

KARAR VERMEDE DUYARLILIK ANALİZLERİ*

Alfred RAPPAPORT
Çev.: A. Serdar ESEN**

Çağdaş yönetici çok ender olarak belirsizlik koşullarından bağımsızdır. Günümüzün değişen toplumunda belirsizlik hemen herkesin kabul ettiği bir gerçek olmuştur. Bir karar vericiden beklenen, belirsizliğin yarattığı güçlüklerle karşın, içinde bulunduğu organizasyonu amaçlarına ulaştırmaktır.

Belirsizlikle ilgili sorunların çoğu "... ise ... ne olur?" biçimindedir. Örneğin;

- i) Eğer en büyük rakibimiz, yeni mamul "x" i bizden altı ay önce başarıyla pazarlarsa ne olur? Üç ay önce pazarlarsa ne olur? Bir ay önce pazarlarsa ne olur?
- ii) Planladığımız genişleme programını bir yıl ertelersek ne olur? Altı ay ertelersek ne olur?
- iii) Başka bir işletmeye yaptığımız birleşme önerisine hükümet tarafından izin verilmezse ne olur?

Yukarıda örneklerini verdiğimiz "... ise ... ne olur?" türü sorular duyarlılık analizlerine bir giriş olarak düşünülebilir. Matematiksel anlamıyla duyarlılık analizleri, parametre değerlerindeki muhtemel değişikliklerin veya hataların, modelin çıktılarını nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalardır. Uygulamada kullanılan daha geniş anlamıyla ise, duyarlılık analizleri: Bir analizin sonuçlarında, analizde kullanılan parametre değerlerindeki değişiklikler ya da hatalar nedeniyle oluşacak farklılıkların belirlenmesi çalışmasıdır ¹.

Bu çalışmanın asıl amacı, duyarlılık analizlerinin yönetimde karar verme temelini geliştirilmesine nasıl önemli katkılar yapabileceğini göstermektir. Duyarlılık analizlerinin ilk işlevi, riskin daha iyi biçimde anlaşılmasını kolaylaştırmaktır ².

* *Rappaport Alfred, "Sensitivity Analysis in Decision Making", Management Decision Making, Welsch A. Lawrence -Cyert M. Richard, Penguin Books, Suffolk-1970, s. 317-341.*

** *Araştırma Görevlisi, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi*

1 "Duyarlılık analizleri" ve "simülasyon" deyimleri sık sık birbirinin yerine kullanılmaktadır. Oysa, bu kavramlar eşanlamlı değildir. Duyarlılık analizleri, parametrik doğrusal programlama gibi analitik tekniklerle birlikte uygulanır. Öte yandan, deneysel simülasyon yaklaşımları çok sayıda deneyi gerektirir.

2 Çağdaş literatür hala F.H. Knight'ın risk ve belirsizlik arasında yaptığı ayrımı kabul etmektedir. "Risk, Uncertainty and Profit", (Boston: Houghton Mifflin Company, 1921). Risk, sonucun kesinlikle bilinmediği ancak alternatif sonuçların olasılıklarının bilindiği veya tahmin edilebildiği durumlarla ilgili-

Duyarlılık analizleri, özellikle model sonuçlarının parametre değerlerindeki olası değişikliklerden etkilenmelerini test ederek alternatif hareket biçimlerinin görsel riskini değerlendirmede çok yararlı bilgiler sağlar. Bu teknik, üretim kararlarının alınmasına yardımcı olduğu gibi ³, bilgi kararlarının alınmasında da yararlı bir araçtır. Diğer bir deyişle, duyarlılık analizleri organizasyonun kaynaklarını veri toplama ve bunları düzenleme etkinlikleri için nasıl dağıtabileceğimiz konusunda da yol gösterir.

İş hayatının gelişmeye başladığı ilk dönemlerden beri yöneticiler, bilinçli ya da bilinçsiz olarak alternatif hareket biçimlerinin görsel riskini değerlendirmede duyarlılık testlerini kullanmışlardır. "Duyarlılık analizi" deyiminin gittikçe artan kullanımı, bilgisayarlar yardımıyla uygulanması ve parametrik doğrusal programlama ⁴ gibi karmaşık, çok değişkenli modeller için duyarlılık testleri yapmak amacıyla matematiksel teknikler geliştirilmesi gibi yeni kullanım alanları yaratmıştır. Bu modellerin duyarlılık analizlerindeki yararları Arnoff ve Netzory tarafından şöyle özetlenmiştir:

"Gerçek sistemi kullanmadan —kağıt üzerinde— deney yapma olanağı sağladığı için yöneylem araştırması modellerinin kullanımı özellikle önemlidir ve üstünlükler sağlar. Modelin kullanımında sistemin çeşitli koşullara karşı duyarlılığı, sistemin kendinde deney yapmanın gerektireceği zaman, harcama ve riski gerektirmeden değerlendirilebilir. Gizli kalmış ilişkiler açıklığa kavuşturularak kararlara temel olma ve etkinliğin kontrolü amacıyla kullanılır" ⁵.

Risk analizlerinin bir bileşeni olan duyarlılık analizlerinin önemi belirsizlik derecesiyle birlikte değişir. Modelin parametre değerleri ne kadar belirsiz ise, parametre değerlerindeki olası değişikliklerin sonucunu araştırmak da o derece önemlidir.

dir. Belirsizlik durumunda ise alternatif sonuçların olasılıkları tahmin bile edilemez. Bu ayırımı pedagojik açıdan yararlı olabilir. Karar vericilerin bu ayırımı organizasyonla ilişkili olarak nasıl uygulayabilecekleri ise açık değildir. Karar vericilerin gelecekteki olayların olasılıkları hakkındaki bazı duyguları bu ayırımı bulanıklaştırır. Bu duygular, kesinlik sınırına yaklaşan güven derecelerinde, mistisizme yaklaşan yanlış bir biçimde tanımlanmış duygular arasında değişmektedir. Önemli olan nokta, bu duyguların karar vericinin yargılarını etkilemesidir. Bu nedenle "belirsizlik" ve "risk" terimleri bu çalışmada eşanlamlı olarak kullanılmıştır.

- 3 Duyarlılık analizleri, özellikle yatırım kararlarında riskin değerlendirilmesi amacıyla uygulanabilir. Bu konuda bkz. Sidney W. Hess-Harry A. Quigley, "Analysis of Risk in Investments using Monte Carlo Techniques", Statistics and Numerical Methods in Chemical Engineering, Chemical Engineering Symposium Series, LIX, No. 42 (New York: American Institute of Chemical Engineers, 1963), s. 55-63; David B. Hertz, "Risk Analysis in Capital Investment", Harvard Business Review (Jan-Feb., 1964), s. 95-106; William C. House, Jr., "The Usefulness of Sensitivity Analysis in Capital Investment Decisions", Management Accounting (February 1966), s. 22-49.
- 4 Parametrik doğrusal programlama çalışmanın sonraki bölümlerinde ayrıntılarıyla tartışılacaktır.
- 5 E. Leonard Arnoff-M.J. Netzorg, "Operations Research-The Basics, Management Services (Jan - Feb., 1965) s. 46.

Bir problemin veya karar durumunun genel modeli şu şekilde açıklanabilir ⁶.

$$V = f(x, y)$$

Burada,

V = Verilen kararın değer ölçüsü

x = Karar vericinin kontrolünde olan değişkenler (karar değişkenleri)

y = Tanımlanan problem çerçevesinde karar vericinin kontrolünde olmayan fakat performansı etkileyen değişken veya sabit etkenler.

f = Karar değişkenleri ve performans etkenleri ile V bağımlı değişkeni arasındaki fonksiyonel ilişki.

