

AKIM SERİLERİNİN MODELLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşMüh. Yiğit Çağatay GENÇER

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Haziran 1994

Tezin Savunulduğu Tarih : 20 Ekim 1994

Tez Danışmanı

: Prof.Dr.R.F.Müftüoğlu

Jüri Üyeleri

: Prof.Dr.M.Bayazıt

Prof.Dr.Z.Şen

E K İ M 1994

Ö N S Ö Z

Akım serilerinin türetilmesinde kullanılan lineer ve non-linear modeller arasında bir karşılaştırma yapılan bu çalışmada, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen, Prof. Dr. R. Ferruh MÜFTÜOĞLU'na çalışmanın başından itibaren gösterdiği anlayış ve sabır için teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, çalışmanın sonuçlanması için değerli önerilerini esirgemeyen Prof. Dr.Zekai ŞEN'e de teşekkürlerimi sunarım.

Yiğit Çağatay GENÇER
Ekim ,1994

İÇİNDEKİLER

ÖZET		IV
SUMMARY	- Modelling of Runoff Series	V
BÖLÜM	1. GİRİŞ	1
BÖLÜM	2. LİNEER OTOREGRESİF MODELLER.....	4
	2.1. Markov Modelleri	4
	2.2. Thomas-Fiering Modeli	5
	2.3. Kolmogorov Modeli	6
	2.4. Nonlinear Modeller	7
	2.4.1. Nonlinear Markov Modelleri.....	7
	2.4.2. Kolmogorov-Gabor Modeli.....	7
	2.4.3. Yeni Model (Tadil Edilmiş Kolmogorov-Gabor Modeli.....	9
BÖLÜM	3. KALİBRASYON	13
BÖLÜM	4. UYGULAMALAR	16
	4.1. Thomas-Fiering ile Seri Türetilmesi	16
	4.2. Yeni Model ile Seri Türetilmesi....	19
BÖLÜM	5. SONUÇLAR	30
KAYNAKLAR		34
EK-A	Bilgisayar Programları.....	35
EK-B	Bilgisayar Çıktıları	46
ÖZGEÇMİŞ		54

Ö Z E T

Bu çalışmada, Kolmogorov ve Kolmogorov-Gabor modeli aylık akım serilerinin türetilmesinde kullanılmış olup sonuçlar, yaygın olarak kullanılan Thomas-Fiering modeli sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Uygulamada, 30 yıllık bir akım serisi kullanılarak bilgisayar ortamında, Thomas-Fiering, Kolmogorov ve Kolmogorov-Gabor modelleriyle 30 yıllık sentetik seriler türetilmiştir.

Thomas-Fiering modelinden beklenen sonuçlar elde edilmiş ancak, Kolmogorov ve Kolmogorov-Gabor modellerinin akım serilerinin türetilmesinde kullanılabilmesi için bir rastgele değişkenin modele ilave edilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

Bu rastgele değişkenin analitik yolla belirlenmesinin güçlüğü nedeniyle, ampirik yaklaşım uygulanmış ve iyi sonuç veren bir esas geliştirilmeye çalışılmıştır.

Sonuçlar, yaygın olarak kabul ve uygulama gören Thomas-Fiering modeli sonuçlarına oldukça yakındır. Bazı istatistik parametreler açısından da yeni model avantajlı görünmektedir.

SUMMARY

MODELLING OF RUNOFF SERIES

Introduction

It is well appreciated that planning and design of the most efficient reservoirs for hydropower, water supply, irrigation and other water use systems necessitate the use of runoff data which covers a long span of time in which occurs the most unfavourable combinations of extreme drought and flood periods or at least combinations of droughts and floods in a given return period. Nevertheless, available records do not almost generally fulfill this requirement and artificial data is generated by means of statistical models. First and second order Markov Models and The Thomas and Fiering Model which is a special form of the first order Markov model are widely used in hydrology.

A nonlinear auto-regressive model which is an extended form of the general Markov model is investigated in this study.

Linear Auto-regressive Model

Markov discovered that a stationary time series can be simulated by the linear autoregressive models.

$$x_i = \sum_{j=1}^M a_j x_{i-j} + \epsilon_i \quad (1)$$

where x_i are the terms of the time series, a_j are the autoregressive coefficients and ϵ_i are the members of an $N(0,1)$ independent stationary and ergodic stochastic process, and M denotes the order of the model.

The first and second order linear Markov model, i.e. the models having $M=1$ and $M=2$, are of particular interest in hydrology. Sometimes the third order model is used, but higher order linear Markov models are rarely used, because they require the estimation of a large number of coefficients

In the first order linear Markov model a is equal to r , the first autocorrelation coefficient, estimated from the sample as the first serial correlation coefficient, r . In the second order linear Markov model a_1 and a_2 are usually computed from the equations that relate them to the first two autocorrelation coefficients, r_1 and r_2 , both estimated in turn by the sample serial coefficients, r and r^2 .

The first and second order linear Markov models are not capable of simulating the monthly runoff series and hence Thomas and Fiering developed a periodic form of the first order linear Markov Model. The model referred to as Thomas and Fiering Model, is given below.

$$x_{i,j} = \bar{x}_j + b_j (x_{i-1,j-1} - \bar{x}_{j-1}) + s_j (1-r_j^2)^{\frac{1}{2}} \epsilon_i \quad (2)$$

This equation represents a set of 12 linear regression equations each of which gives the generated runoff for the month in turn. In this equation $\bar{x}$ and s are the mean and standard deviation of the j 'th month, b and r are the regression and correlation coefficients between the runoff values of the $(j-1)$ and j 'th months, ϵ are normally distributed random numbers whose mean is zero and standard deviation is equal to one. Thomas and Fiering model preserves the periodicity and statistical properties of the time series and widely used for simulating the monthly runoff data.

Kolmogorov, the great probability theorist, proposed that the equation

$$x_i = \sum_{j=1}^M a_{ij} x_{i-j} \quad (3)$$

could be used for the interpolation and extrapolation of stationary time series and gave the least square derivation of coefficients a_{ij} . As will readily be recognized, this is an M 'th order linear Markov model having no random component.

Nonlinear Models

It was conceived, in 1954, by D. Gabor, The Nobel Prize winner that the generalized form of the Kolmogorov's equation namely,

$$x_{M+1} = \sum_{i=1}^M h_i x_i + \sum_{i=1}^M \sum_{j=i}^M h_{i,j} x_i x_j + \sum_{i=1}^M \sum_{j=i}^M \sum_{k=j}^M h_{i,j,k} x_i x_j x_k + \dots \quad (4)$$

the discrete form of the functional series or Volterra Integral, could be used as a predicting model. Where x is the predicted value, x are the present and $(M-1)$ past values of the time series, $h, h, h, \dots$ are the linear, quadratic, cubic and so on, autoregressive coefficients. These coefficients reflect the first and higher degree autocorrelation properties of the time series of interest and hence have a great capacity to store information about it.

Müftüoğlu carried out the application of the quadratic Kolmogorov-Gabor model for monthly runoff prediction. In this study, the model was investigated as a real-time predictor. Therefore, each prediction was made from the preceeding recorded values included in the active past which we shall call here as "memory", i.e. the predictions were made on the basis of the M previously observed elements of the random process of interest.

As the degree and the memory length of the Kolmogorov-Gabor polynomial increases the information storage capacity of the model about the past of the process also increases. This in turn increases the amount of computations necessary for model calibration.

Present Model

It was thought that it would be interesting to know the capacity of the Kolmogorov-Gabor model as a monthly runoff generator, i.e. as an operator which operates on the previously generated values to produce further values. Nevertheless, in order to reduce the computation time and space requirements, the model is truncated from the second order term and applied a small modification that the linear and non linear memories do not have common elements. Thus the present model has the form:

$$x_{M+C+1} = \sum_{i=1}^L h_i x_{i+C} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=i}^N h_{i,j} x_{i+L+C} x_{j+L+C} \quad (5)$$

where L, N and M are the linear, nonlinear and total memory lengths, respectively, C is the shift counter to facilitate the representation of the successive generations. It is easily seen that $M=L+N$.

As stated above the longer the memory and the higher the degree of the model, the greater its capacity to store information about the occurrences of past observations. Having a long total memory and involving quadratic operations, though on one part of the total memory, the present model can be considered as a good compromise between the Kolmogorov and the Kolmogorov-Gabor models.

Preliminary investigations indicated that the Kolmogorov as well as the modified Kolmogorov-Gabor Models depicted reasonable adaptation to the calibration data but produced a monotonically decreasing series when used as synthetic data generators. In order to overcome this short-come a random component (ϵ) is added to the model as follows

$$x_{M+C+1} = \sum_{i=1}^L h_i x_{i+C} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=i}^N h_{i,j} x_{i+L+C} x_{j+L+C} + \epsilon \quad (6)$$

The difficulty of the analytical determination of the random component, ϵ , leads to the application of an empirical approach. The approach is based on the determination of the random component from the data used for calibration. For the purpose, the model (Eq.5) is first calibrated on the available data, then the data is regenerated by means of the calibrated model and then the differences between the synthetic and real data are taken. These differences, in fact form a set of random numbers which in turn is used in synthetic data generation by Eq.6.

Model Calibration

Calibration of the model involves the determination of the memory parameters and autoregressive coefficients.

The objective is to have a model which is capable of generating data which possesses the statistical properties of the given data. This end can be achieved by regenerating a given data with minimum deviations. The coefficients which fulfil this requirement can be determined by minimizing the sum of squared deviations:

$$E = \sum_{C=M}^K \left[x_{M+C+1} - \left(\sum_{i=1}^L h_i x_{i+C} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=i}^N h_{i,j} x_{i+L+C} x_{j+L+C} \right) \right]^2 \quad (7)$$

where K is the number of observations for calibration.

The values of h_i and $h_{i,j}$ which minimize the objective function, E, can be obtained by equating to zero the partial derivatives of E with respect to these coefficients. The following are the resulting normal equations:

$$\sum_{C=0}^{K-M-1} \left(\sum_{i=1}^L h_i x_{i+C} x_{a+C} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=i}^N h_{i,j} x_{i+L+C} x_{j+L+C} x_{a+C} \right) = \sum_{C=0}^{K-M-1} x_{M+C+1} x_{a+C}, \quad a=1, 2, \dots, L \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \sum_{C=0}^{K-M-1} \left(\sum_{i=1}^L h_i x_{i+C} x_{\beta+L+C} x_{\epsilon+L+C} + \sum_{j=i}^N h_{i,j} x_{i+L+C} x_{j+L+C} x_{\beta+L+C} x_{\epsilon+L+C} \right) \\ = \sum_{C=0}^{K-M-1} x_{M+C+1} x_{\beta+L+C} x_{\epsilon+L+C}, \quad \beta=1, 2, \dots, N \\ \epsilon=\beta, \beta+1, \dots, N \end{aligned} \quad (9)$$

The normal equations represent a set of linear equations, called 'regression equations', in the $L+N(N+1)/2$ unknown coefficients. The longer the span data of used for calibration the more representative the model will be. The minimum number of observations required to obtain a determine set of coefficients is $2M+1$. A representative data must, however, have $6M-10M$ observations.

Applications

The applications were carried out on the monthly data of River Tigris of the years 1946-1975. The model with various L and N values have been applied. The best result was produced by the model with L=10 N=2 and L=11 N=1. The results produced by the Mth order Markov, by the Present Model and by the Thomas and Fiering Model are given together in TABLE-1 for comparison.

TABLE-1

M O D E L	Statistical Parameters			
	Average	Standard D.	Min	Max
Thomas-Fiering	1364.4	1450.0	0	7900
Present Model				
- L=10 N=2	1193.4	1085.0	0	5178
- L=11 N=1	1326.6	1065.5	65	5610
Observed Series	1245.1	1322.9	140	7778

Conclusions

The comparison of the present model with the well known and widely used Thomas and Fiering model revealed that the present model is promising.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Havatin temel kaynaklarından birisi sudur. Giderek kalabalıklaşan dünyamızda artan ihtiyaçlar sebebi ile kısıtlanan bu temel kaynaktan en verimli şekilde faydalanmak isteriz. Bu amaçla, faydalanılacak kaynağın davranışlarını, ihtiyaca cevap verip vermeyeceğini gerçekçi bir şekilde incelemek gerekir.

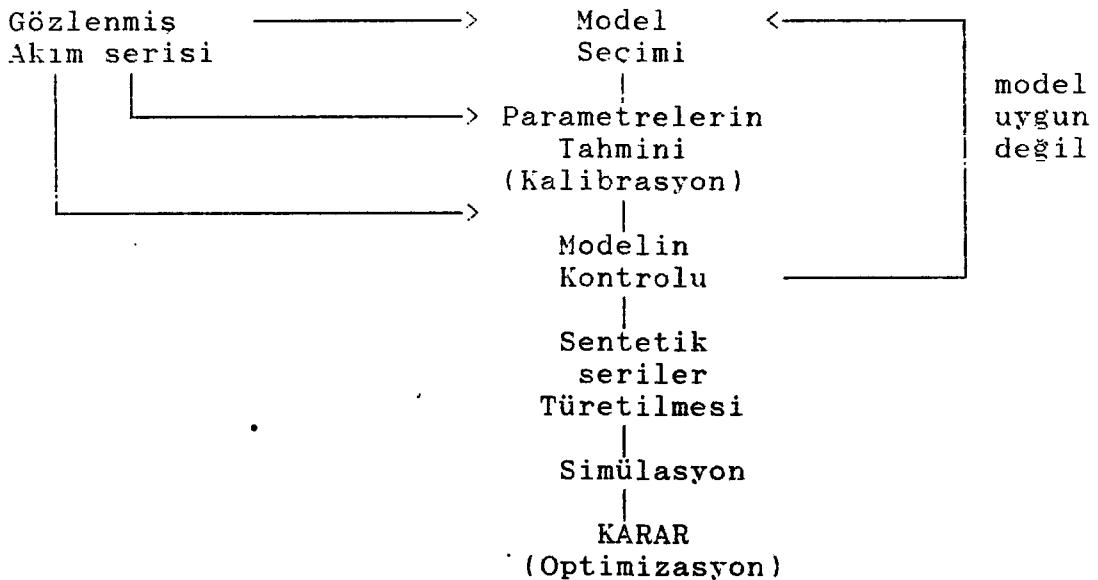
Su kaynakları arasında önemli bir yer tutan akarsuların debileri yıl içerisinde belli bir ortalama çevresinde, zaman zaman ortalamanın çok altında ve üstünde salınımlar gösteren bir rastgele sayılar dizisidir. Bu dizi akım serisi olarak ifade edilir. Bir akarsuyun davranışını yansıtan temel veri akarsu üzerinde daha önce ölçülmüş olan akımların serisidir. Gözlenmiş haftalık, aylık, mevsimlik, yıllık akım serileri çeşitli istatistik yöntemlerle incelenir. Akarsuda gelecekte karşılaşılabilecek akım değerleri tahmin edilmeye çalışılarak akarsudan en büyük fayda ve en az zarar prensibiyle faydalanmak için yapılacak bir yapının boyutlarını belirleyecek temel verilere ulaşılır.

Ancak, ölçülmüş akım serileri büyük çoğunlukla hedefe ulaşmak için yeterince uzun değildir. Bazı hallerde, sadece belirli dönemlerin ölçümleri bulunmaktadır. Bu sebeple, bir karara ulaşabilmek ve gerekli analizleri yapabilmek amacıyla eldeki seriler çeşitli yöntemlerle uzatılırlar.

Akım serilerinin yağış-akış modelleri yardımı ile uzatılmaları mümkün ise de bu modellerle elde edilebilecek akım

serisinin uzunluğu mevcut yağış serisinin uzunluğu ile sınırlıdır. Oysa baraj tasarımı mümkün mertebede uzun serilerin kullanılması istenir. Böylece, barajın hizmet vereceği süre içerisinde karşılasacağı en gayri müsait akımlarla bunların en gayri musait kombinezonlarına yakın akımları içeren bir seri kullanılmış olacaktır. İste bu sebeplerle gözlemlerden elde edilmiş olan veya bir yağış-akış modeli ile uzatılmış bulunan akım serilerinin zaman serisi modelleri aracılığı ile uzatılmaları gerekir.

Zaman serisi modellerinden birisiyle türetilen akım serisinin gözlenmiş serinin istatistik özelliklerini taşıyan bir rastgele sayılar dizisi olması gerekir. Bu amaçla yapılan işlemler Şekil.1.1 de verilmiştir [1]. Akım serisinin aylık, mevsimlik, yıllık oluşuna göre, mevcut modellerden birisi seçilir. Seçilen modelin uygunluğu çeşitli yöntemlerle kontrol edilir. Model, bu seri için uygun ise sentetik seriler türetilir.



Şekil.1.1 Akım serilerinin modellenme süreci

Gözlenmiş akım serisinin yıllık, aylık veya haftalık olmasına göre çeşitli modeller kurulabilir. Lineer Otoregresif modelleri ve birinci mertebe Markov modelinin özel bir hali olan Thomas-Fiering modeli hidrolojide yaygın kullanılan modellerdir. Burada, Markov ve Thomas-Fiering modelleri kısaca anlatılacak, çalışmanın konusu olan tadil edilmiş Kolmogorov Gabor modeli tanıtılacak ve uygulama sonuçları değerlendirilecektir.



BÖLÜM 2. LINEER OTOREGRESİF MODELLER

2.1 Markov Modelleri

Kısaca Markov modeli olarak adlandırılan lineer otoregresif modellerin genel ifadesi şöyledir:[1]

$$x_i = \sum_{j=1}^m a_j x_{i-j} + \epsilon_i \quad (2.1)$$

x_i i.ci yıldaki akım, a_j modelin parametresi olan lineer otoregresif katsayılar, ϵ_i normal dağılmış rastgele bir sayı, m modelin mertebesini göstermektedir. En yaygın kullanılan Markov modeli 1.mertebe Markov modelidir.

$$x_i = a_1 x_{i-1} + \epsilon_i \quad (2.2)$$

Model, $y = (x - \mu_x) / \sigma_x$ standard değişkeni için kurulursa,

$$y_i = \rho y_{i-1} + \sqrt{1-\rho^2} \epsilon_i \quad (2.3)$$

(2.3) denkleminde görüldüğü gibi, bu modelin parametresi akım serisinin birinci dereceden otokorelasyon sayısı (ρ) olmaktadır. ϵ_i normal dağılmış rastgele değişken olup, ortalaması 0, varyansı $1-\rho^2$ 'dir. 1. mertebe Markov modeli y_i değişkeninin varyansının yüzde ρ^2 'lik bölümünü açıklamaktadır.

Daha yüksek mertebeden Markov modellerinin parametreleri otokorelasyon katsayılarına bağlı olarak belirlenebilir. Hidrolojide 1. ve 2. mertebe Markov modelleri sık olarak kullanılır. Ancak bu modeller, rastgele değişkenin bir değeri ile önceki bir veya iki değer korelasyonuna dayandığı için aylık serilerin modellenmesi amacıyla kullanılamazlar.

