

## III. BÖLÜM

### SAĞLIK KURUMLARINDA YÖNETSEL KARAR VERME

#### III.1 Giriş

Sağlık kurumlar yöneticileri veri kullanarak kararlar almaktadırlar. Personelin işlerini nasıl organize edeceği, personeli nasıl yönlendireceği ve aynı zamanda sistem içinde süreçleri nasıl kontrol edeceği konusunda çözümler üretmektedirler. Sağlık kurumları yöneticileri astlarına karar verme ve kararları uygulama konusunda da yardımcı olmaktadır. Seçenekler arsından en iyi davranış biçiminin seçilmesi olarak tanımlanabilen karar verme, günümüzün karmaşık ve dinamik sağlık sektöründe oldukça stresli bir süreç haline gelmiştir. Nasıl karar verilmesi gerektiği ve yanlış kararlar alınmasına yol açan hatalardan nasıl kaçınılacağı konusunda bilgi sahibi olan sağlık kurumları yöneticileri, karar verme sürecinde daha az stres algılarlar.

#### III. 2 Karar Süreci

Yöneticilerin en çok yoğunlaştıkları süreç olan karar verme ve uygulama, yönetim işlevlerinin merkezinde yer alır. Karar verme sürecini kolaylaştırmak için sağlık kurumları yöneticileri, yönetim biliminin istatistiksel ve matematiksel araçlarını kullanmalıdır. Kararların uygulanmasında, önderlik ve güdüleme gibi davranışsal beceriler önemli rol oynar. Başarı için doğru kararın alınması kadar, alınan kararın doğru bir biçimde uygulanması da gerekmektedir. Her ne kadar karar alma süreci planlandığı gibi gelişme de iyi bir karar vermek için takipteki adımların izlenmesi gerekmektedir. Bu adımlar:

1. Problemin ve doğasının belirlenmesi,
2. Amaçları ve karar kriterlerinin belirlenmesi,
3. Seçeneklerin geliştirilmesi,
4. Seçeneklerin analiz edilmesi ve karşılaştırılması,
5. En iyi seçeneğin belirlenmesi,
6. Tercih edilen seçeneğin uygulanması,
7. Sonuçların kontrolü ve izlenmesi.

Karar alma sürecinin en önemli aşaması, problemin doğru biçimde tanımlanmasıdır. Doğru biçimde tanımlanamayan bir problem, çözüm sürecinin diğer aşamalarındaki faaliyetlerin hatalı olmasına sebep olacaktır. Genellikle yöneticiler problemin kökeninde konular yerine semptomlar (yani; görünen ve hissedilen sonuçları) üzerinde yoğunlaşmakta ve problemin gerçek nedenlerine ise yüzeysel yaklaşmaktadırlar. Bulunacak çözüm, semp-

tomları değil, problemin gerçek nedenlerini ortadan kaldırmalıdır.

Sağlık kurumları yöneticileri, çözümler geliştirirken Karar kriterlerini de belirlemelidir. Bu kriterlere örnek olarak maliyet, kar miktarı, yatırımın karlılığı, verimlilik artışı, risk, kurum imajı ve talep miktarı verilebilir.

Farklı çözüm seçenekleri geliştirildikçe, probleme en uygun çözümün bulunma olasılığı da artmaktadır. Bununla birlikte problemin çözümünde uygun sınırsız sayıda seçenek söz konusu olduğunda, yöneticiler en iyi seçeneği ihmal etme riskiyle karşı karşıya kalabilirler.

Bir kararın tüm olası sonuçlarını belirlemek ve anlamak oldukça zordur. Çünkü alınan bir karar, oldukça karmaşık ve karşılıklı ilişkiler içinde bulunan çok sayıda faktörü aynı anda etkileyebilmektedir. Gerçekçi çözüm seçeneklerinin geliştirilmesi, artlara olduğu kadar yöneticinin deneyimlerine de bağlıdır. Temel amaç, tüm seçenekler belirlenip değerlendirildikten sonra en uygun seçeneği kararlaştırmaktır.

Sağlık kurumları yöneticileri genellikle istatistiksel ve matematiksel tekniklerin uygulanmasını sağlayan bilgisayar programları aracılığıyla seçenekleri analiz edebilir ve karşılaştırabilir. Matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle ilgili bilgisayar programları yöneticilere karar verme süreçlerinde yardımcı olmaktadır. Ancak bu sayısal karar verme yöntemlerinin hiç biri, yönetim sanatının yerine geçemez. Bir matematiksel model, gerçek bir sürecin, sistemin veya alt sistemin soyutlanmış temsidir. Karar verici tarafından belirlenen amaçlara ve matematiksel modelde kullanılan karar kriterlerine dayalı olarak en iyi seçenek belirlenmelidir. Seçenekleri değerlendirirken yönetici şu sorulara cevap aramalıdır: Belirlenen zaman ve maliyet kısıtları içerisinde hangi seçenek benim amaçlarıma katkıda bulunmaktadır? Bu seçenek bir bütün olarak sağlık kurumuma yararlı olacak mıdır? Bu ve benzeri soruların cevapları, problemin dikkatli bir biçimde belirlenmesi kadar önemlidir.

İstenilen sonuçların elde edilip edilmediğini belirlemek için uygulamalar sürekli izlenmelidir. Eğer istenilen sonuçlar elde edilmemişse yönetici karar sürecini yeniden başlatmalıdır. Diğer bakımdan bu gözden geçirme sürecinde, uygulama aşamasında ve hesaplamalarda yapılan hatalarla belki de tüm süreci olumsuz yönde etkileyen hatalı varsayımlar belirlenebilir. Böylesi bir durumda hatlar, daha hızlı ve karar alma sürecinde tekrar başa dönmeye oranla daha az maliyetle giderilebilir.

Kararlar her zaman bilinçli ve mantıksal bir sıra dâhilinde alınmaz. Sağlık kurumları yöneticisi hataları görmekten kaçınır veya seçeneklerin geliştirilmesi ve

değerlendirilmesiyle ilgili konularda diğer yönetici ve astlarından gelen eleştirel geri bildirimleri dikkate almayabilir. Çözümün sağlık kurumunun yararına olması için karardan etkilenen herkesin yönetsel karar sürecine katılımı sağlanmalıdır.

### III. 3 Belirsizlik Altında Karar Verme

Belirsizlik altında karar verirken beş karar stratejisi kullanılabilir. Bu stratejiler şunlardır: Maksimin, maksimaks, pişmanlık modeli, Hurwitz ve Laplace kriteridir. Bu stratejiler takipte kısaca açıklanacaktır.

❖ **Maksimin:** Bu strateji her seçenek için en kötü sonucu belirlemekte ve daha sonra en kötü sonuçlar içerisinde en fazla getiriyi sağlayacak seçeneği kararlaştırmaya yaramaktadır. Bu strateji kötümserlik stratejisi olarak adlandırılmaktadır.

❖ **Maksimaks:** Bu strateji en fazla getiriyi sağlayacak alternatifin belirlenmesi için kullanılmaktadır. Bu stratejiye iyimserlik stratejisi de denilmektedir.

❖ **Pişmanlık Modeli:** Bu strateji en fazla pişmanlık doğuracak, yani en fazla fırsat maliyetine sebep olacak seçeneklerin belirlenmesini ve en az pişmanlık sağlayan seçeneğin kararlaştırılmasını sağlamaktadır.

❖ **Hurwitz:** Bu strateji kötümserlik (maksimin) ve iyimserlik (maksimaks) seçeneklerinin ağırlıklandırılması esasına dayanmaktadır. Böylece yöneticiler iyimserlik ve kötümserlik arasında farklı karar seçenekleri üretme olanağına kavuşmuş olurlar.

❖ **Laplace:** Bu strateji, karar alma süreçlerinde olasılık kavramının kullandığı çok sade ve basit bir yöntemdir. Belirsizlik ortamında şartların ortaya çıkma olasılıkları bilinmediğinde, her bir durumun ortaya çıkma olasılığını farklı kabul etmenin bir mantığı bulunmamaktadır (yetersiz delil gerekçesi ilkesi). Kısaca bu stratejide her bir durumun ortaya çıkma olasılığı eşit kabul edilir.

#### III.3.1 Ödeme (Getiri) Tablosu

Ödeme tablosu, farklı olası sonuçlar arasında en iyi seçeneğin belirlenmesi için sıklıkla kullanılan bir araçtır. Ödeme tablosu, farklı şartlarda her bir seçeneğin sağlaması beklenen getirileri göstermektedir. Ödeme tablosu oluşturulurken ilk önce her seçeneğin ( $A_i$ ), farklı şartlar ( $S_j$ ) altında sağlayacağı sonuçlar ( $O_{ij}$ ) dikkate alınarak oluşturulur. Sonuçlar kar, getiri veya maliyetler şeklinde olabilir.  $m$  tane seçenek ile  $n$  tane şart içeren ( $m \times n$ ) tipindeki bir ödeme tablosunun genel yapısı Tablo-3.1’de verildiği gibidir.

Ödeme tablosu gelir, kazanç ve kar sonuçları kullanıldığında aynı mantıkla karar verilir. Buna karşılık ödeme tablosunda maliyet bilgileri kullanıldığında tam tersi bir mantık izlenir. Bu ikinci duruma daha sonra yine dönülecektir.

