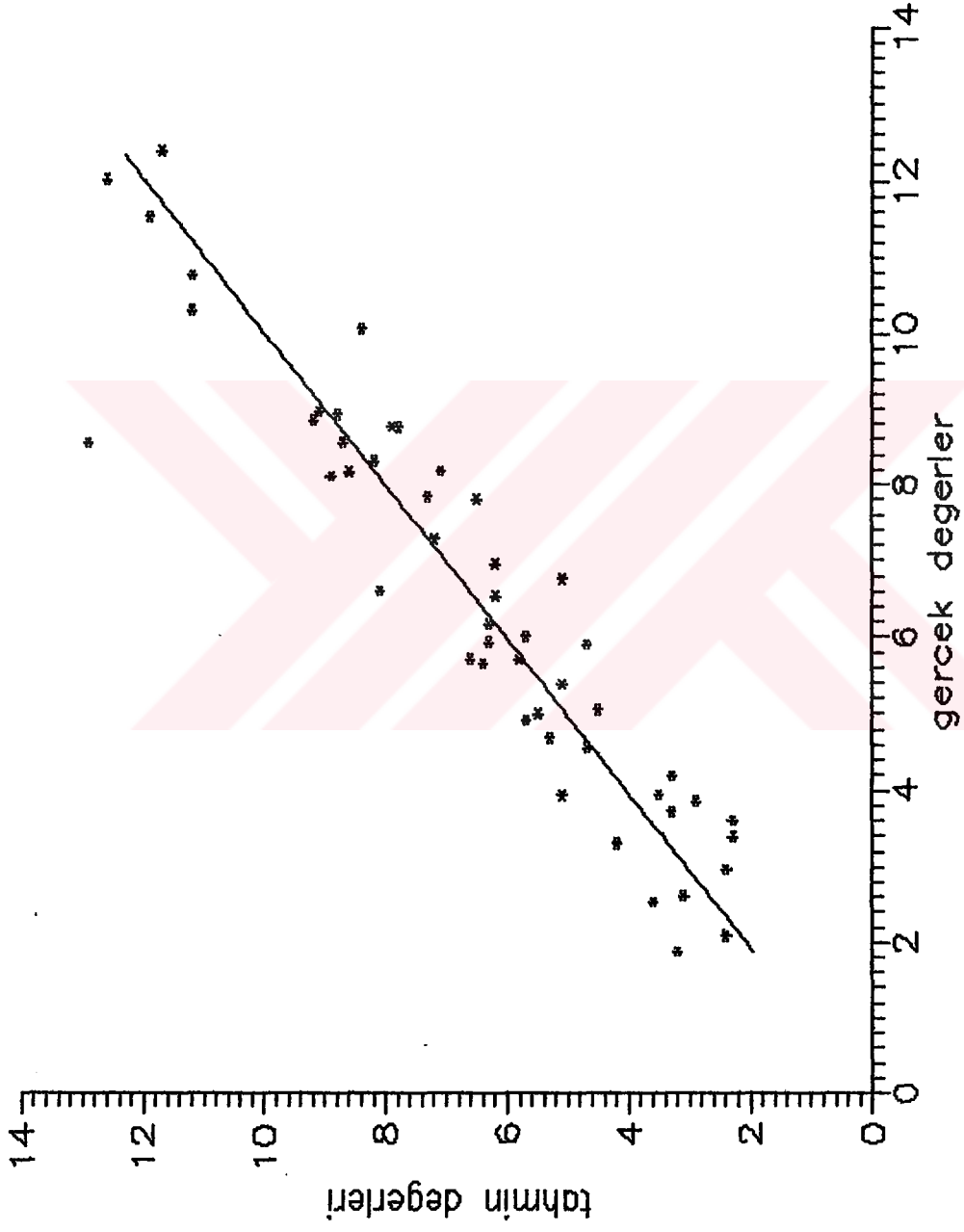
$$T_{tah} = 0.992 T_{gerçek} + 0.086 \dots\dots\dots(5.2)$$

Yapılan bir modelin iyi olabilmesi için gerçek değer ile tahmin değeri arasındaki eğim 45° olmalı (ŞEN, 1996), yani $y = aX + b$ doğrusunda a katsayısı 1’e , b katsayısı da 0’a gitmelidir. Gerçek sıcaklık ile tahmin sıcaklık değerleri arasındaki regresyon doğrusuna bakacak olursak iyi bir model kurduğumuzu görebiliriz.

Bu uygulamayla GA’ların bir özelliğini açıkça görebiliyoruz. Gerçekten de bu yöntem türev ve integral bilgilerine gerek duymamaktadır. Görüldüğü üzere katsayılar geriye yayılma denklemi yerine GA’larla da bulunabiliyor.



Şekil 5.2. Gerçek ve YSA-GA tahminleri.



Şekil 5.3. Gerçek-tahmin değerleri saçılma diyagramı.

BÖLÜM 6

ANGSTRÖM DENKLEMİNİN DİNAMİK HALE GETİRİLMESİ

Ondokuzuncu yüzyılın ortalarında, sanayi devriminin gerçekleştirilmesiyle insanların enerjiye olan ihtiyaçları ve bu ihtiyaçların karşılanması için odun, kömür ve petrol ürünlerine olan talep artmıştır. Bu talep artışı beraberinde atmosfer kirliliğini ve kaynakların tükenmesi sorununu getirmiştir. Bu sorunlar karşısında insanlık, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir. Özellikle 1970'lerde yaşanan petrol krizi, bu yönelmeyi daha da hızlandırmıştır.

İnsanların ilgilendiği yenilenebilir enerji kaynaklarının başında güneş enerjisi gelmektedir. Bu enerjinin mühendislik hesaplamalarında aylık ortalama ışıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bilindiği gibi aylık ortalama güneş ışıması hesaplamalarında ANGSTRÖM (1924) doğrusal ışıma denklemi (Denklemler 6.1) kullanılmaktadır. Bu denklemde aylık ortalama olarak ölçülen ve atmosfer dışına gelen güneş ışıma değerleri (H ve H_0) ile güneşlenme miktarı ve gün uzunluğu (S ve S_0) etkili olmaktadır. Ekvator bölgesinde bu parametreler arasında bir doğrusallık söz konusu iken orta enlemlerde bu doğrusallık değişim göstermektedir. Bundan dolayı bu ilişki pek çok araştırmacı tarafından eleştirilmiştir. ÖĞELMAN ve ARK., (1984) Angström denkleminin ikinci dereceden olması gerektiğini ileri sürdüler. AKINOĞLU ve ECEVİT (1990) ikinci dereceden olan bu denklemin a_1 ve a_2 katsayılarının bulunması için öneride bulundular. YILDIZ ve ÖZ (1994), a_1 ve a_2 katsayılarını ülkemiz için hesapladılar. Ayrıca SAMUEL (1991) denklemin üçüncü dereceden olması gerektiğini ifade etmiştir. Buraya kadar anlatılan bütün yöntemlerde regresyon analizi sonucunda tek bir a_1 ve a_2 katsayısı elde edilmektedir. ŞAHİN ve ŞEN (1998) ve ŞAHİN (1996) tarafından geliştirilen bir yöntemle bu katsayıların sabit alınmaması gerektiği ortaya konmuştur. Çünkü katsayılar sabit olarak alınırsa, bunların zaman serilerini elde etmek ve modellemek imkansızdır.

$$\frac{H}{H_0} = a + b \frac{S}{S_0} \dots\dots\dots(6.1)$$

İşte bu uygulamada, ŞAHİN ve ŞEN (1998)'in önerdiği, katsayıların sabit olmaması tezinden yola çıkılarak birbirlerini takip eden iki ay arasındaki değişimler doğrusal kabul edilmiş ve ilgili katsayılar genetik algoritmalar yardımı ile bulunmuştur.

Bu yöntemin klasik regresyon analizinden farkı, Angström denklemindeki a ve b katsayılarının hesabında tüm veriyi gözönünde bulundurmamasıdır. Birbirlerini takip eden her iki ay arasından bir a ve b katsayısı hesaplanabiliyor. Böylelikle tüm verilerden bir tane durağan a ve b katsayısı elde etmek yerine dinamiği olan bir a ve b zaman serisi elde etmek mümkündür. Ayrıca bu elde edilen zaman serisinden hava ve iklim parametrelerindeki değişim dolaylı da olsa görülebilir. Klasik regresyon analizinin bize vermediği a ve b katsayılarının istatistiksel analizi bu yöntemle yapılabilmektedir.

6.1 UYGULAMA

Bu çalışma için İstanbul, İzmir, Ankara ve Diyarbakır istasyonlarında 1982-1993 yılları arasındaki aylık güneş ışınlamı (H/H_0) ve kapalılık (S/S_0) verileri kullanılmıştır. İlgili istasyonların H/H_0 ve S/S_0 ortalama ve standart sapmaları Tablo 6.1'ten görülebilir.

Tablo 6.1. Güneş radyasyonu ve güneşlenme süresi ortalama ve standart sapmaları.

İstasyon adı	Ölçüm süresi	Yükseklik (m)	Ortalama		Standart sapma	
			H/H_0	S/S_0	H/H_0	S/S_0
İstanbul	1982-1993	120	0.456	0.453	0.0805	0.197
İzmir	1982-1993	25	0.539	0.653	0.0785	0.174
Ankara	1982-1993	891	0.489	0.549	0.0780	0.206
Diyarbakır	1982-1993	677	0.556	0.646	0.116	0.191

Tablo 6.2.'den her istasyon için, tüm verilerin gözönünde bulundurulmasıyla elde edilen a ve b katsayılarını görebilmek mümkündür. Bu tabloya göre İzmir hariç diğer istasyonlarda b 'nin standart sapması a 'dan daha büyüktür.

Tablo 6.2. GA ile hesaplanan a ve b değerlerinin ortalama ve standart sapmaları.

İstasyon adı	Ortalama		Standart sapma	
	a	b	a	b
İstanbul	0.242	0.317	0.248	0.334
İzmir	0.242	0.297	0.350	0.335
Ankara	0.263	0.314	0.211	0.315
Diyarbakır	0.229	0.370	0.342	0.370

Şekil 6.1 (bak. Ek B) Angström denklemindeki a ve b katsayılarının zamanla değişimini göstermektedir. Buradan şu önemli noktalar çıkabilir.

1) a ve b parametrelerinin çoğunluğu pozitiftir, fakat geriye kalan kısmında negatif sayılar mevcuttur. Ayrıca çok büyük pozitif ve negatif sayıların varlığı da söz konusudur.

2) Nispeten negatif a değerleri çok azdır. Bunun yanında her istasyonda büyük negatif b değerleri de mevcuttur ve b parametresi bulut kapalılığına daha hassastır.

3) a ve b parametrelerinin her zaman periyodundaki toplamaları genelde 1'den küçüktür (bakınız Tablo 6.3).

Klasik regresyon tekniğiyle a ve b arasındaki ilişkiye bakılamazken acaba burada bu ilişki incelenebilir mi diye bir soru akla gelebilir. Şekil 6.2 (bak. Ek B) bize a ve b arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Görüldüğü gibi bu iki parametre arasında tersine bir ilişki mevcuttur. Dolayısıyla yüksek a değerlerini küçük b değerleri, büyük b değerlerini de küçük a değerleri takip eder. Aynı şekilde görüleceği üzere a ve b 'lerin saçılma diyagramlarında beklenmeyen negatif ve büyük değerler olmasına rağmen bu değerler regresyon doğrusuna yakındırlar. Bu da bize GA yönteminin a ve b parametreleri arasında tutarlı bir ilişki bulabildiğini gösterir.

Aynı zamanda a ve b katsayılarının histogramlarını da çıkartmak mümkündür. Şekil 6.3'de (bak. Ek B) her istasyona ait a ve b katsayılarının frekans dağılımları görülebilir. Frekans dağılımlarına bakacak olursak a ve b katsayıları 0 ile 1 arasında yoğunlaşmasına rağmen çok küçük ve çok büyük a ve b değerleri vardır. Bunların ani hava değişimlerinden kaynaklanabileceği söylenebilir. Ancak ölçmelerdeki hatalardan da ortaya çıkabilirler.

Klasik regresyon ve diğer en küçük kareler yöntemlerinde bir tek a ve b değeri bulunurken bu yöntemde her ay için bir a ve b katsayısı bulunabilmektedir.

