



# Deprem Hasar Görebilirliğin Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak CBS Ortamında Belirlenmesi

Gizem Kaya<sup>1,\*</sup>, Alper Şen<sup>1</sup>, Uğur Acar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220 Esenler İstanbul

## Özet

Türkiye tektonik özelliklerinden dolayı deprem riski yüksek olan ülkelerden biridir. Nüfus artışıyla beraber yapılaşmanın da artmasıyla, deprem etkisinde kalan binaların sayısı ve şehir sakinlerinin depreme karşı hasar görebilirliği de artmaktadır. Bu çalışmada amaç, İstanbul'un Fatih ilçesi için, depremin binalar üzerindeki etkisini analiz etmek ve hasar görebilecek bölgeleri tespit etmektir. Literatür incelemesi yapılarak, binaların hasar görebilirliğine sebep olabilecek kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler, binaların fay hattına, toplanma alanlarına, hastanelere, itfaiye istasyonları ve hidrant noktalarına, ana caddelere olan mesafeleri, kat adedi ve jeolojik formasyon türü olarak belirlenmiştir. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile kriterlerin hasar görebilirliğe olan etkilerinin belirlenebilmesi için, kriterlerin ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş, her bir kriterin öncelikleri ve ağırlıkları belirlenmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak, kriterlerin kırılma indeksi hesaplanıp, binaların hasar görebilirliğini temsil eden tematik bir harita hazırlanmıştır. Çalışma sonucunda, Fatih ilçesindeki binaların beş farklı düzeyde hasar görebilirlik düzeyine sahip olduğu tespit edilmiştir. Hasar görebilirlik puanının yüksek olduğu alanlar yerleşime en uygun alanlar olarak; puanın düşük olduğu alanlar ise yerleşime uygun olmayan alanlar olarak nitelendirilmiştir. Hasar görebilirlik analizi sonucunda Fatih ilçesindeki binaların %7,28'i en düşük kategoride yerleşime uygun olmayan, %19,30'u en yüksek kategoride yerleşime çok uygun alanlar olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Deprem, Hasar Görebilirlik, Analitik Hiyerarşi Süreci, Coğrafi Bilgi Sistemleri.

## The Evaluation of Earthquake Vulnerability Using Analytical Hierarchy Process in GIS Environment

### Abstract

Turkey, due to its tectonic features, is one of the countries with high seismic risk in this context. With the rapid growth in population and the increase in construction, the number of buildings affected by the earthquake and the vulnerability of city residents to the earthquake is also increasing. The purpose of this study is to analyze the effect of earthquakes on buildings and to determine vulnerable areas. By reviewing the literature, the criteria that may cause the vulnerability of the buildings in Fatih district of Istanbul were determined. These criteria are determined as the number of floors and the type of geological formation in respect of the distances of buildings to the fault line, assembly areas, hospitals, and the main streets. In order to determine the effects of criteria on vulnerability with the Analytical Hierarchy Process (AHP), which is one of the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods, binary comparison matrices of the criteria have been created and the priorities and weights of each criterion have been determined. Using the Geographical Information Systems (GIS), the vulnerability index of the criteria was calculated and a thematic map representing the vulnerability of the buildings were prepared. As a result of the study, it was determined that the buildings in the Fatih district have five different levels of vulnerability. Areas with high vulnerability scores are the most suitable areas for settlement; areas with low scores are described as unsuitable for settlement. As a result of the vulnerability analysis, 7,28% of the buildings in the Fatih district were determined as unsuitable for settlement in the lowest category and 19,30% were determined as very suitable for settlement in the highest category.

**Key words:** Earthquake, Vulnerability, Analytical Hierarchy Process, Geographic Information Systems.

\* Gizem Kaya: E-posta: hmgizemkayar@outlook.com

## 1. Giriş

Afetler, doğal, teknolojik veya insan kökenli olarak meydana gelen, insanlar ve yaşadıkları çevre üzerinde fiziksel, sosyal, çevresel, ekonomik kayıplara sebep olan, insanların günlük yaşamını etkileyen olaylardır (Ergünay 2007). Doğal bir afet olan depremler, büyük tektonik plakaların birleştiği bölgelerde, plakaların içinde ya da yer altı boşluklarının çökmesi şeklinde meydana gelebilir. Doğal kaynaklı olabildiği gibi, tünel açma çalışmaları veya patlamalar gibi nedenlerle insan kaynaklı olarak da deprem oluşabilir. Depremler, aynı zamanda heyelan, tsunami, çığ düşmesi gibi ikincil tehlikeleri de tetikleyebilir (Schmidt-Thomé 2006).