2.2 Thomas-Fiering Modeli

Thomas ve Fiering(1962) tarafından geliştirilen bu model aslında parametreleri yıl içerisinde değişen 1.mertebe Markov modelidir [2]. 1. mertebe Markov modelinin genel ifadesi olan (2.2) denkleminin parametrelerini yerine konur ve her ayın bir önceki ayla korelasyonunu temsil edecek şekilde yazılarak standard değişkeni için kurulursa ifade şu şekilde yazılır.

$$\frac{x_{i,j} - \bar{x}_j}{\sigma_j} = r_j \frac{x_{i-1,j-1} - \bar{x}_{j-1}}{\sigma_{j-1}} + \sqrt{1-r_j^2} \epsilon_i \quad (2.4)$$

$x_{i,i}$ yalnız bırakılırsa ifade şu şekle dönüşmektedir.

$$x_{i,j} = \bar{x}_j + \frac{\sigma_j}{\sigma_{j-1}} r_j (x_{i-1,j-1} - \bar{x}_{j-1}) + \sigma_j \sqrt{1-r_j^2} \epsilon_i \quad (2.5)$$

(2.5) denklemi Thomas-Fiering modelinin genel ifadesidir.

ifadedeki $(\sigma_j / \sigma_{j-1})r_j$ regresyon katsayısı, r_j korelasyon katsayısı, serinin j -inci ve $(j-1)$ inci aylara ait akışların regresyon ve korelasyon katsayılarıdır.

Thomas-Fiering modeli sık olarak kullanılan modellerden birisidir. Ancak , modeldeki parametreler büyük değerlere ulaşır. 12 ortalama, 12 standard sapma, 12 otokorelasyon katsayısı olmak üzere toplam 36 parametreyi hesap etmek gerekir. Bu nedenle eldeki seri yeterli uzunlukta olmalıdır. Bu modelin en önemli avantajı gözlenmiş aylık akım serilerinin parametrelerindeki periyodiklikleri, harmonik analize ihtiyaç göstermeden, direkt olarak yapısında bulundurmasıdır.

2.3. Kolmogorov Modeli

Kolmogorov, stasyonere zaman serilerinin enterpolasyon ve ekstrapolasyonu için,

$$x_i = \sum_{j=1}^M h_j x_{i-j} \quad (2.6)$$

denkleminin kullanılabileceğini düşünmüş ve h_j katsayılarının en küçük kareler yöntemi ile belirlenmesi için gerekli denklemi çıkartmıştır[4]. Açıkça görüleceği üzere, Kolmogorov'un bu modeli rastgele bileşen ihtiva etmeyen M.mertebe bir Markov modelinden başka birşey değildir.

2.4. Nonlinear Modeller

2.4.1 Nonlinear Markov Modelleri

Nonlinear Markov modellerinde x_i-j terimlerinin üsleri birden farklı alındığı takdirde nonlinear Markov modelleri elde edilmiş olur [3]. Kitaplarda bu modelin uygulamaları konusunda bilgiye rastlanmamıştır.

2.4.2 Kolmogorov-Gabor Modeli

Lineer otoregresif bir model, bir serinin ardışık M terimi ile M+1 inci terim arasındaki birebir korelasyonları yansıtır. Oysa bu M terimin ikili,üçlü,...,n'li kombinezonlarının M+1 inci terim ile korelasyonlarını yansıtacak bir modelin aşağıdaki gibi olması beklenir.

$$\begin{aligned}
 & \begin{array}{ccccccc}
 & M & & M & M & & M & M & M \\
 x_{M+1} = & \sum_{i=1}^M h_i x_i & + & \sum_{i=1}^M \sum_{j=i}^M h_{i,j} x_i x_j & + & \sum_{i=1}^M \sum_{j=i}^M \sum_{k=j}^M h_{i,j,k} x_i x_j x_k \\
 & & & & & & & & \\
 & & & & & & & & + \dots \dots \dots
 \end{array} \quad (2.7)
 \end{aligned}$$

Burada, x_{M+1} tahmin edilen değer, $h_i, h_{i,j}, h_{i,j,k}$ kombinezon derecesine göre otoregresif katsayılar, x_i ' ler serinin önceki M elemanıdır.

Bu model, Volterra integrali olarak bilinen integralin kesikli şeklidir. Modelin bir tahmin operatörü olarak kullanılabileceği ilk defa Gabor tarafından düşünülmüştür[5].

Modele ait olan (2.7) ifadesinin ilk terimi Kolmogorov modelinden ibarettir. Nonlineer Markov modelleri bu modelin özel halidir.

Bu modelin, zaman serilerinin enterpolasyon ve ekstrapolasyonu için kullanılabileceği Gabor tarafından öne sürülmüş ise de, Gabor ve çalışma ekibi bu model için analog bir bilgisayar yaparak, bu makinayı deterministik bir ifade olan sinüs eğrisinin ekstrapolasyonu üzerinde denemişlerdir.

Bu model Müftüoğlu tarafından aylık akım tahmin operatörü olarak kullanılmış ve gerçek değerlere yakın sonuçlar elde edilmiştir [6]. Ancak, bu çalışmada sentetik seri üretmek amaçlanmamış, $M+1$ inci değerin hesaplanması için önceki M değer gerçek seriden alınarak seri yeniden türetilmiştir.

(2.7) ifadesindeki M , modelin hafıza uzunluğudur. Hafıza uzunluğunun ve model derecesinin büyük olması, tahmini oluşturan parametrelerin $(h_1, h_{1,j}, h_{1,j,k}, \dots)$ dizinin iç bağımlılığına ait daha fazla bilgiyi depo etmesini sağlar. Ancak, burada bir güçlük söz konusudur. Modelin kalibrasyonu sırasında parametrelerin sayısının yüksek olması, bunların tesbitini zorlastırmaktadır. Hesaplanacak parametre sayısı geometrik olarak artmaktadır. (2.7) eşitliğinin her bir terimindeki parametre sayısını yazacak olursak rakamların nasıl büyüdüğünü izleyebiliriz.

Parametre

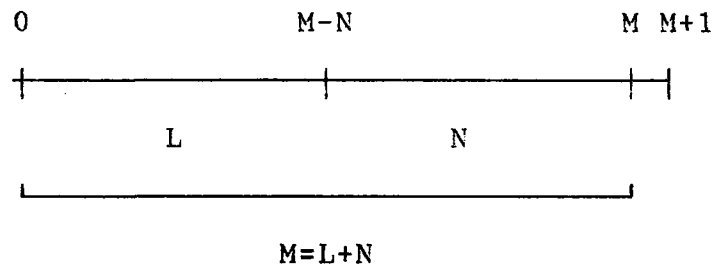
$$\text{sayısı} = M + M(M+1)/2 + M(M+1)(M+2)/6 + M(M+1)(M+2)(M+3)/24$$

$$+ \dots \dots \dots (2.8)$$

2.4.3.Yeni Model (Tadil Edilmiş Kolmogorov-Gabor Modeli)

Kolmogorov-Gabor modelinin genel ifadesindeki parametrelerin çokluğu onları bir optimum seviyeye indirme zorunluluğuna yol açmaktadır. Örneğin, ikinci derece bir modelin parametre sayısı $M+M(M+1)/2$ olur. $M=12$ için ikinci derece model, $12+12 \times 13/2 = 90$ adet parametreye sahiptir. Bu model için Kalibrasyon işleminde $M+1$ inci değer ile önceki M değer arasında iç bağımlılığı ifade eden 90 adet parametrenin hesap edilmesi gerekmektedir.

Kolmogorov-Gabor modelini akım serilerine uygularken, akım serilerinin bazı özelliklerinden faydalanarak ifadede bazı kolaylıklar sağlanabilir. Hafıza uzunluğu arttıkça, $M+1$ inci terim ile önceki terimler arasındaki korelasyon, M inci terimden ilk terime doğru gidildikçe azalmaktadır. Tahmin edilen değer kendisine yakın olan seri elemanları ile olan korelasyonu yüksektir. Buradan hareketle, modelin lineer ve nonlinear bileşenlerinin farklı hafıza bölgelerini kapsayacağı şekilde iki parçaya ayırabiliriz.(Şekil.2.1)



Şekil.2.1. Lineer ve Nonlinear hafıza uzunluğu

Burada, L modelin lineer bileşenine ait hafıza uzunluğu, N

nonlineer bileşene ait hafıza uzunluğudur. C , tahmin sayıcıdır. Model, bu hafıza bölgelerine göre yeniden yazılacak olursa,

$$x_{M+C+1} = \sum_{i=1}^L h_i x_{i+C} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=i}^N h_{i,j} x_{i+L+C} x_{j+L+C} \quad (2.9)$$

şeklini alır.

(2.10) ifadesi Kolmogorov modeline göre daha fazla, fakat, Kolmogorov-Gabor modeline göre ise çok daha az parametreye sahip bir kısım 2. derece korelasyonları yansıtır.

Kolmogorov ve tadil edilmiş Kolmogorov-Gabor modeli ile ilk yapılan çalışmalar, bu modellerin kalibrasyonda kullanılan verilere iyi uyum sağladığını göstermektedir. Fakat, mevcut serinin uzatılması yoluna gidildiğinde türetilen serinin tek düze bir azalma göstererek sıfıra doğru gittiği görülmektedir.

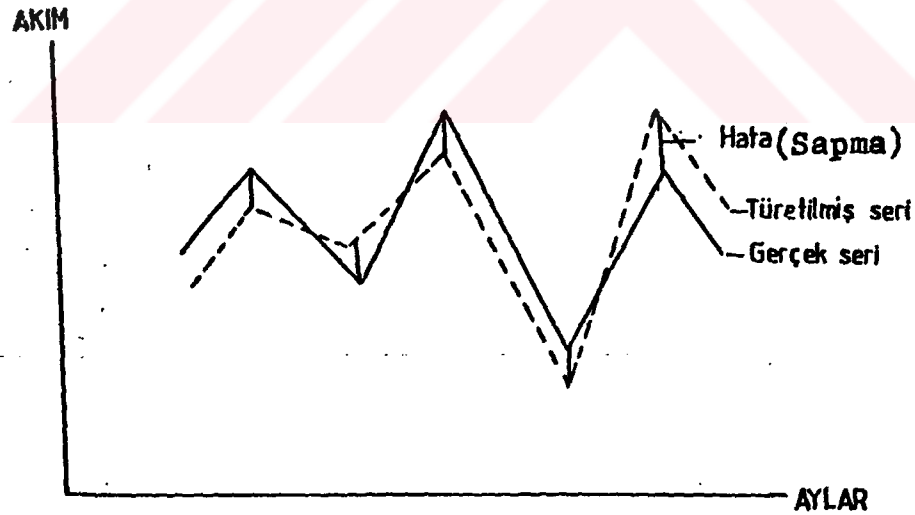
Bu yetersizliği gidermek için modele bir rastgele bileşen eklenmesi gerektiği düşünülmüştür. Böylece denklem,

$$x_{M+C+1} = \sum_{i=1}^L h_i x_{i+C} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=i}^N h_{i,j} x_{i+L+C} x_{j+L+C} + \epsilon_i \quad (2.10)$$

şeklinde yazılmıştır.

Bu rastgele bileşenin analitik olarak belirlenmesindeki zorluklar, ϵ_i rastgele bileşenini ampirik bir yaklaşım ile elde etmeye yöneltmiştir.

Rastgele sayıyı elde etmek için şöyle bir yöntem izlenmiştir. Modelin kalibrasyonunda kullanılan akım serisinden elde edilen parametrelerin yine aynı seriye uygulanması ile yeni bir seri oluşturulmuş, gerçek seri ile yeni türetilen seri elemanları arasındaki sapmalar hesaplanarak bir rastgele sayılar kümesi elde edilmiştir. Bu sapmaların, aylık negatif ve pozitif ortalamaları kullanılarak modele eklenecek rastgele bileşenin "range"inin (dağılım aralığının) makul sınırlar içerisinde kalması sağlanmaya çalışılmıştır. (Şekil 2.2).



Sekil.2.2. Rastgele sayılar kümesinin elde edilmesi

Şekilde görüldüğü üzere,

$$\text{Hata} = x_i^* - x_i \quad (2.11)$$

*
 x_i türetilen seri, x_i gerçek seri olmak üzere, modelin gerçek seriye uygulanması ile elde edilen aylık akımlar gerçek seriden sapma olacaktır. Bu aylık sapmaları hata olarak tanımlarsak, her aya ait negatif ve pozitif hatalar toplanarak aylık pozitif ve negatif ortalamalara çevrilir 12 adet pozitif, 12 adet negatif aylık ortalama hata elde edilmiş olur. Seriyi uzatma işleminde, modelin rastgele bileşeni olan ϵ_i yerine aylık pozitif veya negatif ortalama i sapmalardan birisi rastgele seçilerek, denklemde yerine konulmuştur. Yani seri türetmede modelin rastgele bileşeni olan ϵ_i için aylık pozitif veya negatif sapmaların ortalamalarından biri seçilmiştir.

Yapılan çalışmalar, bu 24 ortalama rastgele sayının modele eklenmesinin iyi bir sonuç vermediğini göstermiş, böylece, eklenen rastgele sayının değer olarak bir rastgelelik taşıması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, aylık ortalama sayılar modeldeki yerine konulurken, normal dağılmış ortalaması 0, standard sapması 1 olan sayılar kümesinden seçilmiş bir sayı ile çarpılarak, sözü edilen rastgelelik elde edilmiş olur.

$$\epsilon_i = i.\text{aya ait ort.sapma} \times \text{Normal dağılmış rast.sayı} \quad (2.12)$$

BÖLÜM 3. KALİBRASYON

2. bölümde bahsettiğimiz yeni modelin parametrelerini elde etmek için en küçük kareler metodundan faydalanılmaktadır.

3.1 En küçük kareler metodu

Bir modelde, türetilen değerler ile gerçek değerler arasındaki farkın en aza indirilmesi istenir. Gerçek değerler arasındaki farkları hata olarak tanımlarsak ve toplam hataların karesel toplamını E_i ile gösterirsek:

$$E_i = \sum (x_i^* - x_i)^2 \quad (3.1)$$

Bu ifade minimum olmalıdır. (3.1)' i minimum yapacak değer ise,

$$\frac{\partial E_i}{\partial h_{i,j}} = 0 \quad (3.2)$$

yapan h_i ve $h_{i,j}$ değerleridir.

(3.1) ifadesi modeli oluşturan parametreler yardımıyla gösterilirse,

$$E = \sum_{C=0}^{K-M-1} \left(x_{M+C+1} - \underbrace{\left(\sum_{i=1}^L h_i x_{i+C} \right)}_{H1} + \underbrace{\left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=i}^N h_{i,j} x_{i+L+C} x_{j+L+C} \right)}_{H2} \right) \quad (3.3)$$

elde edilir. K, serinin eleman sayısı, M hafıza uzunluğu, ifadenin açık şekli,

$$E = \sum_{C=0}^{K-M-1} \left(x_{M+C+1} + H1^2 + H2^2 - 2 (H1 + H2) x_{M+C+1} + 2 H1 H2 \right) \quad (3.4)$$

(3.2) ifadesine geçmeden önce, indislerin karışmaması için i'yi α ile, i, j 'yi $\beta \epsilon$ ile gösterilsin.

$$\frac{\partial E}{\partial h_{\alpha}} = \sum_{C=0}^{K-M-1} (H1 + H2 - x_{M+C+1}) \frac{\partial H}{\partial h_{\alpha}} = 0 \quad (3.5)$$

$$\frac{\partial E}{\partial h_{\beta}} = \sum_{C=0}^{K-M-1} (H1 + H2 - x_{M+C+1}) \frac{\partial H}{\partial h_{\beta \epsilon}} = 0 \quad (3.5a)$$

$$\frac{\partial H}{\partial h_{\alpha}} = x_{\alpha+M}, \quad \alpha = 1, 2, 3, \dots, L \quad (3.5b)$$

$$\frac{\partial H}{\partial h_{\beta \epsilon}} = x_{\beta+L+C} x_{\epsilon+L+C}, \quad \beta = 1, 2, \dots, n$$

$$\epsilon = \beta, \beta+1, \dots, n \quad (3.5c)$$

Türevlerin açık ifadeleri (3.5)' da yerine konursa,

$$\begin{aligned}
& K-M-1 \quad L \quad N \quad N \\
& \sum_{C=0} \left(\sum_{i=1} h_i x_i + c x_a + c + \sum_{i=1} \sum_{j=i} h_{i,j} x_{i+L+c} x_{j+L+c} x_a + c \right) \\
& = \sum_{C=0}^{K-M-1} x_{M+C+1} x_a + c, \quad a=1,2,\dots,L \quad (3.6) \\
& C=0
\end{aligned}$$

elde edilir. (3.5a) ise aşağıdaki şekle dönüşür.

$$\begin{aligned}
& K-M-1 \quad L \\
& \sum_{C=0} \left(\sum_{i=1} h_i x_i + c x_{\beta+L+c} x_{\epsilon+L+c} \right. \\
& \quad \left. + \sum_{i=1} \sum_{j=i} h_{i,j} x_{i+L+c} x_{j+L+c} x_{\beta+L+c} x_{\epsilon+L+c} \right) = \dots \\
& \quad i=1 \quad j=i
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& K-M-1 \\
& \dots = \sum_{C=0}^{K-M-1} x_{M+C+1} x_{\beta+L+c} x_{\epsilon+L+c}, \quad \beta=1,2,\dots,n \quad (3.6a) \\
& \quad \quad \quad \epsilon=\beta,\beta+1,\dots,n
\end{aligned}$$

(3.6) ve (3.6a) denklemlerine normal denklemler de denilir. Bu denklemlerin çözümü, hatayı minimum yapacak h_i ve $h_{i,j}$ değerlerini verecektir. Kalibrasyon işlemi h_i ve $h_{i,j}$ 'lerin tesbiti ile tamamlanmış olur.

BÖLÜM 4. UYGULAMALAR

Çalışmanın uygulama aşamasında tadil edilmiş Kolmogorov-Gabor, Thomas-Fiering modelleri ve otokorelogramların belirlenmesi için QBASIC dili ile listeleri EK-A'da verilen bilgisayar programları geliştirilmiştir. Uygulamalar, IBM uyumlu bir bilgisayarda gerçekleştirilmiştir.

Uygulama için, Dicle Nehrinin Tablo.4-1'de verilmiş ve Şekil.4-1'de gösterilmiş bulunan 1946-1975 yılları arasındaki aylık akımları kullanılmıştır. Bu seri üzerinde kalibre edilmiş olan modellerle türetilen sentetik akım serilerinin istatistikleri ve korelogramları hem gözlenmiş serinin hem de birbirlerinin istatistik ve korelogramları ile karşılaştırılmıştır.

