

## MUHTEMEL DEPREM HASARLARININ STOKASTİK YÖNTEMLERLE TAHMİNİ

**M. S. Yüçemen ve A. Askan**

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Ankara 06531, Türkiye

**ÖZET:** Betonarme binaların deprem nedeni ile uğrayacakları hasarların tahmini için üç değişik stokastik yöntem sunulmuştur. Hasar olasılık matrislerine, güvenilirlik kuramına ve diskriminant (ayırma) analizine dayalı olarak geliştirilen bu üç yöntem, yakın geçmişte meydana gelen depremlerde derlenen hasar verilerine uygulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem hasarı; hasar olasılık matrisi; güvenilirlik kuramı; diskriminant analizi.

**ABSTRACT:** Three different stochastic methods are presented for the estimation of earthquake damage to reinforced concrete buildings. These methods are based on the utilization of damage probability matrices, classical reliability theory and discriminant analysis. The implementation of these methods is demonstrated by using the damage data compiled during the recent earthquakes that occurred in Turkey.

### Giriş

Deprem sigorta primlerinin tahmininde ve deprem senaryo benzetimlerinde, deprem tehlikesinin yanında, değişik türdeki yapıların değişik büyüklükteki depremlere maruz kaldığında ne oranda hasar göreceğinin de tahmini gerekir. Bir yapının belirli bir şiddetteki bir depremde ne kadar hasar göreceğini kesin olarak bilmek mümkün değildir. Aynı tip ve aynı şiddette bir depreme maruz yapılarda bile zemin etkisi, işçilik ve malzeme farklılıkları ya da deprem süresinin farklı olması gibi nedenlerden dolayı, ortaya çıkacak hasar aynı oranda olmayacaktır. Dolayısı ile yapıların depremlerde maruz kalacakları hasarları olasılık kuramları çerçevesinde inceleyerek bir olasılık dağılımı ile ortaya koymak en gerçekçi yaklaşım olacaktır.

Bu çalışmanın amacı geçmiş depremlerde elde edilen hasar verilerini istatistiksel yöntemlerle değerlendirerek, muhtemel bir depremde yapıların göreceği hasarın tahmini için stokastik modeller geliştirmektir. Çalışmada, hasar olasılık matrislerine, güvenilirlik kuramına ve diskriminant (ayırma) analizine dayalı üç değişik yöntem sunulmuştur. Yapı türü olarak sadece betonarme binalar göz önünde tutulmuştur. Geçmiş depremler ile ilgili değişik kuruluşların derlediği deprem hasar raporlarından çıkartılan istatistiksel

veriler de veri tabanını oluşturmuştur. Bildirinin son bölümünde ise bu üç değişik yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## Hasar Olasılık Matrisi

### Hasar Olasılık Matrisinin Tanımı

Hasar olasılık matrisi (HOM) belirli özellikteki bir yapının değişik büyüklükteki depremlerde uğrayacağı hasar oranlarının (HO) olasılık dağılımını gösteren bir matristir. Hasar olasılık matrisinin herhangi bir elemanı, örneğin  $Pr(HD, I)$ , I şiddetindeki bir depremin, göz önünde tutulan yapı tipinde HD hasar durumunu yaratma olasılığını vermektedir. Burada  $Pr(.)$  olasılığı simgelemektedir. Hasar oranı (HO), hasar onarımı için yapılacak harcamaların yapının yeniden inşası için yapılacak harcamalara oranı olarak alınmıştır. Göz önünde tutulan yapı türüne ve yapının depreme dayanıklılığına bağlı olarak bir dizi hasar olasılık matrisi ortaya çıkacaktır.