Bir doğrusal programlama modeli ile ilgili olarak parametre tahminlerindeki değişikliklere karşı bir karar değerinin duyarlılığını düşünelim. Doğrusal programlama modeli sık sık "optimizasyon modeli" diye de adlandırılmaktadır. Bu adlandırma yanıltıcı olabilir. Çünkü model sadece bütün ilişkili değişkenler uygun bir biçimde birleştirildiği ve katsayı değerleri yeterli derecede doğru olduğu zaman optimum sonuç verebilir. Basit doğrusal programlama modeli deterministik bir modeldir. Çünkü, bu modelde kullanılan verilerin kesinlikle bilindiği varsayılır. Doğrusal programlamanın planlamacıya yararlılığını arttırmak için bu varsayımın bir yana bırakılması gerekir. Ancak bu varsayımdan vazgeçildiğinde talep, fiyat, teknolojik gelişme ve benzeri etkenlerdeki belirsizlikler modele alınabilir. Gerek amaç fonksiyonunun katsayılarının, gerekse kısıtlayıcı vektörlerdeki katsayıların tesadüfi değişkenler olarak yorumlandığı stokastik doğrusal programlama modelleri risk koşulları altında kullanılabilirse de bu modeller hesaplama güçlükleri nedeniyle sınırlı uygulamalara sahiptir ⁷.

Katsayıların sabit olmadığı durumlarda riskin değerlendirilmesi için diğer bir yaklaşım ise duyarlılık analizleridir.

"Uygulamada katsayılar eldeki verilerden türetilir ve genellikle ortalama değerler veya en iyi tahmini değerler olarak alınır. Bu nedenle, çözümün, katsayılardaki (veya bu katsayıların tahmini değerlerindeki) değişimlere karşı duyarlılığını analiz etmek çok önemlidir. Diğer bir deyişle, araştırdığımız, çözümü hala optimal kılacak katsayıların değişim aralıklarını belirlemektir. Bu tür duyarlılık çalışmaları, parametrik doğrusal programlama olarak bilinir" ⁸.

Katsayılardaki değişikliklere karşı optimal çözümün kararlı bir dengede olması önemli uygulamalar yaratır. Örneğin, belirli bir durumda bir katsayıdaki çok az bir değişiklik, amaç fonksiyonunda oldukça düşük bir değer yaratan yeni bir optimal

6 Russel L. Ackoff, "Scientif Method: Optimizing Applied Research Decisions", (New York, John Wiley and Sons Inc., 1962), s. 111.

7 Bu konuda bkz. G. Hadley, "Nonlinear and Dynamic Programming" (Reading, Mars.: Addison Wesley Publishing Comp., Inc., 1964), Bölüm 5; George B. Dantzig, "Linear Programming and Extensions", (Princeton, N. 5: Princeton University Press, 1963) Bölüm 25; A. Charner- W.W Cooper, "Change-Constrained Programming", Management Science (October, 1959), s. 73-79.

8 E. Leonard Arnoff - S. Sankar Sengupta, "Mathematical Programming", Russell L. Ackoff, "Progress in Operations Research", Vol. 1, (New York: John - Wiley and Sons, Inc., 1961), s. 175.

çözümle sonuçlanabilir. Öte yandan, diğer bir katsayıdaki daha büyük bir değişiklik maksimum değeri çok az değiştirir ya da hiç değiştirmez.

Üretim Kararlarına İlişkin Bir Örnek Olay

Bir doğrusal programlama modelinin çözümü için yapılan duyarlılık analizlerini bir örnek olay yardımıyla açıklayabiliriz. Televizyon üreten bir işletmenin, renkli televizyona olan talebin son yıllarda artması üzerine kârını maksimize etmek amacıyla üretim etkinliklerini en iyi bir biçimde nasıl değerlendirebileceğini araştırdığını varsayalım. İşletme üç tür siyah-beyaz televizyon (standart, lüks ve süper) ve renkli televizyon üretiliyor olsun. Ayrıca işletme üreteceği tüm televizyonları satabileceğine güvensin. Her televizyon, işletmenin üç bölümünden —yarı montaj, montaj ve test— geçerek üretilsin. Her bölümde; herhangi bir tür televizyondan bir birim üretilmesi için gerekli insan emeği (saat olarak) aşağıdaki gibidir:

	Standart	Lüks	Süper	Renkli
Yarı montaj	12	15	15	25
Montaj	10	12	13	20
Test	0,5	0,6	0,6	2,0

İşletme kapasitesi yarı montaj, montaj ve test bölümleri için sırasıyla 3500, 3000 ve 240 günlük çalışma saatinden fazlası için yeterli değildir. Yapılan anlaşmalar nedeniyle de işletme hergün en az 10 standart ve 10 lüks model televizyon üretmek zorundadır. Her tür televizyon satışının kâra olan birim katkısı (gelir - değişken maliyetler) şöyledir:

	Standart	Lüks	Süper	Renkli
Kâra katkı	25 TL.	30 TL.	40 TL.	100 TL.

Yukarıdaki veriler bir doğrusal programlama modeli olarak formüle edilirse:

$$\begin{aligned}
 Z &= 25 x_1 + 30 x_2 + 40 x_3 + 10 x_4 && \text{amaç fonksiyonu,} \\
 12 x_1 + 15 x_2 + 15 x_3 + 25 x_4 &\leq 3500 \\
 10 x_1 + 12 x_2 + 13 x_3 + 20 x_4 &\leq 3000 \\
 0,5 x_1 + 0,6 x_2 + 0,6 x_3 + 2 x_4 &\leq 240 \\
 x_1 &\geq 10 \\
 x_2 &\geq 10 \\
 x_3, x_4 &\geq 0
 \end{aligned}$$

Kısıtlayıcıları altında maksimize edilecektir.

Problem bir FORTRAN programı yardımı ile bilgisayarda çözüldüğünde optimum günlük üretim miktarları;

$$\begin{aligned}
 x_1 \text{ (standart)} &= 10 \text{ birim} \\
 x_2 \text{ (lüks)} &= 10 \text{ birim} \\
 x_3 \text{ (süper)} &= 49 \text{ birim} \\
 x_4 \text{ (renkli)} &= 99 \text{ birim}
 \end{aligned}$$

ve optimal kâr da 12.410 TL. olarak bulunur.

Karar vericinin optimal çözüme duyduğu güven, modelde kullandığı değerlere duyduğu güvenle ilgilidir. Model içinde yapılabilecek değişiklikler şu şekilde sınıflandırılabilir:

- 1) Amaç fonksiyonunun katsayılarındaki değişiklikler,
- 2) Teknolojik katsayılardaki değişiklikler,
- 3) Kısıtlayıcıların katsayılarındaki değişiklikler,
- 4) Kısıtlayıcıların sayısındaki artmalar veya azalmalar,
- 5) Değişkenlerin sayısındaki artmalar ya da azalmalar.

Şimdi bu değişikliklerin her birinden, duyarlılık analizleri yardımıyla, işletme yönetimi için yararlı bilgilerin nasıl üretilebileceğini göstermeye çalışalım. Aşağıda her tür değişiklik için televizyon mamül karması problemiyle ilgili örnekler verilmiştir.

Amaç Fonksiyonunun Katsayılarındaki Değişiklikler ⁹

Standart, lüks, süper ve renkli modeller için birim kâr katkıları, elde edilen optimal çözümü bozmadan ne kadar değişebilir?