4.1. Thomas-Fiering ile Seri Türetilmesi

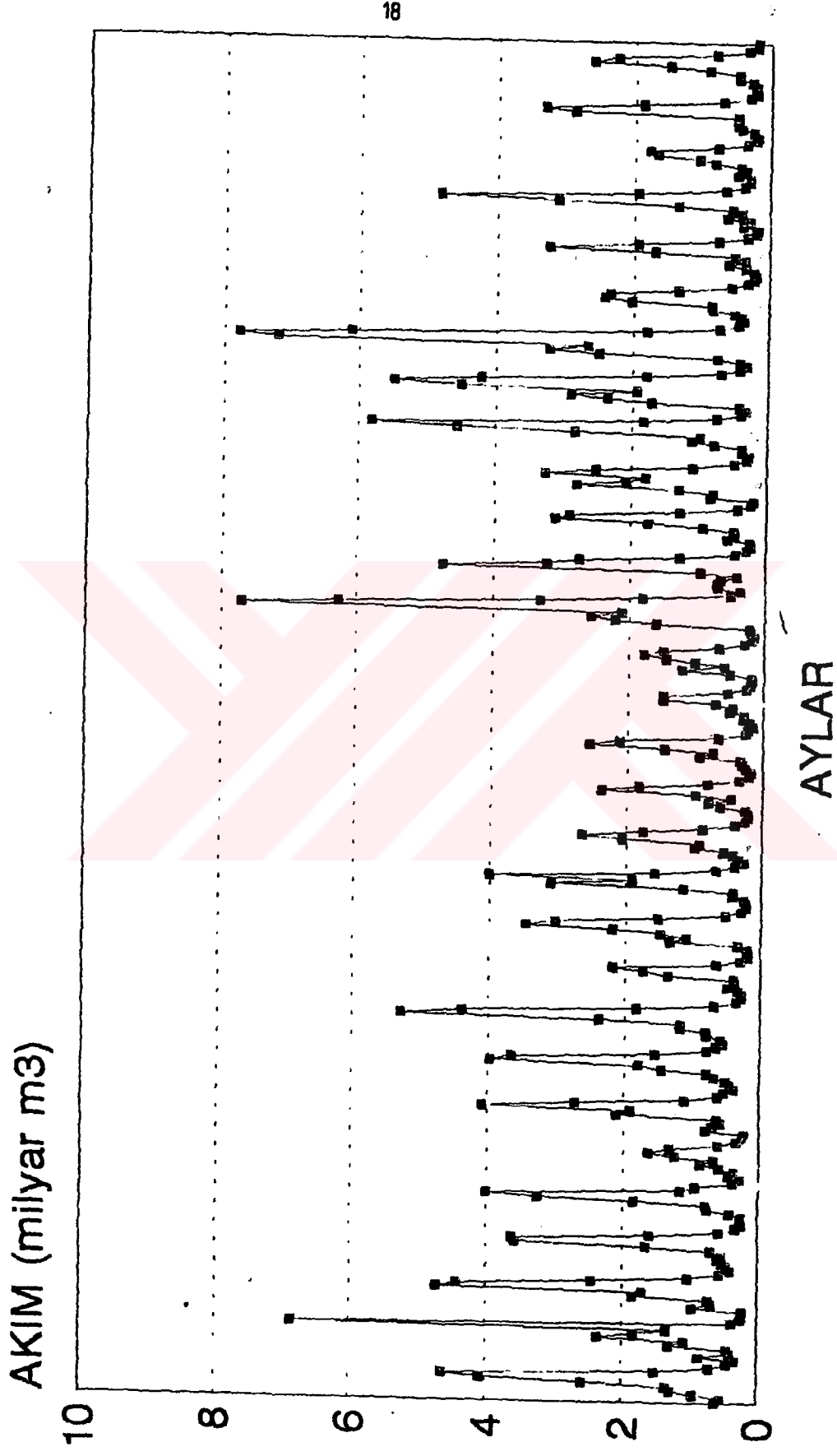
Thomas-Fiering modeli için geliştirilen program, mevcut akım serisinin istatistik parametrelerini hesaplayıp, bilgisayarın rastgele sayı türetme imkanını kullanarak sağladığı uniform dağılımlı bir rastgele sayıyı normal dağılımlı bir rastgele sayıya dönüştürmekte ve böylece istenilen uzunlukta sentetik bir akım serisi türetmektedir.

Thomas-Fiering modeli ile elde edilen sentetik akım serisi ve parametreleri Tablo.4-2'de, serinin grafiği Şekil. 4.2'de verilmiştir.

TABLO 4-1 Dicle Nehrinde 1946-1975 yılları arasında ölçülmüş akımlar

YIL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	YIL ORT.
1	615.0	536.0	947.0	1286.0	1358.0	2592.0	4097.0	4648.0	1517.0	705.0	442.0	332.0	1589.1
2	864.0	411.0	445.0	1315.0	1092.0	2366.0	1833.0	1347.0	686.0	372.0	246.0	221.0	933.2
3	233.0	968.0	688.0	726.0	1850.0	1717.0	4736.0	4442.0	2460.0	1040.0	561.0	404.0	1652.1
4	461.0	529.0	596.0	536.0	699.0	1667.0	3584.0	3626.0	1609.0	576.0	325.0	246.0	1204.5
5	258.0	252.0	416.0	747.0	769.0	1842.0	3148.0	4009.0	1165.0	942.0	387.0	277.0	1184.3
6	444.0	374.0	587.0	869.0	666.0	1247.0	1643.0	1329.0	600.0	326.0	243.0	224.0	712.7
7	788.0	687.0	572.0	630.0	2124.0	1912.0	4075.0	2716.0	1118.0	688.0	519.0	374.0	1342.8
8	440.0	505.0	670.0	782.0	1452.0	1795.0	3971.0	3862.0	1559.0	785.0	648.0	544.0	1401.1
9	592.0	788.0	802.0	1176.0	1188.0	2385.0	5287.0	4391.0	1830.0	682.0	350.0	277.0	1645.7
10	269.0	328.0	482.0	377.0	397.0	1374.0	1745.0	2184.0	649.0	293.0	192.0	175.0	705.4
11	195.0	330.0	1345.0	1101.0	1479.0	2200.0	3469.0	3035.0	1522.0	577.0	293.0	218.0	1308.7
12	228.0	261.0	422.0	403.0	1155.0	3100.0	1916.0	4008.0	1576.0	668.0	391.0	256.0	1198.7
13	332.0	420.0	561.0	999.0	921.0	2063.0	2645.0	1753.0	873.0	393.0	247.0	199.0	950.5
14	204.0	252.0	617.0	797.0	464.0	986.0	2379.0	1835.0	812.0	346.0	206.0	174.0	756.0
15	250.0	298.0	326.0	937.0	734.0	1454.0	2557.0	2115.0	652.0	258.0	226.0	140.0	828.9
16	193.0	287.0	286.0	496.0	451.0	697.0	1483.0	1477.0	517.0	247.0	189.0	166.0	540.8
17	188.0	504.0	1211.0	579.0	1019.0	1441.0	1773.0	1483.0	654.0	283.0	178.0	148.0	788.4
18	198.0	214.0	1603.0	2213.0	2561.0	2106.0	7699.0	6261.0	3305.0	1805.0	503.0	362.0	2402.5
19	688.0	704.0	652.0	418.0	954.0	4741.0	3209.0	2736.0	1261.0	444.0	284.0	225.0	1359.7
20	236.0	567.0	455.0	474.0	935.0	1748.0	3108.0	2898.0	1283.0	420.0	233.0	194.0	1045.9
21	831.0	785.0	1294.0	2786.0	2075.0	1790.0	3259.0	2520.0	1097.0	472.0	291.0	263.0	1455.3
22	369.0	371.0	779.0	1110.0	996.0	2834.0	4561.0	5808.0	1828.0	741.0	384.0	312.0	1674.4
23	418.0	1717.0	2367.0	2894.0	1940.0	4514.0	5485.0	4215.0	1795.0	889.0	410.0	307.0	2229.3
24	411.0	743.0	2492.0	3209.0	2621.0	7199.0	7778.0	6116.0	1793.0	715.0	429.0	360.0	2822.2
25	409.0	500.0	836.0	845.0	2024.0	2425.0	2347.0	1345.0	553.0	316.0	227.0	195.0	1001.8
26	230.0	347.0	588.0	359.0	506.0	1693.0	3235.0	1945.0	755.0	325.0	201.0	176.0	864.2
27	391.0	288.0	621.0	411.0	548.0	1356.0	3109.0	4823.0	1942.0	641.0	367.0	289.0	1232.2
28	292.0	473.0	359.0	433.0	812.0	1048.0	1668.0	1775.0	775.0	346.0	215.0	192.0	699.0
29	259.0	427.0	489.0	475.0	490.0	2876.0	3311.0	1885.0	697.0	304.0	208.0	228.0	970.8
30	214.0	277.0	470.0	472.0	919.0	1495.0	2608.0	2258.0	807.0	326.0	202.0	194.0	853.5
ay.ort.	383.3	504.8	799.6	995.2	1173.3	2222.1	3390.6	3088.2	1256.1	552.8	319.9	255.7	
S.SAPHA	197.8	293.5	534.7	761.8	630.0	1281.5	1572.5	1465.5	635.1	312.5	122.9	87.9	
minimum	188.0	214.0	286.0	359.0	397.0	697.0	1483.0	1329.0	517.0	247.0	178.0	140.0	
maksimum	864.0	1717.0	2492.0	3209.0	2621.0	7199.0	7778.0	6261.0	3305.0	1805.0	648.0	544.0	
ornekte	ortalana	1245.1											
	min	140.0											
	maks	7778.0											
	s.sapma	1322.9											

GERCEK AKIMLAH



Şekil 4-1 Dicle Nehrinde 1946-1975 yılları arasında gözlenen aylık akımlar

4.2. Tadil Edilmiş Kolmogorov-Gabor Modeli Uygulamaları

Bu modelin uygulanması için önce (3.6) denklemlerini esas alarak kalibrasyonu gerçekleştiren; ve kalibre edilmiş modelle sentetik bir seri türeten bilgisayar programı geliştirilmiştir. (2.10) denklemi kullanılarak gerçekleştirilen bu türetilme işleminde, gözlenmiş serinin aylık ortalamalarının M tanesi, son aydan geriye doğru olmak üzere, başlangıç şartı olarak alınmış, böylece, mesala $(M+1)$ inci değer bu M tane gözlenmiş seriye ait aylık ortalama değere dayandırılmışken, $(M+2)$ inci değer $(M-1)$ tane gözlenmiş değer ile bir tane türetilmiş değere, $(M+3)$ üncü değer $(M-2)$ tane aylık ortalama değerle 2 tane türetilmiş değere dayandırılmıştır. Elbette $(M+M+1)$ değer artık tamamen türetilmiş değerlerden hesaplanmış bir değer olmaktadır. Burada, periyodik modelin bünyesinde bulunan h_1 ve h_2 parametreleri ile korunmaktadır.

Ne var ki, bu biçimde türetilen seri Şekil.4.3 'de öncelikle görüldüğü gibi monoton olarak azalmak sureti ile sıfıra doğru giden değerlerden oluşmaktadır. Parametre sayısının arttırılması bu asimptotik gidişi hızlandırmaktan başka rol oynamamaktadır.

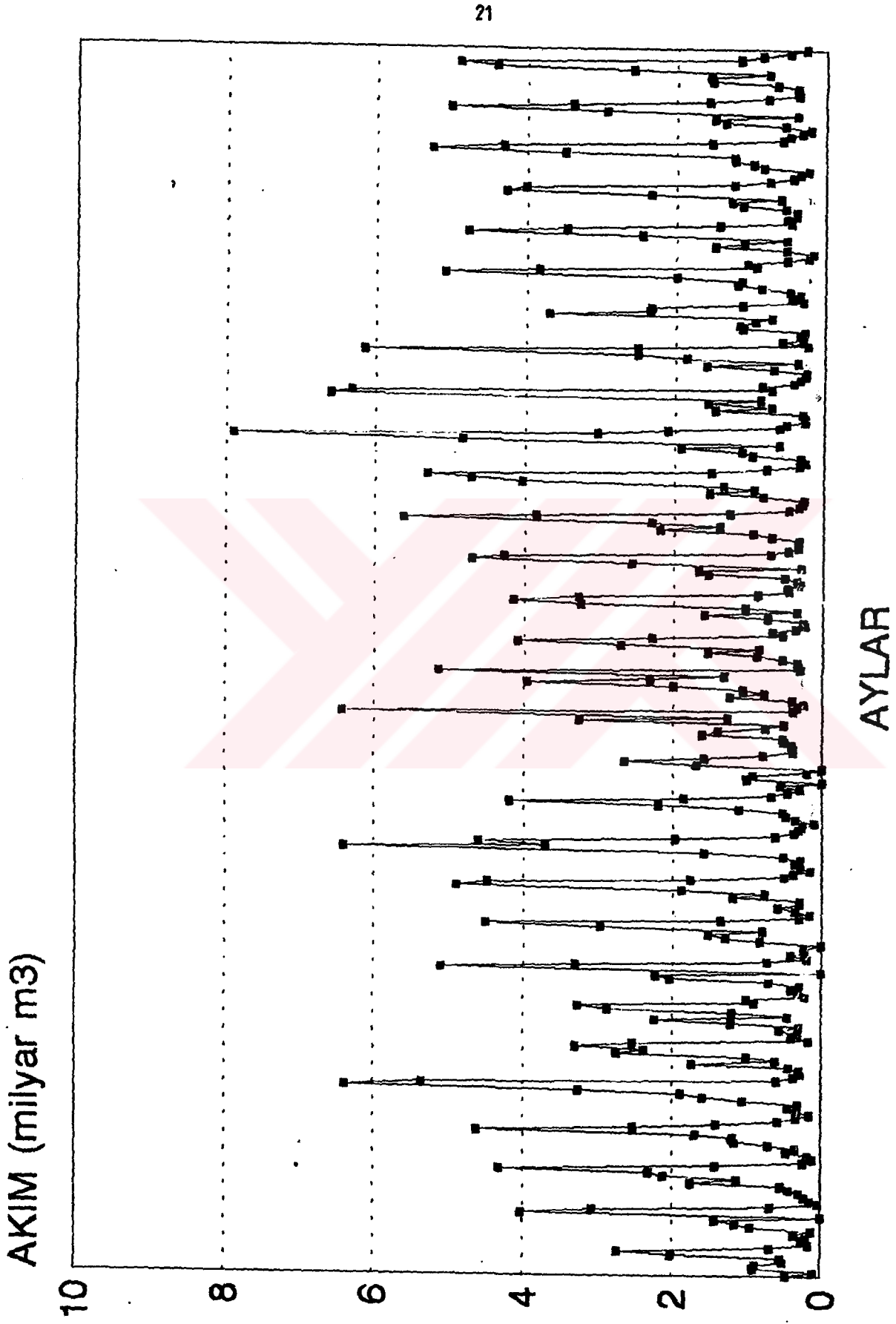
Bu ön çalışmalar sonucunda, sentetik seri türetmede modele bir rastgele bileşenin ilave edilmesi gereği ortaya çıkmış ve çalışmanın bundan sonraki bölümünde seri türetme için (2.10) denklemi kullanılmıştır.

Bölüm 2.4.3'de ifade edildiği üzere, rastgele bileşenin belirlenmesi için ampirik bir yaklaşım uygulanmıştır.

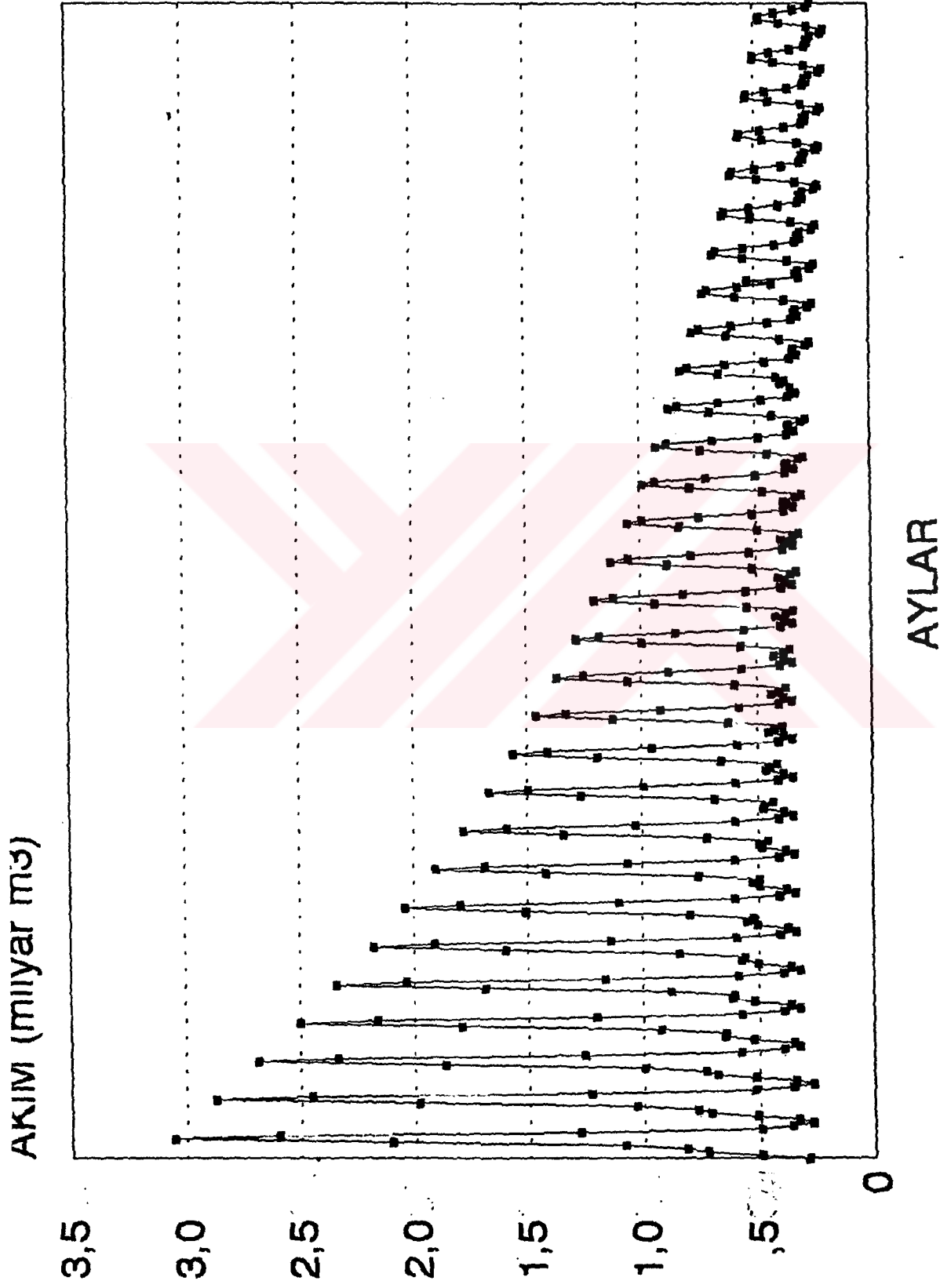
Tablo 4-2 Thomas-Fiering modeli ile türet. seri