Çalışmada deprem büyüklüğünün ölçüsü olarak Modified Mercalli şiddet ölçüsü kullanılmış ve metin içinde ve tablolarda MMI olarak simgelenmiştir. Yer sarsıntısının kuvvetini gösterme bakımından çok geçerli bir ölçü olmamakla birlikte, MMI'nin seçilmesinin başlıca nedeni yapıların depremlerde uğrayacağı hasarlarla, MMI arasındaki sıkı ilişkiden dolayı hasar olasılık matrislerinin elde edilmesinin daha kolay olmasıdır. Yapıların uğrayabileceği hasar beş değişik düzeyde sınıflandırılmıştır. Bunlar: hasarsız, az hasarlı, orta hasarlı, ağır hasarlı ve yıkıktır. Ancak, elde edilen hasar verilerine göre, gerektiğinde yıkık hasar durumu sınıflandırma dışı bırakılmıştır. Bu niteliksel hasar durumu sınıflandırılmasının, uygulamada kullanılabilmesi için sayısal değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir. %0-%100 arasında değişen hasar oranının bu beş hasar durumuna karşılık gelen bölümlerini temsil eden ve merkezi hasar oranı (MHO) olarak adlandırılan değerler Tablo 1'de verilen HOM üzerinde gösterilmiştir.

### Hasar Olasılık Matrislerinin Çıkartılması

Hasar olasılık matrislerini kuramsal çalışmalara dayanarak ya da geçmişteki depremlerle ilgili hasar değerlendirmelerinden yararlanarak (gözlemsel) ya da tümü ile mühendisin kendi tecrübe ve yargısına dayanarak yapacağı tahminler sonucunda (öznel) elde etmek mümkündür. Bu bildiride HOM'lerinin sadece gözlemsel ve öznel bir şekilde elde edilmesi yoluna gidilmiş ve ilgili çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Hasar olasılık matrislerinin elde edilmesi için en iyi yöntem geçmiş depremlerle ilgili hasar verilerinin kullanılmasıdır. Hasar verilerinden olasılık değerleri aşağıdaki basit ilişkiden elde edilir:

$$P_k(HD, I) = N(HD, I) / N(I) \quad (1)$$

Burada,  $P_k(HD, I)$ : k-tipi bir yapının I şiddetindeki bir depremde HD hasar durumuna düşme olasılığı,  $N(HD, I)$ : N (I) yapı arasında HD hasar durumunda olan yapıların sayısı,  $N(I)$ : hasar verilerinin elde edildiği deprem bölgesinde I şiddetine maruz kalan k-tipi yapıların toplam sayısıdır.

Hasar olasılık matrislerinin çıkartılmasına yönelik ilk çalışmalar Türkiye'de Gürpınar v.d. (1978) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda, gözlemsel verilerin yetersiz olması nedeni ile HOM'lerinin öznel yöntemle ortaya çıkartılması düşünülmüş, ve bu amaçla hazırlanan bir anket, deprem mühendisliği konusunda tecrübeli bazı inşaat mühendislerine yollanmıştır. Kısıtlı gözlemsel veriler deneyimli mühendislerin ankette ortaya koydukları tahminlerle birleştirilerek, Türkiye deprem bölgeleri haritasına göre dört değişik düzeyde (I-IV) deprem tehlikesine maruz betonarme yapılar için “öznel” deprem hasar olasılık matrisleri çıkartılmıştır. Bu HOM'lerinde, yapının yönetmeliğe uygun (YU) ve yönetmeliğe aykırı (YA) inşa edilme durumları göz önünde tutulmuştur. Burada sözü edilen yönetmelik "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik"tir. (Yönetmelik, 1975). Daha sonra gerçekleştirilen çalışmada (Yüçemen ve Bulak, 2000) gözlemsel verilere ağırlık verilmiştir. Bu çalışma çerçevesinde 1971 Bingöl, 1976 Denizli, 1983 Erzincan, 1986 Malatya ve 1992 Erzincan depremleri ile ilgili Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nce derlenen hasar raporları taranmış ve Denklem 1 kullanılarak gözlemsel hasar durumu olasılık değerleri bulunmuştur. Son olarak da 1995 Dinar, 1999 Adapazarı ve Düzce depremleri ile ilgili hasar raporları benzer şekilde değerlendirilmiş ve elde edilen gözlemsel hasar durumu olasılıkları öncekilerle birleştirilerek bir “gözlemsel” HOM çıkartılmıştır (Yüçemen, 2002).

