

## **KRİGİNG YÖNTEMİ İLE KÖMÜR KÜL VE KÜKÜRT İÇERİKLERİNİN TAHMİNİ**

### ***ESTIMATION OF THE ASH AND SULPHUR CONTENTS OF COAL USING KRIGING METHOD***

*Ercüment YALÇIN\**  
*Serhan SAYDAM\*\* Halil KÖSE\*\*\**

#### **ÖZET**

Termik santrallerde kullanılan kömürün kül ve kükürt içeriklerinin önceden bilinmesi, çevre kirliliğini önlemek amacıyla alınacak tedbirler açısından önemlidir. Bu çalışmada Çöllolar kömür sahasının kül ve kükürt içerikleri değişik blok boyutlarında *Kriging Yöntemi*yle tahmin edilmiş ve blok boyutunun tahminlere etkisi araştırılmıştır.

#### **ABSTRACT**

Prediction of ash and sulphur content of coal used in coal fired power plants is important for the precautions taken to prevent the environmental pollution. In this study, the ash and sulphur content of Çöllolar Coal Area were estimated by using Kriging Method at different block dimensions and the effect of block dimension on the estimations was determined.

(\*)Doç.Dr., D.E.Ü. Maden Müh. Böl., Bornova-İzmir.

(\*\*)Maden Yük. Müh., D.E.Ü. Maden Müh. Böl., Bornova-İzmir.

(\*\*\*)Prof.Dr., D.E.Ü. Maden Müh. Böl., Bornova-İzmir.

## 1. GİRİŞ

Termik santrallerde kullanılan kömürlerin kül ve kükürt içerikleri, çevre kirliliği açısından oldukça önem taşımaktadır. Kullanılan kömürün kül ve kükürt içeriklerinin önceden bilinmesi ve gerekli tedbirlerin alınması, çevre kirliliğini en az düzeye indirecektir.

Kömür damarının değişik bölgelerindeki kül ve kükürt içeriklerinin önceden talimin edilmesi, jeostatistiksel yöntemler kullanılarak yapılabilmektedir (1). Bu yöntemlerde, kömür sahası bloklara bölünmekte ve blokların kül ve kükürt içerikleri kriging yöntemiyle tahmin edilmektedir. Metalik cevher yataklarında seçilen blok boyutu, yapılan tahmini etkilemekte ve blok boyutu küçüldükçe hassasiyet artmaktadır (2,3).

Bu çalışmada, talimin edilen kül ve kükürt içeriklerine, seçilen blok boyutunun etkisi araştırılmıştır.

## 2. SAHA HAKKINDA GENEL BİLGİ

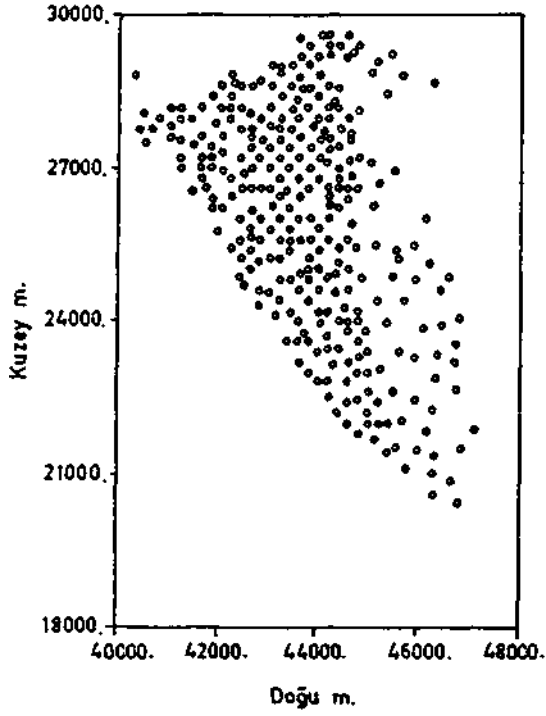
Çalışmada Afşin-Elbistan Linyit Havzası, Çöllolar sahasına açılmış olan 305 adet kömür kesmiş sondaja ait veriler kullanılmıştır. Sondajlar arası mesafe 250 ile 400 m arasında değişmektedir. Sahadaki sondaj lokasyonları Şekil T de gösterilmiştir.