On yıllık H/H_0 ve S/S_0 verilerinden hesaplanan aylık a ve b değerlerinin aylık ortalamalarını da bulmak mümkündür. Tablo 6.3'den her ay için ortalama olarak kapalılık oranı (S/S_0), ısıtım oranı (H/H_0); a, b katsayıları ve a+b değerleri görülebilir. a, b ve a+b değerleri yıl süresince küçük değişimler göstermektedir. Ayrıca her istasyonda az da olsa negatif a ve b katsayıları da mevcuttur.

Aylık ortalama Angström katsayılarının yıl içerisindeki değişimi Şekil 6.4 (bak. Ek B)'den görülebilir. Bu grafikler bize a ve b arasındaki tersine ilişkiyi ifade etmektedirler.

Angström katsayılarının standart sapmalarının yıl içerisindeki aylık değişimleri de Şekil 6.5 (bak. Ek B) 'den görülebilir. Herbir istasyondaki a ve b'lerin aylık standart sapmalarının yıl içindeki değişimleri birbirleriyle benzerlik gösterir. Ortalamaların tersine a ve b'nin standart sapmaları birbirleriyle doğru orantılıdır. Şekiller karşılaştırılırsa görülür ki ortalamalar standart sapmalara bağlıdır. Aylık büyük a ve b ortalamaları yine aylık büyük standart sapmalara karşılık gelmektedir.

Tablo 6.3. a, b, a+b, S/S₀ ve H/H₀ 'in aylık ve on yıllık ortalamaları.

İSTANBUL					
Months	a	b	a + b	S/S ₀	H/H ₀
Jan	0.0939	1.2798	1.3738	0.2236	0.3367
Feb	0.2168	0.6178	0.8345	0.2474	0.3677
Mar	0.2736	0.3834	0.657	0.3396	0.4007
Apr	0.2203	0.5223	0.7426	0.4027	0.4365
May	0.3073	0.3453	0.6526	0.4929	0.4779
Jun	0.211	0.4415	0.6525	0.6336	0.5309
Jul	-0.1836	1.0757	0.8921	0.68	0.5261
Aug	0.1313	0.5428	0.6742	0.7044	0.5371
Se	0.3642	0.2376	0.6027	0.6921	0.5302
Oct	0.3011	0.3708	0.6719	0.4461	0.464
Nov	0.7909	-1.6855	-0.8946	0.2952	0.4093
Dec	0.9248	-2.7608	-1.836	0.2475	0.45
10-year ave.	0.3044	0.1142	0.4186	0.4504	0.4556

İZMİR					
Months	a	b	a + b	S/S ₀	H/H ₀
Jan	0.1964	0.639	0.8354	0.4714	0.4471
Feb	0.5344	-0.1947	0.3398	0.4597	0.4661
Mar	0.3853	0.1608	0.5461	0.5424	0.4886
Apr	3.8731	-5.1448	-1.2718	0.5711	0.5014
May	0.3082	0.342	0.6502	0.6401	0.5221
Jun	-0.0803	0.8308	0.7505	0.7909	0.5763
Jul	0.2042	0.4333	0.6375	0.8389	0.5831
Aug	0.3713	0.2711	0.6423	0.878	0.5962
Se	0.3606	0.3107	0.6714	0.8789	0.6272
Oct	0.6996	-0.1912	0.5085	0.7123	0.5802
Nov	-0.0616	1.2416	1.18	0.5075	0.5101
Dec	-0.0356	0.992	0.9565	0.5222	0.5842
10-year ave.	0.563	-0.026	0.5372	0.6511	0.5402

ANKARA

Months	a	b	a + b	S/S₀	H/H₀
Jan	0.2896	0.4066	0.6962	0.2526	0.3852
Feb	0.2149	0.553	0.7679	0.3522	0.4217
Mar	0.2916	0.307	0.5986	0.4672	0.452
Apr	0.1798	0.5265	0.7063	0.4747	0.4356
May	0.1018	0.6574	0.7592	0.5737	0.4819
Jun	0.6596	-0.3216	0.3381	0.7007	0.5214
Jul	-0.5185	1.3708	0.8524	0.7482	0.549
Aug	0.3102	0.3483	0.6585	0.8106	0.5813
Se	0.3064	0.3538	0.6602	0.8116	0.5949
Oct	0.2462	0.4826	0.7287	0.6137	0.5264
Nov	0.3804	0.3126	0.693	0.4406	0.4709
Dec	0.2512	0.6079	0.8591	0.3498	0.4527
10-year ave.	0.2261	0.4671	0.6932	0.5496	0.4894

DİYARBAKIR

Months	a	b	a + b	S/S₀	H/H₀
Jan	-0.6118	2.7188	2.107	0.4019	0.3759
Feb	0.4289	0.1003	0.5293	0.4341	0.4539
Mar	0.1948	0.616	0.8108	0.5026	0.4976
Apr	0.304	0.3678	0.6718	0.5588	0.5227
May	0.2393	0.4873	0.7265	0.6697	0.5696
Jun	0.2321	0.4942	0.7263	0.8356	0.6488
Jul	-1.4433	2.4008	0.9576	0.8367	0.6413
Aug	-0.6974	1.5348	0.8374	0.878	0.6511
Se	0.1299	0.6471	0.777	0.8583	0.6707
Oct	0.1851	0.6054	0.7905	0.7077	0.6177
Nov	0.5844	-0.2319	0.3525	0.5275	0.5016
Dec	0.4419	-0.0558	0.3861	0.5247	0.5228
10-year ave.	-0.001	0.8071	0.8061	0.6446	0.5561

BÖLÜM 7

SONUÇLAR

Genetik Algoritmalar, bir çok en iyi arama yöntemleri arasında bilgileri kodlaması ve arama uzayında birden fazla noktada arama yapabilmesiyle güçlü bir yöntemdir. Özellikle türev ve integral gibi ağır matematik bilgilerine ihtiyaç duymaması onun pratik özelliğini yansıtmaktadır. Bu yöntem, eğer olayın fiziki biliniyorsa çok daha iyi çalışmaktadır. Bugün Türkiye’de, özellikle başta elektronik ve işletme gibi branşlarda kullanılan bu yöntem için doğa bilimleri, özellikle atmosfer bilimleri bakir bir alandır.

Meteorolojide amaç, eldeki geçmiş verilerden faydalanarak ilgilenilen olayın modellenmesi ve bu model yardımıyla gelecek için tahminlerde bulunmaktır. Bunun için Fourier analizi, bulanık mantık (fuzzy), yapay sinir ağları (YSA) ve kaos gibi yöntemlerin yanında genetik algoritmalar (GA) da kullanılabilir.

Bölüm 3’te belirtildiği gibi, meteoroloji literatüründeki ağırlık fonksiyonlarının hiçbirisi verilerden elde edilmiş değildir, aksine mantık ve geometriden çıkarılmış bağıntılardır. Dolayısıyla bölgesel bağımlılıkları yansıtmamaktadırlar. ŞEN (1997)’de bu çok iyi görülmektedir. Bu fonksiyonların bölgesel bağımlılıkları yansıtabilmesi için ancak tesir mesafesi (R) ve yumşatma katsayısı (α) parametrelerinin uygun şekilde belirlenmesi gerekir ki bu subjektif olarak yapılır. Bunun objektif olarak yapılabilmesi için tanıtılan bu yöntem (GA) kullanılmış ve ilgili parametreler olayın kendisini yansıtacak şekilde bulunmuştur. Hatta yapılan çalışmada Barnes yaklaşımının Cressman’dan daha iyi olduğu görülmüştür. Sonuç olarak ağırlık fonksiyonlarının ilgili parametrelerinin objektif olarak belirlenmesinde GA çok iyi sonuçlar vermektedir.

Düşey hız ve çığ noktası depreyonu sayısal verileriyle, sözel yağış verilerinden faydalanılarak Bölüm 4’te bir sınıflandırma yapılmıştır. Buradaki sınıflandırmada amaç, düşey hız ve çığ noktası depresyonu saçılma diyagramındaki yağışın görüldüğü bölge ile görülmediği bölgeyi en az hata ile ayırabilecek bir doğru bulmaktır. PANOFSKY ve BRIER (1968)’in analitik yöntemlerle elde ettikleri ayırım

doğrusunun 15 hatası varken GA ile elde edilen ayırım doğrusunun 12 hataya sahip olduğu görülmüştür. Bu noktada GA ile meteorolojide sınıflandırma yapmak mümkündür.

Bölüm 5'te, YSA-GA yöntemiyle bir sıcaklık modellemesi yapılmıştır. Eldeki buhar basıncı ve bağıl nem verilerinden faydalanılarak sıcaklıklar tahmin edilmiş ve gerçek ve tahmin sıcaklık paternlerinin birbirine çok benzediği görülmüştür.

Eğer olayın denklemini biliniyorsa GA'lar çok iyi çalışmakta aksi taktirde GA'lar kendi yapısı içerisinde nonlineerliği sağlayamadıklarından çalışmamaktadır. Bu gibi durumlarda, YSA'lardaki bilgileri sinirler arası iletme prensibi, GA'larda kullanılarak doğrusal olmayış sağlanabilmektedir. Ayrıca YSA'ların hataları geriye yayması bir türev bilgisi içermektedir. Halbuki GA'lar, bu türev bilgisine gerek kalmadan ilgili katsayıları hesaplayabilmektedirler.

Angström denklemindeki a ve b katsayıları, birbirini takip eden aylar doğrusal kabul edilerek GA'lar ile Bölüm 6'da hesaplanmıştır. Klasik regresyon tekniğinde elde edilen aylık ışıınım ve kapalılık oranları verilerinden sadece bir tek a ve b katsayısı bulunmaktadır. Bu durumda a ve b katsayılarında bir durağanlık söz konusudur ve bu katsayıların bir zaman serisi elde edilemediğinden bir modelleme de yapabilmek imkansızdır. Birbirini takip eden ayların doğrusal kabul edilmesiyle GA'lar yardımıyla her ay için birer a ve b katsayısı hesaplanmıştır. Böylelikle a ve b'lerin bir zaman serisi elde edilerek durağanlık ortadan kaldırılmış ve bu katsayıların istatistiksel analizi yapılabilir hale gelmiştir. Bu çalışmanın sonucunda a ve b'lerin genelde 0 ile 1 arasında bulunduğu ve bunun yanında çok büyük değerler ile negatif değerler de görülmüştür. Ayrıca a ve b'ler arasında ters bir ilişkinin olduğu ve aylık ortalama a, b katsayılarının yıl içindeki değişimleri ile bu katsayıların aylık standart sapmalarının yıl içindeki değişimlerinin aynı yapıya sahip olduğu gözlenmiştir.

Bütün bu anlatılanların doğrultusunda GA'ları meteorolojide kullanmak mümkündür.

KAYNAKLAR

- AKINOĞLU, B., G., ve ECEVİT, A. (1990), Construction of a quadratic model using modified Angström coefficients to estimate global solar radiation, *Solar Energy* 45, 2, pp. 85-92
- ANGSTRÖM, A. (1924), Solar and terrestrial radiation, *Q. J. Roy. Met. Soc.* 50, 121-125
- BARNES, S., L. (1964), A technique for maximizing details in numerical weather map analysis, *J. App. Meteor.*, Vol. 3, pp. 396-409
- CRESSMAN, G., P. (1955), An operational objective analysis system, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 87, 10, pp. 367-374
- EROL, O., K. (1995), Bulanık kontrolör karar tablosunun Genetik Algoritmalarla oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ, İstanbul, 63 sayfa
- FORREST, S. (1993), Genetic Algorithms: Principle of natural selection applied to computation, *Science*, Vol. 261, pp. 872-878
- GOLDBERG, D., E. (1989), Genetic algorithms in search optimization and machine learning, Addison-Wesley, Reading, MA
- HOLLAND, J. (1975), Adaptation of natural and artificial systems, Univ. Michigan Press, An Arbor, MI
- HOLLAND, J. (1992), Genetic Algorithms, *Scientific American*, July, pp. 44-50

- MANIEZZO, V. (1994), Genetic evolution of the topology and weight distribution of neural networks, IEEE Transactions On Neural Networks, Vol. 5, 1, pp. 39-53
- MOUMİN, A. (1995), Yapay sinir ağıları ve genetik algoritmaların uçuş kontrol sistemlerine uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ, İstanbul, 104 sayfa
- ÖĞELMAN, H., ECEVİT, A., ve TAŞDEMİROĞLU, E. (1984), Method for estimating solar radiation from bright sunshine data, Solar Energy, Vol. 33, 6, pp. 619-625
- PANOFISKY, H., A., and BRIER, G., W. (1968), Some application of statistics to meteorology, Pennsylvania State University Press, 224 pp
- SAMUEL, T.D.M.A. (1991), Estimation of global radiation for Sri Lanka, Solar Energy, Vol. 47, No:5, 333 pp
- SASAKI, Y. (1960), An objective analysis for determining initial conditions for the primitive equations, Tech. Rep., (Ref. 60-16T) (College Station: Texas A/M University)
- SÖNMEZ, İ., ve ŞEN, Z. (1997), Yapay sinir ağıları yardımıyla debi öngörüsü, Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler Sempozyumu, Ankara, pp. 445-457
- SÖNMEZ, İ. (1998), Yapay sinir ağıları ve meteorolojik uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ, İstanbul, 70 sayfa, (hazırlık aşamasında)
- ŞAHİN, A., D. (1996), Aylık ortalama güneş ısınımı hesaplamalarında ardışık yerine koyma yöntemi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ, İstanbul, 106 sayfa

ŞAHİN, A., D., ve ŞEN, Z. (1998), Statistical analysis of the Angström formula coefficients and application for Turkey, Solar Energy, Vol. 62, No:1, (in press)

ŞEN, Z. (1996), Multivariate analysis in time series, Ders Notları

ŞEN, Z. (1997), Objective analysis by cumulative semivariogram technique and its application in Turkey, J. App. Meteor., (in press)

THIEBAUX, H., J., and PEDDER, M., A. (1987), Spatial objective analysis, Academic Press, 299 pp.