Yukarıda sunulan tüm bilgiler sistematik bir biçimde birleştirilerek söz konusu dört deprem bölgesi için “en iyi” tahmin olarak adlandırılan HOM'leri elde edilmiştir. Bu matrislerin elde edilmesinde gözlemsel değerlere, mevcut oldukları durumlarda, %75, diğer bilgilere %25 öznel ağırlık verilmiştir. Yer kısıtlaması nedeni ile burada sadece birinci deprem bölgesi için elde edilen HOM Tablo 1’de sunulmuştur. Bu tablonun son satırında yer alan OHO, ortalama hasar oranını simgelemekte olup, yapının belirlenen şiddetteki bir depremde ortalama olarak ne oranda hasar göreceğini sayısal olarak vermektedir. OHO şu ilişkiden bulunur:

$$OHO(I) = \sum_{HD} Pr(HD, I) \times MHO(HD) \quad (2)$$

Bu denklemde, OHO(I): I şiddetindeki bir depremde yapının uğrayacağı ortalama hasar oranı, Pr (HD, I): yapının I şiddetindeki bir depremde, HD hasar durumuna düşme olasılığı, MHO(HD): HD hasar durumu için belirlenen merkezi hasar oranıdır. Tablo 1’de görüleceği üzere, yönetmeliğe aykırı (YA) yapılardaki OHO, yönetmeliğe uygun (YU) olanlara göre çok daha yüksektir.

**Tablo 1** Birinci Deprem Bölgesi için “En İyi Tahmin” Hasar Olasılık Matrisi  
(YU: Yönetmeliğe Uygun; YA: Yönetmeliğe Aykırı)

Hasar Durumu HD	MHO(%)	MMI									
		V		VI		VII		VIII		IX	
		YU	YA	YU	YA	YU	YA	YU	YA	YU	YA
<b>Hasarsız</b>	<b>0</b>	1.00	0.95	0.95	0.58	0.70	0.46	0.50	0.28	0.30	0.07
<b>Az Hasarlı</b>	<b>5</b>	0	0.05	0.05	0.29	0.20	0.34	0.20	0.39	0.30	0.27
<b>Orta Hasarlı</b>	<b>30</b>	0	0	0	0.11	0.10	0.14	0.20	0.20	0.20	0.30
<b>Ağır Hasarlı</b>	<b>70</b>	0	0	0	0.02	0	0.05	0.10	0.07	0.20	0.19
<b>Yıkık</b>	<b>100</b>	0	0	0	0	0	0.01	0	0.06	0	0.17
<b>OHO(%)</b>		<b>0</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	<b>6.2</b>	<b>4</b>	<b>10.4</b>	<b>14</b>	<b>18.9</b>	<b>21.5</b>	<b>40.7</b>

# GÜVENİRLİK MODELİ

## Klasik Güvenirlik Modeli

Belirli bir tip yapının, değişik şiddetlerdeki depremlerde uğrayacağı hasar oranı, yer hareketi özelliklerine ve yapının sismik hasar görebilirliğine bağlıdır. Bu gözlem ışığında, bir yapının bir deprem sonrasında en az HD hasar durumunda olma olasılığı, sismik yükün, HD hasar durumuna tekabül eden sismik dayanımı aşma olasılığına eşittir. Klasik yapı güvenirligi kuramında, dayanım ve yük rassal değişken olarak alınmaktadır. Burada sismik dayanımın ve sismik yükün en basit bir şekilde tanımlanmasına gidilmiştir. Sismik dayanım için, yapının taban kesme kuvvet katsayısını temel alan bir dayanım indisi geliştirilmiştir. Bu indisin geliştirilmesinde, Shiga'nın (1977), 1978 Miyagiken-oki depremi sonrasında Sendai şehrinde gözlenmiş hasar oranlarına dayanarak yaptığı çalışmadaki model, Türkiye'de son yıllarda meydana gelen büyük depremler sonrasında toplanan bina hasar verilerine uyarlanmıştır. Deprem yükü indisi ise zemin koşulları, sönüm, yapının karakteristik periyodu ve maksimum yer ivmesi etkilerine bağlı olarak ifade edilmiştir.