Tablo-3.1: (mxn) Tipinde Ödeme Tablosu.

Şartlar→ Seçenekler↓	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	...	S <sub>n</sub>
A <sub>1</sub>	O <sub>11</sub>	O <sub>12</sub>	...	O <sub>1n</sub>
A <sub>2</sub>	O <sub>21</sub>	O <sub>22</sub>	...	O <sub>2n</sub>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A <sub>m</sub>	O <sub>m1</sub>	O <sub>m2</sub>	...	O <sub>mn</sub>

▪ **Örnek-3.1:** Bir görüntüleme merkezi, artan talebi karşılayamamaktadır. Yönetici; a) bir tane, b) iki tane yeni MR ünitesi satın almak veya c) bu hizmeti birim başına 30 TL komisyon olarak başka işletmelerden temin etmek seçeneklerini değerlendirerek, muhtemel sonuçların ne olabileceğini görmek istemektedir. Fizibilite analizleri gelecekte talep miktarının; 500, 750 ve 1000 çekim olabileceğini ortaya koymuştur. Finansal analizlerle de farklı talep durumlarına göre ortaya çıkabilecek kar ve zarar miktarları belirlenmiştir. Karar seçenekleri, talep düzeyleri ile olası kar ve zarar miktarları Tablo-3.2’de sunulmuştur. Not: Tablodaki değerler 1000 olarak kısaltılmıştır.

Tablo-3.2: Talep Miktar Ödeme Tablosu.

Durumlar→ Seçenekler↓	500 Çekim	750 Çekim	1000 Çekim
Yeni Bir MR	-15	200	300
Yeni İki MR	-150	100	725
Dışarıdan	15	22.5	40

Problemin çözümü için talep ile ilgili daha fazla bilgi olmadığından belirsizlik altında karar verme araçları kullanılmalıdır. Sağlık kurumları yöneticisi, iyimser veya kötümser olabileceği gibi bu iki uç arasında bir noktada da yer alabilir. Yöneticilerin iyimserlik, kötümserlik gibi davranış biçimlerine göre alacağı kararların farklılığını incelemeye çalışalım.

**Maksimin Durumu:** Varsayalım ki yönetici kötümser bakış açısını benimseyerek karar veren biri olsun. Bu durumda öncelikle her bir satırdaki (seçenekteki) en kötü (düşük) sonucu belirleyip ödeme tablosunun sonuna bir sütun oluşturarak yazar. Bu şekilde belirlenen tablo, Tablo-3.3’de verildiği gibi oluşur.

Tablo-3.3: Talep Miktarının Maksimin Çözüm Tablosu.

Durumlar→ Seçenekler↓	500 Çekim	750 Çekim	1000 Çekim	En Kötü Sonuçlar
Yeni Bir MR	-15	200	300	-15
Yeni İki MR	-150	100	725	-150
Dışarıdan	15	22.5	40	<b>15</b>

Yönetici bu yönetime göre MR hizmetini dışarıdan temin etme seçeneğini seçecektir. Çünkü bu hizmeti dışarıdan alarak en kötü olasılıkla 15 000 TL kar sağlayacaktır.

**Maksimaks Durumu:** Bu stratejiyi benimseyen yönetici iyimserdir. Seçeneklerin oluşturacağı en iyi sonuçlar üzerinde odaklaşarak en iyi sonucu veren seçeneği belirlemeye çalışır. Böylece yönetici ödeme tablosunun her bir satırını ayrı ayrı gözden geçirerek her satırdaki en yüksek değeri belirler ve o satırın sonuna en iyi sütuna kaydeder. Bu şekilde belirlenen tablo, Tablo-3.4’de verildiği gibi oluşur.

Tablo-3.4: Talep Miktarının Maksimin Çözüm Tablosu.

Durumlar→ Seçenekler↓	500 Çekim	750 Çekim	1000 Çekim	En İyi Sonuçlar
Yeni Bir MR	-15	200	300	300
Yeni İki MR	-150	100	725	<b>725</b>
Dışarıdan	15	22.5	40	40

Yönetici bu yönetime göre MR hizmetini, yeni iki MR ünitesi satın alma seçeneğini tercih edecektir. Çünkü iki adet MR ünitesi satın alarak 725 000 TL kar elde edecektir.

**Hurwitz Modeli:** Yöneticiler benzer durumlarla ilgili geçmiş deneyimlerinden dolayı, iyimserlik ve kötümserlik uçları arasında kararsız kalarak belirsizlik yaşayabilirler. Hurwitz modeli, iyimser ve kötümser sonuçların ağırlıklandırılması esasına dayanır. Ağırlık değeri  $\alpha$  olup tanım bölgesi ise  $[0-1]$  aralığıdır. Yönetici ilk önce iyimser sonuca bir ağırlık verir. Doğal olarak  $(1 - \alpha)$  ise kötümser sonucun ağırlığı olacaktır.  $\alpha = 1$  ise karar tümüyle iyimser ve  $\alpha = 0$  ise tümüyle kötümser olacaktır. Sıfırdan farklı olarak seçilen herhangi bir  $\alpha$  değeri, iyimserlik değeridir. Aynı zamanda kötümser sonuç için kullanılacak olan kötümserlik değerinin hesaplanmasını da  $(1 - \alpha)$  sağlar. Hurwitz kriteri aslında iyimser ve kötümser sonuçların ağırlıklı ortalamasıdır. Yönetici her seçeneğin bulunduğu satırdaki en iyimser ve kötümser sonuçları belirledikten sonra

$$H(A_i) = \alpha \times \text{Satırdaki En büyük Değer} + (1 - \alpha) \times \text{Satırdaki En Küçük Değer}$$

(3.1)

eşitliği yardımı ile her bir seçenek için Hurwitz değerini hesaplar. Örnek-3.1 verisinde  $\alpha = 0.5$  iken Hurwitz değerlerini hesaplayarak hangi seçeneğin tercih edileceğini belirlemeye çalışalım.

$H(\text{Bir MR Ünitesi}) = 0.5(300) + 0.5(-15) = 142.5$  olup 1000 ile genişletilirse 157500TL kar,  $H(\text{İki MR Ünitesi}) = 0.5(725) + 0.5(-150) = 287.5$  olup 1000 ile genişletilirse 287500 TL kar ve nihayet  $H(\text{İDışardan}) = 0.5(40) + 0.5(15) = 27.5$  olup 1000 ile genişletilirse 27500 TL kar sağlar. Bu sonuçlar ışığı altında yönetici en yüksek

değere sahip olan iki MR ünitesi satın alma seçeneğini tercih edecektir. Bu karar iyimser stratejiyle alınan kararın aynısıdır. Bu kararı duyarlılığını kontrol etmek için  $\alpha$  değerlerini değiştirerek yeniden hesaplamalar yapılabilir. Böylece  $\alpha$  değeri değiştiğinde sonuçların nasıl değişeceği belirlenebilir. İyimserlik değeri  $\alpha$ 'nın değişik değerleri için böylesi bir duyarlılık analiz tablosu, Tablo-3.5'te verildiği gibidir.

Tablo-3.5 Harwitz Kriterinin Duyarlılık Analiz Sonuçları.		
$\alpha$ Değeri	Harwitz Değeri (TL)	Karar Seçeneği
1.00	725000	İki MR ünitesi satın al
0.50	287500	İki MR ünitesi satın al
0.40	200000	İki MR ünitesi satın al
0.30	112500	İki MR ünitesi satın al
0.24	60600	Bir MR ünitesi satın al
0.20	48000	Bir MR ünitesi satın al
0.10	17500	Dışarıdan temin et
0.00	15000	Dışarıdan temin et

**Pişmanlık Modeli:** Belirsizlik altında karar vermede kullanılan bir diğer yöntem olan pişmanlık modeli, fırsat maliyetleri ilkesine dayanmaktadır. Pişmanlık, belli bir şart altında çıktığında bir seçenek kararlaştırıldığı zaman, ortaya çıkan fırsat (kazanç kaybıdır. Daha açık ifade etmek gerekirse pişmanlık, belirli şartlar altında en iyi muhtemel sonuç ile elde edilen seçeneğin gerçek sonuçları arasındaki fark olarak tanımlanabilir.

Bu yöntemi uygulamak için yönetici ilk önce pişmanlık tablosu olarak adlandırılan ve getiri tablosunu fırsat maliyetleri halinde dönüştüren tabloyu oluşturmalıdır. Pişmanlıkların hesaplanmasına durumlar (şartlar) sütunlarından başlanır ve böylece her bir sütun için  $Pişmanlık(R_{ij}) = j'inci\ Sütundaki\ En\ büyük\ Değer - ij'inci\ Kutudaki\ Değer$  (3.2) eşitliği kullanılarak pişmanlık tablosu tamamlanır. Böyle hesaplanan pişmanlıklar tablosuna en kötü durum sütunu ilave edilir ve seçeneklerin satırındaki en yüksek pişmanlık değerleri atanır. Bu pişmanlık değerlerinin en küçüğü, en iyi seçenek olarak belirlenmiş olur.