YILDIZ, M., ve ÖZ, S. (1994), Ülkemizin güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi, Meteor. Müh. Der., sayı 3

EKLER

EK A

**** BÖLÜM 3 İÇİN YAPILAN BİLGİSAYAR YAZILIMI (CRESSMAN İÇİN)**

```

PARAMETER(N=16,NN=16,NNN=32,BY=100)
DOUBLE PRECISION YG(BY),FARKAR(N),UYGUN(N),MAXFAR
DOUBLE PRECISION MINFAR,IFARKAR,IB,IA
INTEGER*4 A1(N,NN), B1(N,NN),A(N),B(N)
INTEGER*4 KRONO(N), GENNO(N), C1(N,NNN), CD1(N,NNN), IC1(1,NNN)
REAL*8 XG(BY)
OPEN(11,FILE='VERI.DAT',STATUS='OLD')
CALL DATE_TIME_SEED@
CALL RASKAT(N,NN,A,A1)
CALL RASKAT(N,NN,B,B1)
CALL BIRLESME(N,NN,NNN,A1,B1,C1)
DO I=1,BY
  READ(11,*) XG(I),YG(I)
ENDDO

  DO ITER=1,100
    CALL UYGUNLUK(N,NNN,ITER,YG,XG,A,B,C1,FARKAR,UYGUN,IFARKAR,IB,IA,
+ISIRA,IC1,BY)
    CALL MAXMIN(N,FARKAR,MAXFAR,MINFAR,MAXKRO,MINKRO)
    CALL SECIM(N,NNN,ISIRA,UYGUN,C1,IC1,CD1,MAXKRO)
    CALL CAPRAZLAMA(N,NNN,C1,KRONO,GENNO)
    CALL MUTASYON(N,NNN,C1)
    CALL AYRIM(N,NN,NNN,C1,A1,B1)
    CALL COZUM (N,NN,A1,A)
    CALL COZUM (N,NN,B1,B)
  ENDDO
  WRITE(*,*) IFARKAR,IA,IB
END

```

**

ALT PROGRAMLAR

```

SUBROUTINE RASKAT(NBYT1,NBYT2,KTSY,KTSY2)
INTEGER*4 KTSY2(NBYT1,NBYT2),KTSY(NBYT1),ZAR,DEGIS
DO I=1,NBYT1
    ZAR=IFIX(RANDOM()*2+1)
    IF(ZAR.EQ.1) THEN
        KTSY(I)=-IFIX(RANDOM()*32766+1)
    ELSE
        KTSY(I)=IFIX(RANDOM()*32766+1)
    ENDIF
ENDDO
DO I=1,NBYT1
    IF (KTSY(I).LT.0) THEN
        DEGIS=-KTSY(I)
    ELSE
        DEGIS=KTSY(I)
    ENDIF
    DO J=NBYT2,1,-1
        IF(J.EQ.1) THEN
            IF(KTSY(I).GE.0) THEN
                KTSY2(I,J)=1
            ELSE
                KTSY2(I,J)=0
            ENDIF
        ELSE
            KTSY2(I,J)=MOD(DEGIS,2)
            DEGIS=DEGIS/2
        ENDIF
    ENDDO
ENDDO
RETURN
END

```

**

İKİ KROMOZOMU TEK BİR KROMOZOM HALİNE DÖNÜŞTÜRME

```

SUBROUTINE BIRLESME (NBYT1, NBYT2, NBYT3, AKTSY2, BKTSY2, CKTSY2)
INTEGER*4 AKTSY2(NBYT1,NBYT2),BKTSY2(NBYT1,NBYT2)

```

```
INTEGER*4 CKTSY2(NBYT1,NBYT3)
```

```
DO I=1,NBYT1
```

```
DO J=1,NBYT3
```

```
IF(J.LE.16) THEN
```

```
CKTSY2(I,J)=AKTSY2(I,J)
```

```
ELSE
```

```
CKTSY2(I,J)=BKTSY2(I,J-NBYT2)
```

```
ENDIF
```

```
ENDDO
```

```
ENDDO
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
*****
```

```
**
```

KROMOZOMLARIN UYGUNLUĞUNU HESAPLAR

```
*****
```

```
SUBROUTINE UYGUNLUK(N,NNN,ITER,VERI1,VERI2,AKTSY,BKTSY,C1,FRKRT,
```

```
+UYG,IFRKRT,IBKTSY,IAKTSY,ISIRA,IC1,BY)
```

```
DOUBLE PRECISION VERI1(BY),FRKRT(N),UYG(N),TOP,Y(BY),
```

```
IFRKRT,IBKTSY,IAKTSY
```

```
REAL*8 VERI2(BY)
```

```
INTEGER*4 AKTSY(N),BKTSY(N),IC1(1,NNN),C1(N,NNN)
```

```
TOP=0.0
```

```
DO I=1,N
```

```
FRKRT(I)=0.0
```

```
DO II=1, BY
```

```
Y(II)=(((AKTSY(I)/100.))**2-(VERI2(II)**2))/((AKTSY(I)/100.))**2+(VERI2(II)**2)))**
```

```
+(BKTSY(I)/100.)
```

```
FRKRT(I)=FRKRT(I)+(VERI1(II)-Y(II))**2
```

```
ENDDO
```

```
FRKRT(I)=1/FRKRT(I)
```

```
IF(FRKRT(I).GT.IFRKRT) THEN
```

```
IFRKRT=FRKRT(I)
```

```
IBKTSY=BKTSY(I)/100.
```

```
IAKTSY=AKTSY(I)/100.
```

```
ISIRA=I
```

```
ENDIF
```

```
TOP=TOP+FRKRT(I)
```

```
ENDDO
```

```
DO J=1,N
```

```
UYG(J)=(FRKRT(J)/TOP)*100
```

```
DO K=1,NNN
```

```
IC1(1,K)=C1(ISIRA,K)
```

```
ENDDO
```

```
ENDDO
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
*****
```

```
** EN İYİ VE EN KÖTÜ KROMOZOMLAR BELİRLENİR
```

```
*****
```

```
SUBROUTINE MAXMIN(N,FRKRT,MXFR,MNFR,MXKRO,MNKRO)
```

```
DOUBLE PRECISION FRKRT(N),MXFR,MNFR
```

```
MXFR=FRKRT(1)
```

```
MXKRO=1
```

```
MNFR=FRKRT(1)
```

```
MNKRO=1
```

```
DO J=2,N
```

```
IF(FRKRT(J).GE.MXFR) THEN
```

```
MXFR=FRKRT(J)
```

```
MXKRO=J
```

```
ELSEIF(FRKRT(J).LT.MNFR) THEN
```

```
MNFR=FRKRT(J)
```

```
MNKRO=J
```

```
ENDIF
```

```
ENDDO
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
*****
```

```
** RULET ÇARKI YARDIMIYLA SEÇİM YAPILIR
```

```
*****
```

```
SUBROUTINE SECIM(N,NNN,ISIRA,UYG,KTSY2,IC1,KTSY2D,MXKRO)
```

```
DOUBLE PRECISION UYG(N),TOP,TAH
```

```
INTEGER*4 KTSY2(N,NNN),KTSY2D(N,NNN),IC1(1,NNN)
```

```
INDIS=0
```

```
DO I=1,N-6
```

```
TAH=RANDOM()*100
```

```
TOP=0.0
```

```
DO II=1,N
```

```
TOP=TOP+UYG(II)
```

```

      IF (TAHLE.TOP) GOTO 30
      ENDDO
30  INDIS=INDIS+1
      DO J=1,NNN
      KTSY2D(INDIS,J)=KTSY2(II,J)
      ENDDO
      ENDDO
      DO MM=(N-5),N-4
      DO M=1,NNN
      KTSY2D(MM,M)=KTSY2(MXKRO,M)
      ENDDO
      ENDDO
      DO I=N-3, N
      DO LL=1,NNN
      KTSY2D(i,LL)=IC1(1,LL)
      ENDDO
      ENDDO
      DO K=1,N
      DO LL=1,NNN
      KTSY2(K,LL)=KTSY2D(K,LL)
      ENDDO
      ENDDO
      RETURN
      END
*****
**                                ÇAPRAZLAMA                                *****
*****

      SUBROUTINE CAPRAZLAMA(N,NNN,KTSY2,T,TT)
      INTEGER*4 T(N),TT(N),KTSY2(N,NNN),CAPRAZ
      DO K=1,N
40  T(K)=IFIX(RANDOM()*N+1)
50  TT(K)=IFIX(RANDOM()*NNN+1)
      IF(TT(K).EQ.1) GOTO 50
      DO J=1,(K-1)
      IF (T(K).EQ.T(J)) GOTO 40
      ENDDO
      ENDDO
      DO K=1,N,2
      DO J=TT(K),NNN

```

```

CAPRAZ=KTSY2(T(K),J)
KTSY2(T(K),J)=KTSY2(T(K+1),J)
KTSY2(T(K+1),J)=CAPRAZ
ENDDO

```

```

ENDDO
RETURN
END

```

**

MUTASYON

```

SUBROUTINE MUTASYON(N,NNN,KTSY2)
INTEGER*4 MUTKRO(30),MUTGEN(30),KTSY2(N,NNN)
DO J=1,30
60 MUTKRO(J)=(RANDOM()*N+1)
70 MUTGEN(J)=(RANDOM()*NNN+1)
IF(MUTGEN(J).EQ.1) GOTO 70
DO JJ=1,(J-1)
IF(MUTKRO(J).EQ.MUTKRO(JJ).AND.MUTGEN(J).EQ.MUTGEN(JJ)) GOTO 60
ENDDO
IF(KTSY2(MUTKRO(J),MUTGEN(J)).EQ.1) THEN
KTSY2(MUTKRO(J),MUTGEN(J))=0
ELSE
KTSY2(MUTKRO(J),MUTGEN(J))=1
ENDIF
ENDDO
RETURN
END

```

**

BİRLEŞTİRİLEN KROMOZOMLAR AYRILIR

```

SUBROUTINE AYRIM(N,NN,NNN,CKTSY2,AKTSY2,BKTSY2)
INTEGER*4 AKTSY2(N,NN),BKTSY2(N,NN),CKTSY2(N,NNN)
DO I=1,N
DO J=1,NNN
IF(J.LE.16) THEN
AKTSY2(I,J)=CKTSY2(I,J)
ELSE
BKTSY2(I,J-NN)=CKTSY2(I,J)
ENDIF