## Sismik Dayanım ve Deprem Yükü İndislerinin Tanımı

Güvenirlik modelinde dayanım indisi olarak binalardaki yaklaşık kesme kuvvetine dayanan ve yapının kesme kuvveti katsayısı türünden ifade edilen bir dayanım indisi kullanılmıştır. Bu sismik dayanım indisinin ortaya çıkarılmasında, öncelikle her bina için kolon ve duvar indisleri ve nominal kesme gerilmesi parametreleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$WI = \frac{A_w}{\Sigma A_f} \quad CI = \frac{A_c}{\Sigma A_f} \quad \tau = \frac{W}{(A_c + A_w)} \quad (3)$$

Burada, WI: duvar indisi, CI: kolon indisi,  $\tau$ : duvar ve kolonlardaki ortalama kesme gerilmesi ( $\text{kg/cm}^2$ ),  $A_w$ : binanın birinci katında tek yöndeki betonarme duvar alanları toplamı ( $\text{cm}^2$ ),  $A_c$ : binanın birinci katındaki kolon alanları toplamı ( $\text{cm}^2$ ),  $W$ : binanın yaklaşık ağırlığı, ( $1300 \Sigma A_f$  olarak alınmıştır),  $\Sigma A_f$ : binanın toplam kat alanı ( $\text{m}^2$ ) dir.

Sismik dayanım indisine ilişkin katsayıların çıkartılmasında deprem hasarı veritabanlarında yer alan tüm binalar için üç grafik çizilmiştir. (Yer kısıtlaması nedeni ile bu grafiklere metinde yer verilememiştir). Birinci grafikte eksenler, duvar indisi ile kolon indisinden, ikincisinde ortalama kesme gerilmesi ile duvar indisinden ve üçüncüsünde ise ortalama kesme gerilmesi ile kolon indisinden oluşmaktadır. Veritabanında yer alan tüm binaların hasar durumları bu üç grafiğe de işlenmiş ve yapıları "Hasarsız" ve "Hasarlı" olarak ikiye ayıran "kritik" değerlerin belirlenmesine çalışılmıştır. Kolon indisinin sıfır olduğu durumlarda duvar indisinin kritik değeri, birinci grafikten yaklaşık  $15 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  olarak bulunmuştur. Bu duvar indisi değerine karşılık gelen ortalama kesme gerilmesinin kritik değeri de ikinci grafiğe göre  $25 \text{ kg/cm}^2$  dir. Kolon indisi sıfır olduğundan, kesme gerilmesinin bu değerinin yalnızca binadaki duvarlar tarafından taşındığı varsayılmıştır. Benzer şekilde, duvar indisinin sıfır olduğu durumdaki kritik kolon indisi değeri yaklaşık  $60 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  dir. Kolon indisinin bu değerine karşılık gelen ortalama kesme gerilmesinin yaklaşık değeri ise üçüncü grafikten  $18 \text{ kg/cm}^2$  olarak bulunmuştur. Bu değer de yalnızca kolonlar

tarafından taşınan kesme gerilmesi değeri olarak alınmıştır. Kullanılan Dinar, Erzincan ve Düzce yapı hasarı veritabanları arasında en fazla sayıda veriyi içeren veritabanı Düzce olduğundan, sadece bu veritabanı üzerinde çalışılmış ve bulunan sonuçlar diğer veritabanlarındaki hasar istatistiklerine göre kontrol edilmiştir.

Yukarıda belirtilen değerler kullanılarak bir binadaki yatay kesme dayanımı “ $25A_w + 18A_c$ ” olarak alınabilir. Ayrıca binayı etkileyecek yatay deprem kuvveti ise “ $C_R 1300 \cdot \Sigma A_f$ ” olacaktır. Burada  $C_R$ : taban kesme kuvveti katsayısı,  $1300 \cdot \Sigma A_f$ : binanın yaklaşık ağırlığı (birim kat ağırlığının  $1300 \text{ kg/cm}^2$  olduğu varsayımına göre). Bu dayanım ve kuvvet ifadelerini birbirlerine eşitleyerek taban kesme katsayısı (sismik dayanım indisi) için şu ilişki elde edilmiştir:

$$C_R = \frac{25A_w + 18A_c}{1300 \Sigma A_f} \quad (4)$$

Deprem kuvveti indisi tanımında göz önünde bulundurulacak etkiler, maksimum yer ivmesi, zemin koşulları, yapı periyodu ve sönüm oranıdır. Zemin ve periyod etkileri için Yönetmelikteki (1997) davranış spektrumu değerleri temel alınmış, betonarme binalardaki sönüm oranı ise %10 olarak kabul edilmiştir. Bu şekilde elde edilen deprem kuvveti indisi,  $C_S$ , aşağıda verilmiştir:

$$C_S = S(T) \cdot \left[ \frac{1.5}{1 + 10 \cdot h} \right] \cdot \frac{A_{\max}}{g} \quad (5)$$