Tekrar Örnek-3.1 verisinde pişmanlık tablosunu ve değerlerini hesaplayarak hangi seçeneğin tercih edileceğini belirlemeye çalışalım. Bu sonuçlar Tablo-3.6'da verilmiştir.

Tablo-3.6: Fırsat Kayıpları (Pişmanlıklar) Tablosu.				
Durumlar→ Seçenekler↓	500 Çekim	750 Çekim	1000 Çekim	En Kötü Sonuçlar
Yeni Bir MR	30	0	425	425
Yeni İki MR	165	100	0	<b>165</b>
Dışarıdan	0	177.5	685	685

Pişmanlık kriteri gereğince yönetici, en küçük pişmanlık değeri olan 165000 TL seçeneğini tercih eder. Bu ise iki MR ünitesi satın alma seçeneğidir. Yani yönetici iki MR ünitesi satın almayı kararlaştırdığında en düşük seviyede pişmanlık duyacaktır.

❖ **Laplace Yöntemi:** Bu yöntem, karar alma süreçlerinde olasılık kavramının kullandığı çok sade ve basit bir yöntemdir. Belirsizlik ortamında şartların ortaya çıkma olasılıkları bilinmediğinde, her bir durumun ortaya çıkma olasılığını farklı kabul etmenin bir mantığı bulunmamaktadır (yetersiz delil gerekçesi ilkesi). Kısaca bu stratejide her bir durumun ortaya çıkma olasılığı eşit kabul edilir. Laplace yönteminde n tane farklı durumun (şartın) ortaya çıkma olasılığı eşit kabul edildiğinden Bir durumun ortaya çıkma olasılığı  $\frac{1}{n}$  e eşit olacaktır. Böylece n-durumlu sonuçların aritmetik ortalaması (ya da beklenen değeri) her seçeneğin Laplace ölçüt değeri olacaktır. Bu eşitlik,

$$E(A_i) = \sum_{j=1}^n p_j O_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n O_{ij} \quad (3.3)$$

ile verilir. Tekrar Örnek-3.1 verisine dönersek her bir seçeneğin beklenen değerleri ilave edilmiş Laplace yöntemi tablosunu oluşturarak hangi seçeneğin tercih edileceğini belirlemeye çalışalım. Bu sonuçlar Tablo-3.7’de verilmiştir. Öncelikle üç tip talep miktarı olduğundan her bir seçeneğin toplam değerlerinin ortalaması alınarak Tablo-3-7’nin son sütununa eklenmiştir.

Tablo-3.7: Laplace Stratejisi Çözüm Tablosu.

Durumlar→ Seçenekler↓	500 Çekim	750 Çekim	1000 Çekim	En Kötü Sonuçlar
Yeni Bir MR	-15	200	300	161.67
Yeni İki MR	-150	100	725	<b>225.00</b>
Dışarıdan	15	22.5	40	25.83

Böylece yönetici Laplace ölçütü gereğince en yüksek beklenen getiri 225000 TL’lik iki MR ünitesi seçeneğini tercih edecektir.

### III.4 Risk Altında Karar Verme

Risk, belirlilik ve belirsizlik uç noktaları arasında yer alır. Bu kısımda ele alınan senaryolar bir sonucun ortaya çıkma olasılığının tahmin edilebileceği düşüncesine dayanmaktadır. Sağlık kurumları yöneticileri her zaman risk durumlarıyla karşı karşıyadır. Sağlık kurumları yöneticileri geçmişte yaşanan benzer durumlarla ilgili veriler toplayarak objektif olasılık tahminleri yapabildiği gibi sübjektif tahminler de yapabilirler. Objektif olasılıklar, teorik olasılık dağılımlardan veya deneylerle elde edilebilir. Teorik olasılıklar hesaplanırken olasılık teorilerden yararlanır. Teorik tahminlerin bilimsel bir temeli bulunmalıdır. Örneğin, bir altı yüzlü oyun zarının bir kez atılması deneyinde herhangi bir

noktalı yüzün üste gelme olasılığı 1/6'ya eşittir. Bu deney istenildiği kadar tekrar edildiğinde her hangi bir noktalı yüzün oluşması olasılığı 1/6'ya yaklaşır. Aynı şekilde bir madeni para atma deneyinde de herhangi bir yüzün gelme olasılığı 1/2'dir. Bu tür dağılımlara eşit olasılıklı kesikli dağılımlar adı verilir. Bilinen teorik dağılımlar sağlık kurumları yöneticilerine, belirli şartların ortaya çıkma olasılığını hesaplamak için kullanacakları objektif olasılıklar hakkında bilgi sağlar. Objektif olasılıkları belirlemek için izlenecek bir diğer yol kontrollü deneyler yapmaktır. Kontrollü deneylerle gözlemsel dağılımlar elde edilir. Bu gözlemsel dağılımlar istatistiksel uyum iyiliği testleriyle bilinen teorik olasılık dağılımlarından birine benzetilmeye çalışılır.

Gerçek yaşamda özellikle stratejik nitelikli problemler kısa süre içinde ve objektif olasılık tahminlerine uyacak şekilde ortaya çıkmazlar. Önceden de vurgulandığı gibi belirli kararlar için yönetici objektif olasılıklar hakkında bilgi toplamak için yeterli zaman, yetenek ve kaynaklara sahip olmayabilir. Bu durumda sınırlı rasyonellik ile karşı karşıya kalınır. Güvenilir ve objektif olasılıklar bilinmediğinde subjektif olasılıklar dikkate alınmalıdır. Laplace stratejisi subjektif olasılıkların kullanılmasına örnek olarak verilebilir. Laplace stratejisine göre olayların ortaya çıkma olasılıklarını kullanmamak yerine olasılıkları eşit kabul ederek kararlar almanın daha iyi sonuç verebileceği söylenebilir. Çok fazla bilgi ve zaman varsa yönetici olasılık bilgilerini subjektif olarak değiştirebilir. Kuşkusuz gerçek deneye dayalı objektif değerlendirmeler daha uzun zaman alır. Öyle ya da böyle olsun; yöneticiler, sezgilerini kullanarak şartların ortaya çıkma olasılıklarına göre beklenen durumları önem sırasına koyabilirler.

İster objektif ve isterse de subjektif biçimde geliştirilsin, yöneticiler belirlenen olasılıkları kullanarak risk altında karar verebilirler. Beklenen değer yöntemi ve karar ağacı yöntemi şartların planlı bir biçimde değerlendirilmesinde kullanılan başlıca yöntemlerdir.

#### III.4.1 Beklenen Değer Yöntemi

Sonuçlar parasal biçimde ifade edildiğinde beklenen değer yöntemi kullanılabilir. Bu yöntem beklenen parasal değer yöntemi olarak da adlandırılır. Yöneticiler şartların olasılık dağılımlarını değerlendirip belirledikten sonra beklenen parasal değeri (EMV),

$$EMV(A_i) = \sum_{j=1}^n p_j O_{ij} \quad (3.3)$$

eşitliği yardımı ile hesaplayabilir. Beklenen değer yönteminde orijinal tablo değerleri kullanılır.

Eğer sonuçlar, pişmanlıklar (fırsat kayıpları) şeklinde gösterilmişse bu durumda beklenen fırsat kayıpları da hesaplanabilir. Örnek-3.1'deki MR örneğine tekrar dönersek



yöneticinin şartlara uygun olasılık değerlerini de öncelik kriterine göre sırası ile 750 çekim için 0.6; 500 ve 1000 çekim içinde aynı ve eşit olasılıklı 0.2 olarak belirlemiş olduğunu düşünelim. Bir yeni MR ünitesi alma seçeneğinin beklenen (pişmanlık) değeri,  $EMV(A_1) = 0.2(-15) + 0.6(200) + 0.2(300) = 177$  olup snuç 1000 ile genişletilirse 177000TL olarak bulunur. İki yeni MR ünitesi için ise aynı değer,  $EMV(A_2) = 0.2(-150) + 0.6(100) + 0.2(725) = 175$  olup snuç 1000 ile genişletilirse 175000TL olur. Nihayet Dışarıdan temin için ise  $EMV(A_3) = 0.2(15) + 0.6(22.5) + 0.2(40) = 24.5$  olup snuç 1000 ile genişletilirse 24500TL olur. Sonuçlar tablosu, Tablo-3.8’de verilmiştir.

Tablo-3.8: Beklenen Değer Yöntemi İçin Ödeme Tablosu (1000TL).

Olasılıklar	0.2	0.6	0.2	Beklenen Değerler
Durumlar→ Seçenekler↓	500 Çekim	750 Çekim	1000 Çekim	
Yeni Bir MR	-15	200	300	<b>177</b>
Yeni İki MR	-150	100	725	175
Dışarıdan	15	22.5	40	24.5

Bu sonuçlar ışığı altında yönetici en yüksek değeri değerlendireceğinden birinci seçenek olan yeni bir MR ünitesi alma seçeneğini tercih edecektir. Her ne kadar böyle olsa da yönetici iki yeni MR ünitesi alma seçeneğinin beklenen değeri tercih edilen değere çok yakın olduğundan duyarlılık analizi ve diğer faktörleri de göz önüne alarak nihai kararı vermesi yararına olabilir.