VİL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	VİL ORT.
1	459.0	93.0	909.0	883.0	498.0	541.0	2019.0	2738.0	693.0	170.0	249.0	199.0	187.6
2	355.0	128.0	951.0	1159.0	1432.0	321.0	4026.0	3076.0	680.0	43.0	148.0	221.0	1045.0
3	295.0	432.0	539.0	1752.0	1134.0	2123.0	2323.0	4325.0	1430.0	243.0	118.0	181.0	1241.3
4	464.0	339.0	710.0	1161.0	1198.0	1697.0	4620.0	2533.0	1418.0	576.0	329.0	158.0	1266.9
5	319.0	441.0	309.0	1060.0	1595.0	1893.0	3259.0	6382.0	535.0	594.0	365.0	273.0	1418.8
6	297.0	435.0	1745.0	622.0	1011.0	2756.0	2391.0	3302.0	2543.0	170.0	396.0	308.0	1331.3
7	553.0	291.0	1220.0	2240.0	444.0	1209.0	2877.0	3271.0	909.0	1008.0	213.0	305.0	1211.7
8	397.0	287.0	708.0	2041.0	2234.0	7.0	5098.0	3304.0	736.0	196.0	408.0	220.0	1303.0
9	233.0	5.0	837.0	1297.0	1527.0	806.0	2969.0	4505.0	1361.0	293.0	157.0	351.0	1195.1
10	586.0	298.0	288.0	1199.0	772.0	1883.0	4892.0	4482.0	1762.0	496.0	375.0	154.0	1432.3
11	282.0	356.0	286.0	518.0	1588.0	641.0	3711.0	4605.0	1968.0	627.0	366.0	312.0	1271.7
12	261.0	98.0	352.0	480.0	520.0	1116.0	2193.0	4190.0	1856.0	674.0	449.0	289.0	1039.8
13	548.0	18.0	1020.0	930.0	196.0	0.0	1683.0	2652.0	1583.0	794.0	382.0	379.0	848.8
14	401.0	499.0	527.0	1613.0	1404.0	761.0	511.0	3262.0	1280.0	643.0	391.0	329.0	968.4
15	241.0	394.0	1245.0	784.0	1067.0	1997.0	3954.0	2305.0	1319.0	513.0	290.0	315.0	1202.0
16	339.0	537.0	885.0	1543.0	858.0	2708.0	4091.0	2291.0	530.0	675.0	351.0	231.0	1253.3
17	253.0	740.0	1591.0	341.0	1038.0	3240.0	4150.0	3269.0	876.0	449.0	468.0	293.0	1392.3
18	349.0	506.0	1539.0	1664.0	286.0	2561.0	4702.0	4280.0	711.0	460.0	331.0	325.0	1476.2
19	318.0	694.0	946.0	2190.0	1394.0	2306.0	5619.0	3846.0	1256.0	450.0	322.0	279.0	1635.0
20	254.0	815.0	1526.0	932.0	1342.0	4037.0	4717.0	5305.0	1508.0	766.0	320.0	235.0	1813.1
21	297.0	954.0	1098.0	1909.0	593.0	4833.0	7900.0	3037.0	2093.0	590.0	499.0	254.0	2004.8
22	243.0	282.0	1466.0	707.0	1557.0	858.0	6603.0	6323.0	707.0	835.0	400.0	321.0	1691.8
23	255.0	234.0	690.0	1586.0	353.0	1847.0	2506.0	6147.0	2507.0	219.0	561.0	286.0	1432.6
24	322.0	264.0	1099.0	1146.0	940.0	721.0	3695.0	2349.0	2323.0	1110.0	286.0	438.0	1224.4
25	329.0	466.0	862.0	1182.0	1122.0	1990.0	5082.0	3835.0	925.0	1040.0	506.0	213.0	1462.7
26	162.0	520.0	1481.0	1099.0	522.0	2458.0	4776.0	3465.0	1422.0	456.0	504.0	384.0	1437.4
27	382.0	538.0	1115.0	1263.0	597.0	2337.0	7268.0	4011.0	1229.0	749.0	427.0	335.0	1687.6
28	238.0	840.0	973.0	1218.0	1226.0	3494.0	5256.0	4304.0	1525.0	574.0	468.0	311.0	1701.6
29	202.0	544.0	1349.0	1490.0	377.0	2935.0	5011.0	3379.0	1562.0	771.0	352.0	375.0	1528.9
30	379.0	661.0	1526.0	1554.0	772.0	2583.0	4406.0	4893.0	1152.0	853.0	481.0	263.0	1626.9
ay.ort.	333.5	423.6	993.1	1252.1	996.6	1888.6	4076.9	3855.5	1346.6	567.9	363.7	284.6	
S.SAPMA	133.3	237.4	414.2	487.3	482.9	1166.5	1617.5	1123.8	557.5	268.0	108.4	67.6	
minimum	162.0	5.0	286.0	341.0	196.0	0.0	511.0	2291.0	530.0	43.0	118.0	154.0	
maksimum	586.0	954.0	1745.0	2240.0	2234.0	4833.0	7900.0	6382.0	2543.0	1110.0	561.0	438.0	

ornekde ortalama 1364.4
 min 0.0
 maks 7900.0
 S.SAPMA 1450.0



Şekil 4-2 Thomas-Fiering ile türetilmiş 30 yıllık akım serisi



Şekil 4-3 Rastgele bileşen içermeyen Tadil Edilmiş Model'e ait akım serisi
($L=36$ $N=0$)

Bu amaçla, kalibre edilmiş model vasıtasıyla kalibrasyon dasetası yeniden türetilmiş ve her aya ait hata hesaplanmıştır. Başlangıç denklemi nedeniyle (360-M) adet hesaplanan sayıdan oluşan bir dizi elde edilmiş, bu diziden rastgele seçilen M tanesi de ilave edilerek 360 aylık bir sayılar dizisi bulunmuştur. Bu 360 değerden her ay için pozitif ve negatif hataların ortalamaları elde edilmiş, böylece 12'si pozitif, 12'si negatif olmak üzere 24 tane aylık ortalama değer bulunmuştur. Bu değerler kullanılarak yapılan bir iki denemede, rastgele bileşen yerine doğrudan o aya ait pozitif veya negatif ortalama hata kullanıldığında monoton olarak arttığı görülmüştür. Bu durumun, modele eklenen rastgele bileşenin, kendileri rastgele sayıların ortalaması olan oluşturulmuş rastgele sayılar kümesinden alınsa da sabit ve periyodik olarak tekrarlanan birer sayı olarak hesaba katılmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Dolayısıyla, bu sayılara bir rastgelelik vermek için bilgisayarın rastgele sayı türetme özelliğinden faydalanılarak türetilen ve normal dağılıma dönüştürülmüş rastgele bir sayı çarpan olarak kullanılmıştır.

$$\epsilon_i = E_i \times Rnd \quad (4.1)$$

Burada ϵ_i , i'inci ay için rastgele bileşen; E_i , i'inci aya ait pozitif veya negatif ortalama sapma; Rnd, normal dağılımlı rastgele bir sayıyı göstermektedir.

Model, Tablo.4-3 'de gösterilen parametreler için uygulanmış ve lineer ve nonlinear hal için en iyi sonuçlar tesbit edilmeye çalışılmıştır.

Tablo.4-3.

M	L	N	Parametre Sayısı
12	12	0	12
12	11	1	12
12	10	2	13
12	9	3	15
12	8	4	18
12	7	5	22
24	24	0	24
36	36	0	36

Yeni modelin, çeşitli parametrelerle sahip oldukları uyum kabiliyetini göstermek üzere, her parametre takımıyla yeniden türetilen serilerin ortalama karesel hataları (E^2) Tablo.4-4'de verilmiştir.

Tablo 4-4

M	L	N	E^2
12	12	0	0.244
12	11	1	0.286
12	10	2	0.308
12	9	3	0.326
12	8	4	0.287
12	7	5	0.296
24	24	0	0.262
36	36	0	0.315

Denenmiş bulunan bütün modellerle türetilen serilerin istatistiksel parametreleri Tablo.4-5'de verilmiştir. Bu serilere ait bilgisayar çıktıları Ek-B'de verilmiştir.

Tablo 4-5

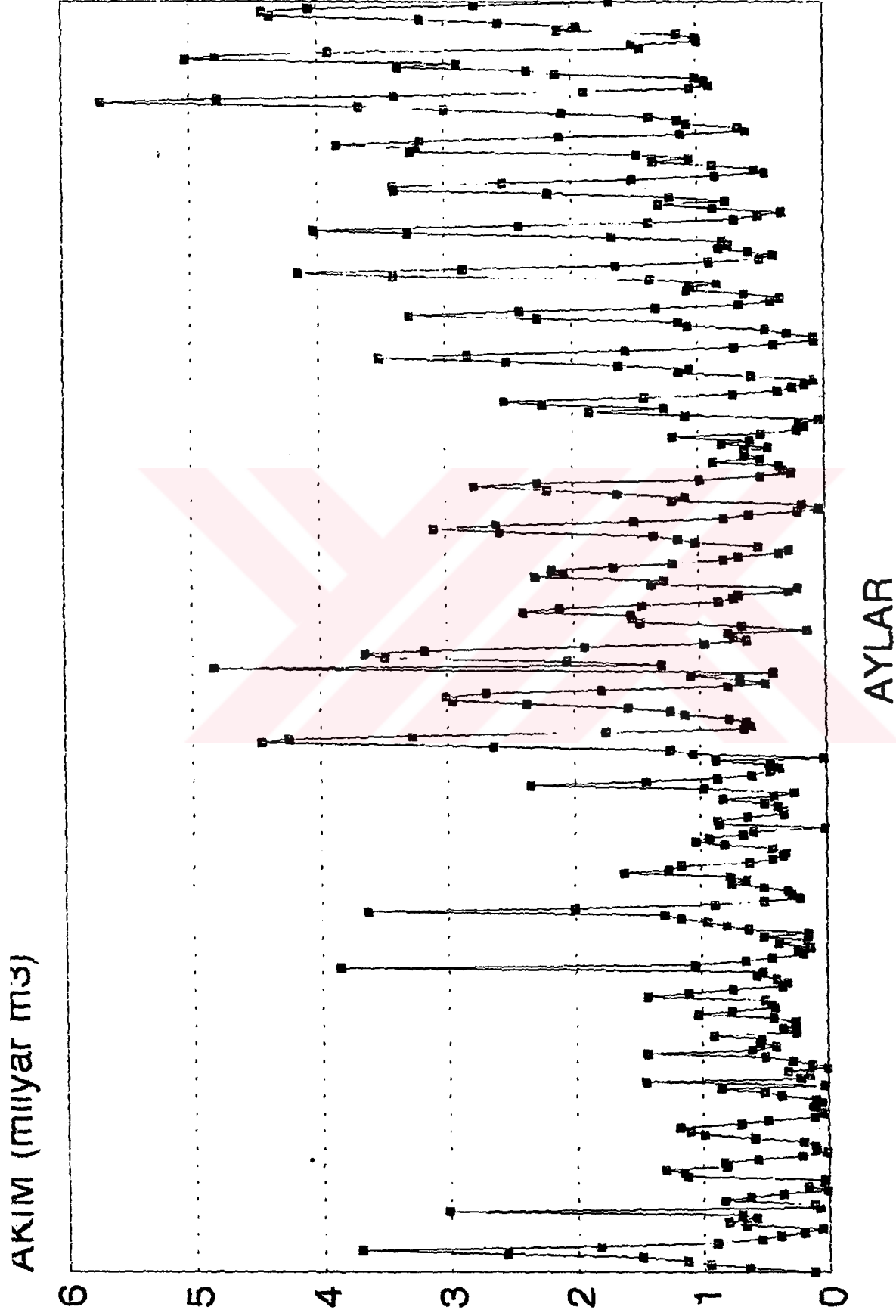
Model	Ortalama	S.Sapma	Maks.	Min.
Thomas-Fiering	1364.4	1450.0	7900	0
Yeni Model				
- L=12 N=0	2592.3	1252.1	5777	253
- L=11 N=1	1193.4	1085.0	5692	0
- L=10 N=2	1326.6	1065.5	5620	65
- L= 9 N=3	1064.1	840.9	5404	51
- L= 8 N=4	986.5	787.8	5623	25
- L= 7 N=5	1033.0	841.3	5294	6
- L=24 N=0	3734.1	1930.6	8300	242
- L=36 N=0	2566.4	1314.2	6493	95
Gözlenmiş Seri	1245.1	1322.9	7778	140

Bu tablodan görülebileceği gibi istatistiksel parametreleri gözlenmiş seriye en yakın olan sentetik seri L=11 ve N=1 ile L=10 ve N=2 lineer ve nonlinear hafıza uzunluğuna sahip yeni model için elde edilmistir. Bu özelliklere sahip sentetik seriler sırası ile Tablo 4-6 ile Tablo 4-7'de, ayrıca, grafikleri Şekil 4-4 ile Şekil 4-5'de verilmiştir.

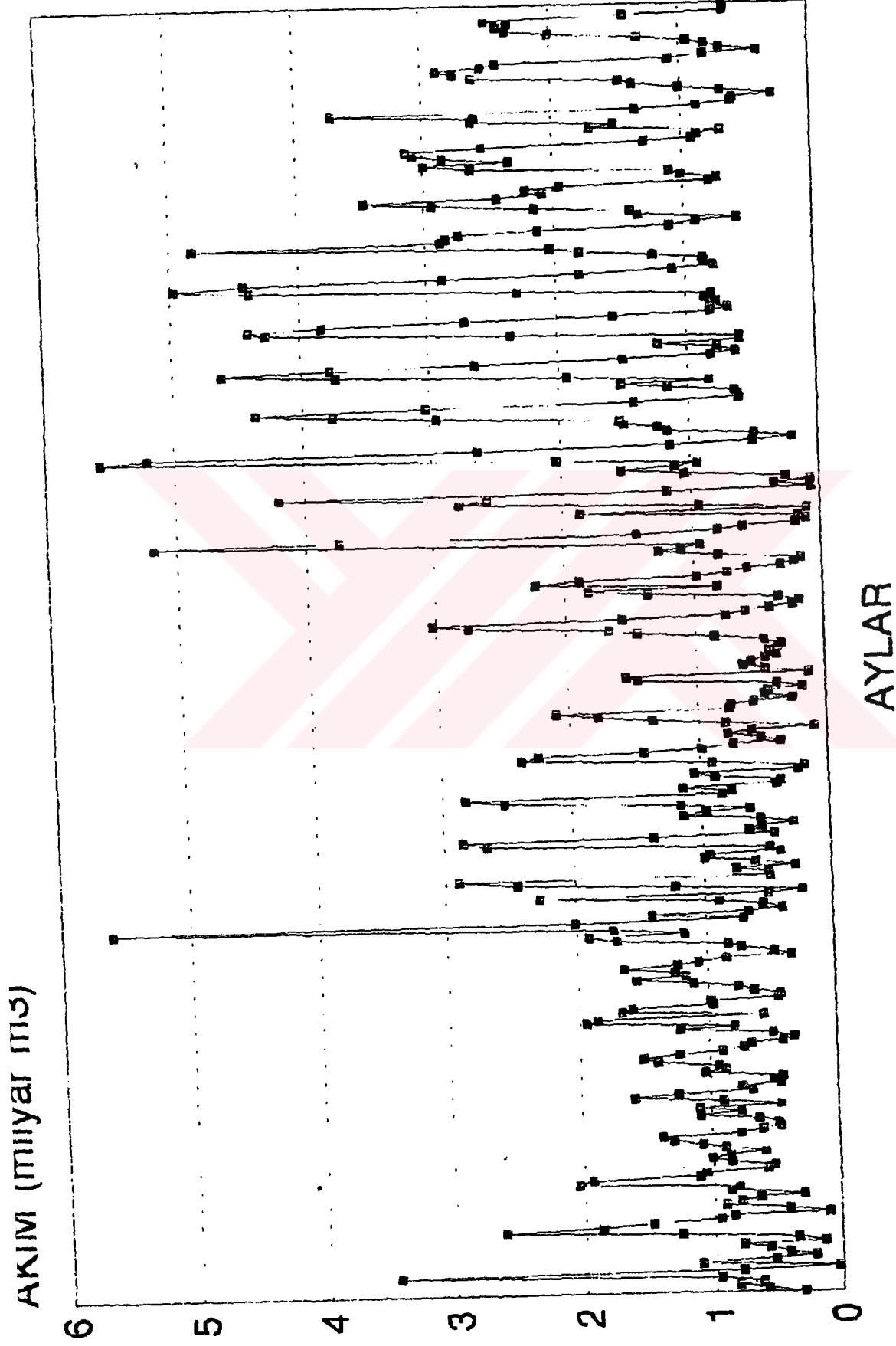
TABLO 4-7 Yeni Model ile türet. seri L=10 N=2