Burada, T: yapının temel periyodu, h: sönüm oranı,  $A_{\max}$ : maksimum yer ivmesi,  $g$ :  $9.81 \text{ m/s}^2$  ve S(T): spektrum katsayısıdır. S(T) değeri Yönetmeliğin (1997) 6.4.3. bölümündeki kriterlere göre hesaplanacaktır. Elde edilen bu sismik dayanım,  $C_R$  ve deprem kuvveti,  $C_S$  indislerinin lognormal dağılıma sahip oldukları varsayılırsa, yapının belirlenen bir HD hasarına ya da daha büyük bir hasara maruz kalma olasılığı, klasik güvenilirlik kuramına göre şöyledir:

$$P_f = \Pr (C_R \leq C_S) = 1 - \Phi(\beta) \quad (6)$$

Bu denklemde yer alan  $\beta$ , güvenilirlik indisi ve değeri şu ifadede bulunacaktır:

$$\beta = \frac{\ln\left(\frac{\mu_R}{\mu_S}\right) - \ln \alpha - 0.5 \cdot \ln\left(\frac{1 + \nu_R^2}{1 + \nu_S^2}\right)}{\sqrt{(\ln(1 + \nu_R^2)) \cdot (1 + \nu_S^2)}} \quad (7)$$

Yukarıda yer alan denklemlerde,  $\Phi$ : standard normal dağılım fonksiyonu,  $m_R, m_S$ : sırasıyla, sismik dayanım ve deprem yükü indislerinin ortalama değerleri,  $u_R, u_S$ : sırasıyla, sismik dayanım ve deprem yükü indislerinin değişkenlik katsayıları,  $\alpha$ : yapının süneklik katsayısına göre hesaplanan ve az, orta ve ağır hasar durumları için, sırasıyla, 2, 1 ve 0.58 olarak alınan hasar durumu sabitidir. Denklem 7'ye göre ve maksimum yer ivmesine bağlı olarak hesaplanan hasar oranları, gerekli dönüşüm yapılarak deprem şiddeti cinsinden ifade edilmiştir. Deprem şiddetlerine karşı gelen hasar durumu olasılıkları ve ortalama hasar oranları Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2** Güvenirlik Yöntemine Göre Bulunan Hasar Durumları Olasılık Dağılımı**(a) 1992 Erzincan Depremi**

Hasar Durumu(HD)	MHO(%)	VI	VII	VIII	IX
Hasarsız	0	0.97	0.87	0.61	0.30
Az Hasarlı	5	0.03	0.11	0.29	0.38
Orta Hasarlı	30	-	0.01	0.08	0.21
Ağır Hasarlı	85	-	0.01	0.02	0.11
OHO(%)		0.15	1.7	5.55	17.55

**(b) 1995 Dinar Depremi**

Hasar Durumu(HD)	MHO(%)	VI	VII	VIII	IX
Hasarsız	0	0.97	0.81	0.41	0.10
Az Hasarlı	5	0.03	0.17	0.44	0.40
Orta Hasarlı	30	-	0.01	0.13	0.35
Ağır Hasarlı	85	-	0.01	0.02	0.15
OHO(%)		0.15	2	7.8	25.25

**(c) 1999 Düzce Depremi**

Hasar Durumu(HD)	MHO(%)	VI	VII	VIII	IX
Hasarsız	0	0.99	0.88	0.60	0.23
Az Hasarlı	5	0.01	0.10	0.32	0.44
Orta Hasarlı	30	-	0.01	0.06	0.24
Ağır Hasarlı	85	-	0.01	0.02	0.09
OHO(%)		0.05	1.65	5.1	17.1