#### III.4.2 Beklenen Fırsat Kayıpları Yöntemi

Pişmanlıkları yansıtan fırsat kayıpları da olasılıklar şeklinde belirtilebilir. Bu şekilde sağlık kurumları yöneticiler seçeneklerin ortaya çıkabileceğini beklenen fırsat kayıplarını EOL) belirleyerek bu kayıpları en aza indirgeyecek kararlar alabilir. Beklenen fırsat kayıpları,

$$EOL(A_i) = \sum_{j=1}^n p_j R_{ij} \quad (3.4)$$

eşitliği yardımı ile hesaplanır. Bu hesaplamada pişmanlık modelindeki veri tablosu kullanılır.

Tekrar klasik örneğimize dönersek; şartlar için beklenen değer yönteminde kullanılan olasılık değerleri yardımı ile her bir durum (seçenek) için beklenen fırsat kayıplarını (3.4) eşitliği ile hesaplayalım. Bir yeni MR ünitesi alma seçeneğinin beklenen fırsat kaybı değeri,  $EOL(A_1) = 0.2(30) + 0.6(0) + 0.2(425) = 91$  olup snuç 1000 ile genişletilirse 91000TL olarak bulunur. İki yeni MR ünitesi için ise aynı değer,  $EOL(A_2) = 0.2(165) + 0.6(100) + 0.2(0) = 93$  olup snuç 1000 ile genişletilirse 93000TL olur. Nihayet Dışarıdan

temin için ise  $EOL(A_3) = 0.2(0) + 0.6(177.5) + 0.2(685) = 243.5$  olup snuç 1000 ile genişletilirse 243500TL olur. Sonuçlar tablosu, Tablo-3.9’de verilmiştir.

Tablo-3.9: Beklenen Fırsat Kayıpları (Beklenen Pişmanlıklar) Tablosu (1000 TL).

Olasılıklar	0.2	0.6	0.2	Beklenen Fırsat kayıpları
Durumlar→ Seçenekler↓	500 Çekim	750 Çekim	1000 Çekim	
Yeni Bir MR	30	0	425	<b>91</b>
Yeni İki MR	165	100	0	93
Dışarıdan	0	177.5	685	243.5

Bu sonuçlar ışığı altında yönetici en düşük fırsat kaybı seçeneğini değerlendireceğinden birinci seçenek olan yeni bir MR ünitesi alma seçeneğini tercih edecektir. Gerek EMV ve gerekse EOL kullanılsın yöneticinin kararı daima aynı olur. Her iki sonuç da aynı tercihi seçmede kullanılabilir.

### III.4.3 En İyi Bilginin Beklenen Değeri Yöntemi (EVPI)

Basit anlamda en iyi bilginin beklenen değeri belirlilik altında karar verme ve belirsizlik altında karar verme durumlarında ortaya çıkan sonuçlar arasındaki fark olarak düşünülebilir. Bunu bir eşitlik olarak ifade etmek gerekirse

$$EVPI = EVUC - EVM \quad (3.5)$$

ile verilir. Bu eşitlikte EVUC iyi bilinen olasılıklar kullanarak belirlilik altında beklenen değeri göstermekte olup bu nicelik

$$EVUC = \sum_{j=1}^n p_j \text{En iyi } O_{ij} \text{ belirli } S_j \quad (3.6)$$

eşitliği ile hesaplanır. Klasik örneğimize tekrar dönersek; belirlilik altında en iyi sonucu hesaplayalım. Bunun için ilk tablomuzu hatırlayalım.

Tablo-3.10: Belirlilik Altında En İyi Sonuçlar.(Bin TL)

Olasılıklar	0.2	0.6	0.2
Durumlar→ Seçenekler↓	500 Çekim	750 Çekim	1000 Çekim
Yeni Bir MR	-15	<b>200</b>	300
Yeni İki MR	-150	100	<b>725</b>
Dışarıdan	<b>15</b>	22.5	40

Önce her sütunun en yüksek değerleri belirlenir. Bu değerler tabloda koyu olarak gösterilmiştir. Yani bu değerler sırası ile 15, 200 ve 725 bin TL’dir. Eşitlik (3.6) yardımıyla  $EVUC = 0.2(15) + 0.6(200) + 0.2(725) = 168$  olup bin ile genişletilirse 168000 TL’dir. Yine eşitlik (3.5) yardımıyla en iyi bilginin beklenen değeri ise  $EVPI = EVUC - EVM = 268000 - 177000 = 91000$  TL olacaktır. Hesaplanan bu değer beklenen fırsat kayıplarındaki en düşük değere eşit olduğu açıktır. O halde EVPI değerinin EOL değerinin

en küçüğüne eşit olduğu söylenir. Yani;  $EVPI=Enk(EOL)$ 'dir. Sonuç olarak EVPI eşitliği, seçenekler açısından tüm şartların ortaya çıkma olasılıklarının eşit olduğu durumlarda kullanılmalıdır.

#### III.4.4 Getiri Tablosunda Maliyetler Kullanılırsa Ne Yapılmalı?

Getiri tablosunda maliyet verileri kullanılsa bile minimaks ve pişmanlık ölçütleri gibi ölçütler aynı mantıkla çalışır. Tek fark pişmanlık tablosunun maliyetler kullanılarak oluşturulmasıdır. Getiri tablosunun hücrelerinde maliyet verisi kullanıldığında pişmanlık yönteminin nasıl çalıştığını göstermek için Tablo-3.11'de verilen bilgileri ele alalım.

Tablo-3.11: Farklı Talep Durumlarına Göre Seçeneklerin Toplam Maliyetleri (Bin TL).

Durumlar→ Seçenekler↓	500 Çekim	750 Çekim	1000 Çekim
Yeni Bir MR	2050	2075	2100
Yeni İki MR	4050	4075	4100
Dışarıdan	5	10	15

Bu sonuçlara göre kötümserlik bakış açısını benimseyen yönetici minimaks ölçütünü kullanarak dışarıdan temin etme seçeneğini tercih edecektir. Her seçeneğin en yüksek maliyetli olanları sırasıyla 2100, 4100 ve 15 çarpı bin TL'dir. Bu en yüksek maliyetler içerisinde en düşük olanı ise 15000 TL maliyetli olan dışarıdan temin etme seçeneğidir. Diğer taraftan ise iyimser olan yönetici de en küçük maliyet ölçütünü kullanacaktır. Her satırın (seçeneğin) en küçük maliyetli olanları sırasıyla 2050, 4050 ve 5 çarpı bin TL'dir. Bu durumda da verilecek karar dışarıdan temin etme olacaktır. Yönetici ne kadar risk almaya istekli biri olsa bile kararı değişmeyecektir. Çünkü bu seçeneğin maliyeti, diğer seçeneklerin maliyetlerinden oldukça düşüktür.

Minimaks yöntemi kullanıldığında fırsat kayıpları, aslında azaltılabilir maliyet miktarı anlamına gelmektedir. Bu nedenle ilk önce azaltılabilir maliyetler tablosu düzenlenir. Tablo düzenlenirken her sutundaki en küçük maliyet belirlenerek bu maliyet aynı sutundaki diğer maliyetlerden çıkarılır. Tablo-3.11'de verier problem için pişmanlık tablosu, Tablo-3.12'de verildiği gibi olur.

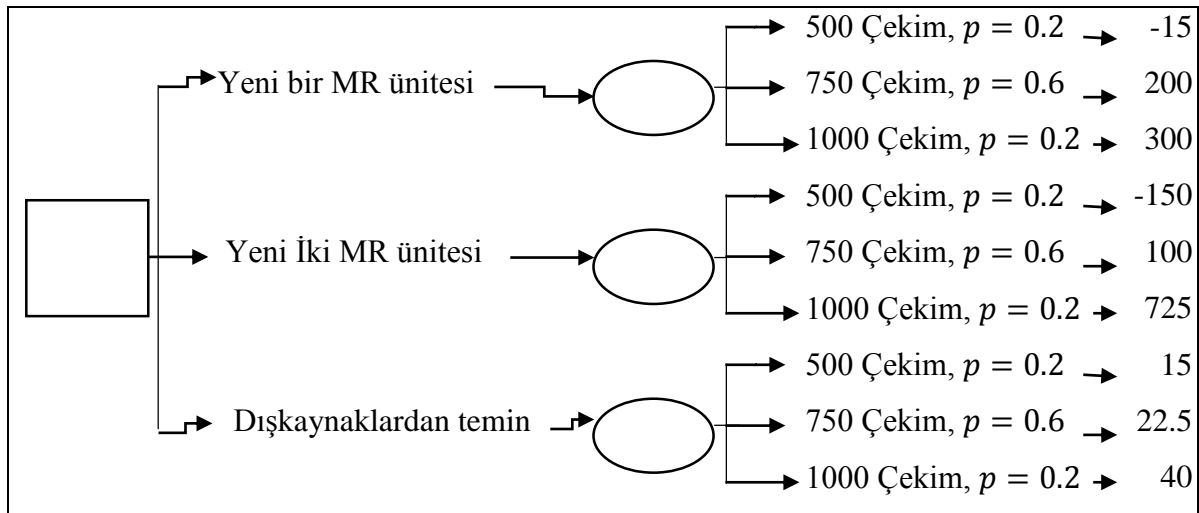
Tablo-3.12: Maliyetlerin Kullanıldığı Pişmanlık Tablosu (Bin TL).