## 3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ SONUÇLARI

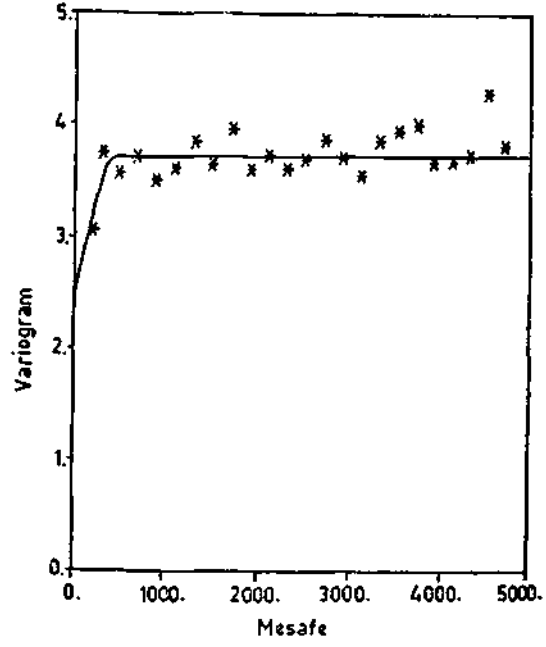
305 adet sondaja ait kül ve kükürt verilerinin istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgedeki kül değerleri %, kükürt değerleri ise % mg olarak verilmiştir.

	Kül	Kükürt
Sondaj Sayısı	305	305
Üst Limit	28.130	1204.740
Alt Limit	14.010	1154.040
Ortalama Değer	19.110	1178.215
Standart Sapma	4.7869	9.4780

Çizelge 1. Kül ve Kükürt İçin İstatistiksel Sonuçlar



Şekil 1. Çöllolar Sahası Sondaj Lokasyonları



Şekil 2. Kül İçin Ortalama Variogram Modeli

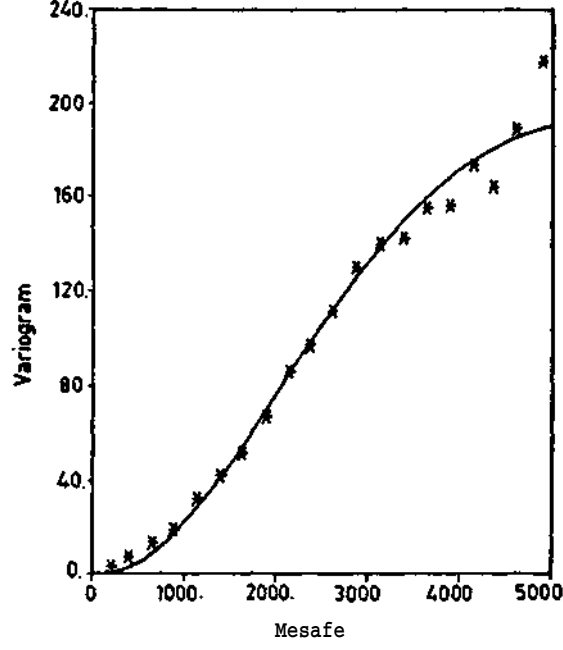
#### 4. JEOİSTATİSTİKSEL ANALİZ SONUÇLARI

Kül ve kükürt için Doğu-Batı, Kuzey-Güney yönlerinde yapılan variogram analizleri sonucunda sahanın kül içeriğinin *izotropik* bir yapı gösterdiği ve *küresel (spherical)* tip modele uyduğu görülmüştür (Şekil 2).

Şekil 2'de, sili değeri ( $C + C_0$ ) 3.7, külçe değeri (nugget,  $C_0$ ) 2.5 ve etki mesafesi ( $a$ ) ise 450 m olarak bulunmuştur.

Sahanın kükürt içeriği ise *anizotropik* bir yapı göstermektedir. Doğu-Batı yönünde variogram modeli *Gaussian* tip modele (Şekil 3), Kuzey-Güney yönünde ise *küresel* tip modele uymaktadır (Şekil 4).

Doğu-Batı yönünde  $C=200$ ,  $C_0=0$  ve  $a=5000$  m, Kuzey-Güney yönünde ise  $C=37$ ,  $C_0=0$  ve  $a=3800$  m olarak bulunmuştur.