**Tablo 3** Diskriminant Analizi Yöntemine Göre Bulunan Hasar Durumları Olasılıkları**(a) Genel Sınıflandırma**

	Hasarsız	Az Hasarlı	Orta Hasarlı	Ağır Hasarlı	OHO (%)	Doğru Sınıflandırma Oranı (%)
1992 Erzincan	0.28	0.28	0.33	0.11	20.7	67.4
1995 Dinar	0.42	0.24	0.24	0.10	16.9	57.6
1999 Düzce	0.25	0.36	0.15	0.24	26.7	50.7

**(b) Can Güvenliği Sınıflandırması**

	Hasarsız+Az Hasarlı+Orta Hasarlı	Ağır Hasarlı	Doğru Sınıflandırma Oranı (%)
1992 Erzincan	0.79	0.21	83.7
1995 Dinar	0.82	0.18	87.9
1999 Düzce	0.69	0.31	77.6

# DİSKRİMİNANT (AYIRMA) ANALİZİ

## Tanım

Diskriminant (ayırma) analizi, iki veya daha fazla sayıdaki grubun ayırımı ile ilgilenen çok değişkenli bir istatistik analiz yöntemidir. Diskriminant analizinin ortaya koyduğu, diskriminant (ayırıcı) fonksiyonları, göz önünde tutulan tahmin değişkenlerinin doğrusal bileşenlerinden oluşmaktadır. Diskriminant fonksiyonu gruplar arasındaki farklılığa en fazla katkıda bulunan tahmin değişkenlerini ortaya çıkarır. Bu değişkenlere diskriminant (ayırıcı) değişkenleri denilmektedir. Analiz sonucunda ortaya çıkan en “etkin” diskriminant fonksiyonu yardımı ile yeni elde edilen bir gözlemin hangi gruba dahil edileceği en az hata ile tahmin edilebilmektedir. Çalışmamızda diskriminant analizi yapıların hasar durumlarına göre sınıflandırılması ve bu sınıflandırmaya bağlı olarak bulunacak hasar oranlarının elde edilmesi için kullanılmıştır. Buradaki uygulamada, gruplar yapıların hasar durumlarını, gözlemler veritabanlarındaki binaları, tahmin değişkenleri ise hasara neden olduğu düşünülen ve analizde kullanılan yapısal parametreleri içermektedir.

## Diskriminant Analizine Bağlı Olarak Hasar Durumu Sınıflandırması

Diskriminant analizinde yapıda hasarı etkileyen parametreler olarak, (bodrum hariç) kat sayısı (N), yumuşak kat puanı (YKP), eylemsizlik momentleri kareleri toplamının karekökü (EMKTK), çıkma oranı (ÇO), düşey eleman yoğunluk oranı (DEYO), planda düzenlilik puanı (PDP) ve hiperstatiklik puanı (HP) kullanılmıştır. Hasar durumları için iki ayrı sınıflandırma yapılmıştır. Birinci sınıflandırmada, “Hasarsız”, “Az Hasarlı”, “Orta Hasarlı” ve “Ağır Hasarlı” olmak üzere dört hasar durumu göz önünde tutulmuştur. İkinci sınıflandırmada ise, “Hasarsız”, “Az Hasarlı” ve “Orta Hasarlı” hasar durumları birlikte bir grup, “Ağır Hasarlı” hasar durumu ise ayrı bir sınıf olarak alınmıştır. Birinci sınıflandırma, genel sınıflandırma, ikincisi ise can güvenliği sınıflandırması olarak adlandırılmıştır.