Durumlar→ Seçenekler↓	500 Çekim	750 Çekim	1000 Çekim
Yeni Bir MR	2045	2065	2085
Yeni İki MR	4045	4065	4085
Dışarıdan	0	0	0

Tablo-3.12 satır satır incelendiğinde seçeneklerin (satırların) en yüksek pişmanlık değerleri sırasıyla; 2085; 4085 ve 0 çarpı bin TL olacaktır. Bu durumda en düşük pişmanlık değerine sahip alan dış kaynaklardan temin etmek seçeneği kararlaştırılacaktır.

### III.4.5 Karar Ağacı Yaklaşımı

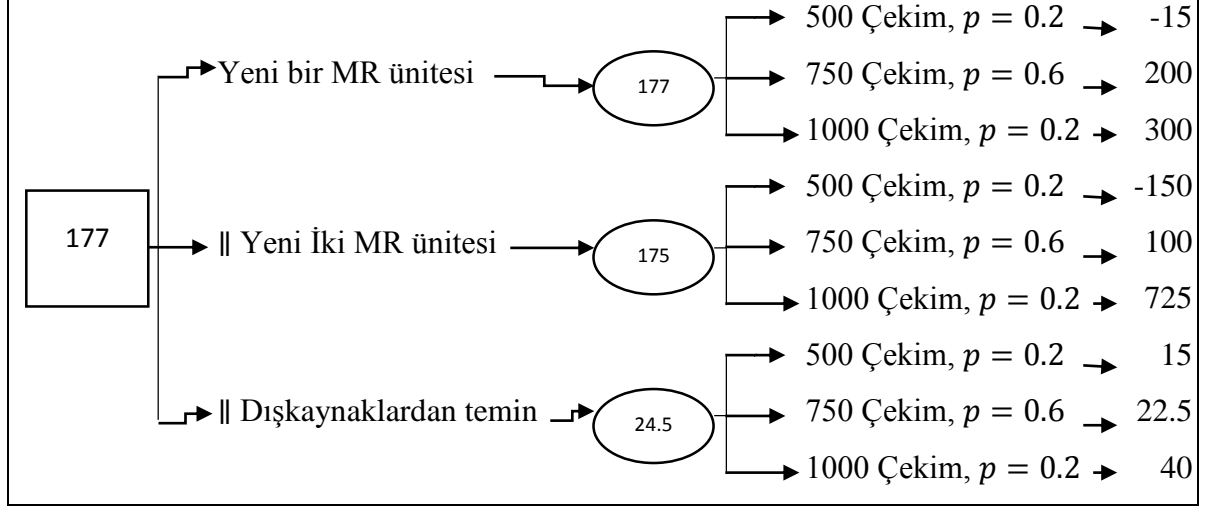
Karar ağacı yaklaşımı, problemlerin görsel olarak temsil edilmesinde ve çözülmesinde kullanılan bir diğer yaklaşımdır. Karar ağacı soldan sağa doğru oluşturulur. Karar ağacında kare ve daire şeklindeki düğmelerle bu düğmeleri birleştiren doğular kullanılır. Kare şeklindeki ilk düğme başlangıç noktasıdır. Bu noktaya bağlanan dallar ise karar seçeneklerini göstermekte olup her dalın sonunda daire şeklinde bir düğüm bulunur. Daire şeklindeki düğüm noktası, ortaya çıkması olası şartları temsil eder. Bu düğümlere şans düğümü de denir. Bu şans düğümlerinden çıkan filiz dallar ise şartların ortaya çıkma olasılıklarını belirtmektedir. Her seçenekle ilgili karar şartlarının olasılıkları toplamı bire eşit olmalıdır. Şekil-3.1’de Tablo-3.8’de yer alan getiri tablosunun karar ağacı gösterilmiştir.



Şekil-3.1 Karar Ağacı Modeli (1000 TL).

**Karar Ağacının Değerlendirilmesi:** Karar Ağacı şeklinde verilen bir problemi analiz etmek için soldan başlayarak her şans düğümü için beklenen değerler hesaplanır. Hesaplamalarsa (3.3) eşitliğinden yararlanılır. Her bir seçenek için hesaplanan beklenen değerler şans düğümünün içerisine yazılır. Örneğin yeni bir MR ünitesi için bu değer,  $EMV(A_1) = 0.2(-15) + 0.6(200) + 0.2(300) = 177$  olup snuç 1000 ile genişletilirse 177000TL’dir. Diğer şans düğümlerinde ise bu değerler sırasıyla, 175000TL ve 24500TL’dir. Bundar arasında en yüksek beklenen parasal değeri sağlayan seçenek olan yeni bir MR ünitesi satın al seçeneği kararlaştırılır. Karar ağacının diğer dalları artık dikkate alınmayacağından dalların üstlerine paralel iki çizgi “||” konulur. Böylece bu iki dal karar

ağacından budanmış olur. Son olarak beklenen değer olan 177000 TL kare içerisine yazılır. Şekil-3.2’de karar ağacı ve geriye sarma yönteminin sonuçları verilmiştir.



Şekil-3.2’de karar ağacı ve geriye sarma yönteminin sonuçları (1000 TL)

### III.5 Çalışma Soruları

♦ **Çalışma Sorusu-3.1:** XYZ Yaşam Hastanesi, birinci basamak bir sağlık kuruluşu açmak için beş bölge arasında tercih yapacaktır. Bölgeler birbirinden oldukça farklıdır. Bölge seçim kararları piyasa şartlarından ve hekimlerin kişisel tercihlerinden büyük ölçüde etkilenmektedir. Tablo-ÇS3.1’de her bir kuruluş yeri için talep düzeylerine göre muhtemel kar miktarları verilmiştir.

Tablo-ÇS3.1: XYZ Yaşam Hastanesi Kuruluş yeri Talep Düzeyleri Kar miktarı

Bölgeler	Talep Düzeyleri Kar miktarı (Bin TL)		
	Yüksek	Orta	Düşük
<b>A</b>	350	150	250
<b>B</b>	590	350	500
<b>C</b>	600	225	250
<b>D</b>	550	400	250
<b>E</b>	475	325	200

a) Kuruluş yeri değerlendirme ekibi içinde kötümser üyeler vardır ve bu kişilerin hangi bölgeyi tercih edeceğini belirleyiniz.

b) Ekip içerisinde iyimser üyeler de yer almaktadır. Bu kişilerin hangi bölgeyi tercih edeceğini belirleyiniz.

c) Bölge seçimi için Laplace yöntemine göre uygun bölge hangi bölgedir.

d)  $\alpha = 0.4$  için Hurwitz değeri için tercih hangi bölge olacaktır.

♦ **Çalışma Sorusu-3.2:** XYZ Yaşam Hastanesi, bir çözümlemeci ile anlaşma yapmıştır. Bu çözümlemeci belirlenen her bir bölge için olası talep düzeylerini belirlemiş ve Tablo-ÇS3.2’de verilen sonuçlara (olasılıklara) ulaşmıştır.

Tablo-ÇS3.2: XYZ Yaşam Hastanesi Kuruluş Yeri İçin Talep Düzeyi Olasılıkları			
Bölgeler	Belirlenen Talep Düzeyi Olasılıkları		
	Yüksek	Orta	Düşük
A	0.10	0.55	0.35
B	0.20	0.50	0.30
C	0.10	0.60	0.30
D	0.15	0.40	0.45
E	0.30	0.40	0.30

Tablo-ÇS3.1’de verilen verileri ve yine Tablo-ÇS3.2’deki olasılıklar yardımı ile kuruluş yerleri tercihi için beklenen parasal değeri (EMV) hesaplayarak en uygun bölgeyi belirleyiniz.

♦ **Çalışma Sorusu-3.3:** Çok sayıda hastanelerin oluşturduğu bir hastane zincirinin CEO’su, faaliyetlerini Türkiye genelinde farklı şehirlere genişletmek istemektedir. Yeni binaların kurulabilmesi için ruhsat alınması bir kaç yıl alacaktır. Yeni bir bina inşaa etmenin olası maliyeti mali duruma, iş gücüne, ekonomik ve politik ortama bağlı olarak şehirlere göre farklılık göstermektedir. Bağımsız bir danışmanlık firması, daralan, durağan ve genişleyen ekonomilere bağlı olarak yeni binaların inşaaası için gereken maliyetleri belirlemiş ve bu maliyetlere ilişkin olasılıkları Tablo-ÇS3.3’de verildiği gibi belirlenmiştir.