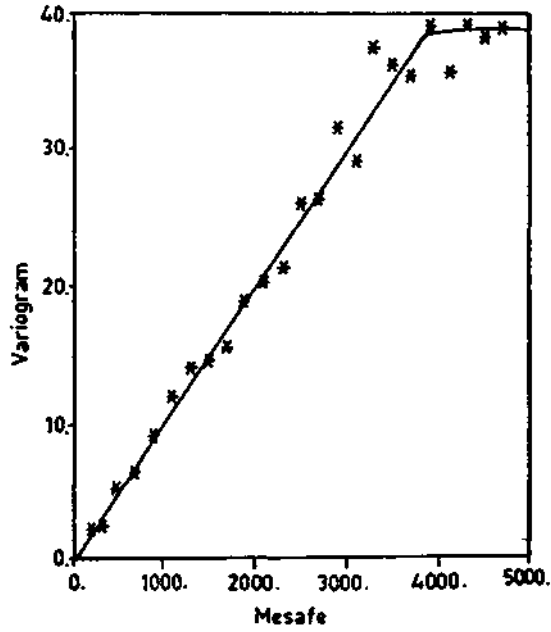


Şekil 3. Kükürt için Doğu-Baü Yönünde Variogram Modeli

Kükürt için ortalama variogram modeli Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, variogram modeli hem *Gaussian* ve hem de *küresel* tipe uymaktadır.  $C=40$ ,  $C_0=0$  ve  $a=2300$  m olarak bulunmuştur. Kriging işlemi şuasında variogram model çeşitinin tahminleri çok fazla etkilemediği gerekçesiyle *küresel*  $\chi_p$  modeli kullanılmıştır (4).

##### 5. BLOK KÜL VE KÜKÜRT İÇERİKLERİNİN TAHMİNİ

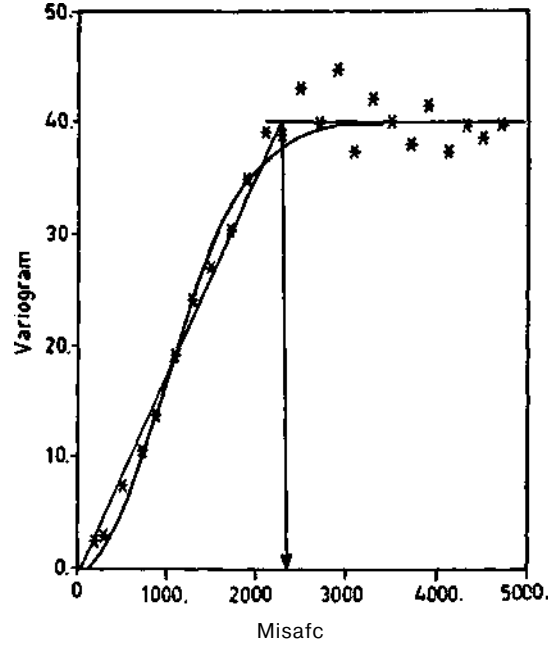
Blok kül ve kükürt içeriklerinin tahmini kriging yöntemiyle yapılmıştır. Kriging yönteminde seçilen kriging yarıçapı, tahminlerin doğruluğunu etkilemektedir (5). Bu nedenle optimum kriging yarıçapının bulunması amacıyla *çapraz doğrulama* (*cross-validation*) tekniği kullanılmış ve elde edilen sonuçların bazdan Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 4. Kükürt İçin Kuzey-Güney Yönünde Variogram Modeli

Çizelge 2. Kül ve Kükürt için Çapraz Doğrulama Sonuçları

Kriging Yarıçapı	KUL		KUKURT	
	Fark	Kriging Std. Sapma	Fark	Kriging Std. Sapma
<b>500-500</b>				
Sondaj Sayısı	292	292	302	302
Ortalama	-0.011	2.022	-0.250	2.035
Std. Sapma	1.971	0.105	7.423	0.658
<b>600-600</b>				
Sondaj Sayısı	301	301	303	303
Ortalama	-0.011	1.996	-0.188	1.959
Std. Sapma	2.068	0.090	7.417	0.539
<b>700-700</b>				
Sondaj Sayısı	301	301	304	304
Ortalama	-0.180	1.976	-0.229	1.940
Std. Sapma	2.053	0.071	7.363	0.533



Şekil 5. Kükürt için Ortalama Vanogram Modeli

Çizelge 2'de hem kül hem de kükürt için gerçek değer ile tahmin edilen değer arasında en az farkı ve en az kriging standart sapmayı 600 m kriging yarıçapının verdiği görülmektedir. Bu nedenle kriging işlemleri sırasında bu değer kullanılmıştır.