Dört tür için birim kâr katkıları satış fiyatlarının, hammadde maliyetlerinin, emeğin ve diğer değişken maliyetlerin ortalamalarının veya en iyi tahmini değerlerinin bir fonksiyonudur. Bu etkenlerdeki değişimler optimum üretim biçimini ve kârları etkiler veya etkilemeyebilir. Önemli olan, bu bilginin parametrelerdeki değişimler gerçekten beklendiğinde karar vericiye sağlayacağı yararlarıdır. Bu bilgi ilk optimum çözümden ayrılmakta kullanacağımız temel olacak ve her durumda karar vericinin son olarak kullanacağı optimal üretim biçimine olan güveni arttıracaktır.

Aşağıdaki tablo amaç fonksiyonunun katsayıları için bulunan farksızlık aralıklarını (katsayıların optimal çözümü bozmadığı aralıklar) göstermektedir.

Değişken	Tür	Orijinal Katsayılar	Katsayı Alt Limiti	Katsayı Üst Limiti
x_1	Standart	25	$-\infty$	32,67
x_2	Lüks	30	$-\infty$	40,00
x_3	Süper	40	30	60,00
x_4	Renkli	100	66,67	133,33

Yukarıdaki tablo incelendiğinde optimum üretim biçiminin amaç fonksiyonunun, katsayılarındaki değişikliklere karşı göresel olarak duyarlı olduğunu söyleyebiliriz. Örneğin, renkli televizyonların (x_4) birim başına kâr katkısı 66.67 TL. dan 133.33 TL. ya kadar değişmekle optimum çözümü etkilememektedir. Standart (x_1) ve lüks (x_2) türleri için katsayının alt limiti $-\infty$ dir. Bu iki tür için optimal üretim biçimindeki onar birimin, modelin kısıtlayıcılarından olan $x_1 \geq 10$ ve $x_2 \geq 10$ ile zaten koşulandırılmış olması bu sonucu yaratmıştır. Amaç fonksiyonu katsayı-

9 Amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcıların katsayılarının farksızlık aralıkları bir bilgisayar programı ile elde edilmiştir. Bu bölümdeki diğer sonuçlar girdilerin değiştirilmesi ve problemin yeniden çözülmesiyle bulunmuştur. Basitliği sağlamak için bir parametre değeri değişirken diğerleri sabit tutulmuştur.

larının alt limitleri kuşkusuz ki, sıfırdan büyük olmalıdır, ancak bunun tersi mutlak kârlarda düşmelere ve fırsat kayıplarına yol açacaktır.

İkinci olarak, renkli televizyonların üretiminde kullanılan katod ışınli görüntü tüplerini sağlayan işletme, birim başına 35 TL. lık bir fiyat artışı yaptığında optimum üretim biçiminin ve kârın ne olacağını araştıralım.

Önceki analizlerimizde renkli televizyonlar (x_4) için amaç fonksiyonu katsayısı alt limiti 66.67 TL. olarak bulunmuştu. Maliyetteki 35 TL. lık bir artış renkli televizyonların kâr katkılarını 100 TL. dan 65 TL. sına düşürecektir. 65 TL. lık kâr katkısı farksızlık aralığının (66.67 — 133.33) dışında olduğu için yönetici alternatif bir optimum üretim biçimi arayabilir. Orijinal ve ayarlanmış optimum üretim biçimleri ve optimal kârlar aşağıdaki biçimde karşılaştırılabilir:

Optimal Üretim Biçimi (Birim)

Değişken	Tür	Orijinal	Ayarlanmış	Fark
x_1	Standart	10	10	—
x_2	Lüks	10	10	—
x_3	Süper	49	196	+ 147
x_4	Renkli	99	11	- 88
Maksimum Kâr		12410 TL.	9105 TL.	- 3305 TL.

Yukarıda görüldüğü gibi ayarlanmış optimal üretim biçiminde süper (x_3) ve renkli (x_4) televizyonlar için önemli değişiklikler vardır. Renkli televizyonlar (x_4) için amaç fonksiyonu katsayısı sadece 1.67 TL. düşürüldüğünden (renkli televizyonlar için katsayı alt limiti olan 66.67 TL. dan kâr katkısı olan 65 TL. çıkarıldığında 1.67 TL. bulunmaktadır) bu sonuç çok ilginçtir. Şunu belirtmeliyiz ki, eğer yönetici süper (x_3) türündeki televizyonlara olan talebin 196 birimden az olacağını tahmin ediyorsa, bu türün satış miktarını bir üst limit ile kısıtlayan diğer bir kısıtlayıcıyı probleme ekleyebilir.

Dört tür televizyonun alternatif fiyatlarına karşı optimal üretim biçiminin ve kâr katkılarının duyarlılığı nasıldır? Bu bölümde daha önce araştırdığımız sorular, büyük ölçüde karar vericinin kontrolünde olmayan parametrelerdeki değişikliklerle ilgili idi. Buna karşılık son soru, yönetim fiyatları kendisi saptayabileceği için, karar değişkenindeki değişimlerle ilgilidir.

Renkli televizyonlarda kullanılan katod ışınli görüntü tüpü üreten diğer bir işletme gereksinimimizin yarısını, eskiden temin ettiğimiz yerden 5 TL. daha ucuza vermeyi önersin.

Bu durum, optimal üretim biçimi ile optimal kârın duyarlılıkları arasındaki farkı açıklamaya yarayabilir. Daha önce, renkli televizyonların (x_4) kâr katkısı olan 100 TL. nin, 66.67 TL. dan 133.33 TL. sına kadar optimal üretim biçimini bozmaksızın değişebileceğini belirlemiştik. Bunun sonucu olarak, katod ışınli görüntü tüplerini 5 TL. daha ucuza temin ettiğimizde birim başına kâr katkısı 100 TL. dan 105 TL. sına yükselecek ve optimal üretim biçiminde bir değişiklik olmayacaktır. Üretilen renkli televizyonlar ise optimal kâra 250 TL. lık bir katkı yapacaktır. Bu katkı, birim başına renkli televizyon maliyetinin 5 TL. düşmesinin ve optimum üre-

tim biçimindeki 99 renkli televizyonun sadece yarısının 5 TL. daha düşük maliyetle üretilmesinin sonucudur. Bununla birlikte, kârdaki 250 TL.lık artışın yararları, yeni ve denenmemiş bir işletmeyle çalışmanın belirsizlikleri ve yaratabileceği istenmeyen sonuçlarıyla birlikte değerlendirilmelidir.

Teknolojik Katsayılarıdaki Değişiklikler

1. Teknolojik katsayı değerleri işletmenin standart maliyet sistemine dayanarak elde edilmiştir. Yarı montaj bölümündeki personel sorunları ve yüksek işçi değişim oranı nedeni ile emeğin etkinliğinde yüzde 10'luk bir değişim olasıdır. Bu durum optimal üretim biçimini ve kârı etkilemekte midir? Ayrıca emeğin etkinliğindeki bir değişimi amaç fonksiyonunun katsayılarını da etkileyecektir. Örneğin, bir bölümde emeğin saat ücreti 3 TL. ise ve emeğin etkinliği yüzde 10 azalıyorsa birim başına maliyet artacaktır. Konuyu açarsak, standart türü bir televizyona yarı montaj bölümünde 12 saat emek harcanırken yüzde 10'luk artış (1,2 saat) nedeniyle bir birim televizyon bu bölümde 13,2 saatte üretilecektir. Saat ücreti 3 TL. olarak alındığından, bir saatlik emeğin maliyeti de 1,2 katı kadar artarak 3,6 TL. olacaktır. Ayrıca maliyet artışı nedeniyle her televizyonun kâr katkıları da değişmektedir. Örneğin, standart türü televizyon için kâr katkısı 25 TL. iken 3,6 TL. lik maliyet artışı bu katkıyı 21,4 TL. na düşürmektedir. Modeli ayarlanmış katsayılarıyla şöyle formüle edebiliriz:

$$\begin{aligned}
 Z &= 21,4 x_1 + 25,5 x_2 + 36,5 x_3 + 92,5 x_4 && \text{amaç fonksiyonu} \\
 13,2 x_1 + 16,5 x_2 + 16,5 x_3 + 27,5 x_4 &\leq 3500 \\
 10 x_1 + 12 x_2 + 13 x_3 + 20 x_4 &\leq 3000 \\
 0,5 x_1 + 0,6 x_2 + 0,6 x_3 + 2 x_4 &\leq 240 \\
 x_1 &\geq 10 \\
 x_2 &\geq 10 \\
 x_3, x_4 &\geq 0
 \end{aligned}$$

kısıtlayıcıları altında maksimize edilecektir.