YIL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	YIL ORT.
1	301.0	592.0	820.0	634.0	964.0	3448.0	793.0	27.0	1106.0	531.0	212.0	414.0	820.2
2	570.0	784.0	136.0	349.0	1253.0	2614.0	1867.0	1475.0	955.0	848.0	94.0	409.0	946.2
3	910.0	789.0	639.0	293.0	861.0	804.0	2041.0	1932.0	1108.0	1057.0	573.0	521.0	961.1
4	855.0	1005.0	864.0	588.0	901.0	1077.0	1302.0	1380.0	773.0	600.0	457.0	474.0	856.3
5	627.0	1084.0	766.0	1088.0	450.0	904.0	1587.0	1249.0	674.0	755.0	448.0	503.0	844.6
6	433.0	1037.0	879.0	933.0	1401.0	1511.0	1234.0	901.0	734.0	672.0	422.0	336.0	874.4
7	502.0	1225.0	807.0	1947.0	1857.0	570.0	1866.0	1586.0	963.0	981.0	454.0	431.0	1082.4
8	642.0	766.0	1109.0	1549.0	1169.0	1252.0	1643.0	1234.0	1072.0	854.0	340.0	475.0	1008.8
9	733.0	835.0	1692.0	1907.0	1169.0	1714.0	5610.0	2006.0	706.0	1412.0	667.0	397.0	1570.7
10	546.0	891.0	2274.0	503.0	238.0	1228.0	2446.0	2896.0	488.0	495.0	746.0	284.0	1086.3
11	595.0	991.0	954.0	401.0	481.0	2670.0	2852.0	1379.0	442.0	635.0	534.0	287.0	1018.4
12	546.0	1142.0	962.0	623.0	1160.0	2521.0	2824.0	846.0	770.0	1146.0	414.0	379.0	1111.1
13	894.0	1049.0	239.0	184.0	911.0	2381.0	2244.0	1429.0	981.0	738.0	368.0	520.0	994.8
14	779.0	589.0	98.0	795.0	1354.0	1774.0	2093.0	762.0	748.0	568.0	264.0	485.0	859.1
15	452.0	181.0	385.0	1462.0	1548.0	1291.0	468.0	641.0	579.0	467.0	378.0	434.0	690.5
16	364.0	339.0	470.0	855.0	1447.0	1678.0	2754.0	3029.0	1561.0	767.0	611.0	420.0	1190.6
17	239.0	188.0	349.0	1359.0	1818.0	824.0	2225.0	1887.0	983.0	747.0	586.0	325.0	960.8
18	217.0	164.0	808.0	1265.0	1093.0	945.0	5178.0	3739.0	1430.0	805.0	609.0	194.0	1370.6
19	111.0	170.0	1860.0	101.0	945.0	2792.0	2581.0	4204.0	1189.0	69.0	353.0	65.0	1203.3
20	268.0	1058.0	1532.0	1121.0	948.0	2037.0	5574.0	5213.0	2635.0	1150.0	506.0	202.0	1852.3
21	498.0	1169.0	1240.0	1499.0	1532.0	2949.0	3765.0	4369.0	3036.0	1424.0	617.0	614.0	1892.7
22	639.0	1160.0	1517.0	836.0	1934.0	3732.0	4622.0	3781.0	2646.0	1496.0	820.0	624.0	1983.9
23	765.0	1222.0	591.0	590.0	2356.0	4270.0	4408.0	3834.0	2713.0	1564.0	820.0	678.0	1984.3
24	811.0	765.0	854.0	805.0	2300.0	4392.0	4969.0	4431.0	2875.0	1815.0	1097.0	778.0	2157.7
25	847.0	860.0	1244.0	1810.0	2037.0	4821.0	2882.0	2837.0	2740.0	2123.0	1110.0	905.0	2018.0
26	590.0	1350.0	1407.0	2145.0	2938.0	3474.0	2437.0	2083.0	2217.0	1954.0	801.0	738.0	1844.5
27	1013.0	1102.0	2636.0	2994.0	2339.0	2853.0	3082.0	3133.0	2542.0	1286.0	919.0	880.0	2064.9
28	703.0	1706.0	1523.0	2627.0	2598.0	3715.0	1352.0	879.0	616.0	599.0	297.0	693.0	1442.3
29	1012.0	1371.0	1473.0	2610.0	2753.0	2883.0	2538.0	2419.0	1086.0	818.0	401.0	691.0	1671.1
30	807.0	940.0	1315.0	2004.0	2337.0	2412.0	2320.0	2501.0	1426.0	682.0	657.0	662.0	1503.6
ay.ort.	608.7	883.9	1048.1	1195.9	1503.2	2317.6	2711.8	2269.4	1393.1	967.9	552.5	493.9	
S.SAPNA	236.6	378.8	595.2	763.6	699.2	1163.7	1368.6	1318.4	822.9	472.5	240.5	198.4	
minimum	111.0	164.0	98.0	101.0	238.0	570.0	468.0	27.0	442.0	69.0	94.0	65.0	
maksimum	1013.0	1706.0	2636.0	2994.0	2938.0	4821.0	5610.0	5213.0	3036.0	2123.0	1110.0	905.0	

ornekde ortalama 1328.8
 min 27.0
 maks 5610.0
 s.sapna 1066.2



Şekil 4-4 Yeni Model ile türetilmiş 30 yıllık akım serisi ($L=11$ $N=1$)



Şekil 4-5 Yeni Model ile türetilmiş 30 yıllık akım serisi ($L=10$ $N=2$)

BÖLÜM 5. SONUÇLAR

Çalışmanın sonuçlarını aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür.

1- Kolmogorov tarafından teklif edilen lineer ve Gabor tarafından teklif edilen nonlinear modelin tadil edilmiş şekli, sentetik akım serilerinin türetilmesi için yeterli değildir. Bu modellere bir rastgele bileşenin ilavesi gerekmektedir.

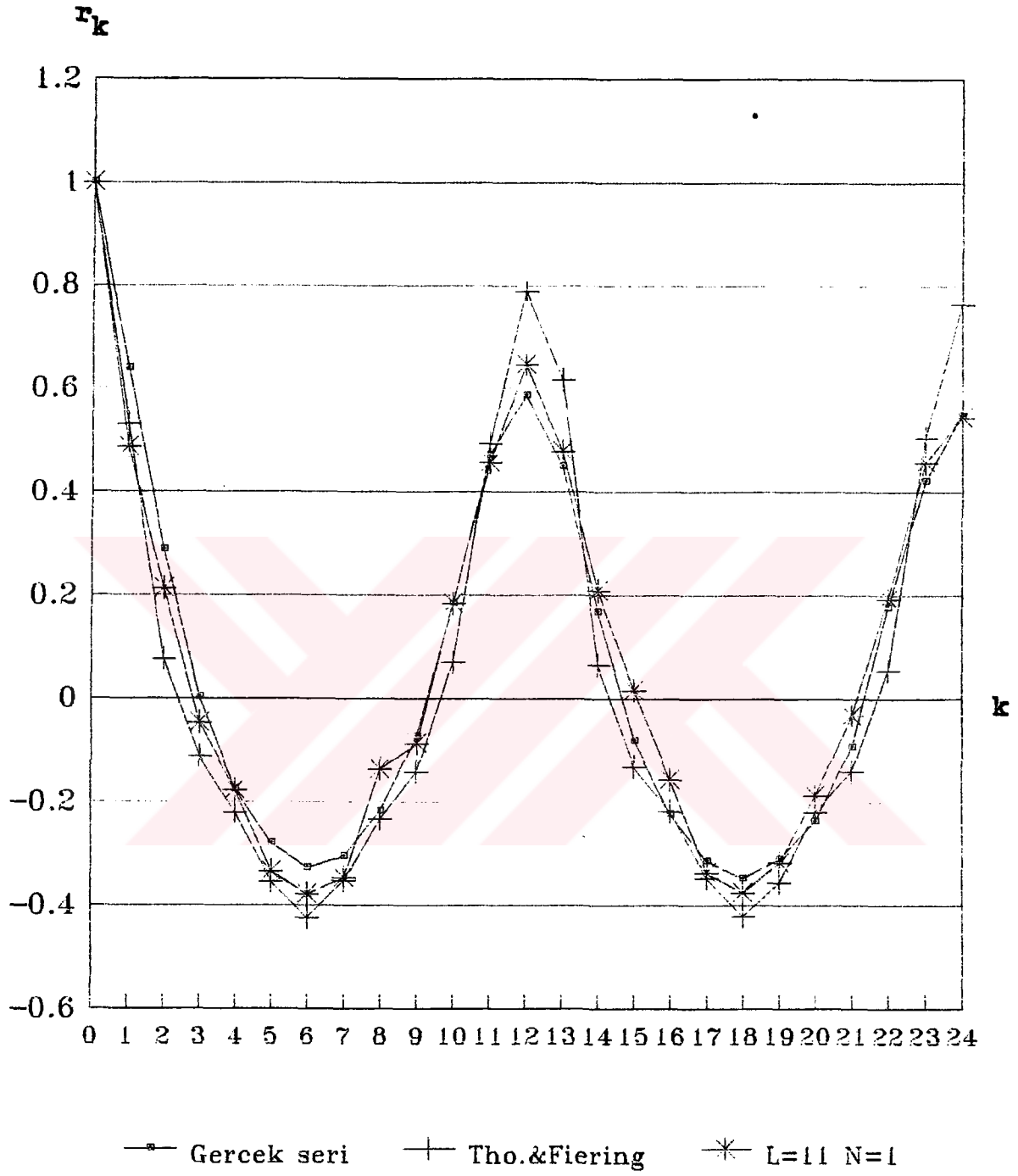
2- Bir rastgele bileşenin belirlenmesi için amprik bir yaklaşım uygulanmış, bilinen bazı yöntemler denenmiş, sonuçların geliştirilmesine çalışılmıştır.

3- Sonuçlar, yaygın kabul ve uygulama gören Thomas-Fiering modeli sonuçları ile karşılaştırıldığı zaman, ümit verici nitelikte bulunmuştur. Tablo 5-1'de verilen seçilmiş sonuçlar bazı istatistikler açısından Thomas-Fiering modelinin, bazı istatistikler açısından da Yeni modelin tercihe değer olduğunu göstermektedir. Seçilmiş bu modellerin, gerçek seri ile otokorelogramlarının karşılaştırılması Şekil 5-1 ve Şekil 5-2'de görülmektedir.

Tablo 5-1

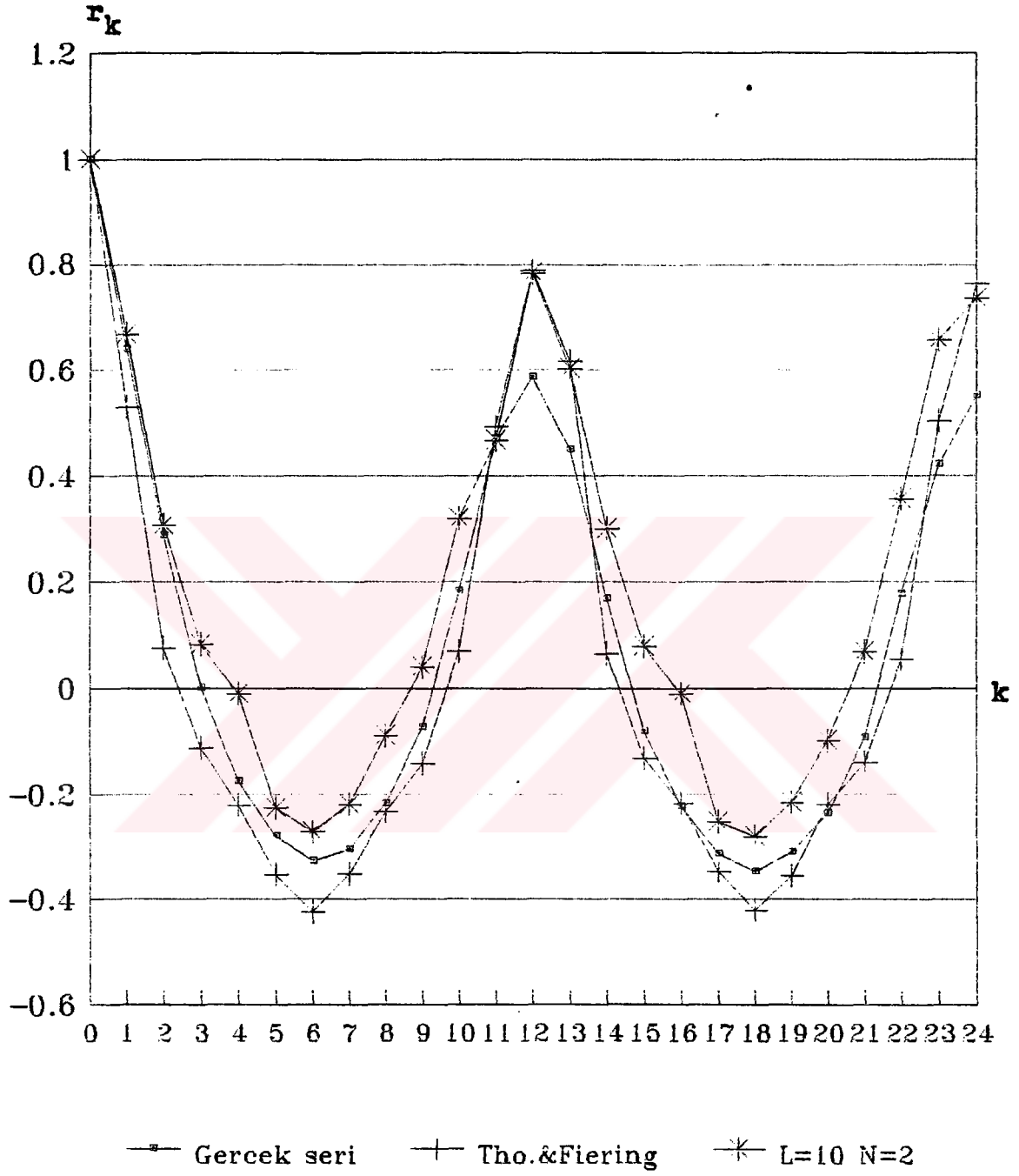
Model	Ortalama	S.Sapma	Maks.	Min.
Thomas-Fiering	1364.4	1450.0	7900	0
Yeni Model				
- L=11 N=1	1193.4	1085.0	5692	0
- L=10 N=2	1326.6	1065.5	5620	65
Gözlenmiş Seri	1245.1	1322.9	7778	140

k o r e l o g r a m



Sekil 5-1. L=11 N=1 ile karsilastirma

korelogram



Sekil 5-2. L=10 N=2 ile karsilastirma

4- Rastgele bileşenin ampirik olarak bulunması konusu daha ayrıntılı olarak incelenmelidir.

5- Rastgele bileşenin analitik yolla bulunması da ilginç bir çalışma konusu olabilir.



KAYNAKLAR

- [1] BAYAZIT M., Hidrolojide İstatistik Yöntemler. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu (1984)
- [2] BAYAZIT M. ve ŞEN Z., Hidrolojik Süreçlerin Kurak Devre Özellikleri, TÜBİTAK Mühendislik Araştırma Grubu, Proje No.409, İstanbul (1976)
- [3] YEVJEVICH V. , Stochastic Processes in Hydrology, Water Resources Publications, Fort Colin, Colorado U.S.A, (1972)
- [4] KOLMOGOROV A., Interpolation and Extrapolation of Stationary Time Series,(In Russian), Bull.Acad.Sci U.S.S.R.Ser.Math.2,3 (1942)
- [5] GABOR,WILBY,WOODCOCK,A Universal Non-Linear Filter Predictor and Simulator Which Optimizes Itself by a Learning Process,Proc.Inst.Elect.Eng.108B,No.43, 422-438 (1961)
- [6] MÜFTÜOĞLU, R.F., Design and Performance of a Gabor Kolmogorov Predictor for Hydrological Systems, Advances in Cybernetics and Systems,Ed. By J.Rose, Gordon and Breach, London (1974)

EK-A

```

'Yeni Modele ait program
'tez II.KISIM
DIM X(720), PRED(720)
DIM ER(720), XY(360)
DIM XO(12), S(12), PER(12), NER(12)
' ISLEMLER
NOB1 = 720: NOB = 360: NL = 36: N = 0: NDEG = 2: ITO = 1
RESTORE 888
CLS
FOR I = 1 TO NOB
READ X(I)
PRINT "X("; I; ")="; X(I);
NEXT I
IF NDEG = 1 THEN NT = NL
IF NDEG = 2 THEN NT = NL + N * (N + 1) / 2
DIM A(NT, NT), R(NT)
NOBT = NOB1 - NOB

' DAVRANIS FONK. OPTIMIZASYONU
ISIRA = 1
NA = NL + N
M = 0
MLAST = NOB - NA - ITO
IF ISIRA = 1 THEN 201

200 M = NOB
MLAST = NOB1 - NA - ITO

201 IDM = 1
FOR IR = 1 TO NT
FOR IK = 1 TO NT
A(IR, IK) = 0
NEXT IK: NEXT IR
FOR IR = 1 TO NT: R(IR) = 0: NEXT IR

3 IR = 0
MM = M
MN = M + NL
MQ = NA + M + ITO
FOR IR = 1 TO NL
FOR IK = IR TO NL
A(IR, IK) = A(IR, IK) + X(IR + MM) * X(IK + MM)
NEXT IK: NEXT IR
IF NDEG = 1 THEN 55
IR = 0
FOR I = 1 TO NL
IK = NL
IR = IR + 1
FOR J = 1 TO N
FOR K = J TO N
IK = IK + 1
A(IR, IK) = A(IR, IK) + X(I + MM) * X(J + MN) * X(K + MN)
NEXT K: NEXT J: NEXT I

```

```

'Yeni Modele ait program
FOR I = 1 TO N
FOR J = I TO N
IR = IR + 1
IK = NL
FOR K = 1 TO N
FOR L = K TO N
IK = IK + 1
IF IK < IR THEN 31
  A(IR, IK) = A(IR, IK) + X(I + MN) * X(J + MN) * X(K + MN) *
X(L + MN)

31  NEXT L: NEXT K
    NEXT J: NEXT I
    CLS
55  IR = 0
    FOR I = 1 TO NL
      IR = IR + 1
      R(IR) = R(IR) + X(I + MM) * X(MQ)
    NEXT I
    IF NDEG = 1 THEN 2501
    FOR I = 1 TO N
    FOR J = I TO N
    IR = IR + 1
    R(IR) = R(IR) + X(I + MN) * X(J + MN) * X(MQ)
    NEXT J
    NEXT I
2501 LOCATE 1, 1: PRINT "M="; M: M = M + 1
    IF M <= MLAST THEN 3
    FOR IK = 2 TO NT
    IK1 = IK - 1
    FOR IR = 1 TO IK1
    A(IK, IR) = A(IR, IK)
    NEXT IR: NEXT IK
    FOR I = 1 TO NT: FOR J = 1 TO NT
    PRINT "A("; I; ", "; J; ")="; A(I, J);
    NEXT
    PRINT
    NEXT

    FOR I = 1 TO NT
    PRINT R(I);
    NEXT I: INPUT S
    GOSUB 1000
    CLS
    LPRINT
    LPRINT "KATSAYILAR"
    LPRINT "NOB1="; NOB1; "NOB="; NOB; "L="; NL; "N="; N;
    "NDEG="; NDEG; "ITO="; ITO
    FOR J = 1 TO 80: LPRINT "-"; : NEXT J
    INPUT TE
    ' RASTGELE (HATA) SAYI BULUNMASI
    M = 0: ET = 1: EL = NA / 12
    MLAST = NOB - NA - ITO