Tablo-ÇS3.3: XYZ Hastanesi Kuruluş Yeri İçin Maliyetler (milyon TL) ve Olasılıklar.			
Şehirler	Pazar Durumu ve Olasılık		
	Daralan 0.25	Durağan 0.40	Gelişen 0.35
İstanbul	22	19	15
Ankara	19	19	18
İzmir	19	17	15
Antalya	23	17	14
Samsun	25	21	13

a) CEO yüksek lisans eğitiminden karar destek sistemleri derslerini hatırlamakta ve karar süreci için bu bilgileri kullanmaya karar vermiştir. Bu noktada ilk adım karar ağacının çizilmesi ve her bir olay düğümü için beklenen parasal değer hesaplanmasıdır. Daha sonra yeni kurulacak hastane için en uygun şehir seçilmiş olacaktır.

b) Ancak eldeki sınırlı veri nedeniyle bunu yapmak kolay değildir. Bu nedenle CEO ekonomik şartlarla ilişkili daha fazla bilgi toplamak ve bu amaçla bütçeden daha fazla pay ayırmak istemektedir. CEO, elde edilecek ek bilgiler için firmanın ne kadar maliyete katlanabileceğini hesaplamada kullanılabilecek bir yöntem olduğunu hatırlamaktadır.

♦ **Çalışma Sorusu-3.4:** Bir sağlık kurumu yöneticisi binanın bir bölümünde meydana gelen bozulmalar nedeniyle endişelidir. Yöneticinin yardımcılığını yapan analizcinin bu endişeyi giderecek dört çözüm önerisi vardır. Bunlar: Yeni bir bina (A), büyük ölçülü yapısal restorasyon (B), orta ölçülü yapısal restorasyon (C) ve küçük ölçülü yapısal restorasyon (D) şeklindedir. Takip eden altı ay içerisinde üç olası hava şartının bina yapım/onarım maliyetleri etkileyeceği düşünülmektedir. Hava şartlarının iyi olma olasılığı 0.40, yağmurlu veya orta derecede iyi olma olasılığı 0.35 ve kötü olma olasılığı 0.25'tir.

Hava şartlarının iyi olması durumunda yeni bir bina maliyeti (A) 215000 TL, büyük ölçülü yapısal restorasyon maliyeti (B) 120000 TL, orta ölçülü yapısal restorasyon maliyeti (C) 90000 TL ve küçük ölçülü yapısal restorasyon maliyeti (D) 56000 TL olacaktır. Hava şartlarının orta derecede iyi olması durumunda yeni bir bina maliyeti (A) 255000 TL, büyük ölçülü yapısal restorasyon maliyeti (B) 145000 TL, orta ölçülü yapısal restorasyon maliyeti (C) 98000 TL ve küçük ölçülü yapısal restorasyon maliyeti (D) 75000 TL olacaktır. Hava şartlarının kötü olması durumunda yeni bir bina maliyeti (A) 316000 TL, büyük ölçülü yapısal restorasyon maliyeti (B) 214000 TL, orta ölçülü yapısal restorasyon maliyeti (C) 123000 TL ve küçük ölçülü yapısal restorasyon maliyeti (D) 119000 TL olacaktır.

- Problem için ödeme tablosunu oluşturunuz.
- Problem için her bir olay düğümü maliyet sonuçlarını, olasılıklarını ve beklenen parasal değeri (EMV) gösteren bir karar ağacı çiziniz.
- Beklenen parasal değer modeli kullanarak (geri sarma işlemi) hangi durum seçilmelidir.
- En iyi bilginin beklenen değerini hesaplayınız ve sonucu yorumlayınız.

♦ **Çalışma Sorusu-3.5:** Bir sağlık kurumunun tedarik zinciri yöneticisi sektörde var olan üç büyük kargo firmadan biriyle anlaşma imzalamayı düşünmektedir. Burada alınacak karar maliyet en küçüklenmesine ve üzerinde analısmaya varılan indirim düzeyine (yüksek, orta, düşük) göre her bir anlaşmanın oluşan maliyetine bağlıdır. Olasılıkları ve maliyetleri gösteren veri tablosu Tablo-ÇS3.5'te verilmiştir.

Tablo-ÇS3.5: Çalışma Sorusu-3.5 İçin Maliyetler (milyon TL) ve İndirim Oranları.

Şehirler	Maliyetler (milyon TL) ve İndirim Oranları		
	Yüksek	Orta	Düşük
A	68	70	78
	0.20	0.60	0.20
B	69	71	78
	0.30	0.50	0.20
C	71	73	80
	0.40	0.55	0.05

a) Tedarik zinciri yöneticisinin iyimser olduğu varsayımı altında hangi kargo şirketi seçilmelidir.

b) Çözüm için fırsat kaybı (önlenebilir maliyet) ne olabilecektir. (İpucu: pişmanlık)

c) Beklenen parasal değer (EMV) kullanıldığında karar ne olur.

♦ **Çalışma Sorusu-3.6:** Çalışma Sorusu-3.5 için karar ağacı çizin ve problemi çözmek için geriye sarma işlemini kullanarak hangi kargo şirketinin tercih edileceğini belirleyiniz.

♦ **Çalışma Sorusu-3.7:** Bir hastane üç yeni hizmet birimi ile ilgilenmektedir. Tablo-ÇS3.7’de yer alan getiri tablosunda üç yeni ürün ünitesi için beklenen talep düzeyleri (durumları) ve gelirler (milyon TL) olarak verilmiştir. Sağlık kurumunun yakın gelecekte bu ürün ünitelerinden yalnızca birini sağlamaya gücü bulunmaktadır.

Tablo-ÇS3.7: Çalışma Sorusu-3.7 İçin Veriler (Milyon TL).		
Ürünler	Talep Düzeyi	
	Orta	Yüksek
<b>Gamma Knife Cihazı</b>	10	40
<b>Da Vinci Kalp Ameliyat Robotu</b>	24	36
<b>Prostat İmplantasyon Cihazı</b>	20	35

a) Yeni ürün için karamsar ölçüt kararı nedir.

b) Yeni ürün için iyimser ölçüt kararı nedir.

c) Yeni ürün için Laplace ölçüt kararı nedir.

d) Bu problem için minimaks pişmanlık çözümü nedir.

e)  $\alpha = 0.6$  için Hurwitz değeri için çözüm kararı hangi üründür.

♦ **Çalışma Sorusu-3.8:** Çalışma Sorusu-3.7’de verilen verilere ilişkin olasılıklar tablosu Tablo-ÇS3.8’de verildiği gibi elde edilmiş olsun.

Tablo-ÇS3.8: Çalışma Sorusu-3.8 İçin Olasılıklar.		
Ürünler	Talep Düzeyi	
	Orta	Yüksek
<b>Gamma Knife Cihazı</b>	0.65	0.35
<b>Da Vinci Kalp Ameliyat Robotu</b>	0.60	0.40
<b>Prostat İmplantasyon Cihazı</b>	0.85	0.15

a) Ürün dizisi kararı için bir karar ağacı oluşturunuz.

b) Geriye sarma işlemi ve beklenen parasal değer kullanılırsa çözüm kararı ürünü ve maliyetini belirleyiniz.