```

```

        ENDDO
    ENDDO
    RETURN
END

```

**

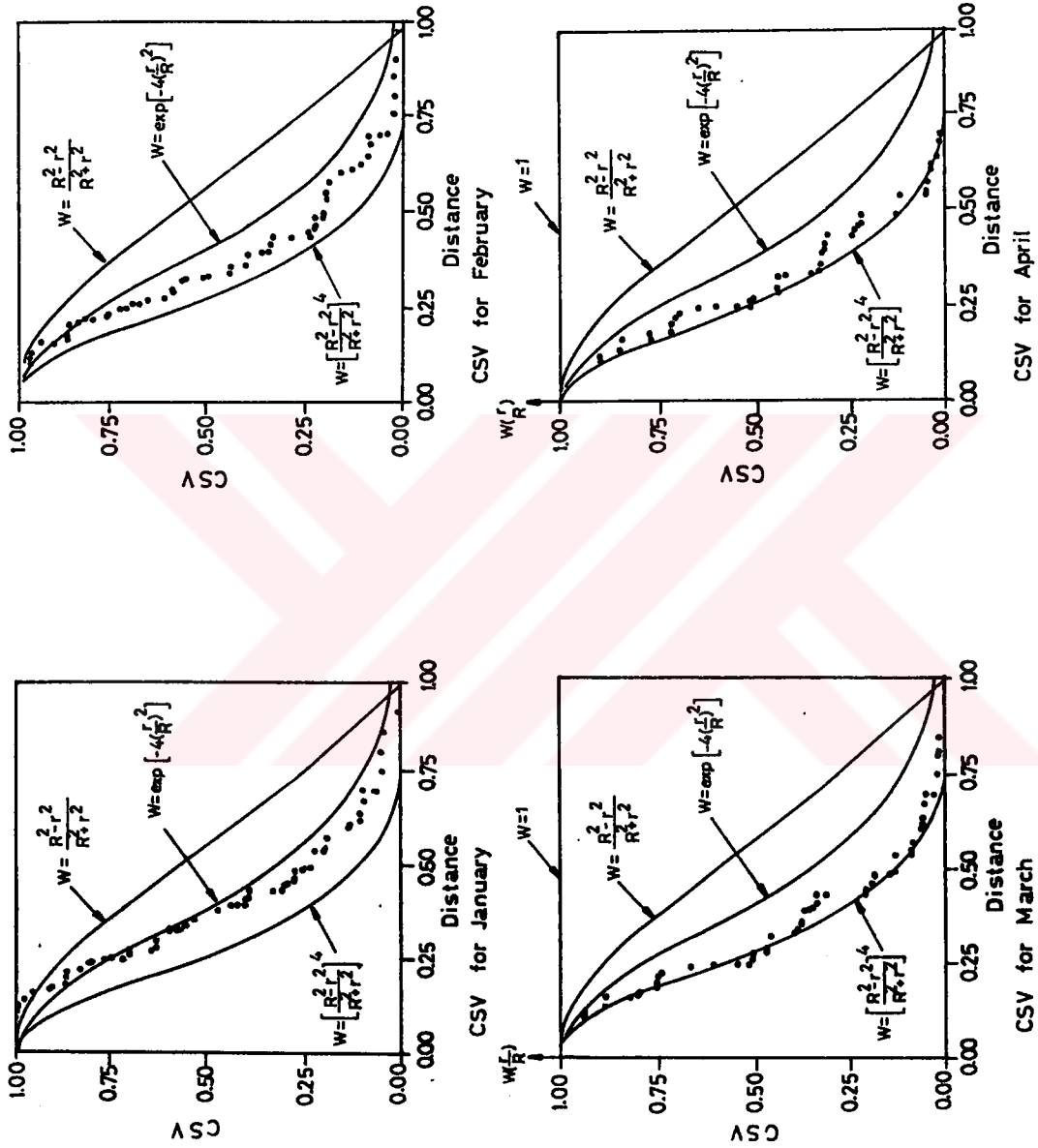
İKİLİK TABANDAN ONLUK TABANA DÖNÜŞÜM

```

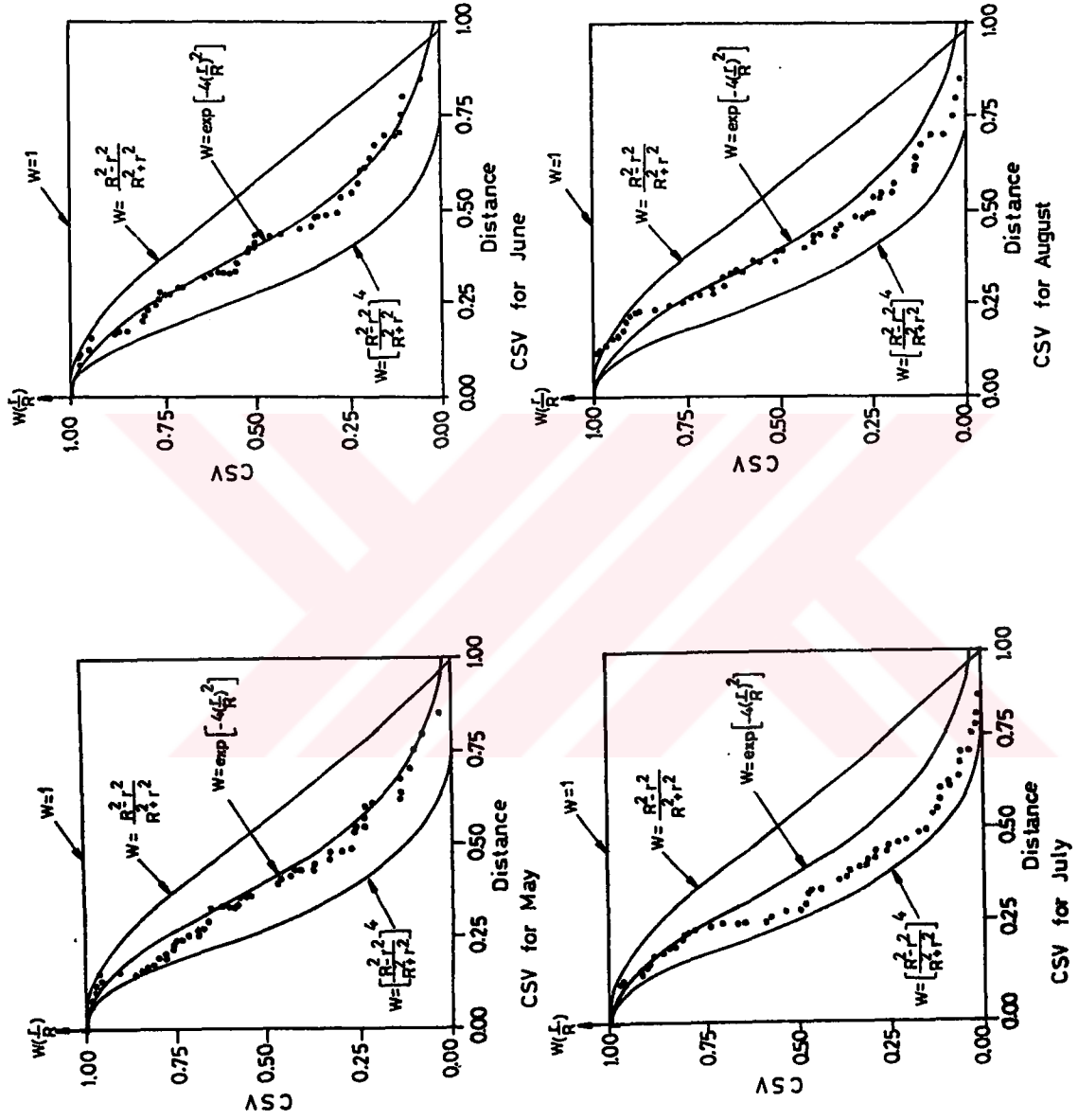
SUBROUTINE COZUM(N,NN,KTSY2,KTSY)
    INTEGER*4 KTSY(N),KTSY2(N,NN)
    DO K=1,N
        KTSY(K)=0
        DO J=2,NN
            KTSY(K)=KTSY(K)+KTSY2(K,J)*(2**(NN-J))
        ENDDO
        IF(KTSY2(K,1).EQ.0) THEN
            KTSY(K)=-KTSY(K)
        ENDIF
    ENDDO
    RETURN
END