```

```

'Yeni Modele ait program
220 JR = 1
   RCAST = 0
   MN = M + NL
   MQ = M + NA + ITO
   FOR I = 1 TO NL
   RCAST = RCAST + R(JR) * X(I + M)
   JR = JR + 1
   NEXT I
   IF NDEG = 1 THEN 225
   FOR I = 1 TO N
   FOR J = I TO N
   RCAST = RCAST + R(JR) * X(I + MN) * X(J + MN)
   JR = JR + 1
   NEXT J
   NEXT I
225 PRED(MQ) = RCAST
   LOCATE 10, 1: PRINT "MQ="; MQ
   ER(MQ) = PRED(MQ) - X(MQ)
   IF ET = 1 THEN EL = EL + 1: PRINT EL;
   PRINT TAB(6 * ET); : IF ET = 12 THEN PRINT INT(PRED(MQ))
   ELSE PRINT INT(PRED(MQ));
   IF ET = 12 THEN ET = 0
   ET = ET + 1
   M = M + 1
   IF M <= MLAST THEN 220
   LPRINT "TURETILEN ILK 360 DEGER"
   FOR J = 1 TO 80: LPRINT "-"; : NEXT J
   FOR J = 1 TO 12: ORT = 0
   FOR I = J TO 360 STEP 12
   ORT = ORT + PRED(I)
   NEXT I
   XO(J) = ORT / (30 - (NA / 12))
   IF J = 1 THEN LPRINT "ORT.";
   LPRINT TAB(6 * J); : IF J = 12 THEN LPRINT INT(XO(J))
   ELSE LPRINT INT(XO(J));
   NEXT J
   FOR J = 1 TO 80: LPRINT "-"; : NEXT J
   FOR J = 1 TO 12: STD = 0
   FOR I = NA + 1 TO NOB STEP 12
   STD = STD + (X(I) - XO(J)) ^ 2
   NEXT I
   S(J) = SQR(STD / (30 - 1 - (NA / 12)))
   IF J = 1 THEN LPRINT "S.SAPMA";
   LPRINT TAB(6 * J); : IF J = 12 THEN LPRINT INT(S(J)) ELSE
   LPRINT INT(S(J));
   NEXT J
   FOR J = 1 TO 80: LPRINT "-"; : NEXT J
   LPRINT "SERININ ORTALAMASI ..=";
   ORTA = 0: SAP = 0
   FOR I = 1 TO 12: ORTA = ORTA + XO(I): NEXT I
   ORTA = ORTA / 12: LPRINT USING "####.#"; ORTA;
   LPRINT "   STANDARD SAPMA =";
   FOR I = NA + 1 TO NOB: SAP = SAP + (PRED(I) - ORTA) ^ 2:

```

```

'Yeni Modele ait program
NEXT I
SP = SQR(SAP / (360 - NA))
LPRINT USING "####.#"; SP
FOR I = 1 TO 80: LPRINT "-"; : NEXT I
LPRINT
LPRINT "RASTGELE SAYILAR ER(MQ)": ET = 1: EL = 0
LPRINT "-----"
230 RANDOMIZE
DD = INT(100 * RND)
IF DD >= 30 THEN 230
FOR I = 1 TO NA
ER(I) = ER(I + DD * 12)
NEXT I
FOR J = 1 TO 12: PERT = 0: NERT = 0: PS = 0: NS = 0
FOR I = J TO NOB STEP 12
IF ER(I) < 0 THEN 235
PERT = PERT + ER(I): PS = PS + 1
GOTO 236
235 NERT = NERT + ER(I): NS = NS + 1
236 NEXT I
PER(J) = PERT / PS
PRINT NERT; NS
PRINT NERT; NS; PERT; PS
IF NS = 0 THEN 237
NER(J) = NERT / NS
237 NEXT J
FOR J = 1 TO NOB
IF ET = 1 THEN EL = EL + 1: PRINT EL;
PRINT TAB(ET * 6); : IF ET = 12 THEN PRINT INT(ER(J))
ELSE PRINT INT(ER(J));
IF ET = 12 THEN ET = 0
ET = ET + 1
NEXT J
FOR I = 1 TO 80: PRINT "-"; : NEXT I
FOR I = 1 TO 12
IF I = 1 THEN LPRINT "P.ORT";
PRINT TAB(6 * I); : IF I = 12 THEN LPRINT INT(PER(I))
ELSE LPRINT INT(PER(I));
NEXT I
FOR I = 1 TO 80: LPRINT "-"; : NEXT I
FOR I = 1 TO 12
IF I = 1 THEN LPRINT "N.ORT";
LPRINT TAB(6 * I); : IF I = 12 THEN LPRINT INT(NER(I))
ELSE LPRINT INT(NER(I));
NEXT I
FOR I = 1 TO 80: LPRINT "-"; : NEXT I
LPRINT : LPRINT "TURETILMIS SERI..(baslangic degerleri
ortalama)".

' RASTGELE SAYININ YERINE KONMASI
KIS = 1
M = NOB - NA: ET = 1: EL = 0

```



```

'Yeni Modele ait program
MLAST = NOB1 - NA - ITO
RESTORE 920
FOR D = 0 TO NA - 1: DS = NOB - D: READ XY(DS): PRINT DS;
XY(DS): INPUT DE: NEXT
CLS
239 SE = 0
240 JR = 1
    FCAST = 0
    MN = M + NL
    MQ = M + NA + ITO
    LOCATE 10, 1: PRINT "MQ="; MQ; "MN="; MN;
    FOR I = 1 TO NL
        IF I + M <= NOB THEN X(I + M) = XY(I + M)
        FCAST = FCAST + R(JR) * X(I + M)
249 JR = JR + 1
    NEXT I
    IF NDEG = 1 THEN 255
    FOR I = 1 TO N
        FOR J = 1 TO N
            IF I + MN <= NOB THEN X(I + MN) = XY(I + MN)
            IF J + MN <= NOB THEN X(J + MN) = XY(J + MN)
            FCAST = FCAST + R(JR) * X(I + MN) * X(J + MN)
250 JR = JR + 1
        NEXT J: NEXT I
    CLS
    LOCATE 5, 1: PRINT "MQ="; MQ
255 CA = INT(RND * 1000)
    ST = INT(CA / 2)
    IF CA / 2 > ST THEN CAST = PER(ET): GOTO 257
256 YN = RND: ZN = RND: XN = 6.253185 * ZN: AI = SQR(-2 *
LOG(YN))
    CAST = NER(ET): GOTO 258
    PRINT CA; ST; CAST; PER(ET); NER(ET);
257 EI = AI * SIN(XN): PRINT PER(ET); EI: IF EI < 0 THEN 256
258 EI = AI * COS(XN): PRINT NER(ET); EI: IF EI > 0 THEN 256
    PRED(MQ) = FCAST + CAST * EI
    IF PRED(MQ) < 0 THEN 256
    IF MQ > NOB THEN X(MQ) = PRED(MQ)
    IF SIRA = 1 THEN 266
    IF ET = 1 THEN EL = EL + 1: LPRINT EL;
    LPRINT TAB(6 * ET); : IF ET = 12 THEN LPRINT
    INT(PRED(MQ)) ELSE LPRINT INT(PRED(MQ)); IF ET = 12 THEN
    ET = 0
    ET = ET + 1
266 M = M + 1
    IF M <= MLAST THEN 240
    FOR J = 1 TO 80: LPRINT "-"; : NEXT J
    FOR J = 1 TO 12: ORT = 0
    FOR I = J TO NOB STEP 12
    ORT = ORT + X(I + NOB)
    NEXT I
    XO(J) = ORT / 30
    LPRINT TAB(J * 6); : IF J = 12 THEN LPRINT INT(XO(J))

```

```

'Yeni Modele ait program
ELSE LPRINT INT(XO(J));
NEXT J
FOR J = 1 TO 80: LPRINT "-"; : NEXT J
FOR J = 1 TO 12: STD = 0
FOR I = J TO NOB STEP 12
STD = STD + (X(I + NOB) - XO(J)) ^ 2
NEXT I
S(J) = SQR(STD / (30 - 1))
LPRINT TAB(6 * J); : IF J = 12 THEN LPRINT INT(S(J)) ELSE
LPRINT INT(S(J));
NEXT J
FOR J = 1 TO 80: LPRINT "-"; : NEXT J
LPRINT "SERININ ORTALAMASI =";
ORA = 0: STAN = 0
FOR I = 1 TO 12: ORA = ORA + XO(I): NEXT I
ORA = ORA / 12: LPRINT USING "####.#"; ORA;
FOR I = NOB + 1 TO NOB1: STAN = STAN + (X(I) - ORA) ^ 2:
NEXT I
STA = SQR(STAN / 360)
LPRINT " STANDAR SAPMA ="; : LPRINT USING "####.#"; STA
END

```

1000

```

' GAUSS
FOR I = 1 TO NT - 1
FOR J = I + 1 TO NT
SR = A(J, I) / A(I, I)
R(J) = R(J) - SR * R(I)
FOR K = I + 1 TO NT
A(J, K) = A(J, K) - SR * A(I, K)
NEXT K: NEXT J: NEXT I
R(NT) = R(NT) / A(NT, NT)
FOR I = 2 TO NT
K = NT - I + 1
B = 0
FOR J = K + 1 TO NT
B = B + A(K, J) * R(J)
NEXT J
R(K) = (R(K) - B) / A(K, K)
NEXT I
LPRINT "DENKLEMIN KOKLERI ..."
FOR I = 1 TO NT
LPRINT "R("; I; ")="; R(I);

NEXT I
INPUT TR
RETURN

```

```

888 DATA 615,536,947,1286,1358,2592,4097,4648,1517,705,442,332
889 DATA 864,411,445,1315,1092,2366,1833,1347,686,372,246,221
890 DATA 233,968,688,726,1850,1717,4736,4442,2460,1040,561,404
891 DATA 461,529,596,536,699,1667,3584,3626,1609,576,325,246

```

'Yeni Modele ait program

892 DATA 258,252,416,747,769,1842,3148,4009,1165,942,387,277
 893 DATA 444,374,587,869,666,1247,1643,1329,600,326,243,224
 894 DATA 788,687,572,630,2124,1912,4075,2716,1110,608,519,374
 895 DATA 440,505,670,782,1452,1795,3971,3662,1559,785,648,544
 896 DATA 592,788,802,1176,1188,2385,5287,4391,1830,682,350,277
 897 DATA 269,328,482,377,397,1374,1745,2184,649,293,192,175
 898 DATA 195,330,1345,1101,1479,2200,3469,3035,1522,517,293,218
 899 DATA 228,261,422,403,1155,3100,1916,4008,1576,668,391,256
 900 DATA 332,420,561,999,921,2063,2645,1753,873,393,247,199
 901 DATA 204,252,617,797,464,986,2379,1835,812,346,206,174
 902 DATA 250,298,326,937,734,1454,2557,2115,652,258,226,140
 903 DATA 193,287,286,496,451,697,1483,1477,517,247,189,166
 904 DATA 188,504,1211,579,1019,1441,1773,1483,654,283,178,148
 905 DATA 198,214,1603,2213,2561,2106,7699,6261,3305,1805,503,362
 906 DATA 688,704,652,418,954,4741,3209,2736,1261,444,284,225
 907 DATA 236,567,455,474,935,1748,3108,2898,1283,420,233,194
 908 DATA 831,785,1294,2786,2075,1790,3259,2520,1097,472,291,263
 909 DATA 369,371,779,1110,996,2834,4561,5808,1828,741,384,312
 910 DATA 418,1717,2367,2894,1940,4514,5485,4215,1795,689,410,307
 911 DATA 411,743,2492,3209,2621,7199,7778,6116,1793,715,429,360
 912 DATA 409,500,836,845,2024,2425,2347,1345,553,316,227,195
 913 DATA 230,347,598,359,506,1693,3235,1945,755,325,201,176
 914 DATA 391,288,621,411,548,1356,3109,4823,1942,641,367,289
 915 DATA 292,473,359,433,812,1048,1668,1775,775,346,215,192
 916 DATA 259,427,489,475,490,2876,3311,1885,697,304,208,228
 917 DATA 214,277,470,472,919,1495,2608,2258,807,326,202,194

 920 DATA 256,320,553,1256,3088,3390,2222,1173,995,800,505,383
 921 DATA 256,320,553,1256,3088,3390,2222,1173,995,800,505,383
 922 DATA 256,320,553,1256,3088,3390,2222,1173,995,800,505,383

```

' THOMAS-FIERING modeline ait program
DIM X(60, 12), XO(12), S(12), R(12), Y(60, 12)
DIM F(360), RK(24, 24), RO(24), EI(360)
YIL = 30: SYIL = 60: K = 0
CLS
LPRINT " THOMAS-FIERING ILE 30 YILLIK VERI URETILMESI"
LPRINT
RESTORE 888
FOR I = 1 TO YIL
FOR J = 1 TO 12
READ X(I, J)
LOCATE 2, 1
PRINT I; J; X(I, J)
NEXT: NEXT
CLS
5 GOSUB 1000
GOSUB 2000
6 YIL = YIL + 1
CLS
IF YIL > SYIL THEN 55
FOR J = 1 TO 12
IF J = 1 THEN L = 12 ELSE L = J - 1
BB = S(J) * R(J) / S(L)
PRINT "BB="; BB
CC = X(YIL - 1, L) - XO(L)
PRINT "CC="; X(YIL - 1, L); "-"; XO(L); "="; CC
X(YIL, J) = XO(J) + BB * CC
PRINT "X("; YIL; ","; J; ")="; XO(J); "+"; BB; "*"; CC;
"="; X(YIL, J)
K = K + 1
RAS = EI(K)
LPRINT "RAS"; K; "="; EI(K);
RAST = S(J) * SQR(1 - R(J) ^ 2) * RAS
LPRINT "RAST="; RAST;
X(YIL, J) = X(YIL, J) + RAST
PRINT "X="; X(YIL, J)
LPRINT "YIL="; YIL; "J="; J; "X="; X(YIL, J)
CLS
NEXT J
IF YIL <= SYIL THEN 6
55 GOSUB 2000
END
1000 A = 0: B = 0: C = 0
'ISTATISTIK PARAMETRELER
'ORTALAMA
FOR J = 1 TO 12: ORT = 0
FOR I = 1 TO YIL
ORT = ORT + X(I, J)
NEXT I
XO(J) = ORT / YIL
PRINT "ORT="; XO(J); : INPUT PRTY
NEXT J

```

```

' THOMAS-FIERING modeline ait program
'STANDARD SAPMA
FOR J = 1 TO 12: STD = 0
FOR I = 1 TO YIL
STD = STD + (X(I, J) - XO(J)) ^ 2
NEXT I
S(J) = SQR(STD / (YIL - 1))
PRINT "S="; S(J); : INPUT SR
NEXT J
'KORELASYON
FOR J = 1 TO 12: A = 0: B = 0: C = 0
FOR I = 1 TO YIL
IF J = 1 THEN L = 12 ELSE L = J - 1
A = A + (X(I, J) - XO(J)) * (X(I, L) - XO(L))
B = B + (X(I, J) - XO(J)) ^ 2
C = C + (X(I, L) - XO(L)) ^ 2
NEXT I
R(J) = A / SQR(B * C)
PRINT "R="; R(J); : INPUT RT
NEXT J

RETURN

```

```

888 DATA 615,536,947,1286,1358,2592,4097,4648,1517,705,442,332
889 DATA 864,411,445,1315,1092,2366,1833,1347,686,372,246,221
890 DATA 233,968,688,726,1850,1717,4736,4442,2460,1040,561,404
891 DATA 461,529,596,536,699,1667,3584,3626,1609,576,325,246
892 DATA 258,252,416,747,769,1842,3148,4009,1165,942,387,277
893 DATA 444,374,587,869,666,1247,1643,1329,600,326,243,224
894 DATA 788,687,572,630,2124,1912,4075,2716,1110,608,519,374
895 DATA 440,505,670,782,1452,1795,3971,3662,1559,785,648,544
896 DATA 592,788,802,1176,1188,2385,5287,4391,1830,682,350,277
897 DATA 269,328,482,377,397,1374,1745,2184,649,293,192,175
898 DATA 195,330,1345,1101,1479,2200,3469,3035,1522,517,293,218
899 DATA 228,261,422,403,1155,3100,1916,4008,1576,668,391,256
900 DATA 332,420,561,999,921,2063,2645,1753,873,393,247,199
901 DATA 204,252,617,797,464,986,2379,1835,812,346,206,174
902 DATA 250,298,326,937,734,1454,2557,2115,652,258,226,140
903 DATA 193,287,286,496,451,697,1483,1477,517,247,189,166
904 DATA 188,504,1211,579,1019,1441,1773,1483,654,283,178,148
905 DATA 198,214,1603,2213,2561,2106,7699,6261,3305,1805,503,362
906 DATA 688,704,652,418,954,4741,3209,2736,1261,444,284,225
907 DATA 236,567,455,474,935,1748,3108,2898,1283,420,233,194
908 DATA 831,785,1294,2786,2075,1790,3259,2520,1097,472,291,263
909 DATA 369,371,779,1110,996,2834,4561,5808,1828,741,384,312
910 DATA 418,1717,2367,2894,1940,4514,5485,4215,1795,689,410,307
911 DATA 411,743,2492,3209,2621,7199,7778,6116,1793,715,429,360
912 DATA 409,500,836,845,2024,2425,2347,1345,553,316,227,195
913 DATA 230,347,598,359,506,1693,3235,1945,755,325,201,176
914 DATA 391,288,621,411,548,1356,3109,4823,1942,641,367,289
915 DATA 292,473,359,433,812,1048,1668,1775,775,346,215,192
916 DATA 259,427,489,475,490,2876,3311,1885,697,304,208,228
917 DATA 214,277,470,472,919,1495,2608,2258,807,326,202,194

```

```

' THOMAS-FIERING modeline ait program
2000 'RASTGELE SAYI TURETILMESI
CLS
N = (SYIL - YIL) * 12
NHALF = INT(N / 2)
NDIFF = N - 2 * NHALF: ORT = 0: SD = 0
IF NDIFF = 0 THEN 1
YN = RND
ZN = RND
XN = 6.253185 * ZN
AI = SQR(-2 * LOG(YN))
EI(N) = AI * SIN(XN)
PRINT YN, ZN, XN, AI, EI(N): INPUT D
1 FOR J = 1 TO NHALF
RANDOMIZE
YN = RND
ZN = RND
XN = 6.253185 * ZN

AI = SQR(-2 * LOG(YN))
EI(J) = AI * SIN(XN)
EI(J + NHALF) = AI * COS(XN)
ORT = ORT + EI(J) + EI(J + NHALF)
PRINT YN, ZN, XN, AI
PRINT "EI("; J; ")="; EI(J); "EI("; J + NHALF; ")="; EI(J +
NHALF); "ORT="; ORT: INPUT K NEXT
IF NDIFF = 0 THEN ORT = ORT / N ELSE ORT = ORT / (N - 1)
IF NDIFF = 0 THEN NN = N ELSE NN = N - 1
FOR F = 1 TO NN
SD = SD + (EI(F) - ORT) ^ 2
PRINT F; "SD="; SD
NEXT
SD = SD / (NN - 1)
SD = SQR(SD)
PRINT "ORT="; ORT; "SD="; SD: INPUT DD
IF SD <> 1 THEN 3
IF ORT = 0 THEN END
FOR J = 1 TO N
EI(J) = EI(J) + ORT
PRINT EI(J); : INPUT FF
NEXT
END
3 FOR J = 1 TO N
EI(J) = EI(J) * SD + ORT
PRINT "EI("; J; ")="; EI(J);
NEXT
RETURN