Bu şekliyle problemin çözümü, optimal üretim biçiminin ve kârların, yarı montaj bölümünde, emek etkinliğindeki bir düşmeye karşı duyarlı olduğunu gösterir. Bu sonuç çok şaşırtıcı değildir. Çünkü, orijinal optimal üretim biçiminde yarı montaj ve test bölümleri tam kapasite ile kullanılırken montaj bölümünde 147 saatlik emek kullanılmamaktadır. Orijinal ve ayarlanmış optimal üretim biçimlerinin ve maksimum kârların kıyaslanması aşağıdaki şekilde yapılabilir:

Optimal Üretim Biçimi

Değişken	Türü	Orijinal	Ayarlanmış	Fark
x_1	Standart	10	10	—
x_2	Lüks	10	10	—
x_3	Süper	49	6	- 43
x_4	Renkli	99	112	+ 13
Maksimum kâr		12410 TL.	11118 TL.	- 1292 TL.

2. Yönetim, orijinal optimal üretim biçiminde yarı-montaj ve test bölümlerinin kısıtlı kaynaklara sahip olduğunu belirlemiştir. Bu nedenle bir renkli televizyon için test bölümünde harcanan ortalama süre iki saatten birbircuk saate düşürülmek istenmektedir. Bu politika değişikliği maksimum kârı 12.410 TL. dan 13.450 TL. sına çıkaracak ve bu durumda süper türü televizyonlar üretimden kaldırılabilir. Ortaya çıkan gelişme, kısıtlayıcıların sayısındaki artımlarla ilişkili olarak ayrıntılarıyla tartışılacaktır.

Olanaklar Vektörü Katsayılarındaki Değişiklikler

1. Yarı montaj, montaj ve test bölümlerinde günlük kullanılabilir maksimum insan emeği sırasıyla 3500, 3000 ve 240 saattir. Optimal çözümü bozmaksızın her üç bölümün emek kapasiteleri ne şekilde değiştirilebilir?

Optimal çözümün geçerli olması için, yarı montaj ve test bölümleri emek kapasitelerinin ortalama veya en iyi tahmini değerlerinin doğru olması gerekir. Çözümde tahmini kapasiteler tam olarak kullanıldığından, fiili kapasiteler tahmini kapasitelerden düşük olduğunda kârlarda düşmeler olabilir. Yarı montaj ve test bölümleri kapasiteleri için gölge fiyatları sırasıyla 1,33 TL ve 33,33 TL. dir. Gölge fiyatlar, bu kaynaklardaki bir saatlik bir azalmanın kârı ne kadar düşürebileceğini göstermektedir. Bunun tersi olarak, gölge fiyatları aynı zamanda bu kaynaklardaki bir saatlik bir artışın kârda ne kadarlık bir katkıya neden olacağını da belirtir.

Daha önce de açıklandığı gibi, montaj bölümünde 147 emek saati kullanılmaktadır. Bu nedenle, montaj bölümünde tahmini emek kapasitesi olan 3000 emek saati yerine fiili emek kapasitesi olan 2853 saat ($3000 - 147 = 2853$) kullanılabilir ve bu durum optimal çözümü bozmayaz. Diğer iki bölümde kısıtlı emek kapasiteleriyle çalışıldığı için, montaj bölümü kapasitesindeki artışlar kâra hiçbir katkıda bulunmayacaktır.

2. Orijinal optimal üretim biçiminde, yarı montaj ve test bölümlerinin kapasiteleri tam olarak kullanılmaktadır. Yönetim, fabrikadaki minimum bir düzenleme ile montaj bölümünden 100 emek saatlik kapasiteyi yarı montaj bölümüne aktarmayı düşünmektedir. Bu düşünce uygulandığı takdirde ve renkli televizyonlar için test süresi 1,5 saate indirildiğinde, optimal üretim biçiminde ve kârda ne gibi değişiklikler olacaktır?

Renkli (x_4) televizyonlar için test süresi 1,5 saate düştüğünde süper (x_3) türü televizyonun optimal çözümünden çıkması gerekmektedir. Ancak bu durum, yönetimin kabul etmek istemediği bir koşuldur. Renkli televizyonlar için birim başına test süresinin 2 saatte kalması halinde, yarı montaj ve montaj kapasitelerinde yapılacak ayarlama, günlük maksimum kâr katkısını 12.410 TL. dan 12.450 TL. sına çıkaracaktır. Elde edilen bu fayda, fabrikada yapılacak düzenlemenin maliyeti ile kıyaslanarak bir değerlendirme yapılmalıdır.

Kısıtlayıcıların Sayısının Arttırılması

Renkli televizyonlara olan etkin talep nedeniyle, işletmeye renkli katod ışıklı görüntü tüpleri temin eden firma, sağladığı tüp sayısını günde 90 birim ile sınırlayabilir. Bu durumun işletmeye maliyeti ne olacaktır ve yeni optimum üretim biçimi nedir?

Böyle bir kısıtlayıcının probleme eklenmesiyle maksimum kâr 260 TL. azalarak 12.410 TL. dan 12.150 TL. sına düşmüştür. Yeni optimum üretim biçimine göre standart (x_1) ve lüks (x_2) türlerinin her birinden eskisi gibi günde 10'ar birim, süper (x_3) türü için ise 65 birim üretilmelidir. Ayrıca renkli (x_4) televizyonlar için yeni optimum üretim biçimine göre günlük üretim 90 birim olmalıdır.

Son zamanlarda renkli televizyonlar halk arasında çok tutulmaktadır. Bundan önce ise süper türü, işletmenin en fazla tutulan ve kârlı türü idi. İşletmenin kalite konusundaki artan ünü büyük ölçüde süper türü televizyonların pazarlanmasından sonra olmuştur. Bu nedenle yönetim, satışı daha kârlı olan renkli televizyonlara yönelik etkin talebe karşın, süper türü televizyonlara yönelik talebi de belirli bir ölçüde karşılamaya devam etmenin gereğine inanmaktadır. Orijinal optimal üretim biçimine göre süper türü günde 49 tane üretilmelidir. Yönetim, bu tür televizyonlara olan talebin yaklaşık 100 birim dolaylarında olacağını tahmin etmekte ve optimal çözümden saparak, bu türe yönelik talebin çeşitli yüzdelerini karşılamının maliyetlerini bilmek istemektedir. Örneğin, yönetim bu türe yönelik talebin yüzde 75'ini karşılamının etkilerini öğrenmek istediğinde,

$$x_3 \geq 75 \text{ kısıtlayıcısını orijinal modele eklemelidir.}$$

Değişkenlerin Sayısındaki Artmalar veya Azalmalar

Yoğun pazarlama çabalarına karşın düşük fiyatlı standart (x_1) ve lüks (x_2) türlerinin satış hacmi çok küçüktür. Pazara tam bir seri sunmayı amaçlayan işletme, düşük fiyatlı bir tür televizyon da pazarlamak zorundadır. Yönetim, standart veya lüks türlerinden birinin üretimini, işletmenin tüm seri görüntüsünü bozmaksızın durdurma niyetindedir. Bu iki muhtemel değişiklikten herbirinin, optimum üretim biçimi ve kârlar üzerinde ne gibi bir etkisi olacaktır?