```

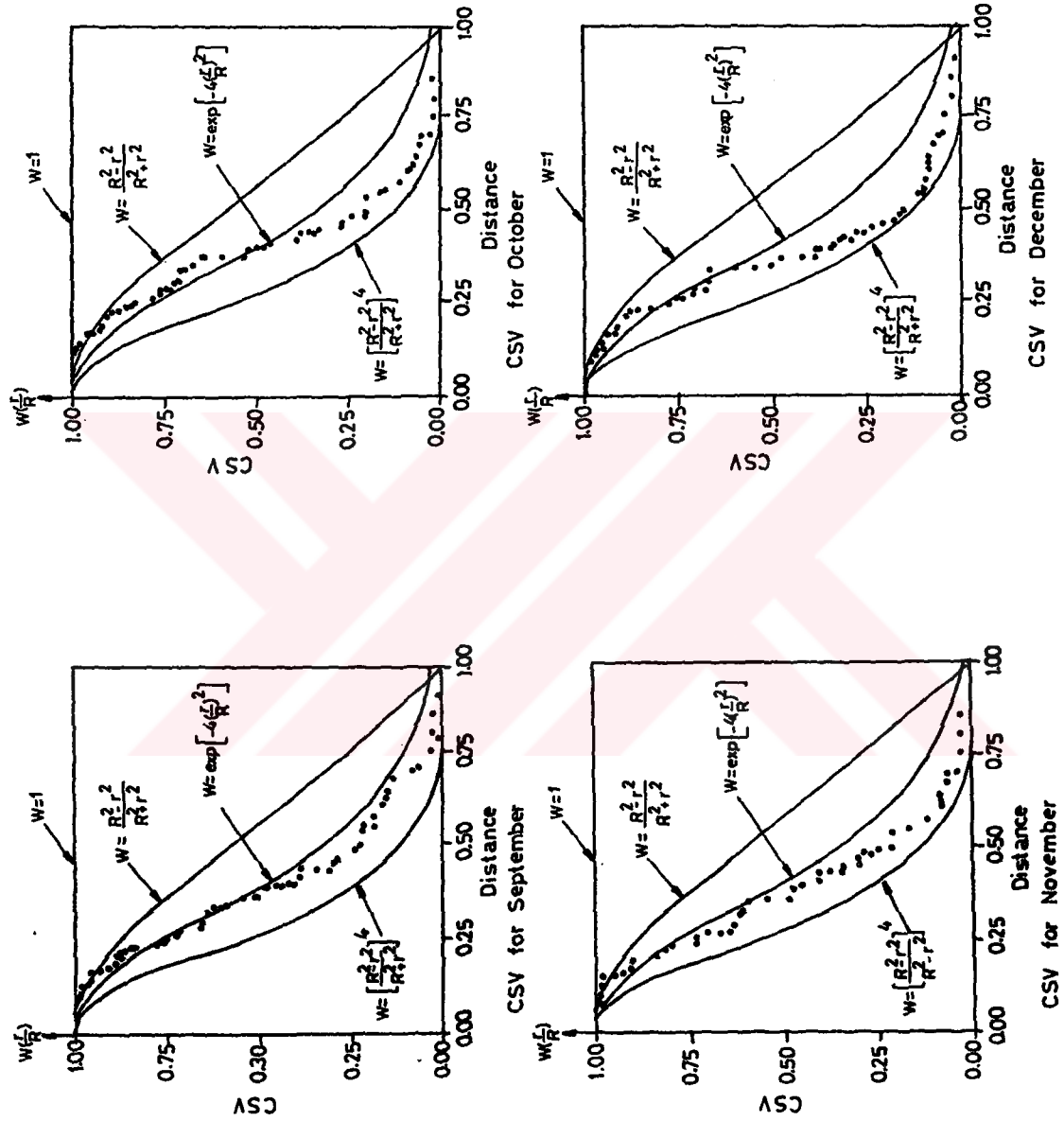
EK B



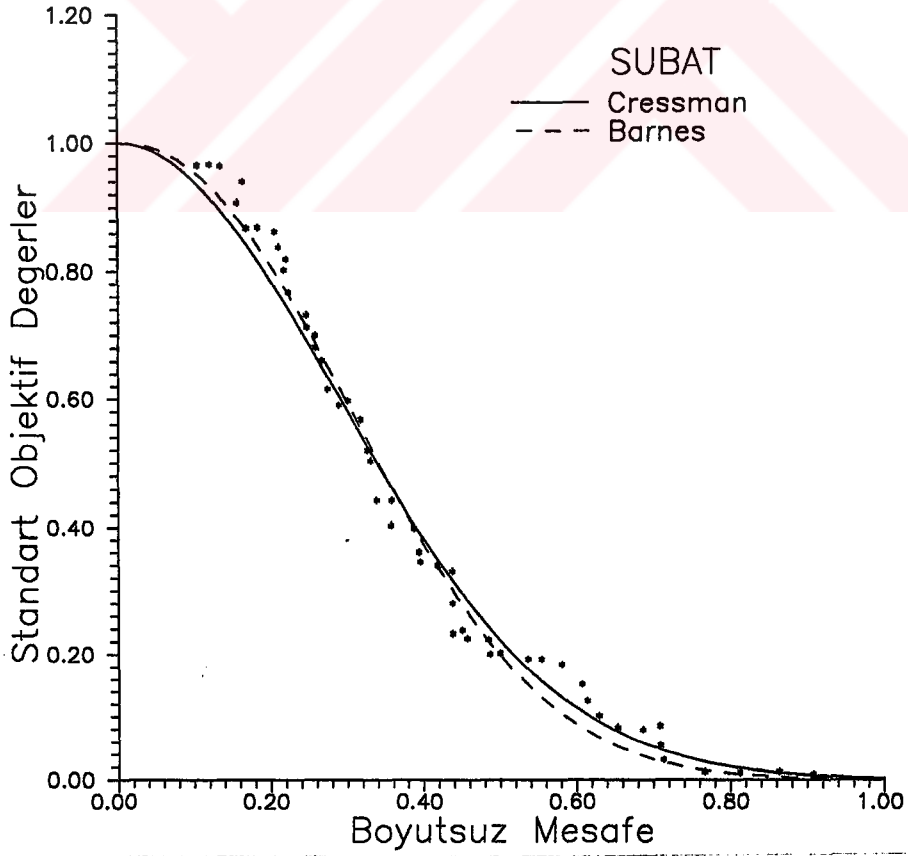
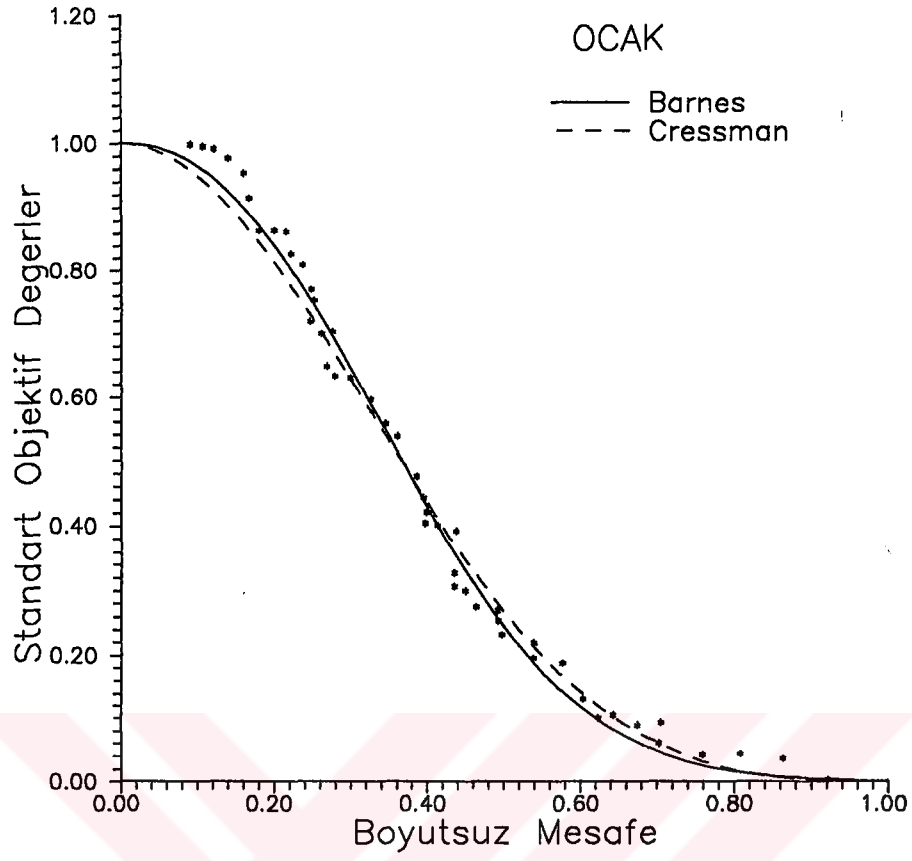
Şekil 3.2.1. Kümülatif yarı-varyogram fonksiyonları (Ocak, Şubat, Mart, Nisan; Şen, 1997).



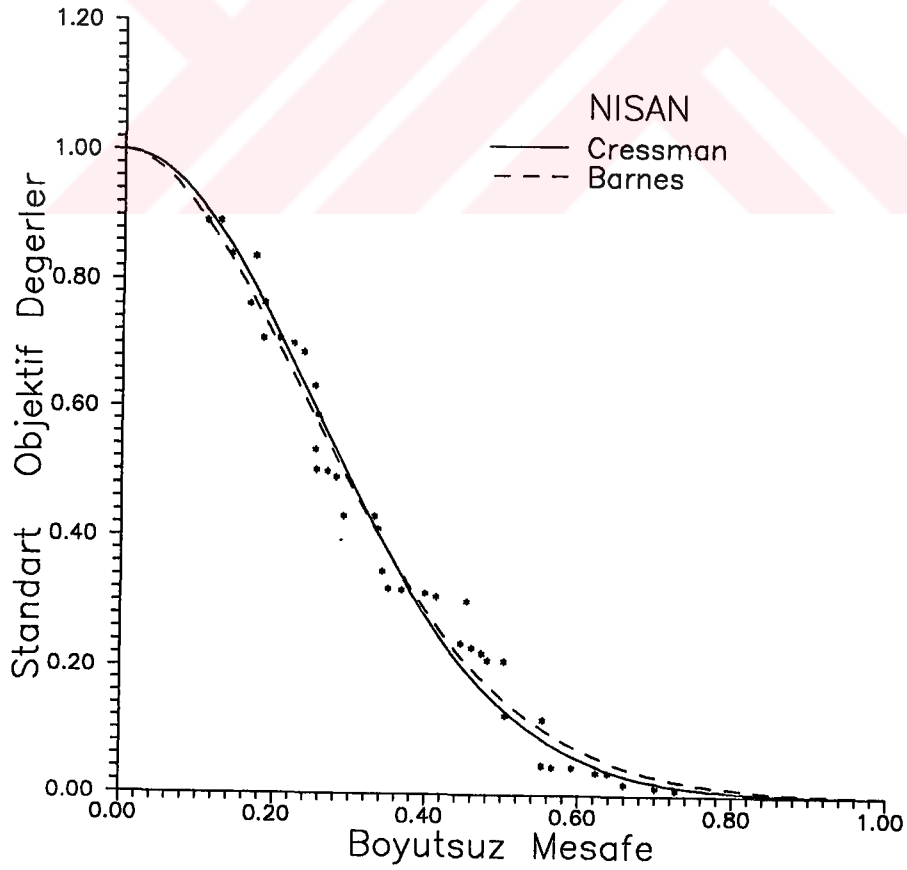
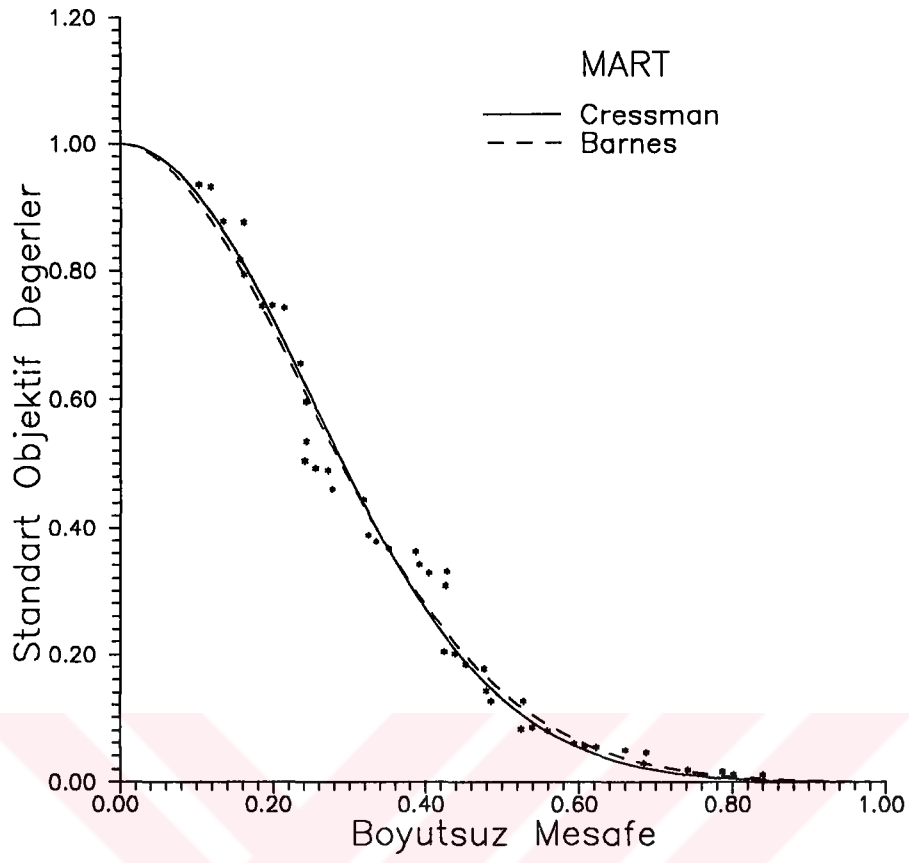
Şekil 3.2.2. Kümülatif yarı-varyogram fonksiyonları (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos; Şen, 1997).



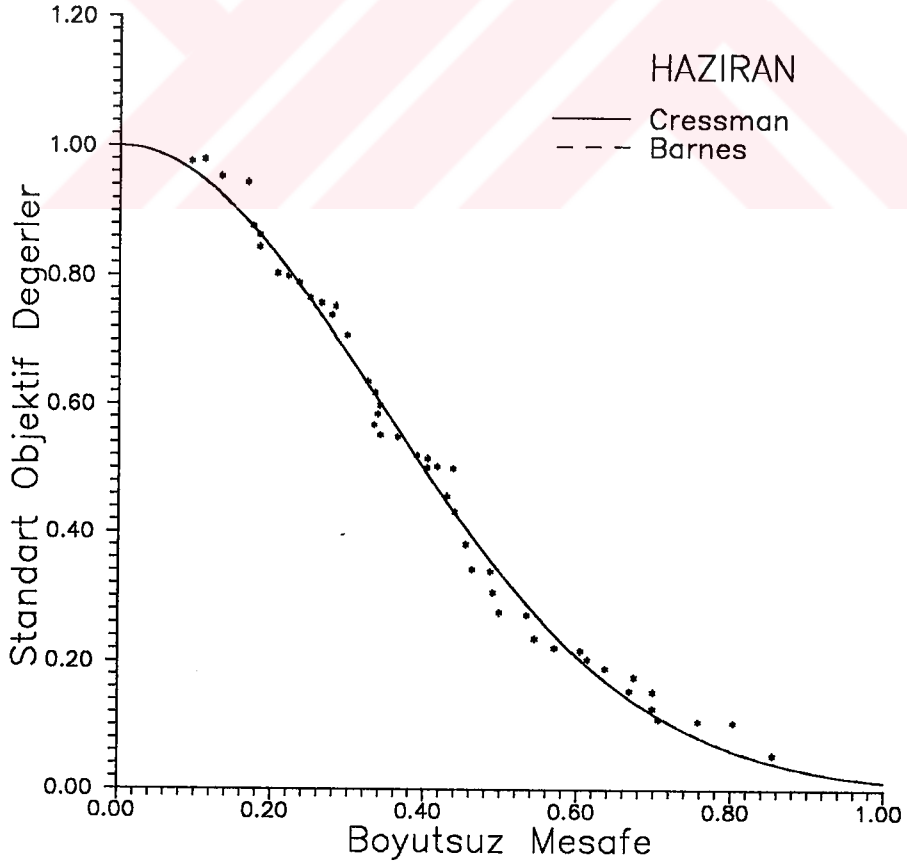
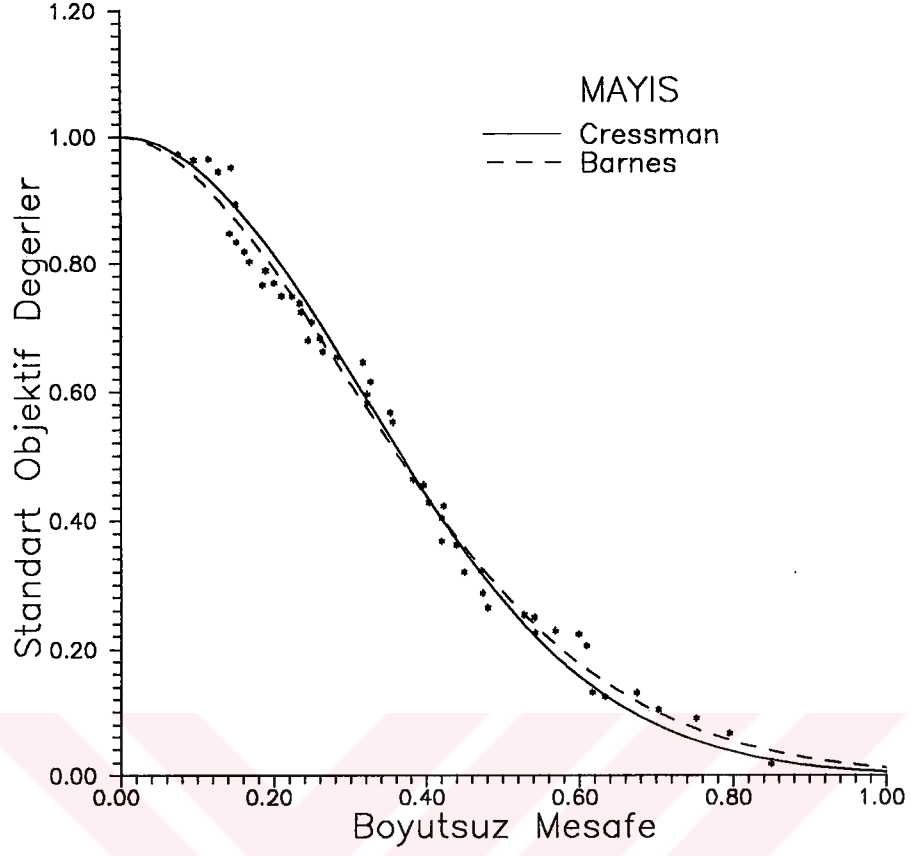
Şekil 3.2.3. Kümülatif yarı-varyogram fonksiyonları (Eylül, Ekim, Kasım, Aralık; Şen, 1997).