Diskriminant analizi, bu çalışmada 1999 Düzce, 1995 Dinar ve 1992 Erzincan deprem hasar veritabanlarında yer alan bina verileri ışığında, her yapıyı en “uygun” hasar grubuna yerleştirmek için kullanılmıştır. Bu amaca ulaşmak için öncelikle hasar grupları arasında en iyi ayırımı yapan diskriminant değişkenleri belirlenmiş ve bu değişkenlerin doğrusal bileşenleri olan diskriminant fonksiyonları çıkartılmıştır. Gerekli hesaplamalar SPSS yazılımı (2001) kullanılarak yapılmıştır. Diskriminant fonksiyonlarının her bir verideki değeri, diğer bir deyişle o binanın “diskriminant puanı”, binanın en yakın olduğu hasar grubunu belirlemede kullanılmıştır. Bu belirlemeler dayanarak yapılan hasar grubu sınıflandırılması Tablo 3’de verilmiştir. Bu tabloda görüleceği üzere, dört gruplu genel sınıflandırmada gözlenen hasar durumlarının doğru sınıflandırma oranı %50.7-%67.4 arasında iken, iki gruptan oluşan can güvenliği sınıflandırmasında başarılı ayırım oranı oldukça yüksektir ve %90’a yaklaşmaktadır.

## YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRMASI VE SONUÇ

Çalışmada sunulan üç değişik yöntemle elde edilen ortalama hasar oranları Tablo 4’de, bir karşılaştırma yapmak amacı ile, özetlenmiştir. Bu OHO’ları karşılaştırıldığında, VI ve VII gibi çok yüksek olmayan deprem şiddetlerinde, HOM’deki YU yapılar için

verilen değerler ile güvenirlik yönteminden hesaplanan OHO değerlerinin birbirlerine yakın olduğu ve beklendiği gibi, YA yapılar için de OHO'larının oldukça büyük çıktığı gözlenmiştir. VIII şiddeti için bir karşılaştırma yapıldığında, diskriminant analizinden ve HOM'lerinden elde edilen OHO'larının birbirlerine yakın olduğu, ancak güvenirlik yönteminin daha düşük oranlar verdiği grlmştir. Bunun başlıca sebebi, diskriminant analizinin ve HOM'lerinin doğrudan doğruya aynı gözlemsel verilere dayanmasıdır. IX deprem şiddeti için ise, HOM'lerinde YA yapılar için verilen OHO dışındaki tüm OHO birbirleriyle uyumludur.

Henüz geliştirilmekte ve ilk uygulama aşamasında olmasına rağmen, bildiride sunulan stokastik yöntemler kendi aralarında tutarlı sonuçlar vermişlerdir ve hasar tahminleri için etkin yöntemler olarak görünmektedirler.

**Tablo 4** Değişik Yöntemlerle Elde Edilen Ortalama Hasar Oranları (%)

Stokastik Yöntem	MMI			
	VI	VII	VIII	IX
HOM/ YU (I. Deprem Bölgesi)	0.3	4	14	21.5
HOM/ YA (I. Deprem Bölgesi)	6.2	10.4	18.9	40.7
Güvenirlik (1992 Erzincan)	0.2	1.7	5.6	17.6
Güvenirlik (1995 Dinar)	0.2	2	7.8	25.3
Güvenirlik (1999 Düzce)	0.1	1.7	5.1	17.1
Diskriminant Analizi (1992 Erzincan)	-	-	20.7	-
Diskriminant Analizi (1995 Dinar)	-	-	16.9	-
Diskriminant Analizi (1999 Düzce)	-	-	-	26.7

## Referanslar

Grnar, A., Abalı, M., Ycemen, M.S. ve Yeşilçay, Y., 1978, *Zorunlu Deprem Sigortası Uygunluğu*, DMAE, Rapor No. 78-05, ODTÜ, Ankara.

Shiga, T., 1977, Earthquake Damage and the Amount of Walls in Reinforced Concrete Buildings, *Proc. of 6<sup>th</sup> World Conf. on Earthquake Engineering*, India, pp. 2467-2472.

SPSS Inc., 2001, *SPSS Base 11.0 User's Guide*, Chicago, Illinois.

Yönetmelik, 1975, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, İmar ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Yönetmelik, 1997, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Ycemen, M. S. ve Bulak, B. S., 2000, Yapılarda Deprem Hasarının Tahmini: Hasar Olasılık Matrisleri, *Bülten*, KTMMOB, No. 3, pp. 15-22, Lefkoşa, KKTC.

Ycemen, M. S., 2002, Prediction of Potential Seismic Damage to Reinforced Concrete Buildings Based on Damage Probability Matrices, *Proc. of the Sixth International Conf. on Concrete Technology for Developing Countries*, Amman, Jordan.