```

```

      , otokorelasyon katsayısına ait program
      ,
      DIM R(24), X(360)
      N = 360: K = 24: ORT = 0
      PRINT "N="; N; "K="; K
      RESTORE 888
      FOR L = 1 TO N
      READ X(L)
      ORT = ORT + X(L)
      NEXT L
      ORT = ORT / N
      PRINT "ORT="; ORT; : INPUT YYT
      FOR L = 0 TO K
1  A = 0: B = 0: C = 0: D = 0: E = 0
      FOR I = 1 TO N - L
      A = A + (X(I) - ORT) * (X(I + L) - ORT)
      C = C + (X(I) - ORT) ^ 2
      NEXT I
      R1 = 1 / N * A
      R2 = 1 / N * C
      R(L) = R1 / R2
      PRINT "R("; L; ")"; R(L): NEXT L
      END

888 DATA 615,536,947,1286,1358,2592,4097,4648,1517,705,442,332
889 DATA 864,411,445,1315,1092,2366,1833,1347,686,372,246,221
890 DATA 233,968,688,726,1850,1717,4736,4442,2460,1040,561,404
891 DATA 461,529,596,536,699,1667,3584,3626,1609,576,325,246
892 DATA 258,252,416,747,769,1842,3148,4009,1165,942,387,277
893 DATA 444,374,587,869,666,1247,1643,1329,600,326,243,224
894 DATA 788,687,572,630,2124,1912,4075,2716,1110,608,519,374
895 DATA 440,505,670,782,1452,1795,3971,3662,1559,785,648,544
896 DATA 592,788,802,1176,1188,2385,5287,4391,1830,682,350,277
897 DATA 269,328,482,377,397,1374,1745,2184,649,293,192,175
898 DATA 195,330,1345,1101,1479,2200,3469,3035,1522,517,293,218
899 DATA 228,261,422,403,1155,3100,1916,4008,1576,668,391,256
900 DATA 332,420,561,999,921,2063,2645,1753,873,393,247,199
901 DATA 204,252,617,797,464,9886,2379,1835,812,346,206,174
902 DATA 250,298,326,937,734,1454,2557,2115,652,258,226,140
903 DATA 193,287,286,496,451,697,1483,1477,517,247,189,166
904 DATA 188,504,1211,579,1019,1441,1773,1483,654,283,178,148
905 DATA 198,214,1603,2213,2561,2106,7699,6261,3305,1805,503,362
906 DATA 688,704,652,418,954,4741,3209,2736,1261,444,284,225
907 DATA 236,567,455,474,935,1748,3108,2898,1283,420,233,194
908 DATA 831,785,1294,2786,2075,1790,3259,2520,1097,472,291,263
909 DATA 369,371,779,1110,996,2834,4561,5808,1828,741,384,312
910 DATA 418,1717,2367,2894,1940,4514,5485,4215,1795,689,410,307
911 DATA 411,743,2492,3209,2621,7199,7778,6116,1793,715,429,360
912 DATA 409,500,836,845,2024,2425,2347,1345,553,316,227,195
913 DATA 230,347,598,359,506,1693,3235,1945,755,325,201,176
914 DATA 391,288,621,411,548,1356,3109,4823,1942,641,367,289
915 DATA 292,473,359,433,812,1048,1668,1775,775,346,215,192
916 DATA 259,427,489,475,490,2876,3311,1885,697,304,208,228
917 DATA 214,277,470,472,919,1495,2608,2258,807,326,202,194

```


EK-B

46

DENKLEMIN KOKLERI ...

R(1)= .2666594 R(2)= .3373121 R(3)= 2.145926E-02 R(4)=-.0641924 R(5)= 7.153482E-02 R(6)=-1.123746E-02 R(7)=-1.315232E-02 R(8)=-1.083539E-02 R(9)= .0481425 R(10)=-3.699821E-02 R(11)= 9.195942E-02 R(12)= 8.080155E-05

KATSAYILAR

NOB1= 720 NOB= 360 L= 11 N= 1 NDEG= 2 ITO= 1

TURETILEN ILK 360 DEGER

ORT.	285	476	694	815	1223	1994	2604	2578	1719	661	352	306
------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	-----	-----	-----

S.SAPMA

	219	224	380	490	885	1660	2277	2251	1382	353	200	211
--	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	-----	-----	-----

SERININ ORTALAMASI ..=1142.7 STANDARD SAPMA =1121.5

RASTGELE SAYILAR ER(MQ)

P.ORT	99	253	378	401	401	702	1445	914	539	179	92	81
-------	----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	----	----

N.ORT	-212	-285	-437	-571	-544	-881	-1488	-1031	-153	-196	-94	-64
-------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	------	------	-----	-----

TURETILMIS SERI...(baslangic degerleri ortalama)

1	122	647	952	1129	1487	2559	3704	1818	897	544	393	200
2	55	66	804	583	700	3013	75	115	828	631	371	13
3	168	33	35	1126	1150	1295	811	829	567	211	14	104
4	110	199	591	986	1100	1181	695	485	113	37	96	122
5	53	100	376	509	849	27	1449	219	146	322	0	123
6	282	502	1432	609	419	545	529	907	249	361	253	257
7	435	1029	764	424	447	497	1428	1104	757	366	322	409
8	565	516	382	1051	652	443	190	229	131	386	154	506
9	148	628	801	950	1160	1291	363	2003	861	500	215	278
10	307	500	755	643	773	1610	1257	1158	620	435	353	328
11	436	815	1042	934	666	586	15	855	868	630	340	346
12	393	497	824	423	254	973	2351	1432	869	598	449	375
13	449	879	21	1055	1237	2640	4465	4251	3278	1747	655	597
14	636	766	1120	1232	1568	2376	2957	3012	2697	1780	780	482
15	679	1069	421	482	1298	2051	3487	3645	3178	1912	963	630
16	736	773	143	661	1464	1528	1539	2397	2107	1451	846	730
17	685	286	214	1372	1281	2305	2075	2170	1678	1209	804	685
18	366	284	528	1026	1161	1353	2577	3096	2603	1508	801	600
19	212	47	180	1212	1107	1643	2203	2777	2277	989	507	262
20	333	358	879	507	631	632	447	813	591	1199	503	218
21	157	200	46	1102	1866	1270	2233	2537	1422	722	370	249
22	149	75	575	1149	1071	1631	2517	3520	2823	1569	707	399
23	73	81	292	467	1078	1149	2270	3283	2409	1325	673	422
24	348	630	1084	1057	943	1371	3404	4157	2856	1648	908	507
25	402	596	830	754	805	1677	3292	4031	2413	1383	708	519
26	336	873	1305	777	1218	2188	3396	3405	2543	1515	857	467
27	549	877	1344	1062	1475	3265	3219	3846	3190	2090	1128	611
28	677	1082	1152	1375	2071	2999	3671	5692	4779	3387	1894	1055
29	902	936	1009	2120	2350	3364	2896	5029	4795	3913	2448	1513
30	992	1006	1155	2101	1949	2569	3189	4373	4434	4062	2755	1689

ORT	392	545	702	963	1138	1668	2090	2440	1899	1281	709	490
-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	-----	-----

S.SAPMA	254	346	418	426	499	901	1280	1566	1395	1028	642	373
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	-----	-----

SERININ ORTALAMASI =1193.4 STANDAR SAPMA =1085.0

DENKLEHİN KOKLERİ ...

R(1)= .2818627 R(2)= .3028744 R(3)= 4.285169E-02 R(4)=-6.702542E-02 R(5)= 6.541169E-02 R(6)=-.0162944 R(7)= 1.029375E-02 R(8)=-.0205883 R(9)=-8.898606E-03 R(10)= .1243024 R(11)=-1.602188E-05 R(12)= 1.87732E-05 R(13)= 1.065859E-04

KATSAYILAR

NOB1= 720 NOB= 360 L= 10 N= 2 NDEG= 2 ITO= 1

TURETİLEN İLK 360 DEĞER

ORT.	306	502	668	821	1213	1972	2666	2611	1551	588	496	283
------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	-----	-----	-----

S.SAPMA

211	238	359	495	875	1637	2339	2284	1213	294	234	220
-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	-----	-----	-----

SERİNİN ORTALAMASI ..=1140.3 STANDARD SAPMA =1129.2

RASTGELE SAYILAR ER(MQ)

P.ORT	111	269	375	387	384	672	1385	678	636	170	189	83
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----	----

N.ORT-187	-251	-431	-550	-542	-897	-1513	-990	-215	-305	-77	51
-----------	------	------	------	------	------	-------	------	------	------	-----	----

TURETİLMİŞ SERİ..(başlangıç değerleri ortalama)

1	301	592	820	634	964	3448	793	27	1106	531	212	414
2	570	784	136	349	1253	2614	1867	1475	955	848	94	409
3	910	789	639	293	866	804	2041	1932	1108	1057	573	521
4	855	1005	864	588	901	1077	1302	1380	773	600	457	474
5	627	1084	766	1088	450	904	1587	1249	674	755	448	503
6	433	1037	879	933	1401	1511	1234	901	734	672	422	336
7	502	1225	807	1947	1857	570	1666	1586	963	981	454	431
8	642	766	1109	1549	1169	1252	1643	1234	1072	854	340	475
9	733	835	1692	1907	1169	1714	5610	2006	706	1412	667	397
10	546	891	2274	503	238	1228	2446	2896	488	495	746	284
11	595	991	954	401	481	2670	2852	1379	442	635	534	287
12	546	1142	962	623	1160	2521	2824	846	770	1146	414	379
13	894	1049	239	184	911	2381	2244	1429	981	738	368	520
14	779	589	98	795	1354	1774	1082	762	748	568	264	485
15	452	181	385	1462	1548	1291	468	641	579	467	378	434
16	364	339	470	855	1447	1670	2754	3029	1561	767	611	420
17	239	188	349	1359	1818	824	2225	1887	983	747	586	325
18	217	164	808	1265	1093	945	5178	3739	1430	805	609	194
19	111	170	1860	101	945	2792	2581	4204	1189	69	353	65
20	260	1050	1532	1121	948	2037	5574	5213	2635	1150	506	202
21	498	1169	1240	1499	1532	2949	3765	4369	3036	1424	617	614
22	639	1160	1517	836	1934	3732	4622	3781	2646	1496	820	624
23	765	1222	591	590	2356	4270	4408	3834	2713	1564	820	678
24	811	765	854	805	2300	4392	4969	4431	2875	1815	1097	778
25	847	860	1244	1810	2037	4821	2882	2837	2740	2123	1110	905
26	590	1350	1407	2145	2938	3474	2437	2083	2217	1954	801	738
27	1013	1102	2636	2994	2339	2853	3082	3133	2542	1286	919	880
28	703	1706	1523	2627	2598	3715	1352	879	616	599	297	693
29	1012	1371	1473	2610	2753	2883	2536	2419	1086	818	401	691
30	807	940	1315	2004	2337	2412	2320	2501	1426	662	657	662

ORT	609	884	1048	1196	1503	2318	2678	2269	1393	968	553	494
-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----

S.SAPMA	240	385	605	776	711	1183	1419	1340	836	480	244	201
---------	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	-----	-----	-----	-----

SERİNİN ORTALAMASI =1326.6 STANDAR SAPMA =1065.5

DENKLEMIN KOKLERI ...

R(1)= .2839443 R(2)= .3120981 R(3)= 4.236351E-02 R(4)=-7.358655E-02 R(5)= 6.898241E-02 R(6)=-2.854191E-03 R(7)=-1.197515E-02 R(8)= -3.649583E-02 R(9)= .1165519 R(10)=-2.504165E-05 R(11)= 4.3759E-05 R(12)=-2.08859E-05 R(13)=-6.174498E-06 R(14)=-3.869925E-05 R(15)= 1.183639E-04

KATSAYILAR

NOB1= 720 NOB= 360 L= 9 N= 3 NDEG= 2 ITO= 1

TURETILEN ILK 360 DEGER

ORT.	298	496	691	809	1204	1966	2667	2633	1488	542	378	404
------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	-----	-----	-----

S.SAPMA

	214	234	378	485	867	1631	2340	2306	1150	262	199	201
--	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	-----	-----	-----

SERININ ORTALAMASI ..=1131.9 STANDARD SAPMA =1135.5

RASTGELE SAYILAR ER(MQ)

P.ORT	104	268	406	383	387	683	1418	761	494	159	141	166
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----

N.ORT	-229	-263	-413	-567	-570	-913	-1522	-995	-173	-250	-163	-20
-------	------	------	------	------	------	------	-------	------	------	------	------	-----

TURETILMIS SERI..(baslangic degerleri ortalama)

1	295	590	835	634	934	3456	845	12	581	721	398	147
2	643	898	92	300	1210	2796	1943	1248	639	935	106	343
3	991	963	557	174	951	934	2013	1658	984	849	582	557
4	932	1077	804	518	967	1115	1243	1184	656	521	414	517
5	672	1106	714	1086	409	948	1435	1181	537	588	444	536
6	398	1068	850	944	1345	1490	1164	755	564	594	453	281
7	478	1274	822	1948	1744	585	1500	1343	911	727	374	456
8	594	807	1111	1500	1124	1164	1437	1113	878	609	332	440
9	748	885	1635	1848	1114	1551	5404	1634	749	340	862	451
10	377	861	2313	448	215	782	2502	2840	222	313	574	421
11	474	889	1046	346	249	2572	2943	1320	123	474	735	316
12	377	1166	1035	490	957	2536	2941	650	533	878	659	212
13	790	1168	245	1146	1409	2642	2322	1330	701	691	402	471
14	733	686	386	1197	1677	2051	1084	622	575	592	273	397
15	464	348	551	1707	1877	1483	331	573	519	509	357	400
16	461	451	566	1062	1680	1759	2682	2881	1434	659	475	516
17	326	212	438	1555	2024	882	2119	1632	990	455	588	442
18	238	151	935	1441	1740	863	5069	3692	1450	246	680	362
19	51	122	2024	335	971	2421	2668	4225	1035	291	46	347
20	305	1022	1662	84	991	2287	4039	3943	1223	316	349	406
21	564	1195	1006	674	912	2874	3981	3144	1129	973	425	530
22	811	596	942	1357	1705	2085	2928	2240	1148	799	588	608
23	406	306	1155	1834	1569	1963	2312	1712	834	568	577	462
24	437	343	1121	1932	1706	1842	1140	1824	956	793	540	501
25	595	857	602	2214	914	1227	2516	3136	1478	988	284	754
26	598	896	1222	1374	679	1099	2942	3554	1230	739	616	751
27	1215	1139	585	1041	952	2295	4486	2452	1145	729	681	810
28	589	1029	933	1471	725	1253	195	122	665	884	657	521
29	590	1105	897	1200	1161	1772	562	1327	196	723	308	470
30	490	807	825	1029	1021	1674	1859	854	512	530	526	362

ORT	555	801	930	1096	1148	1747	2287	1807	820	634	479	460
-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----

S.SAPMA	240	341	485	591	459	735	1328	1149	363	208	181	146
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	-----	-----	-----	-----

SERININ ORTALAMASI =1064.1 STANDAR SAPMA = 840.9

DENKLEMIN KOKLERI ...

R(1)= .2925573 R(2)= .3109206 R(3)= 3.902464E-02 R(4)=-7.100472E-02 R(5)= 8.298343E-02 R(6)= 2.393363E-02 R(7)=-2.826826E-02 R(8)= 7.387213E-02 R(9)=-1.848441E-05 R(10)= 2.454999E-05 R(11)=-2.686279E-05 R(12)= 5.8173E-05 R(13)=-1.272323E-05 R(14)= 4.36381E-05 R(15)= -5.296277E-05 R(16)= 2.457085E-06 R(17)=-4.641833E-05 R(18)= 1.171083E-04

KATSAYILAR

NOB1= 720 NOB= 360 L= 8 N= 4 NDEG= 2 ITO= 1

TURETILEN ILK 360 DEGER

ORT.	403	487	687	831	1193	1956	2669	2637	1449	522	323	303
------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	-----	-----	-----

S.SAPMA

	201	229	374	505	856	1621	2343	2310	1110	249	206	213
--	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	-----	-----	-----

SERININ ORTALAMASI ..=1122.1 STANDARD SAPMA =1143.6

RASTGELE SAYILAR ER(MQ)

P.ORT	130	264	402	409	382	682	1287	806	451	136	74	126
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	----	-----

N.ORT	-246	-276	-418	-548	-589	-929	-1601	-1008	-216	163	122	111
-------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	------	-----	-----	-----

TURETILMIS SERI..(baslangic degerleri ortalama)

1	402	594	831	644	938	3471	1111	20	800	409	564	408
2	564	922	150	285	1214	2881	2225	1344	576	633	365	420
3	1032	966	654	137	910	1065	2290	1739	834	719	521	665
4	1023	1118	844	489	967	1245	1413	1218	522	451	441	565
5	745	1152	728	1051	436	986	1589	1166	535	464	392	707
6	465	1069	847	914	1416	1509	1244	767	486	482	475	384
7	489	1281	834	1939	1743	543	1666	1337	897	695	261	509
8	651	803	1138	1470	1112	1188	1487	1109	942	506	292	527
9	796	917	1653	1793	1086	1572	5623	1975	961	499	107	873
10	482	815	2270	411	284	888	2495	3312	551	165	487	496
11	777	815	929	421	293	2580	3176	1765	282	235	598	576
12	516	1054	982	585	973	2553	3278	1038	554	607	523	699
13	792	1053	285	25	809	2638	2788	1518	539	473	515	665
14	767	616	70	658	1395	2173	1387	547	422	455	442	489
15	414	217	317	1395	1769	1598	426	375	412	457	474	404
16	403	346	396	901	1685	1843	2748	2746	1333	648	436	431
17	350	137	320	1471	2096	959	2103	1488	877	537	346	424
18	264	89	845	1421	1328	896	5119	3757	1574	447	149	373
19	187	58	1940	309	1096	2468	2671	4513	1282	70	364	94
20	419	1053	766	1057	1542	2756	1835	1213	610	459	320	396
21	648	798	492	1298	1768	1929	978	2330	987	561	442	238
22	799	885	811	946	1288	1236	1222	1843	889	591	229	251
23	848	980	701	921	960	1016	957	855	553	357	303	323
24	676	958	786	821	565	1434	2354	2038	780	413	445	582
25	466	1064	840	643	1265	2757	2916	2951	378	756	599	519
26	770	762	433	621	1616	3259	1312	1690	756	512	950	637
27	460	674	496	1400	2449	1097	1876	1857	422	926	436	607
28	634	692	225	645	535	79	2227	2339	1126	633	342	695
29	616	469	713	1107	396	1695	465	1335	584	244	442	469
30	479	581	545	1081	1133	807	1672	1178	584	335	289	418

ORT.	598	765	761	895	1169	1704	2088	1712	735	491	418	495
------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----

S.SAPMA	208	331	488	481	530	863	1166	986	308	178	157	163
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----

SERININ ORTALAMASI = 986.5 STANDAR SAPMA = 787.8

DENKLEMIN KOKLERI ...