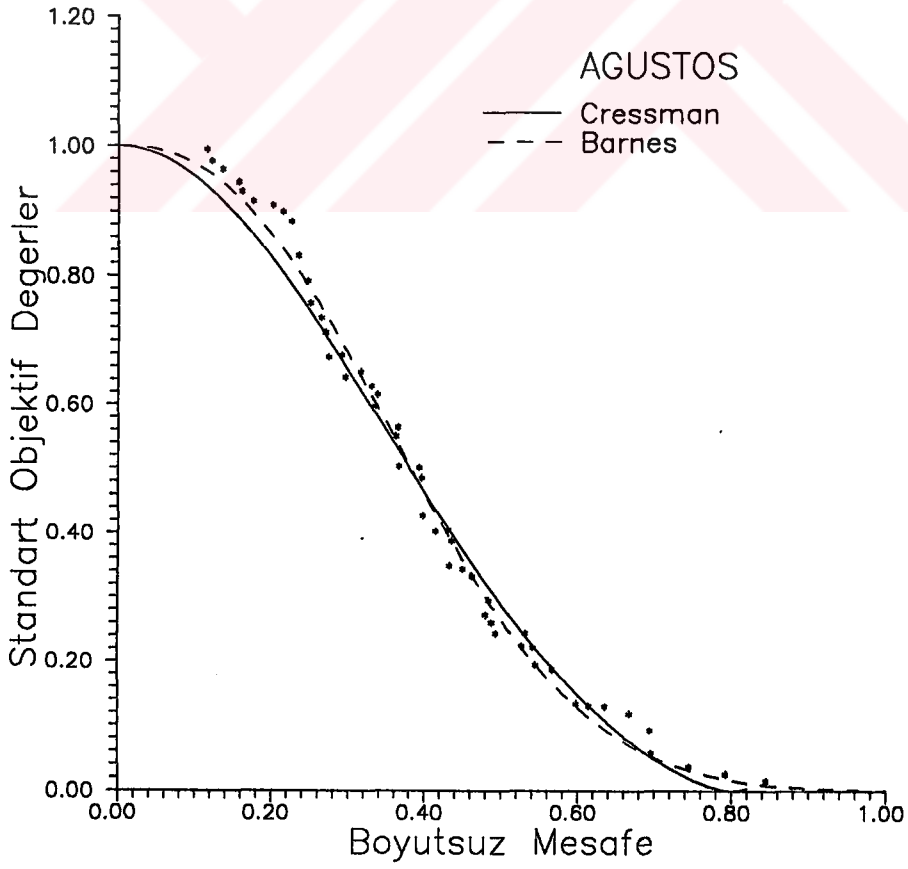
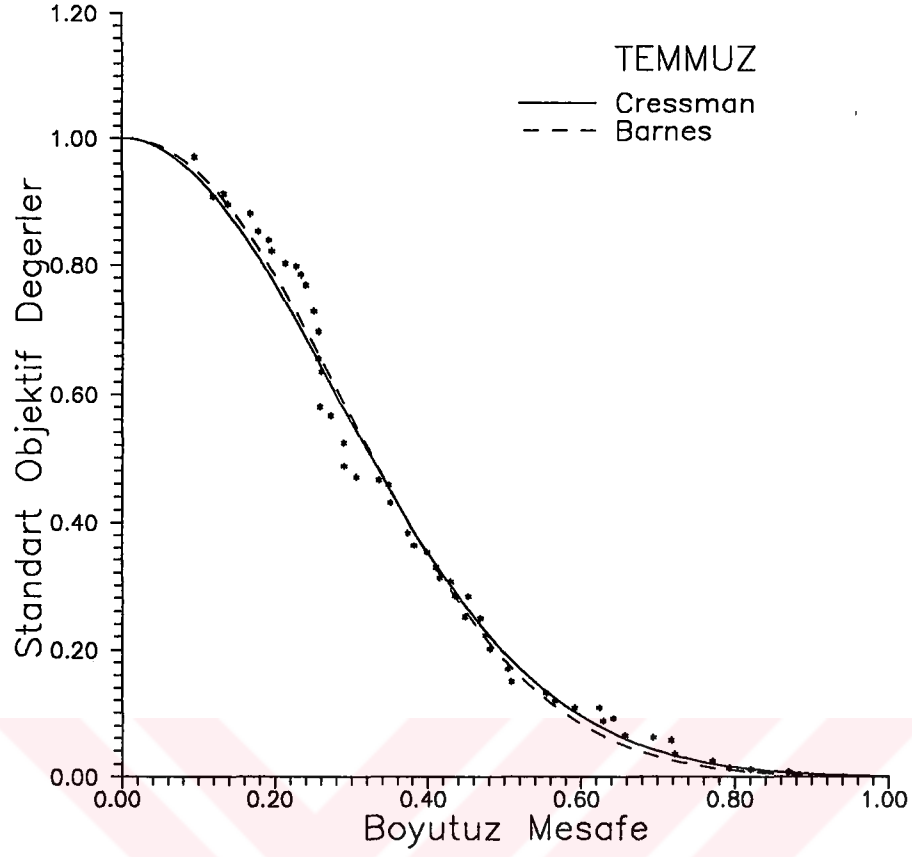
Şekil 3.4.1. Kümülatif yarı-varyogram ağırlık fonksiyonları (Ocak, Şubat).



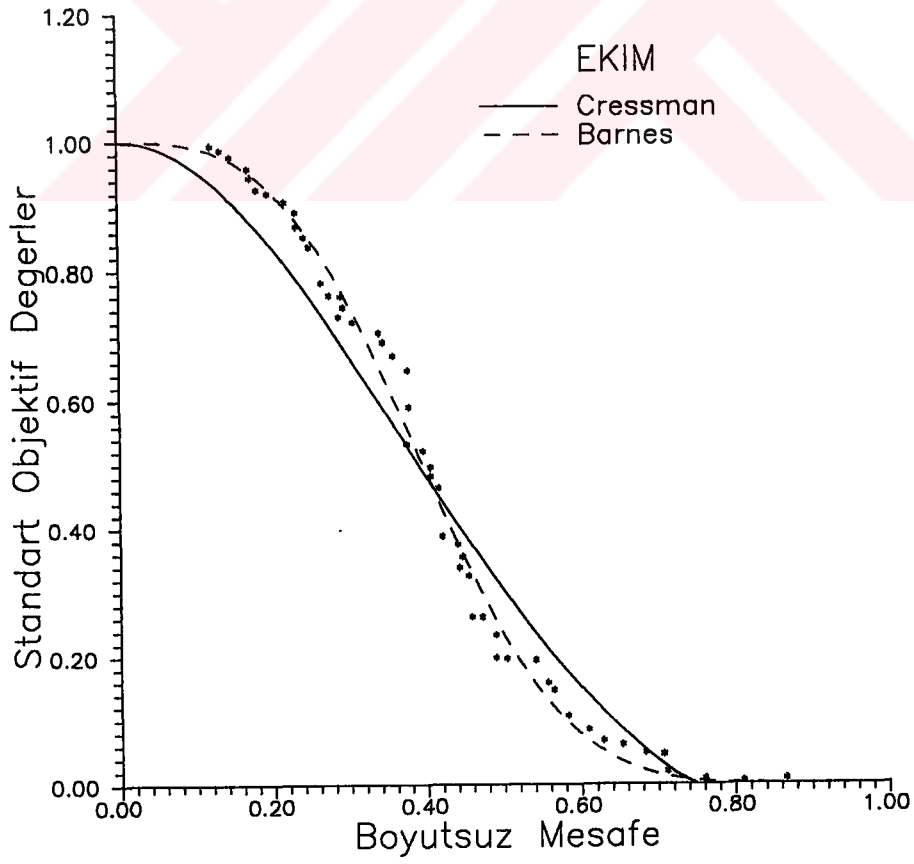
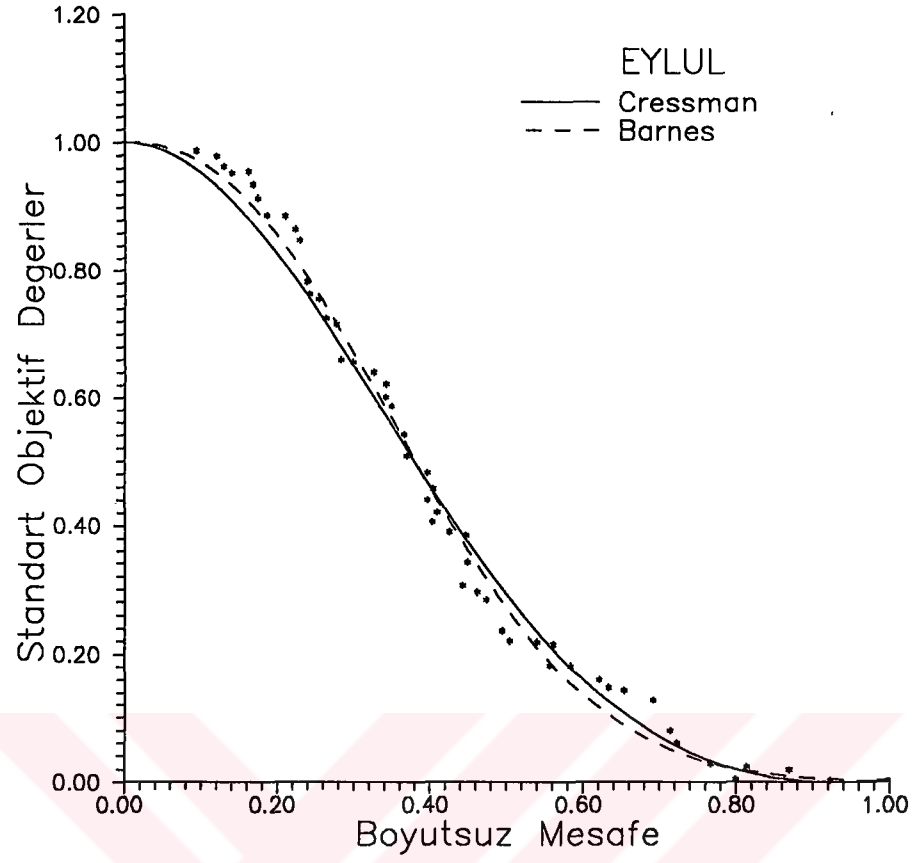
Şekil 3.4.2. Kümülatif yarı-varyogram ağırlık fonksiyonları (Mart, Nisan).