Blok boyutunun kül ve kükürt talminlerine etkisini araştırmak amacı ile 100x100 m boyutunda bloklara bölünmüş, kül ve kükürt için bulunmuş olan ortalama variogram parametre değerleri kullanılarak blokların içerdiği kül ve kükürt değerleri kriging yöntemiyle ayn ayn tahmin edilmiştir. Herbir blokun kül ve kükürt tahminleri sırasında en az 2, en fazla 15 numune değeri dikkate alınmıştır. Daha sonra blokların tahmin edilen kül ve kükürt değerlerinin, kriging standart sapmalarının ayn ayn ortalamaları alınmıştır. Bundan sonraki safhalarda blok boyutları artırılarak yukarıda bahsedilen safhalar tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar toplu olarak Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Değişik Blok Boyutlarında Kül ve Kükürt Ortalamaları

Blok Boyutu (m)	KUL		KUKURT	
	Ortalama	Ort. Kriging Std. Sapma	Ortalama	Ort. Kriging Std. Sapma
100x100	19.53	0.46	1180.22	1.56
200x200	19.53	0.55	1180.24	1.41
300x300	19.52	0.59	1180.19	1.32
400x400	19.55	0.61	1180.23	1.27
500x500	19.52	0.61	1180.23	1.27
600x600	19.58	0.62	1180.13	1.16
800x800	19.74	0.63	1180.60	1.15
1000x1000	19.53	0.62	1179.98	1.16

Çizelge 3'te blok boyutunun artmasıyla tahmin edilen ortalama kül ve kükürt içeriklerinin ihmal edilebilecek derecede değişim gösterdiği görülmektedir. Ortalama kriging standart sapma ise kül için yapılan tahminde blok boyutu arttıkça çok az bir artma göstermekte, kükürte ise azalma olmaktadır. Aynı saha için yapılan kömür kalınlık tahminlerinde, blok boyutu arttıkça tahmin edilen kömür kalınlıklarının arttığı görülmüştür (6).

Kriging yarıçapının tahminler üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla kriging yarıçapı 600 m'den 300 m'ye düşürülmüş ve kül için elde edilen sonuçlar değişik blok boyutlarında yapılan tahminler ile birlikte Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Değişik Blok Boyutlarında Ortalama Kül içerikleri

Blok Boyutları	R = 600-600		R = 300-300	
	Ortalama Kül	Ort. Kriging Std. Sapma	Ortalama Kül	Ort. Kriging Std. Sapma
100x100	19.53	0.46	18.99	0.29
300x300	19.52	0.59	18.97	0.45
600x600	19.58	0.62	19.04	0.51
700x700	19.53	0.61	18.88	0.43
800x800	19.74	0.63	19.09	0.47
1000x1000	19.53	0.62	19.06	0.38

Çizelge 4'te kriging "arıçapının azalması ile tahmin edilen ortalama kül içeriklerinin 600 m kriging yarıçapına göre bir miktar azaldığı ve azalma miktarlarının %1-2 civarında olduğu görülmüştür. 300 m kriging yarıçapında da, blok boyutunun artması ile ortalama kül içeriklerinin ihmal edilebilecek derecede bir değişim gösterdiği görülmektedir.

## 6. SONUÇ

Jeostatistiksel yöntemler, kömür kalınlık tahminlerinde olduğu gibi kül ve kükürt tahminlerinde de başan ile kullanılabilir. Bu yöntemler kullanılarak kül ve kükürt için yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

- O Kömürün kül ve kükürt içerik tahminleri, kalınlık tahminlerinin aksine, blok boyutundaki değişikliklerden çok fazla etkilenmemektedir.
- O Tahminler için elde edilen kriging standart sapma değerleri blok boyutu arttıkça çok az miktarda değişiklik göstermektedir.
- O Kriging yarıçapının değişmesinin kül içeriğinin tahmini üzerinde çok fazla bir etkisi görülmemiştir.