R(1)= .2915943 R(2)= .3101895 R(3)= 3.688332E-02 R(4)=-6.840533E-02 R(5)= 7.951573E-02 R(6)=-2.250581E-02 R(7)= 2.472028E-02 R(8)= 5.939298E-06 R(9)=-1.045357E-06 R(10)= 7.049817E-05 R(11)=-1.407055E-04 R(12)=-6.507745E-05 R(13)=-7.738161E-06 R(14)=-2.486481E-05 R(15)= 5.294295E-06 R(16)= 1.193637E-04 R(17)=-1.012775E-05 R(18)= 7.443535E-05 R(19)=-6.956548E-05 R(20)=-2.033343E-05 R(21)= 1.619999E-05 R(22)= 9.961478E-05

KATSAYILAR

NOB1= 720 NOB= 360 L= 7 N= 5 NDEG= 2 ITO= 1

TURETILEN ILK 360 DEGER

ORT.	372	530	683	820	1206	1952	2675	2614	1477	544	267	253
------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	-----	-----	-----

S.SAPMA

	199	254	371	495	868	1617	2349	2287	1138	263	227	235
--	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	-----	-----	-----

SERININ ORTALAMASI ..=1116.6 STANDARD SAPMA =1153.1

RASTGELE SAYILAR ER(MQ)

P.ORT	117	271	401	400	383	657	1456	636	490	163	93	104
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	----	-----

N.ORT	205	-269	-422	-560	-559	-920	-1528	-1134	-263	-237	-98	-146
-------	-----	------	------	------	------	------	-------	-------	------	------	-----	------

TURETILMIS SERI..(baslangic degerleri ortalama)

1	356	631	837	639	934	3443	715	1388	439	359	455	587
2	511	882	82	368	1070	2760	2122	1961	730	644	253	384
3	917	922	564	178	775	946	2277	1998	1206	826	449	482
4	865	1031	748	450	858	1124	1355	1367	737	397	295	412
5	610	1064	650	1001	344	861	1503	1315	446	489	256	542
6	359	1006	759	891	1232	1456	1100	737	455	395	299	267
7	415	1220	733	1863	1610	561	1411	1361	662	530	212	331
8	562	742	1004	1430	1034	1070	1353	964	683	420	150	397
9	676	785	1563	1779	1031	1442	5294	1655	6	149	96	464
10	498	689	1375	882	857	3598	4060	1367	193	410	461	443
11	586	986	857	919	1862	2350	3662	3225	1413	815	474	463
12	494	341	265	1347	1721	2560	2790	2358	1158	616	363	432
13	276	452	744	1200	1333	1681	1888	1824	608	238	277	267
14	279	797	996	1057	901	1237	1539	1590	649	362	276	264
15	316	520	1086	1325	1579	2808	4451	3237	1207	574	176	201
16	390	913	1486	616	1528	2367	3077	2110	1261	420	120	241
17	645	933	906	651	2684	2458	2859	1238	564	151	92	299
18	1159	35	846	1352	1689	3655	3765	2007	861	364	418	379
19	394	605	1135	1572	1561	1902	2303	2761	1029	518	409	347
20	297	838	1129	1275	1070	3018	2584	2881	1339	418	371	525
21	453	621	861	982	1319	2541	2386	2827	780	83	524	662
22	253	633	719	925	1131	1635	1734	1550	652	117	414	578
23	367	548	458	1142	1484	2214	2547	2044	908	497	240	607
24	165	410	1004	1820	1608	3057	308	2623	1120	324	510	446
25	12	582	1035	2051	1186	1769	2423	2168	1293	750	226	292
26	339	844	1613	762	1239	2233	807	2523	460	356	466	456
27	166	511	67	228	403	1968	2890	2470	887	833	366	227
28	409	653	205	781	418	1775	1485	1153	480	492	225	285
29	337	617	595	453	1050	1423	2089	1004	367	250	212	216
30	723	786	695	727	1369	1709	1209	774	444	261	473	473

ORT	461	720	834	1022	1229	2054	2266	1883	768	435	319	399
-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----

SSAPMA	239	247	392	491	479	828	1155	713	362	203	129	127
--------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----

SERININ ORTALAMASI =1033.0 STANDAR SAPMA = 841.3

DENKLEMIN KOKLERI ...

R(1)= 9.016503E-02 R(2)= .3078535 R(3)= 4.646951E-02 R(4)= -.1119363 R(5)= 7.605429E-02 R(6)= -.0136146 R(7)= 2.475676E-02 R(8)= .0127437 R(9)= 7.069752E-02 R(10)= -3.978277E-02 R(11)= -.1860146 R(12)= .7598135

KATSAYILAR

NOB1= 720 NOB= 360 L= 12 H= 0 NDEG= 2 ITO= 1

TURETILEN ILK 360 DEGER

ORT.	255	505	692	892	1293	1991	2748	2824	1936	513	360	337
------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	-----	-----	-----

S.SAPMA

233	239	379	562	955	1657	2422	2500	1601	244	200	203
-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	-----	-----	-----

SERININ ORTALAMASI ..=1196.0 STANDARD SAPMA =1125.3

RASTGELE SAYILAR ER(MQ)

P.ORT	64	200	264	261	394	500	1314	429	712	113	104	112
-------	----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----

N.ORT	-194	-276	-448	-468	-535	-990	-1346	-829	0	-197	76	50
-------	------	------	------	------	------	------	-------	------	---	------	----	----

TURETILMIS SERI...(baslangic degerleri ortalama)

1	253	524	889	865	1022	3595	1570	452	229	458	536	411
2	560	1028	615	506	1220	3112	3248	2591	1474	1181	674	520
3	1007	1418	1451	912	1039	1445	665	463	723	771	717	762
4	1266	1658	1810	2379	2502	1955	1871	1330	1005	822	683	880
5	1047	1244	1585	2740	1917	2171	2989	2460	1637	1073	878	976
6	953	1496	1612	2437	2512	3282	5025	4385	2835	1689	1219	1106
7	1154	1146	1446	2821	2124	4977	6312	4848	3170	2150	1751	1541
8	1100	1280	1685	2029	2978	4717	5532	5023	3666	2657	2133	1639
9	1271	1393	2033	2603	4154	6115	6032	5527	4186	2814	2187	1722
10	1470	1748	1648	2412	4748	4539	2175	1653	2176	2719	2104	1432
11	1446	1688	1990	2758	3571	3267	2407	3257	3123	2650	1931	1523
12	1705	1713	1915	3207	3865	3772	3323	3655	3317	2593	2013	1824
13	1726	2097	2835	3731	3338	2627	1421	2616	2826	2613	2100	1803
14	1762	2201	2875	3357	2932	2861	3027	3111	2661	2273	1968	1795
15	1737	1978	2360	2513	2634	3993	4681	4116	2948	2295	1993	1812
16	1872	2163	2520	2624	2774	3233	4909	5235	4011	3192	2578	2182
17	2046	2179	2213	2152	2157	4088	6473	5295	4073	3125	2659	2295
18	2116	2089	2058	1798	2543	4386	5455	4882	3954	3221	2771	2278
19	1994	1801	1524	1493	3570	3359	903	2092	2413	3140	2494	1818
20	1635	1513	1642	2873	4266	2253	1606	2167	2683	2832	2226	1746
21	1604	1702	2187	3533	3600	3025	1957	2607	2772	2606	2091	1865
22	1661	2021	2918	3037	3370	4098	4175	3268	2710	2372	2122	1806
23	1704	2291	2319	2304	3257	4958	4709	3899	3002	2541	2112	1761
24	1773	2004	2354	2334	3233	5207	5549	4725	3335	2747	2335	1984
25	1944	2174	2707	3234	3359	5805	3494	3195	2827	2962	2552	2157
26	1814	2625	2966	3704	4530	4692	3536	2801	2629	2856	2386	2005
27	2154	2466	4252	4985	4383	4381	4352	4339	3587	2701	2305	2092
28	1957	3005	3380	4433	4555	5777	3359	2367	1233	1454	1485	1668
29	2134	2850	3296	4391	4952	5311	4975	4418	2997	2247	1655	1687
30	1937	2314	2886	3718	4516	4947	4887	4810	3715	2648	2016	1816

OAT	1560	1860	2199	2729	3187	3932	3687	3386	2731	2313	1889	1627
-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

S.SAPMA	471	548	774	1033	1089	1211	1678	1415	1010	773	634	497
---------	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----

SERININ ORTALAMASI =2592.3 STANDAR SAPMA =1252.1

DENKLEMIN KOKLERI ...

R(1)= 5.842781E-02 R(2)= .1474377 R(3)= 2.647838E-03 R(4)=-5.523519E-02
 R(5)=-1.653456E-02 R(6)= 5.422383E-02 R(7)=-3.78272E-03 R(8)=
 -2.736846E-02 R(9)= 4.558201E-02 R(10)=-5.973364E-03 R(11)=-.1741936 R(12)=
 9.943561E-03 R(13)= .1058323 R(14)= .2184822 R(15)= 1.641476E-02 R(16)=
 -6.165221E-02 R(17)= .0608929 R(18)=-3.568631E-02 R(19)=
 -7.005838E-03 R(20)=-3.244024E-02 R(21)= 5.451687E-02 R(22)= 5.81433E-03
 R(23)=-9.592394E-02 R(24)= .7104722

KATSAYILAR

NOB1= 720 NOB= 360 L= 24 N= 0 NDEG= 2 ITO= 1

TURETILEN ILK 360 DEGER

ORT.	241	560	728	848	1280	2153	2988	2875	1774	432	402	316
S.SAPMA	214	273	417	531	956	1836	2684	2570	1453	194	185	184

SERININ ORTALAMASI ..=1217.0 STANDARD SAPMA =1157.8

RASTGELE SAYILAR ER(MQ)

P.ORT	43	214	223	291	446	556	849	435	551	152	149	104
N.ORT-157	-244	-463	-385	-474	-1222	-1260	-878	-485	-222	-86	-64	

TURETILMIS SERI...(baslangic degerleri ortalama)

1	242	575	945	828	991	4147	2923	1570	1121	641	493	444
2	529	1022	832	529	1109	4039	4730	3733	2265	1908	1090	664
3	1033	1485	1442	709	1336	2403	2260	1366	1052	683	516	432
4	1030	1570	1605	1814	2565	3399	3925	2988	2166	1685	1103	885
5	1182	1405	1289	2034	1678	3000	4036	3225	2307	1602	1107	996
6	1111	1611	1376	2043	2651	4158	6045	5287	3589	2393	1772	1418
7	1399	1304	1382	2403	1872	5767	7046	5362	3763	2616	2022	1685
8	1305	1453	1614	1815	2970	5243	6559	5819	4026	2886	2370	1777
9	1449	1579	2093	2260	4095	7310	7582	6762	6189	3978	2923	2185
10	1779	1959	1632	2043	4620	5124	4307	3470	3215	3064	1870	1179
11	1410	1713	1822	2343	3898	5072	4964	5852	5299	4149	2866	2118
12	2159	1962	1728	3050	4601	5555	5332	5535	5260	3868	2567	2042
13	1905	2078	2542	3562	4038	4033	3644	4877	4891	3903	2705	2225
14	2119	2147	2597	3417	3840	4722	5266	5591	5086	3972	2878	2311
15	2007	1931	2327	2948	3614	5548	6442	6249	5172	4041	3063	2427
16	2152	2251	2772	3258	3791	4557	6588	7107	6395	5165	3992	3052
17	2574	2523	2549	2672	3140	5737	8207	7226	6128	4807	3757	2860
18	2360	2307	2468	2515	3471	5745	7333	6986	6969	5570	4344	3164
19	2673	2422	2177	2008	4254	4655	4111	5523	5131	5002	3493	2379
20	2112	2123	2227	3053	4811	4253	4836	5809	6431	5610	4010	2917
21	2582	2516	2546	3688	4482	4894	4621	5883	6248	5319	3777	2957
22	2472	2497	3129	3436	4382	6020	6518	6276	6322	5415	4087	3105
23	2607	2718	2698	3032	4332	6567	6733	6615	6186	5381	4112	3031
24	2582	2615	2974	3062	4381	7201	7835	7330	6292	5557	4402	3335
25	2893	2916	3345	3896	4505	8067	6815	6449	6245	5776	4511	3472
26	2818	3380	3537	4093	5554	7082	7023	6199	6129	5879	4465	3314
27	3146	3249	4804	5251	5592	7076	7582	7570	7402	6116	4838	3692
28	3191	3836	3757	4872	5829	8248	6828	5968	4982	4583	3492	2856
29	2844	3474	4003	5076	6247	7847	8300	8145	6925	5987	4569	3652
30	3424	3489	3737	4582	6157	7372	7640	7677	6899	5504	4263	3404

ORT	2035	2204	2398	2876	3827	5495	5868	5615	5003	4102	3048	2333
S.SAPMA	814	784	964	1210	1439	1538	1641	1707	1801	1639	1305	921

SERININ ORTALAMASI =3734.1 STANDAR SAPMA =1930.6

DENKLEMIN KOKLERI ...

R(1)= .1821574 R(2)= 5.622179E-02 R(3)= .1779151 R(4)= 1.690129E-02 R(5)= 4.737717E-02 R(6)= -2.355995E-02 R(7)= 4.856627E-02 R(8)= 3.446335E-02 R(9)= -9.875897E-02 R(10)= 8.710469E-02 R(11)= .1221578 R(12)= -.103779 R(13)= 8.707027E-02 R(14)= 9.779675E-02 R(15)= 6.600156E-02 R(16)= -5.147319E-02 R(17)= -2.850812E-02 R(18)= 3.433252E-02 R(19)= -2.306238E-02 R(20)= -3.07699E-03 R(21)= 3.403538E-02 R(22)= .0180703 R(23)= -.1235955 R(24)= -2.276035E-02 R(25)= 6.978911E-02 R(26)= .1867874 R(27)= 6.598686E-02 R(28)= -4.162961E-02 R(29)= 3.135261E-02 R(30)= -.0194291 R(31)= -.0182776 R(32)= -5.775841E-02 R(33)= 7.125644E-02 R(34)= -3.597119E-03 R(35)= -3.186104E-02 R(36)= .6888298

KATSAYILAR

NOB1= 720 NOB= 360 L= 36 N= 0 NDEG= 2 ITO= 1

TURETILEN ILK 360 DEGER

ORT. 294 551 736 886 1195 2138 3168 2852 1576 442 404 256

S.SAPMA

193 264 422 563 868 1818 2865 2543 1250 198 186 210

SERININ ORTALAMASI ..=1208.8 STANDARD SAPMA =1170.0

RASTGELE SAYILAR ER(MQ)

P.ORT 101 223 306 311 397 612 1038 491 546 145 181 124

N.ORT-186 -244 -339 -427 -536 -930 909 -736 -162 -324 -56 -128

TURETILMIS SERI..(baslangic degerleri ortalama)

1	291	600	923	834	941	3611	2319	1186	438	162	95	272
2	600	1022	815	696	975	3212	3884	3220	1759	1524	831	587
3	1099	1472	1440	970	1180	1764	1345	561	525	137	265	724
4	1242	1632	1656	1710	2332	3204	3348	2141	1169	658	284	303
5	862	1228	1227	1873	1215	2430	3355	2646	1836	1492	1189	1239
6	1308	1848	1327	1806	2296	3522	4513	3548	2186	1391	1057	1045
7	1347	1447	1308	2333	1721	4813	5642	3769	2469	2004	1470	1346
8	1217	1298	1429	1797	2658	4163	4807	3829	2385	1781	1549	1264
9	1246	1548	1844	2271	3814	5990	5959	4695	3690	2248	1531	1444
10	1440	1572	1611	2050	4035	4101	2634	1360	1101	1383	714	524
11	966	1483	1765	2183	3153	3762	3305	3491	2560	1637	971	943
12	1362	1575	1751	2738	3946	4602	4018	4051	3500	2457	1783	1784
13	1986	2329	2421	3188	3619	3565	2391	2719	2223	1641	1128	1117
14	1438	1865	2255	2915	3288	3765	3645	3429	2686	1732	1159	1187
15	1416	1592	1766	2216	2989	4387	4522	4156	3287	2389	1869	1713
16	1904	2079	2306	2874	3530	3728	4512	4525	3639	3112	2398	2114
17	2060	2112	2065	2368	2884	4651	5777	4317	3500	2552	2005	1724
18	1753	1834	1931	2043	3017	4445	5023	4309	3691	2921	2304	1730
19	1652	1521	1325	1713	4071	3411	1663	2379	1991	2487	1328	1073
20	1137	1382	1820	2767	4157	2979	3086	3370	3371	2777	1675	1219
21	1344	1703	2185	3307	3769	3752	2955	4001	3794	2998	2162	1872
22	1918	2288	2592	2699	3910	4710	4453	3777	3387	2796	1932	1523
23	1627	1961	1794	2454	3780	4958	4376	4050	3722	3027	2161	1613
24	1550	1586	1969	2441	3885	5423	4926	4443	3760	3319	2414	1960
25	1918	2104	2548	3450	3984	6261	3814	3552	3403	3375	2363	1935
26	1722	2443	2657	3630	4866	5495	4333	3411	3431	3328	2208	1675
27	1966	2283	3615	4382	4498	5249	4865	4571	4515	3413	2581	2170
28	2016	2783	2745	3798	4832	6493	3896	2768	2052	1979	1208	1181
29	1736	2444	2897	4160	5057	5949	5356	4675	3905	3414	2207	1857
30	1783	2034	2667	3839	5213	5527	4665	4425	4150	3250	2607	2222

ORT. 1464 1769 1955 2517 3321 4331 3980 3446 2804 2246 1582 1379

S.SAPMA 430 468 630 932 1208 1146 1170 1069 1087 941 713 539

SERININ ORTALAMASI =2566.4 STANDAR SAPMA =1314.2

ÖZGEÇMİŞ

Yiğit Çağatay GENÇER, 1969 yılında Adana'da doğdu. Adana Erkek Lisesi 'inden 1986 yılında mezun oldu. Aynı yıl İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne girdi. Lisans eğitimini Şubat 1991'de tamamladıkdıktan sonra, Ekim 1991'de İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim dalı Su Mühendisliği programına başladı. Halen, sulama inşaatları yapan bir firmada şantiye şefi yardımcısı olarak çalışmaktadır.