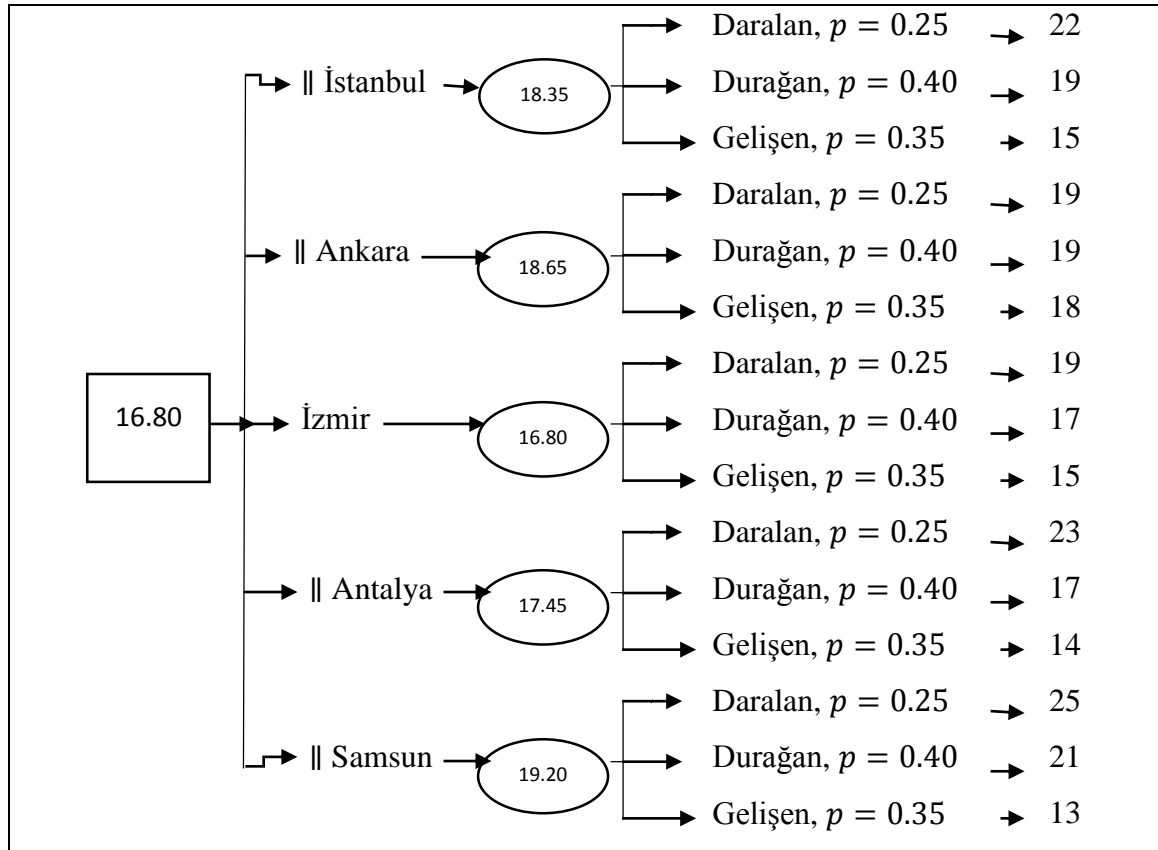


### III.6 Çalışma Soruları Çözümleri

♦ **Çözüm-ÇS3.1:** a) Kötümser ölçütü bölgesi B olup kar miktarı 350000TL'dir. b) İyimser ölçütü bölgesi C olup kar miktarı 600000TL'dir. c) Laplace ölçütü bölgesi B olup kar miktarı 480000TL'dir. d) Maksimaks regret (sütun en büyüklerini alıp bunlar içerisinde en küçük olanı seçme ölçütü) bölgesi D olup kar miktarı 480000TL'dir ve e)  $\alpha = 0.4$  için Hurwitz ölçütü bölgesi B olup kar miktarı 446000TL'dir.

♦ **Çözüm-ÇS3.2:** EMV ölçütüne göre uygun bölge B olup kar miktarı 443000TL'dir.

♦ **Çözüm-ÇS3.3:** a) Verilen problem için karar ağacı çözümü aşağıda verildiği gibidir.



Şekil-ÇS3.3: Problemin Karar Ağacı ve Geriye Sarma Sonuçları (milyon TL).

Karar ağacına göre İzmir tercih edilmelidir. Çünkü en düşük maliyet İzmir'e kurulacak hastane masrafı olacaktır. Toplam maliyet ise  $16.8 \times 1000000 = 16800000$  TL'dir. b) Problemin pişmanlık ölçütüne göre çözümünü bulabilmek için önce pişmanlık tablosu oluşturmalıyız. Pişmanlık tablosu Tablo-ÇS3.3'de verildiği gibi oluşur.

Tablo-ÇS3.3: Çalışma Sorusu-3.3 İçin Pişmanlıklar Tablosu (milyon TL).

Şehir	Daralan	Durağan	Gelişen	Enb. Pişmanlık Değeri
İst.	3	2	2	3
Ank.	0	2	5	5
İzm.	0	0	2	2 (*)
Ant.	4	0	1	4
Sms.	6	4	0	6

Tablo-ÇS3.3 sonuçlarına göre en düşük pişmanlık değerine sahip olan İzmir seçeneği tercih edilecektir.

♦ **Çözüm-ÇS3.4:** a) Problem için ödeme Tablosu, Tablo-ÇS3.4(1)'de verildiği gibi olur.

Tablo-ÇS3.4(1): Çalışma Sorusu-3.4 İçin Ödeme Tablosu (binTL).

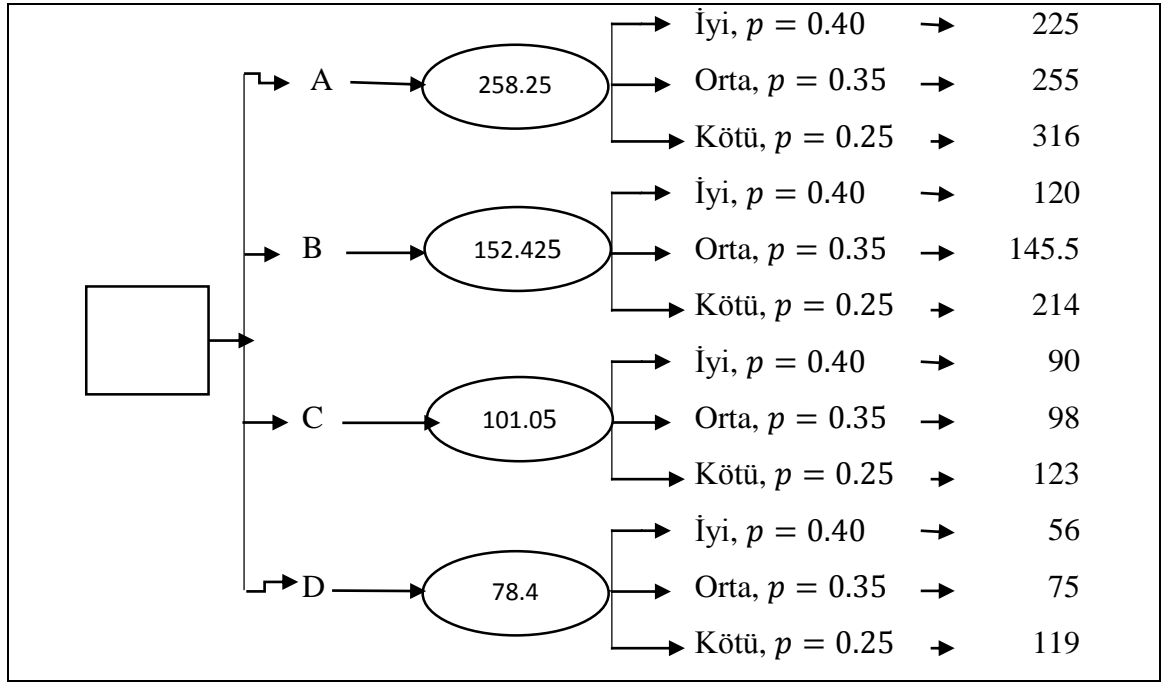
Seçenekler	Şartlar (Hava Durumu)		
	İyi (0.40)	Orta (0.35)	Kötü (0.25)
Yeni Bir Bina (A)	225	255	316
Büyük Ölçüde Yapısal Restorasyon (B)	120	145.5	214
Orta Ölçüde Yapısal Restorasyon (C)	90	98	123
Küçük Ölçüde Yapısal Restorasyon (D)	56	75	119

b)Önce her bir seçenek için beklenen değerleri hesaplayalım.  $EMV(A)=0.4 \times 225 + 0.35 \times 255 + 0.25 \times 316 = 258.25$ ;  $EMV(B) = 152.425$ ;  $EMV(C) = 101.05$  ve  $EMV(D) = 78.4$  çarpı bin TL olarak hesaplanır. Bu sonuçlar doğrultusunda Beklenen değer için ödeme tablosu Tanlo-ÇS3.4(2)'de verildiği gibi oluşur.

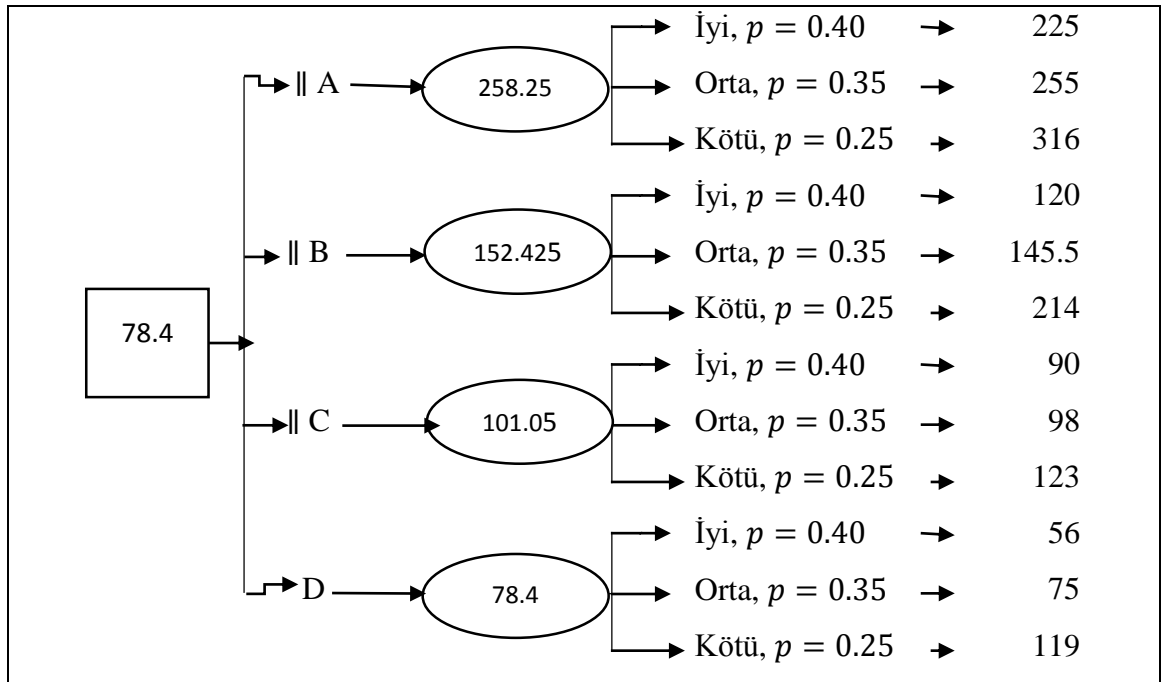
Tablo-ÇS3.4(2): Beklenen Değer İçin Ödeme Tablosu (binTL).