## KAYNAKLAR

1. MURPHY, T.D. ve BROWN, K.E., 1993, "Combining Geostatistics and Simulation to Predict Sulphur at a Central Illinois Coal Mine", Mining Eng., March, s.284-287.
2. ROYLE, A.G., 1979, "Estimating Small Blocks of Ore, How to Do It with Confidence", World Mining, Vol.32, April, s. 55-57.
3. ARMSTRONG, M. ve CHAMPIGNY, N., 1989, "A Study on Kriging Small Blocks", CIM Bulletin, Vol. 82, March, s. 128-133.
4. ENGLUND, E., and SPARKS, A., 1988, "Geostatistical Environmental Assessment Software (Geo-EAS) User's Guide", Environmental Monitoring Systems Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency, Las Vegas, Nevada 89119, USA.
5. RIVOIRARD, J., 1987, "Teachers's Aide, Two Key Parameters When Choosing The Kriging Neighborhood", Mathematical Geology, Vol 19, No. 8, s. 851-857.
6. SAYDAM, S., YALÇIN, E. ve KÖSE, H., 1995, "Jeostatistiksel Kömür Rezerv Tahminine Blok Boyutunun ve Kriging Yarıçapının Etkisi", Madenlerde Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu'95, D.E.Ü. Müh. Fak. Maden Müh. Böl., s. 63-69, izmir.



**TTK'NIN ANA ÜRETİM SİSTEMLERİ İÇİN  
GELİŞTİRİLMİŞ BÜTÜNLEŞİK KARAR MODELİ**

***INTEGRATED DECISION MODEL DEVELOPED FOR  
MAIN PRODUCTION SYSTEMS OF TTK***

***Gürsel YILDIRIM\****

**ÖZET**

Bu çalışmada, TTK'nın kömür madenciliğinin ana unsurlarını oluşturan istihsal (üretim), taşıma ve yıkama sistemlerinin ilişkilerine yönelik bir matematiksel model geliştirilmiştir. Müşteriden talebi ve stok fonksiyonunun da eklendiği model çalışmasından önce, yöntem bilimine ilişkin olarak dar kapsamlı bir literatür araştırılmıştır.

**ABSTRACT**

In this study, a mathematical method including the main elements of the coal-mining of TTK aimed at the relationships between, the systems which are production, transportation and washing, has been developed. A close - extensive literature has been given related to the methodology before a model - work which also added the demands of customer and the function of stock.

(\*) İşletmeci, TTK APK Daire Başkanlığı, ZONGULDAK

## 1. GİRİŞ

Kıt kaynaklar optimum kullanılabilme olanaklarının aranması, karar vermede seçenekler içinden en iyisini bulma konusundaki bilimsel yaklaşım uğraşılan, matematikçilerin özel fonksiyonların belirli koşullarda görelî en küçük ya da en büyük değerlerini araştırmaları, II. Dünya Savaşına değin süregelen ve bu uğraşlarla belirli bir bilgi birikimine ulaşılmıştır. (1)

Sistem mühendisliğinin yararlandığı analitik tekniklerin çoğu II. Dünya Savaşı sırasında askeri donanımın en verimli biçimde yerleştirilmesinde uygulandı. Karmaşık problemlerin çözümünde, sistemin grafik gösterimini veren akış şeması, alt sistemlerin arasındaki ilişkilerin oklarla gösterimi, sistem analizinin ilk aşamalarını oluşturur. Daha sayısal ileri yöntemde ise sistem bir matematiksel model olarak ele alınır ve değışken ilişkileri matematiksel denklemlerle ifade edilir.

Yöneylem Araştırması (YA) disiplini de sisteme bilimsel yaklaşımın sonucu doğmuştur. Sistem mühendisliği bilimi bağlamında ortaya çıkan YA'nın bugüne değin birçok tanımlaması yapılmıştır. Farklı mesleklere sahip kişiler bu disipline farklı bakış açıları getirdiler. YA'na; mühendislik dalı, uygulamalı matematik, sosyal bilimlerin sayısal ifadesi, vb gibi çeşitli yaklaşımlarda bulunuldu.