Tüm bu sorular, bir model kurulup sonuçlar alındıktan sonra bu model ve sonuçlarla ilgili olarak akla gelebilecek soruların küçük bir örneğini oluşturmaktadır. Önemli olan nokta, duyarlılık analizlerinin çok yararlı bilgiler sağlayabileceği ve bu tekniğin kullanılmasıyla karar vermenin önemli ölçüde geliştirilebileceğidir.

Bilgi Kararlarında Duyarlılık Analizleri

Duyarlılık analizleri, işletme kaynaklarının veri toplama ve düzenleme etkinliklerine dağıtılması konusunda sistematik yol göstericilerdir ¹⁰. Yönetim bilimi teknikleri yalnızca üretim kararlarında uygulanmakla kalmazlar. Sözkonusu teknik-

10 "Veri" terimi burada, bireyin elde edebileceği ancak henüz belirli bir durum için değerlendirilmemiş mesajlar anlamında kullanılmaktadır. Bir işletmedeki tüm iletişimler veri işleminin bir biçimi olarak düşünülebilir. Birey, sorunlarından birini çözmeye uğraşırken, elindeki veriler sorunu çözmeye yardımcı oluyorsa, birey bu verileri bilgiye dönüştürmüş olur. Unutulmamalıdır ki, bu yaklaşıma göre belirli bir mesajın içeriği aynı kalsa bile, karar vermede yararlı olduğu zaman veri şeklinden bilgiye dönüşmektedir. Adrian M. Mc Donough, Information Economics and Management Systems (New York: Mc Graw-Hill Book Company, 1963, s. 71-72). Bu tanımlara göre veri toplama ve düzenleme etkinlikleri yalnızca sonuçta elde edilen bilgi açısından değerlendirilebilir. Bu nedenle, "Bilgi Ekonomisi" yerine "Veri Ekonomisi" kavramı tercih edilir.

ler aynı zamanda bilgi sistemine ilişkin kararların alınmasında da yardımcıdırlar. Analiz yapan kişi, bir model kurup onu başlangıçtaki parametreleriyle test ettikten sonra bir karar problemi ile karşı karşıya kalır. Bu durumda daha fazla veri toplayarak ilk parametreleri bu verilerin ışığında değiştirerek modeli dönüştürme ya da bu modeli alınacak kararlara temel olarak kullanma yollarını seçebilir. Bu kararın önemini William T. Morris şöyle yorumlamaktadır:

Yönetim bilimi, daha fazla gözlem yapmak yerine er ya da geç bir hareketi önermek durumundadır. Genellikle bu durum geç olmaktan çok, gerekli olandan daha erken ortaya çıkmakta ve sonuç olarak ortaya atılan hipotezin reddi ya da kabulü ile tutarlı bir hareket biçimi önerilmektedir. Diğer bir deyişle, yönetime hipotez doğru veya yanlışmış gibi davranması tavsiye edilmektedir. Gerçekte yönetim biliminin temel sorusu, ne zaman veri toplamının durdurularak modelin geliştirileceği ve ne zaman bir hareket biçiminin seçileceğidir¹¹.

Yukarıdaki yoruma göre, "bilgi kararları" için bilginin maliyetine ve değerine ilişkin bir kuram gereklidir. Teknoloji düzeyi giderek artan toplumlarda, bilgi maliyetleri akıl almaz büyüklüklere ulaşmaktadır. Ayrıca elektronik veri işleme süreçlerindeki gelişmeler, bilgi potansiyelinin daha da şaşırtıcı boyutlara ulaşacağına işaret etmektedir. Geçmişte sorun karar verme için gerekli bilginin geliştirilip geliştirilemeyeceği idi. Giderek artan veri toplama kapasitesi sonucu, bugün bilgi ekonomisinin temel sorunu, eldeki kapasitenin yararlı olarak ne derecede kullanılabileceğidir.

Anlamalı bir ekonomik bilgi kuramı, alternatif bilgiyi nelerin belirlediğini açıklamak durumundadır. Bilginin maliyetini ve değerini etkileyen temel unsurlar kesinlik, güvenilirlik ve zamandır. Kesinlik, güvenilirlik ve zamanın çeşitli düzeylerinin maliyeti, sürecin farklı evrelerinde değerlendirilebilir. Öte yandan değer, seçilen hareket biçimlerinin faydaları ile ilişkilendirilmelidir. Sonuç olarak analizci, ek veri toplama ve düzenlemenin maliyeti ile bu ek verilerin daha doğru kararlar vermeye sağlayabileceği faydalarla karşı karşıyadır. Birçok durumda analizci, ek bilginin maliyetini karşılayıp karşılayamayacağını tahmin etmek için bir temele sahip değildir. Gerçekten de bazı durumlarda ek bilgi, onu sağlamanın maliyetine değmeyebilir. Hatta bazı durumlarda, elimizdeki bilgiyi geliştirmek için karar vermeden önce ön bilgi toplamaya bile gerek olmayabilir. Bu konuda, veri toplama ve düzenlemenin, karar vericiye olan marjinal maliyetinin marjinal faydasını aşana kadar sürmesi gerektiğini belirten temel karar kuralı uygulamada çok az yarar sağlar.

Deterministik marjinal maliyet ve marjinal gelir karar kuralının çok az yarar sağlamasının nedeni, henüz geliştirilmemiş bilginin özellikleri konusunda çoğunlukla çok az şey bilinmesidir. Belirsizlik altında en akılcı hareket biçimini seçme yöntemi olan istatistiksel karar kuramı bu konuda daha olumlu sonuçlar ortaya koyabilir. Bilgi kararları için bir istatistiksel karar kuramı modelinin girdileri Morris tarafından şöyle özetlenmiştir:

"Bu kuramın kantitatif olarak uygulanabilmesi için daha fazla veri toplama çabalarının olası sonuçlarını sayabilmemiz ve sözkonusu sonuçların olasılıklarını he-

11 - William T. Morris, "Management Science in Action", Homewood, III. Richard D. Irwin, Inc. 1963, s. 113.

saplayabilmemiz gerekir. Bunlara ek olarak, bilginin karar vericinin tercihini nasıl değiştirdiğini kantitatif olarak göstermek mümkün olmalıdır"¹².

Söz konusu gerekler bir bilgi kararı modeli için temeldir ve çoğunlukla bunları yerine getirmek güçtür. Bir örnek, veri toplama çabalarının sonuçlarını belirlemenin ve bunlara güvenilir olasılıklar tanımanın önemini göstermeye yardımcı olabilir.

Grayson güzel bir örnek ile, petrol ve gaz sondajları konusunda son sondaj kararını vermeden önce ek bilgi satın almanın gerekip gerekmediği biçimindeki karar problemini açıklamıştır¹³. Sorun şöylece özetlenebilir:

Karar verici "sondaj yapma" ve "sondaj yapmama" hareket biçimlerinden birini seçmek zorundadır. Karar kuralı ise, beklenen parasal değeri (EMV) en büyük olan hareket biçiminin seçilmesidir¹⁴. Bir hareket biçiminin beklenen parasal değeri, muhtemel sonuçların getirileri ile ilişkili olasılıkları çarparak elde edilen değerleri toplayarak hesaplayabiliriz. Örneğin, sondaj yapma hareket biçiminin beklenen parasal değeri olan 34.000 TL. şu şekilde hesaplanmıştır:

Muhtemel Sonuçlar	Kâr (veya zarar)	Olasılık	EMV
Boş kuyu	50.000 TL.	0,7	35.000 TL.
200.000 varil	130.000 TL.	0,2	26.000 TL.
500.000 varil	430.000 TL.	0,1	43.000 TL.
Beklenen Parasal Değer			34.000 TL.