Seçenekler	Şartlar (Hava Durumu)			
	İyi (0.40)	Orta (0.35)	Kötü (0.25)	Beklenen Değerler
Yeni Bir Bina (A)	225	255	316	258.250
Büyük Ölçüde Yapısal Restorasyon (B)	120	145.5	214	152.425
Orta Ölçüde Yapısal Restorasyon (C)	90	98	123	101.050
Küçük Ölçüde Yapısal Restorasyon (D)	56	75	119	<b>78.400 (*)</b>

Bu sonuçlara göre Küçük Ölçüde Yapısal Restorasyon (D) seçeneği yercih edilir. Çünkü en düşük maliyeti veren seçenektir. Yönetici D seçeneğini tercih ettiğinde bu işlem için 78400 TL harcayacaktır.



Şekil-ÇS3.4(b): Problemin Karar Ağacı ve EMV Sonuçları (milyon TL).



Şekil-ÇS3.4(c): Problemin Karar Ağacı ve Geriye Sarma Sonuçları (milyon TL).

EVUC=  $0.4 \times 56 + 0.35 \times 75 + 0.25 \times 119 = 78.4$  olup 1000 ile genişletilirse EVUC=78400 TL olur. EVPI= EVUC-EMV=78.4-78.4=0 bulunur ki D seçeneğini tercih eden yönetici asla pişmanlık duymayacaktır, anlamındadır bu.

♦ **Çözüm-ÇS3.5:** a) İyimserlik ölçütüne göre mimimin ölçütü kullanılmalıdır. Her bir kargo firmasının en küçük değerleri Tablo-ÇS3.5(a)'nın son sütununda verilmiştir.

Tablo-ÇS3.5(a): Çalışma Sorusu-3.5 İçin Maliyetler (milyon TL) ve İndirim Oranları.

Şehirler	Maliyetler (milyon TL) ve İndirim Oranları			Enk. Maliyet
	Yüksek	Orta	Düşük	
A	68 0.20	70 0.60	78 0.20	68 (*)
B	69 0.30	71 0.50	78 0.20	69
C	71 0.40	73 0.55	80 0.05	71

Bu ölçüte göre en küçük değer olan 68 mil TL olan A kargo firması tercih edilecektir. b) Pişmanlıklar tablosu Tablo-ÇS3.5(b)'de verilmiştir.

Tablo-ÇS3.5(b): Çalışma Sorusu-3.5 İçin Pişmanlık Tablosu (milyon TL)

Şehirler	Maliyetler (milyon TL) ve İndirim Oranları			Enk. Maliyet
	Yüksek	Orta	Düşük	
A	0	0	0	0 (*)
B	1	1	0	1
C	3	3	2	3

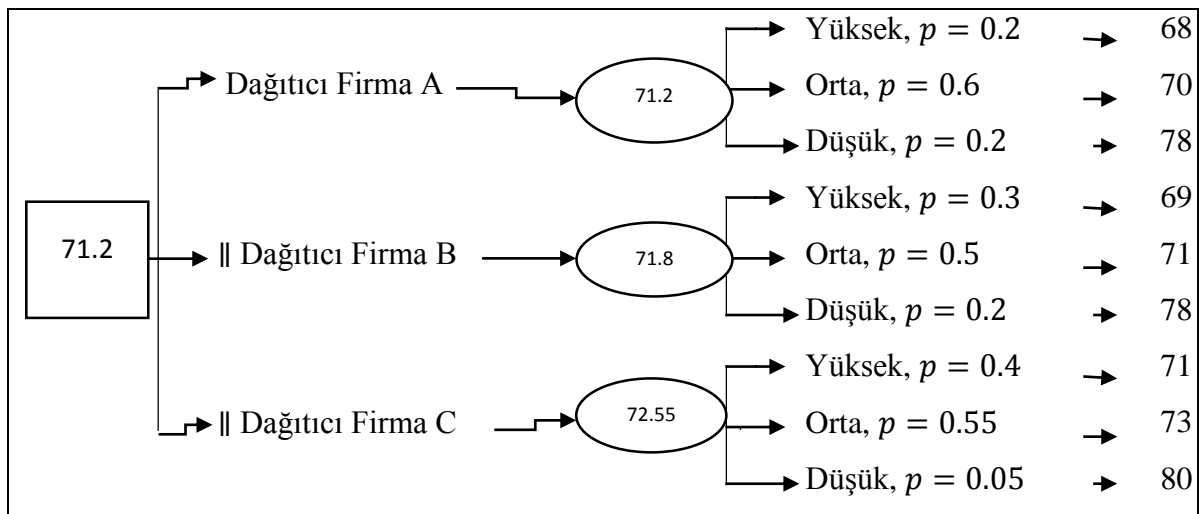
Yönetici A kargo şirketini tercih ettiğinde hiç pişmanlık duymayacaktır. c) EMV ölçütü kullanıldığında elde edilen sonuçlar Tablo-ÇS3.5(c)'nin son sütununda verilmiştir.

Tablo-ÇS3.5(c): Çalışma Sorusu-3.5 İçin EMV Sonuçlar Tablosu (milyon TL)

Şehirler	Maliyetler (milyon TL) ve İndirim Oranları			EMV Maliyet
	Yüksek	Orta	Düşük	
A	68	70	78	71.2 (*)
B	69	71	78	71.8
C	71	73	80	72.55

Bu sonuçlara göre de dağıtıcı firma A tercih edilmelidir. Böylece yönetici A'yı tercih ederse dağıtım işini 71.2 milyon TL'ye gerçekleştirmiş olur.

♦ **Çözüm-ÇS3.6:** Çalışma Sorusu-3.5'in karar ağacı yöntemi ile çözümü ise



Şekil-ÇS3.6: Problemin Karar Ağacı ve Geriye Sarma Sonuçları (milyon TL).

Karar ağacına göre de dağıtıcı firma A tercih edilmelidir.

♦ **Çözüm-ÇS3.7:** Probleme ilişkin a, b ve c şıklarının çözümleri Tablo-3.7(a)'da ve d ve e şıklarının sonuçları ise Tablo-3.7(b)'de verilmiştir.

Tablo-ÇS3.7(a): Çalışma Sorusu-3.7 İçin Sonuçlar (Milyon TL).

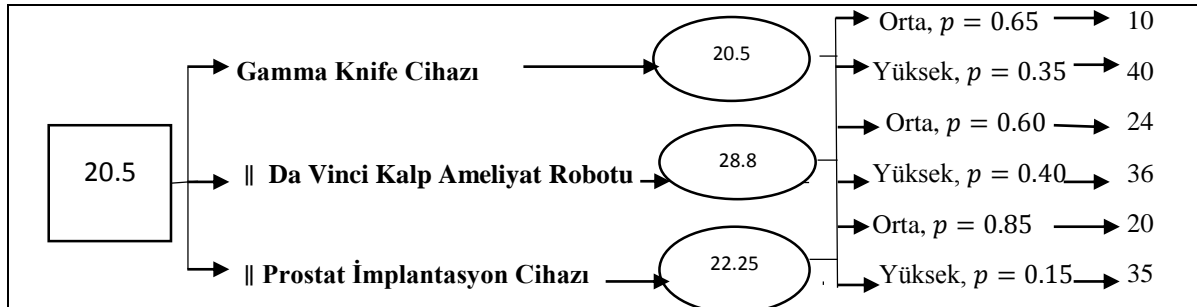
Ürünler	Talep Düzeyi		En Kötü Sonuçlar	En İyi Sonuçlar	EMV Sonuçları
	Orta	Yüksek			
<b>Gamma Knife Cihazı</b>	10	40	10 (*)	40 (*)	25 (*)
<b>Da Vinci Kalp Ameliyat Robotu</b>	24	36	24	36	30
<b>Prostat İmplantasyon Cihazı</b>	20	35	20	35	27.5

Tablo-ÇS3.7(b): Çalışma Sorusu-3.7 İçin Pışmanlıklar Tablosu (milyon TL).

Ürünler	Orta	Yüksek	Enb. Pışmanlık	HV
			Değeri	Değeri
<b>Gamma Knife Cihazı</b>	0	5	<b>5(*)</b>	28
<b>Da Vinci Kalp Ameliyat Robotu</b>	14	1	14	31.2
<b>Prostat İmplantasyon Cihazı</b>	10	0	10	29

Tablo-ÇS3.7(a) ve Tablo-ÇS3.7(b)'de verilen beş ayrı sonuca göre **Gamma Knife Cihazı** seçeneği tercih edilecektir.

♦ **Çözüm-ÇS3.8:** Çalışma Sorusu-3.7'de verilen verilere ve yine Tablo-ÇS3.8'de verilen olasılıklar tablosu doğrultusunda karar ağacı ve geriye sarma işlemi sonuçları Şekil-ÇS3.7'de verildiği gibidir.



Şekil-ÇS3.7: Problemin Karar Ağacı ve Geriye Sarma Sonuçları (milyon TL).

Karar ağacı yöntemine göre de yönetici **Gamma Knife Cihazı** almayı tercih etmelidir.