Bu tanımları çoğaltmak mümkün. Ancak YA'nı karakterize eden 3 temel öğenin tartışılmazlığı söz konusudur. Bunlar:

1. Bütünlük Yaklaşım (Sistem Yaklaşımı)
2. Disiplinlerarası Yaklaşım
3. Bilimsel Yöntem 'dir

Bu üç temel öğe YA'na özgünlük kazandırır. Gerçekten de YA'nın bilimsel bir disiplin niteliğine ulaşmasında kavram, kural, genelleme ve problemlere özel yaklaşım biçimi sözü edilen üç temel özellik anlam kazanmaktadır.

YA'nın, fiziksel sistemlerin tasarımında, çözümlenmesinde, sistemin hangi disiplinlerce ve hangi bilimsel yöntemlerle inceleneceğinin saptanabilmesi için belirgin yaklaşımı; sistemin şans ve risk ölçüsünü de içeren seçenek karar, strateji ve kontrollarının sonuçlarını kestirmeye yarayan bilimsel bir modelinin geliştirilmesidir. (2)

## 2. MATEMATİKSEL MODEL KAVRAMI

Model, sistemlerin yapısını ve davranış biçimlerini sözel ya da sayısal bağıntılarla temsil edilmesidir. Herhangi bir karar problemi üzerinde çalışan sistem mühendisliği ya da YA ekibinin bilimsel yöntem izlemesinin temel göstergesi geliştirilen modeldir.

Sistemin belirli koşullarda vereceği tepki saptayabilmeye; model kurulması ve model üzerinde sistemin amaçlarına koşut olarak tüm değişkenlerin ilişkilerinin belirlenmesi, analiznin en önemli evresini oluşturur.

v

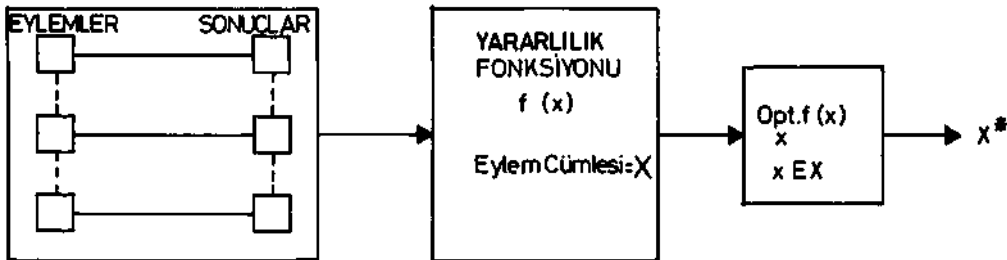
İlişkilerin matematiksel ifade edilebilmeleri, modelin üzümünden elde edilen sonucun kesinlik derecesini arttırır. Problemlere uygun olarak geliştirilen farklı matematiksel yöntemlerin böylece daha çok " fiziksel - tanımlanabilir " sistemler için geçerli olacağını söylemek yanlış olmaz.

Yntembilimine ilişkin olarak modellerin oluşum düzeylerine göre sıralanması aşağdaki biçimdedir (1,2).

- Kapalı (Gizil) Model
- Kavramsal Model
- Mantıksal Akış Modeli
- Matematiksel Model

Sistemin modellendirilmesinde en st düzeyi matematiksel model oluşurmaktadır. Matematiksel model, sistemin mantıksal akış modelinin simgesel (sembollerle) gösterimidir. Sistemin davranışlarını anlama, açıklama, yorumlama ve sonuçta karar vermede matematiksel modelin üstünlüğü sözkonusudur. Karşılaşılan karar problemlerinde bu karar verme işlemi matematiksel modelle sağlanmaktadır.

Karar verme işlemi aslında bir eniyileme problemine uygun bir zm bulma işlemine, yani verilen bir eylem cümlesi içinden belli bir gösterge ltn enbüyükleyen (ya da enkkkleyen) bir veya birkaç eylemi bulmaya indirgenebilir. Eğer x verilen bir X eylem cümlesinin bir ögesi ise ve  $f_i$  de x'e ait sonucu sayısal olarak gösteriyorsa, X içinde öyle bir  $x^*$  bulunmak isteniyorki  $f_i$  göstergesi en büyük ya da en küçük değeri alsın. Yani matematiksel olarak, bütün x e X için  $f(x^*) > f_i$  (veya  $f_i > f(x^*) < f_i$ ). (şekil 1) (3).



SEKİL 1. Karar Verme İşleminin Modellenmesi