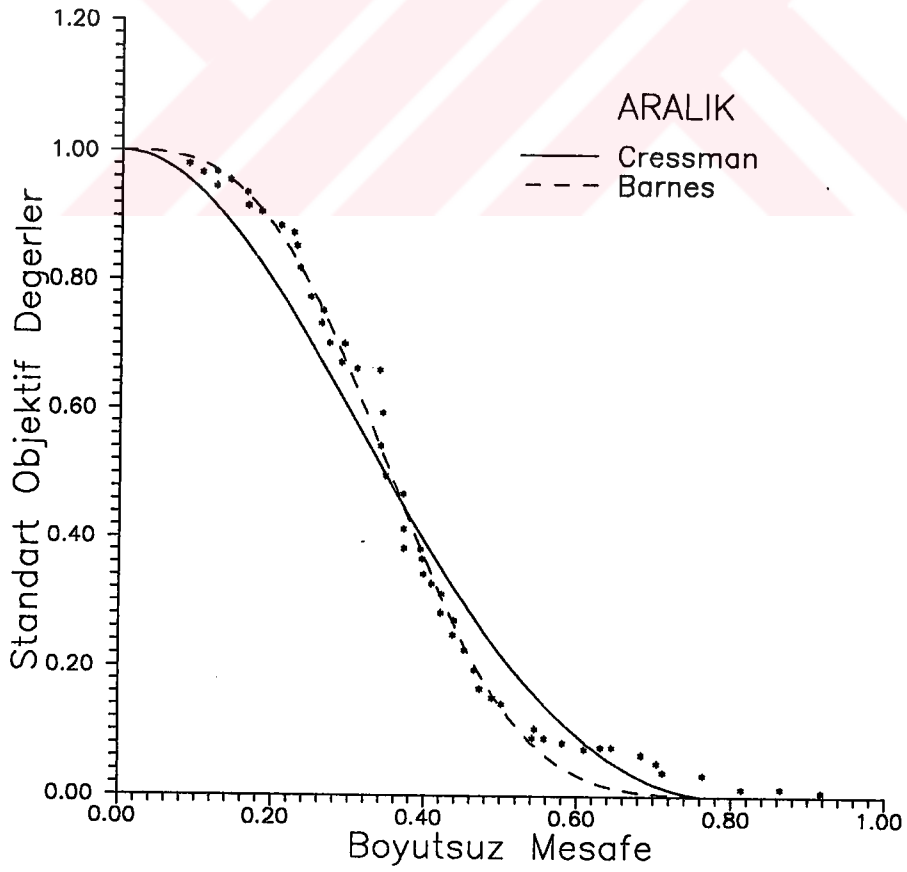
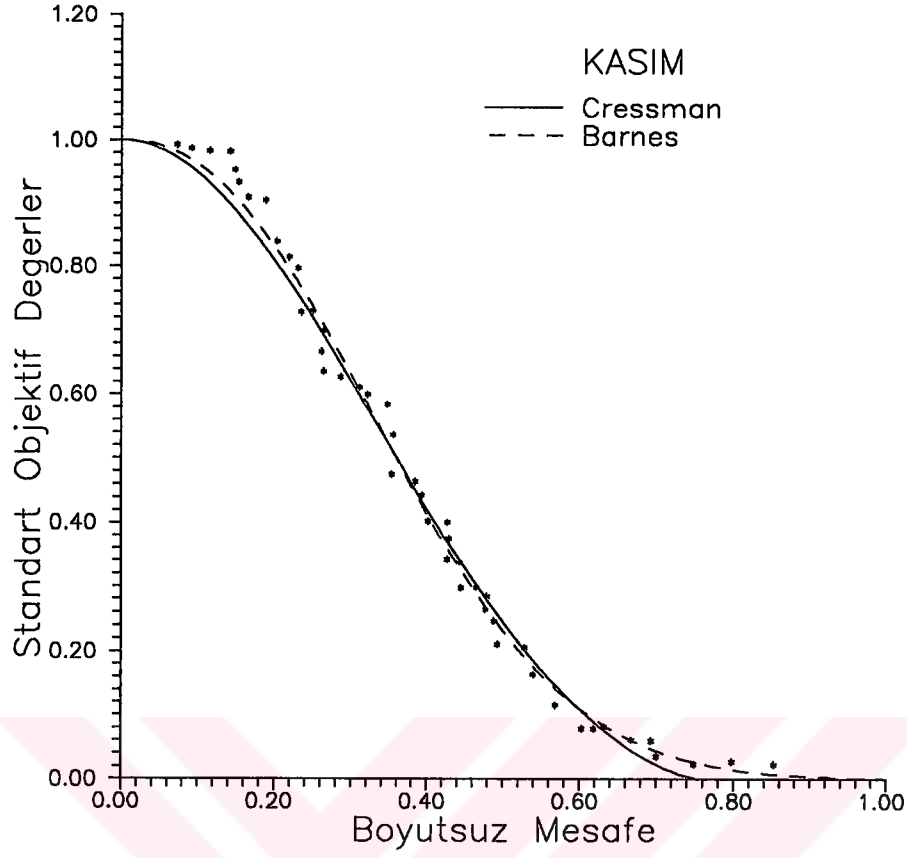
Şekil 3.4.3. Kümülatif yarı-varyogram ağırlık fonksiyonları (Mayıs, Haziran).



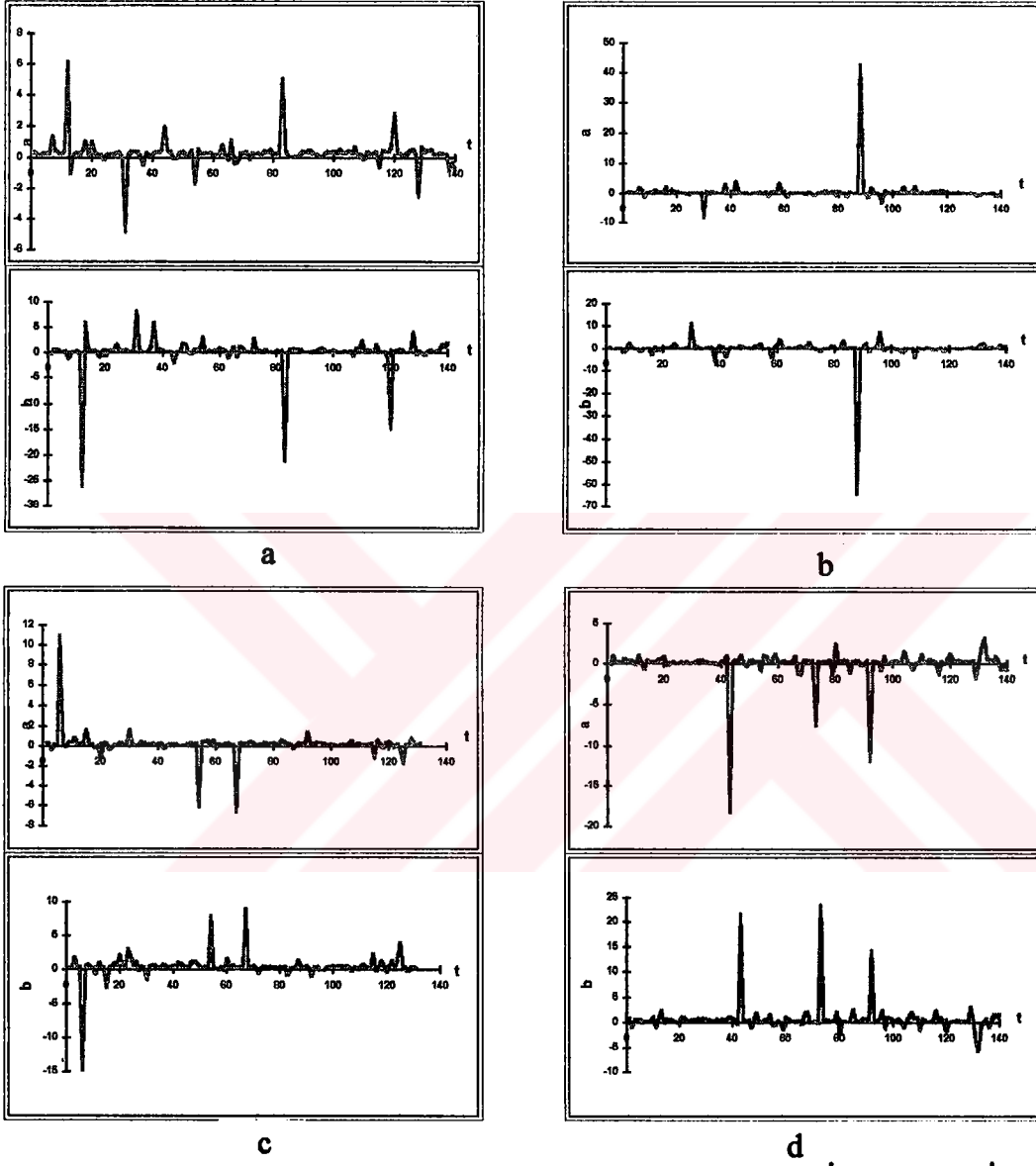
Şekil 3.4.4. Kümülatif yarı-varyogram ağırlık fonksiyonları (Temmuz, Ağustos).



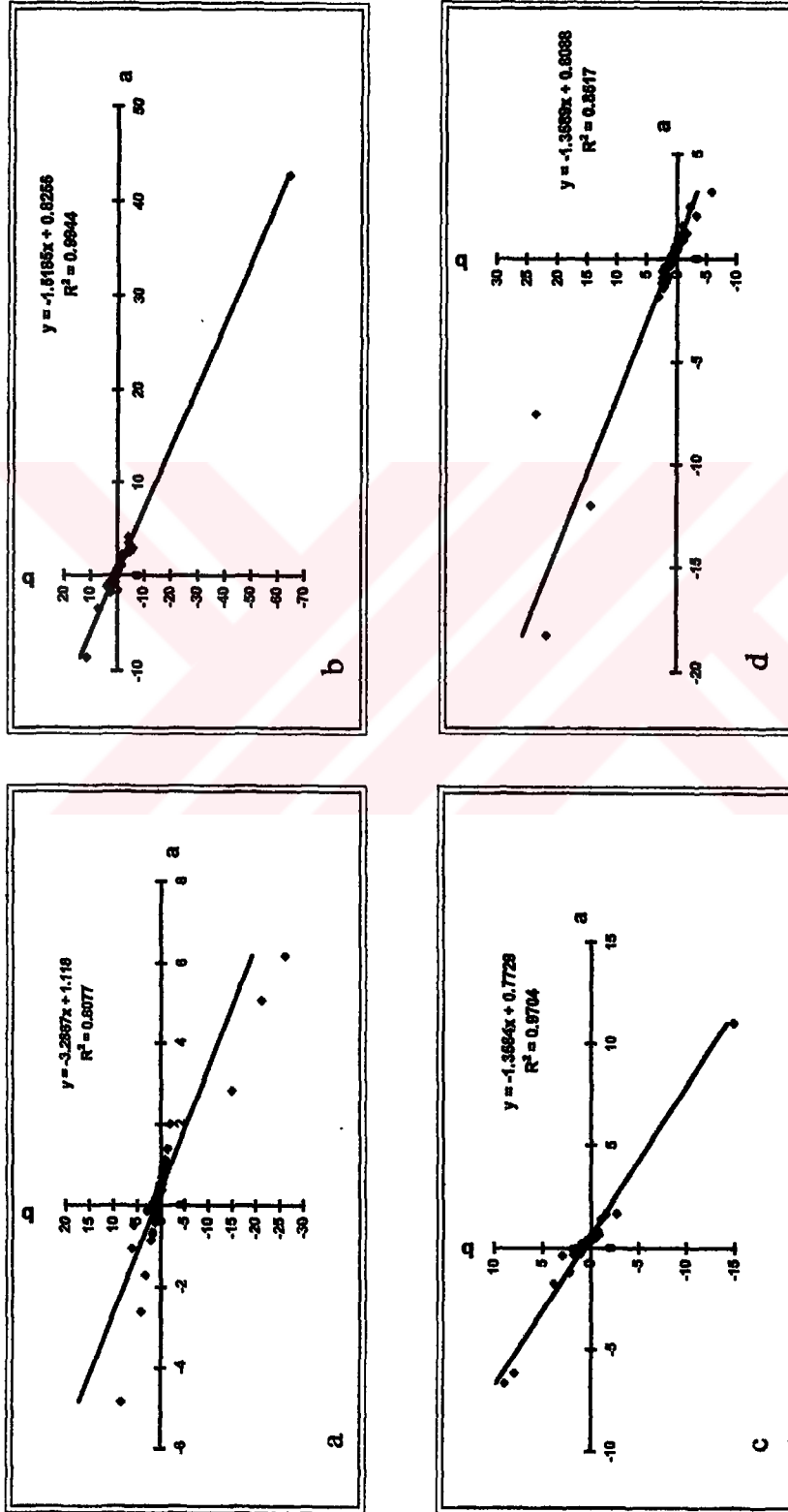
Şekil 3.4.5. Kümülatif yarı-varyogram ağırlık fonksiyonları (Eylül, Ekim).