Tablodaki olasılıklar, jeologların eldeki bilgi birikiminden yararlanarak yaptıkları subjektif olasılık tahminleridir. Bu durumda bir karar vermek gerekirse kuşkusuz ki, beklenen parasal değeri 34.000 TL. olan "sondaj yapma" hareket biçimi, 0 TL. beklenen parasal değerli "sondaj yapmama" hareket biçimine tercih edilecektir. Öte yandan, karar verici son kararı elindeki bilgilerle ya da ek bilgi elde ederek vermek arasında da bir tercih yapmak durumundadır. Bu durumda karar vericinin, ek bilgi için ödeyeceği parayı gözönüne alması gerekmektedir. Özet olarak, verilecek bilgi kararı "sondaj yapma-sondaj yapmama" üretim kararı ile hemen hemen benzerdir.

Söz konusu ek bilginin 10.000 TL. tutarında bir sismik bilgi olduğunu varsayalım. Sismograf yardımıyla elde edilen bilgi bizi altı yorundan birine götürebilir. Geçmişteki frekansları kılavuz olarak alan karar verici, her sonucun (boş kuyu,

12 William T. Morris, "The Analysis of Management Decisions", rev. ed. Home wood III, Richard D. Irwin, Inc., 1964, s. 483. Aynı konuda bkz. Norton M. Bedford-Mohammed ans, "Measuring the Value of Information-An Information Theory Approach", Management Sciences (January-February, 1966), s. 15-22.

13 C. Jackson Grayson Jr., "Decisions Under Uncertainty: Drilling Decisions by Oil and Gas Operators", Cambridge, Mass.: Harvard Business School, Division of Research. 1960, Bölüm:11.

14 EMV karar kuralı Grayson tarafından beklenen fayda kuralı yerine örneği basitleştirmek amacıyla kullanılmıştır.

200.000 varil, 500.000 varil) belirli bir sismik sonuç elde etme olayına bağlı koşullu olasılıklarını şöyle belirlemiştir ¹⁵.

Tablo: 1
Belirli Sismik Sonuçlar Gerçekleştiğinde Koşullu Olasılıklar

	Boş Kuyu	200000 Varil	500000 Varil	Toplam
Sismik sonuç: İyi				
Kapalı sistem	0.30	0.50	0.20	1,0
Açık sistem	0.75	0.15	0.10	1,0
Sistemsiz	0,86	0,17	0,07	1,0
Sismik sonuç: Orta				
Kapalı sistem	0,30	0,60	0,10	1,0
Açık sistem	0,90	0,10	0,0	1,0
Sistemsiz	0,80	0,20	0,0	1,0

Tablodaki tüm olasılıklar, belirli sismik sonuçların gerçekleşmesine bağlıdır. Daha sonra, geçmişte toplanan verilere dayanarak altı olası sismik sonucun koşulsuz olasılıkları tahmin edilmelidir. İşte bu noktada, sismik bilgi satın alıp satılmama konusunda bir karar vermek gerekir.

Daha önce, ek bilgi elde etmeksizin "sondaj yapma"nın beklenen parasal değeri 34.000 TL. olarak bulunmuştu. "Sismik bilgi satınalma" hareket biçiminin seçilebilmesi için, net beklenen parasal değer (bu değer beklenen parasal değerden, sismik bilginin maliyeti olan 10.000 TL. nin çıkarılmasıyla elde edilir) 34.000 TL. dan büyük olması gerekir. "Sismik bilgi satınalınması" hareket biçiminin net beklenen değeri şöyle hesaplanabilir:

1) İlk olarak, altı olası sismik sonucun her birinin beklenen parasal değeri hesaplanır. Bu değer, her sonucun (boş kuyu, 200.000 varil, 500.000 varil) parasal değerlerinin koşullu olasılıklarla çarpımlarının toplanması ile elde edilir.

2) Yukarıda elde edilen altı beklenen parasal değer herbiri, ilişkili sismik sonuçların olasılıkları ile çarpılıp toplanarak "sismik bilgi satınalma" hareket biçiminin beklenen parasal değeri bulunur.

3) "Sismik bilgi satınalma" hareket biçiminin beklenen parasal değerinden, sismik bilginin maliyeti olan 10.000 TL. çıkarılarak, "sismik bilgi satınalma"nın net beklenen parasal değeri bulunur.

Grayson'ın açıklamalarına göre "sismik bilgi satınalma" hareket biçiminin net beklenen parasal değeri 46.400 TL. dir. Daha önce belirlenen karar kuralına göre karar verici bilgi satınalma kararı verecektir. Karar verici, böylece, sismik yorumların beklenen parasal değerine dayanarak bir sondaj kararına ulaşmıştır.

15 C. Jackson Grayson, Jr., "Decisions Under Uncertainty: Drilling Decisions by Oil and Gas Operators", (Cambridge, Mass: Harvard Business W.W. Cooper, "Management Modeli and Industrial Applications of Linear Programming", (New York: John Wiley and Sons., 1961), Vol. II, Bölüm 19.

Bir istatistiksel karar kuramı yaklaşımının bilgi kararlarının alınmasında kullanılabilmesi için hangi koşulların gerektiğini araştıralım. Grayson modeli aşağıdaki girdileri kullanmaktadır:

- A. "Sismik bilgi satın alınmaması" hareket biçiminin beklenen parasal değerini hesaplayabilmek için:
1. Muhtemel sonuçların parasal değerleri,
 2. Sonuçların olasılıkları.
- B. "Sismik bilgi satın alınması" hareket biçiminin net beklenen parasal değerini hesaplayabilmek için:
1. Ek bilginin maliyeti,
 2. Daha fazla bilgi toplama çabalarının muhtemel sonuçları,
 3. Bu sonuçların olasılıkları,
 4. Muhtemel sonuçların parasal değerleri,
 5. Her veri toplama sonucunun gerçekleşmesi durumundaki koşullu olasılıklar.

A-1, A-2 ve B-1 girdilerinin çeşitli güven dereceleri ile elde edilebileceğini varsayalım. Birçok önemli işletme kararında, analizcinin ve karar vericinin B-2 ve B-5 arasındaki girdiler için doğru parametreler geliştirmesi konusunda önemli kuşkular vardır. "Sismik bilgilerin" geliştirilmesi genellikle kolay değildir. Burada "sismik bilgiler" ile, aşağıdaki iki temel veri toplama niteliğinin karakterize ettiği bilgi türü anlatılmaktadır.

1- Veri toplama etkinliğinin sonlu sayıda sonucu vardır ve bu sonuçlar fiilen veri toplanmaksızın belirlenebilir.

2- Söz konusu sonuçların olasılıkları belirlenebilmekte ve kararın beklenen değeri hesaplanabilmektedir. Karar kuramı ile bilgi ekonomisine yapılan bu yaklaşım "sismik bilgi" elde edilebildiğinde büyük yararlar sağlar. Öte yandan, "sismik bilgi" elde edilemediğinde, bilgi kararlarına varmada diğer stratejiler araştırılmalıdır.

Simon, duyarlılık analizlerine aşağıdaki bakış açısını önermektedir:

"Yönetim bilimciler, kullandıkları verilerin kusursuz olmadığını farkına vardıklarında, duyarlılık analizlerine ilgileri arttı. Duyarlılık analizleri, kötü verilerle karar vermenin maliyetini ve verileri geliştirme yöntemlerinin değerlerini tahmine yönelmiştir" ¹⁶.

Simon, "risk analizleri" nin ve "bilgi ekonomisi" nin duyarlılık analizi uygulamaları olduğunu vurgulamaktadır. Duyarlılık analizlerinin bu iki uygulaması aynı anda yürütüldüklerinden bu durum şaşırtıcı değildir. Daha önce açıklamış olduğumuz doğrusal programlama modelini, önceki önermenin geçerliliğini araştırmak için kullanabiliriz. Aynı zamanda, karar kuramının ve duyarlılık analizlerinin bilgi kararlarıyla olan ilişkilerini de gösterebiliriz.

İlk olarak, bilgi karar kuramı ile duyarlılık analizleri yaklaşımlarının temel sorularını karşılaştıralım.

16 Herbert A. Simon, "New Developments in the Theory of the Firm" Papers and Proceedings of the Seventy-fourth Annual Meeting of the American Economic Association, New York, December 27-29, 1961, American Economic Review, May, 1962, s. 4.

1. Karar kuramı: Ek bilginin beklenen değeri (faydası) onu elde etmenin maliyetine (harcanan çabaya) değer mi?

2. Duyarlılık analizleri: Karar değeri, muhtemel parametre değişikliklerine ne kadar duyarlıdır?

Duyarlılık analizi yaklaşımında karar değeri, tahmini parametre değişikliklerine karşı duyarsız ise, bu durumda bir istatistiksel karar modeli kullanmadan, ek bilgi satınalmaya gerek olmadığını söyleyebiliriz. Öte yandan, karar değeri duyarlı olduğunda da, halâ daha fazla veri toplamaya gerek olup olmadığı hakkında bir yargıya varmak gereklidir. İleride açıklanacağı gibi, bu noktada bir istatistiksel karar modeli yararlı olabilir. Özetlersek, bilgi kararlarında duyarlılık analizi yaklaşımının iki önemli üstünlüğü vardır:

a) Bir bilgi kararı için yapılan duyarlılık analizi, risk değerlendirmesi için yapılan duyarlılık analizi ile aynı zamanda uygulanabilir.

b) Tahmini parametre değişikliklerinin duyarsızlığını belirleyen bir duyarlılık analizi, daha büyük maliyet ve daha çok zaman gerektiren istatistiksel karar modellerinin kullanımını gereksiz kılar.

Bilgi Kararlarına İlişkin Bir Örnek Olay

Şimdi, televizyon mamül karması problemini çözmek için kullandığımız doğrusal programlama modeline dönerek, duyarlılık analizlerinin ve karar kuramının bilgi kararlarına ulaşmada birlikte nasıl kullanılacağını açıklayalım. Daha önceki analizlerimizde renkli televizyonlar (x_4) için amaç fonksiyonundaki katsayının alt limiti 66.67 TL. olarak bulunmuştu. Ayrıca işletme yönetimi, renkli televizyonlarda kullanılan katod ışıklı görüntü tüplerinin fiyatındaki 35 TL.lık artışın etkileriyle ilgilenmişti. Bu artış, renkli televizyonlar için kâr katsayısını 100 TL. dan 65 TL. sına indirmekteydi. 65 TL. sı farksızlık aralığının dışında olduğu için problem yeniden çözümlenerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Optimal Üretim Biçimleri (Birim)

Değişken	Tür	Orijinal	Değiştirilmiş	Fark
x_1	Standart	10	10	—
x_2	Lüks	10	10	—
x_3	Süper	49	196	+ 147
x_4	Renkli	99	11	— 88
Maksimum kâr katkısı		12410 TL.	9105 TL.	— 3305 TL.

Değiştirilmiş başlangıç tablosu ile elde edilen optimal çözüm ve kârlardaki anlamlı değişiklikler yönetimi oldukça ilgilendirmektedir. Yönetim şuna inanmaktadır ki, mamul karmasındaki önemli değişiklikler, yeniden düzenleme maliyetleri ve ortalama işçi verimliliğindeki değişiklikler nedeniyle pahalı olabilir. Bu nedenle yönetim gelecek ay, orijinal ve değiştirilmiş üretim biçimlerinden hangisini uygulayacağına karar vermelidir. Bu kararın daha önceden verilmesinin nedeni, üretim

planlaması bölümünün mamul karmasında yapılacak değişikliği ve müşterilerin istedikleri malları ne zaman satın alabileceklerini önceden bilmek istemesidir. Bu nedenle, gelecek ayın üretim kararlarının ayın birinden önce verilmesi zorunluluğu doğmaktadır.

Bu durumda yönetim, orijinal veya değiştirilmiş optimal üretim biçimlerinden birini seçip uygulamak zorundadır. Öte yandan katod ışıklı görüntü tüplerinin fiyatı gelecek ay 35 TL. artacak ya da değişmeyecektir. Aşağıdaki kâr tablosunda muhtemel hareket biçimlerinin ortaya koyabileceği günlük sonuçların değerleri görülmektedir:

	O ₁	O ₂
A ₁	12410	8945
A ₂	9490	9105

Bu tabloda;

A₁ = "Orijinal optimal üretim biçimi" nin uygulanması hareket biçimi,

A₂ = "Değiştirilmiş optimal üretim biçimi" nin uygulanması hareket biçimi,

O₁ = "Fiyat artışı olmaması" durumu,

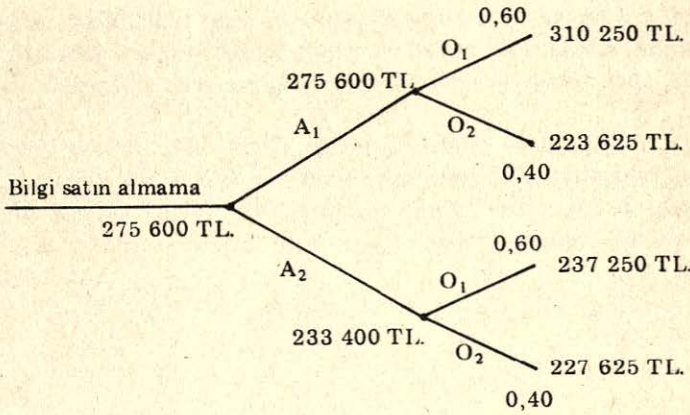
O₂ = "35 TL. fiyat artışı olması" durumudur.

A₁O₁ ve A₂O₂ sonuçları, orijinal ve değiştirilmiş üretim biçimleri için maksimum kâr katkılarını vermektedir. Fiyat artışı gerçekleşmediği zaman değiştirilmiş üretim biçiminin uygulanması, 12410 - 9490 = 2920 TL. lık bir fırsat kaybına yol açacaktır. 35 TL. lık fiyat artışının gerçekleşmesi ve orijinal üretim biçiminin uygulanması durumunda ise 9105 - 8945 = 160 TL. lık bir fırsat kaybı doğacaktır.

Günlük ödenti tablosunu gelecek ayın kâr tablosuna dönüştürmek için, tüm değerler gelecek ay için planlanan üretim günü sayısı olan 25 ile çarpılarak aşağıdaki tablo elde edilir.

	O ₁	O ₂
A ₁	310250	223625
A ₂	237250	227625

Yönetim, elindeki bilgilere dayanarak O₁ ve O₂ olaylarının gerçekleşme olasılıklarını 0,6 ve 0,4 olarak belirlemektedir. Ayrıca yönetimin, bu problemi araştırmak için 1000 TL. lık yatırım yapmaya istekli olduğunu ve bu yatırımın yapılması durumunda gerçekleşecek durumu daha önceden kestirebileceğine dair 1'e karşı 9 bahse girmeye hazır olduğunu varsayalım. Bu durumda yönetim ek bilgi toplamak için yatırım yapmalı mıdır?