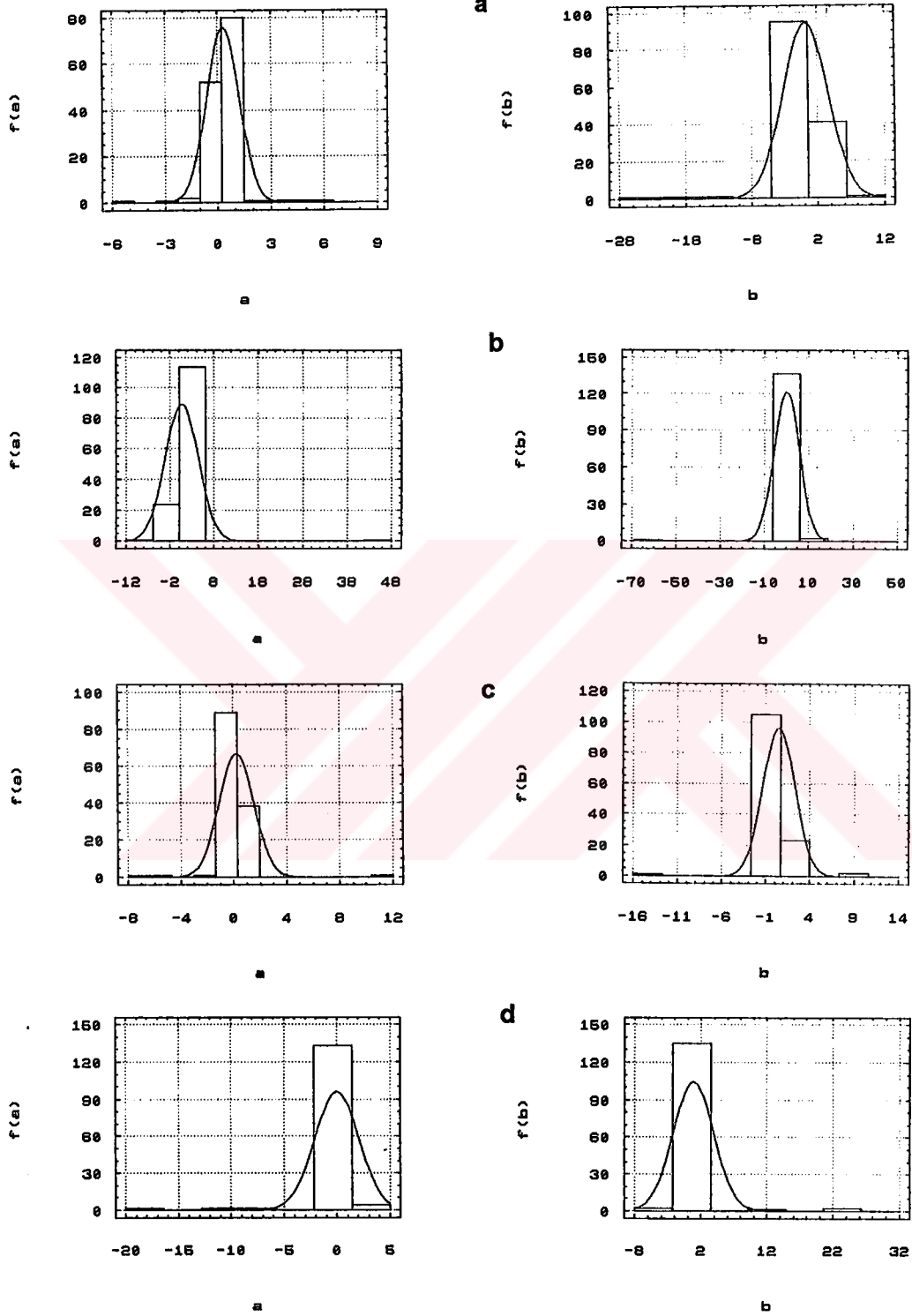
Şekil 3.4.6. Kümülatif yarı-varyogram ağırlık fonksiyonları (Kasım, Aralık).



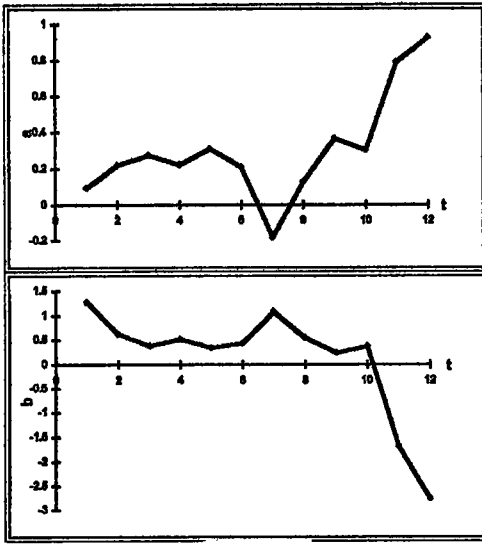
Şekil 6.1. Şekil 6.1 Angsröm parametrelerinin zaman serileri; (a) İstanbul, (b) İzmir, (c) Ankara, (d) Diyarbakır.



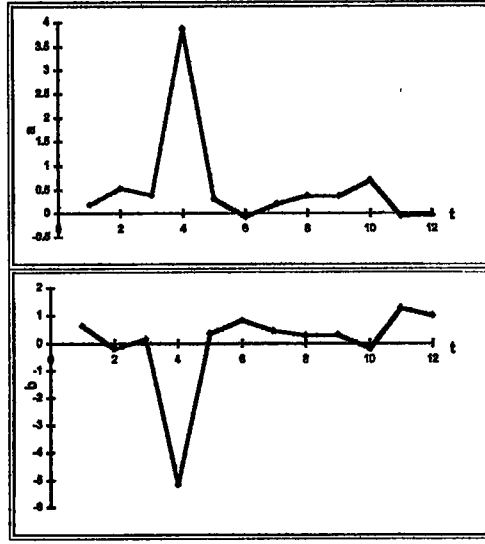
Şekil 6.2. Angström parametreleri arasındaki ilişki; (a) İstanbul, (b) İzmir, (c) Ankara, (d) Diyarbakır.



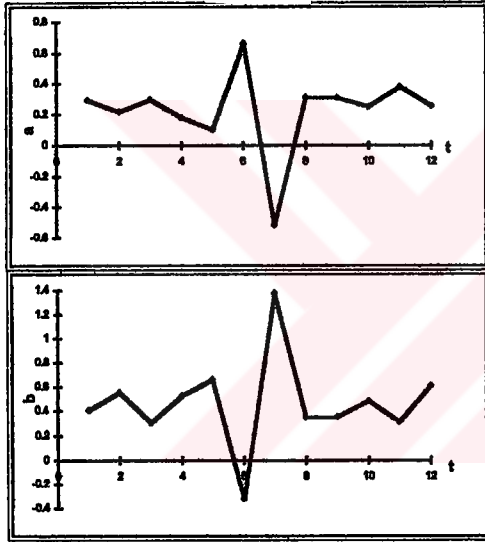
Şekil 6.3. Angström parametrelerinin histogramları; (a) İstanbul, (b) İzmir, (c) Ankara, (d) Diyarbakır.



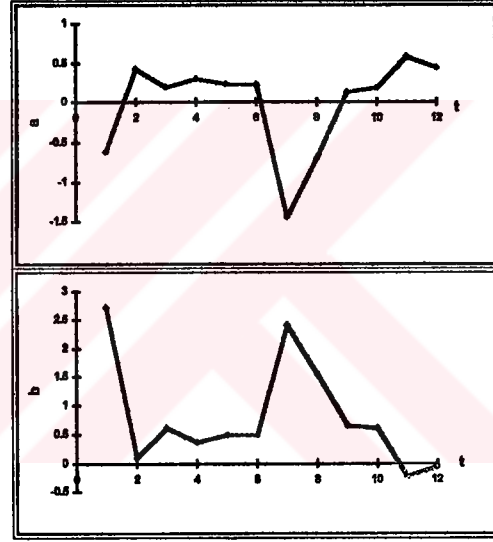
a



b

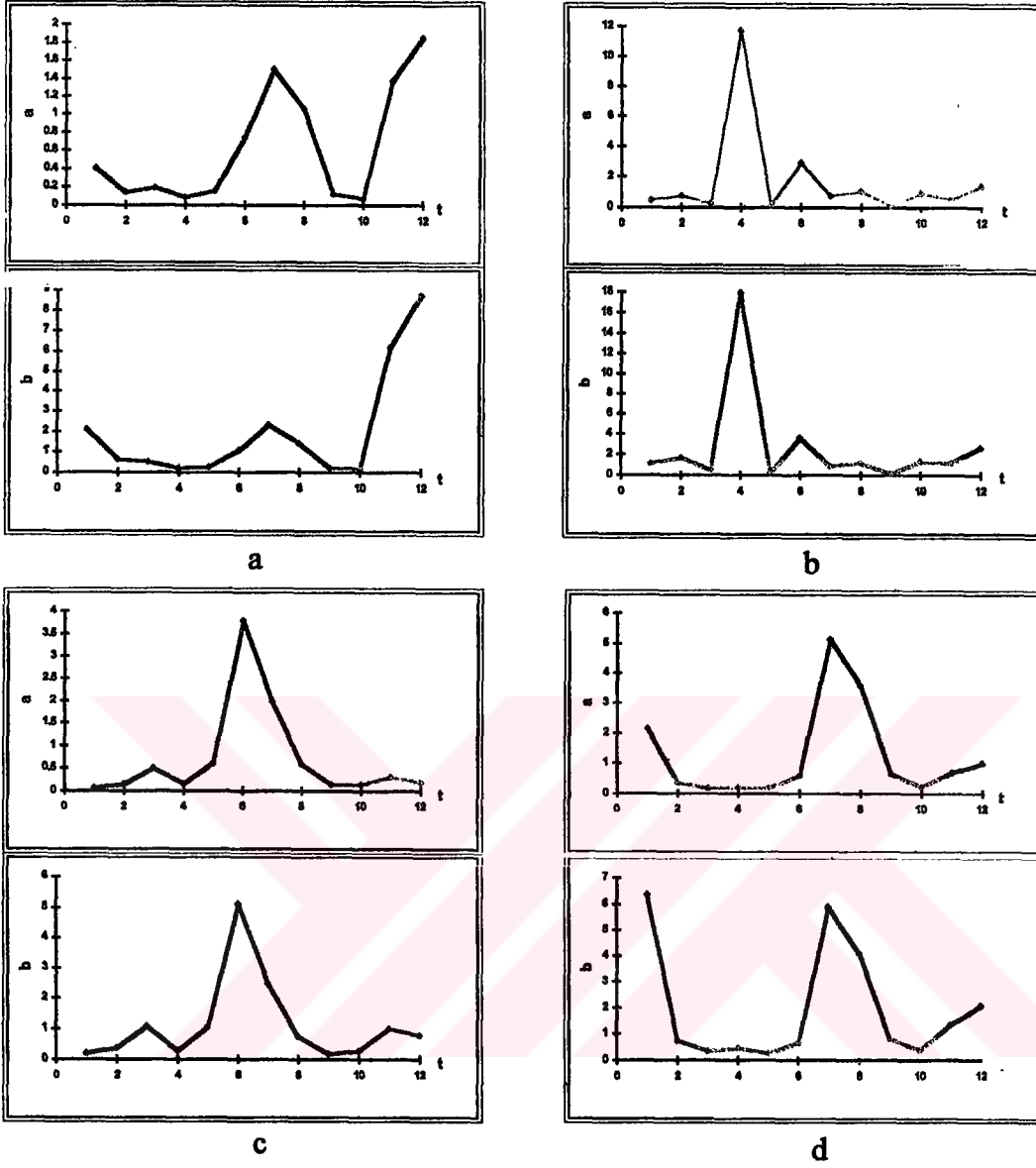


c



d

Şekil 6.4. Ortalama a ve b parametrelerinin aylık değişimleri; (a) İstanbul, (b) İzmir, (c) Ankara, (d) Diyarbakır.



Şekil 6.5. a ve b parametrelerinin standart sapmalarının aylık değişimleri; (a) İstanbul, (b) İzmir, (c) Ankara, (d) Diyarbakır.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Öztopal 1974 yılında Balıkesir’de doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimini Balıkesir’de tamamladıktan sonra 1991 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümünü kazandı. Bir yıl hazırlıktan sonra başladığı üniversite öğrenimini 1996 yılının yaz yarıyılında tamamladı. Aynı yıl Meteoroloji Anabilim Dalı’nda master öğrenimine başladı.