Şekil: 1
Halen mevcut bilgi ile verilebilecek en iyi kararın beklenen parasal değerini gösteren "karar ağacı diyagramı"

İlk olarak elimizdeki bilgi ile alabileceğimiz en iyi kararın beklenen parasal değerini (EMV) ¹⁷ hesaplamalıyız. Şekil 1'deki karar ağacını kullanarak bu değer 275.600 TL. olarak bulunur.

Şimdi de yönetimin 1000 TL. lık yatırım yaparak ek bilgi sağlaması halinde verebileceğimiz en iyi kararın beklenen parasal değerini hesaplayalım. Daha önce belirtildiği gibi yönetim, ek bilgi sağlanmasının 0,9 olasılıkla doğru sonucu tahmin etmemize yol açacağına inanmaktadır. Aşağıdaki matris üzerinde bileşik ve marjinal olasılıklar özetlenmiştir.

	O ₁	O ₂	Toplam
Varsayım 1	0,54	0,04	0,58
Varsayım 2	0,06	0,36	0,42
Toplam	0,60	0,40	1,00

Bu tabloda,

Varsayım 1 = "Fiyat artışı olmayacak" tahmini,

Varsayım 2 = "35 TL. lık fiyat artışı olacak" tahmini,

O₁ = "Fiyat artışı olmaması" sonucunun gerçekleşmesi,

O₂ = "35 TL. lık fiyat artışı olması" sonucunun gerçekleşmesidir.

17 Grayson modelinde olduğu gibi açıklamayı basitleştirmek amacıyla beklenen fayda yerine beklenen parasal değer, karar kuralı olarak kullanılmıştır. Fayda fonksiyonu doğrusal olmadığında EMV karar kuralı doğrudan kullanılmalıdır.

O_1 ve O_2 olaylarının gerçekleşme olasılıkları 0,6 ve 0,4 olarak bilinmektedir. Bu değerler yukarıdaki tabloda sütun toplamları olarak görülmektedir. O_1 olayı 0,6 olasılıkla tahmin edildiğine ve tahminler de 0,9 olasılıkla doğru olduğuna göre, her iki olayın birlikte gerçekleşmesi olasılığı $0,6 \times 0,9 = 0,54$ 'tür. Bu sonuç yukarıdaki matrisin (varsayım 1- O_1) elemanı ile belirtilmiştir. Bunun tersi olarak, O_1 olayı ile tahminin yanlış olması olaylarının birlikte gerçekleşmesi olasılığı $0,6 \times 0,1 = 0,06$ dir. Bu değer ise matrisin (varsayım 2- O_1) elemanıdır. Aynı tür hesaplamalar yoluyla O_2 sütununda görülen diğer bileşik olasılıklar elde edilebilir. Toplam sütununda yer alan 0,58 ve 0,42 marjinal olasılıkları, varsayım 1 ve varsayım 2'nin gerçekleşme olasılıklarıdır.

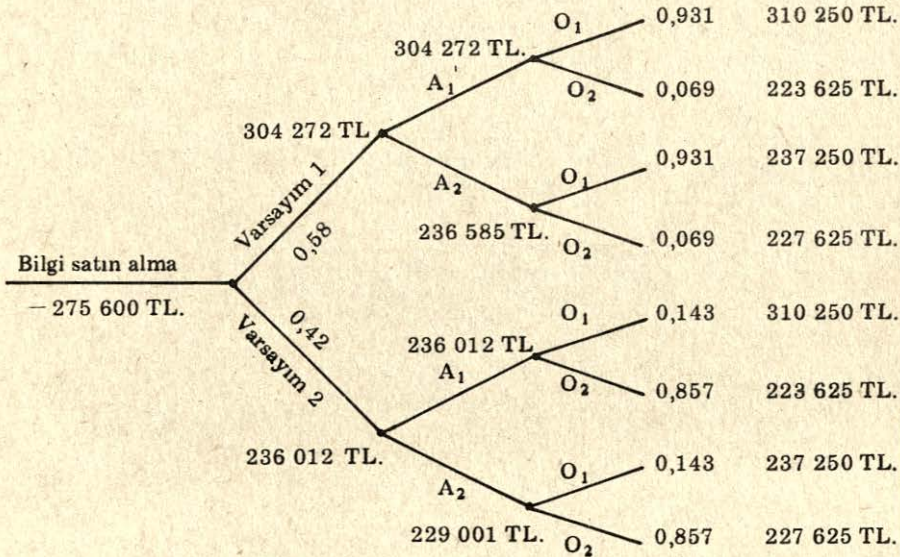
Bu matristeki verilerden yararlanarak sonuçların posterior (son) olasılıklarını hesaplamak mümkündür. Örneğin, varsayım 1 tahmin edildiğinde O_1 olayının gerçekleşme olasılığı (p) nedir? Yukarıdaki matristen varsayım 1'in 0,58 olasılıkla tahmin edildiğini ve (varsayım 1- O_1) olayının birleşik olasılığının 0,54 olduğunu bilmekteyiz. Bu durumda;

$$P(O_1 / \text{varsayım 1}) = \frac{0,54}{0,58} = 0,931$$

$$P(O_2 / \text{varsayım 1}) = \frac{0,04}{0,58} = 0,069$$

$$P(O_1 / \text{varsayım 2}) = \frac{0,06}{0,42} = 0,143$$

$$P(O_2 / \text{varsayım 2}) = \frac{0,36}{0,42} = 0,857$$



Şekil: 2

Ek bilgi durumunda en iyi kararın beklenen parasal değerini gösteren "karar ağacı diyagramı"

Ek bilgi sağlamak mümkün olduğunda, en iyi kararın beklenen parasal değerinin ne olacağını hesaplamak amacıyla bir karar ağacından yararlanabiliriz. Şekil 2'de çeşitli hareket biçimi sonuçlarının kombinasyonlarını ve bunların TL. olarak değerlerini görmekteyiz. Bu değerler daha önce kullandığımız aylık kâr matrisinden alınmıştır. Sonuçların beklenen parasal değerleri, posterior (son) olasılıkların getirilerle çarpılması ile elde edilmiş ve bu beklenen değerler Şekil 2'de gösterilmiştir. A_1 ve A_2 hareket biçimleri arasındaki tercih, 'beklenen parasal değer karar kuralı' nı maksimum kılan hareket biçimi olan A_1 'in seçilmesiyle yapılmıştır. Ek bilgi elde ederek verilecek en iyi kararın beklenen parasal değeri şöyle hesaplanabilir:

1) Varsayım 1'in gerçekleşmesi durumunda A_1 'in beklenen parasal değeri olan 304.272 TL. varsayım 1'in olasılığı olan 0,58 ile çarpılır.

2) Varsayım 2'nin gerçekleşmesi durumunda A_1 'in beklenen parasal değeri olan 236.012 TL. varsayım 2'nin olasılığı olan 0,42 ile çarpılır ve

3) Yukarıda elde edilen sonuçlar toplanır.

Ek bilgi elde etmemiz durumunda karar değeri olan 275.600 TL. ek bilgi elde etmeden verilen kararın beklenen parasal değerine eşittir. Varsayım 1 gerçekleştiğinde A_1 , varsayım 2 gerçekleştiğinde ise A_2 en iyi hareket biçimleri olduğundan yukarıdaki eşitlik ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak yönetimin elde ettiği ek bilgi, tercihini etkilememektedir. Bu durumda sağ duyu, ek bilginin değersiz olduğunu göstermektedir.

Özet olarak, istatistiksel bir karar modeli yardımıyla bu problemin karar değerinin, gerçekleşecek olayı 0,90 olasılıkla tahmin etmemize yarayacak ek bilgiye karşı duyarsız olduğunu söyleyebiliriz.