İstanbul'un Kuzey Anadolu Fay hattının batı kanadına yakın olması sebebiyle, tarih boyunca birçok yıkıcı depreme maruz kalmış ve çok sayıda bina, çeşitli seviyelerde hasar görmüştür. Yapılaşmanın günden güne artmasından dolayı, deprem etkisinde kalan binaların sayısı da artmaktadır. Gelecekte olabilecek depremlerde hasarın önceden tahmin edilmesi, kayıpların azaltılması açısından önemlidir (Uçar 2013). Fazla nüfusa sahip olmasından ve kontrolsüz inşaat yapımlarından dolayı şehir sakinlerinin depreme karşı hasar görebilirliği artmaktadır (Pervin Ishita ve Khandaker 2010). "Hasar görebilirlik, öngörülen bir tehlikenin, öngörülen zarar düzeyinde oluşması durumunda, bir risk unsurunda (ya da risk unsuru grubunda) meydana gelecek kayıp derecesi olarak tanımlanır" (Akbulut ve Aytuğ 2005). Hasar görebilirliğin belirlenmesi, deprem olmadan önce hasar görebilecek binaların belirlenmesi, yolların ulaşım durumu ve yardıma açık hale getirilmesi, önlem alma ve hazırlıklı olma çalışmalarının planlanmasına katkısı açısından önemlidir.

Deprem hasar görebilirliğin belirlenmesi farklı kriterlerle ve yöntemlerle ortaya konulmaktadır. Kriterlerin CBS ortamında analizinin yapılması ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci yaygın olarak kullanılmıştır. Örneğin, Reveshty ve Gharakhlou çalışmalarında, bina materyali, binaların yaşı, arazi kullanımı, kat sayısı, parsel alanı ile kentsel yapıların depreme karşı hasar görebilirliğin arttığını belirtmişlerdir (Ebrahimian-Ghajari vd. 2016). Alizadeh ve arkadaşları, Tebriz'in Kuzey Tebriz Fay Hattı'na yakın olmasından, bölgedeki yapıların hasar görebilirliğini AHS ve CBS yöntemlerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Faya uzaklık, eğim ve jeoloji katmanları gibi çeşitli parametreler kullanılmıştır. Buna ek olarak, yapıların inşaat malzemeleri, yapı bloklarının boyutu, binaların kalitesi ve bina zeminleri hasar görebilirliği etkileyen faktörler olarak kullanılmıştır. Tebriz şehrinin Güney ve Güneydoğu bölgelerinin düşük ve orta derecede, kuzeydoğu bölgesinin bazı bölgelerinin ise yüksek derecede hasar görebilirlik gösterdiği sonuçlarına ulaşmışlardır (Alizadeh vd. 2018).

Yapılan başka bir çalışmada, AHS, İran'ın kuzeyindeki afete eğilimli bir bölgeye ait farklı geçici barınma merkezlerini araştırmak için ÇKKV yöntemi olarak uygulanmıştır. Optimum geçici barınma alanlarının konumlarını belirlemek için savunmasız alanlar, yollara erişim, yangınla mücadele merkezleri, yoğun nüfusa sahip alanlar, fay hatları ve tıp merkezlerine erişim gibi kriterler belirlenmiştir. Fay hattına uzaklığı, bu kriterler arasından en önemli faktör olabileceği belirlenmiştir (Junian vd. 2018).

Nath ve arkadaşları çalışmalarında, Hindistan'da bulunan Kolkata'nın sismik risk bölgelerini sınıflandırmak için, arazi kullanımı, nüfus yoğunluğu, bina türü, bina yaşı ve yükseklik olmak üzere 5 adet hasar görebilirlik parametreleri üzerinde şehrin hem sosyo ekonomik hem de yapısal riskini tahmin etmek için, sismolojik, jeolojik ve jeoteknik temalarını CBS'ye entegre ederek sismik bir harita oluşturmuştur (Nath vd. 2014).

Türkiye'de yüksek şiddetli deprem beklenen illerden biri olan İstanbul'da bütün canlıları ve kültürel varlıkları tehdit eden deprem afet tehlikesinin analizi ve risk azaltma stratejilerinin belirlenmesi açısından, deprem riski ile ilgili karar destek sistemlerinde kullanılacak deprem hasar görebilirlik analizlerinin oluşturulması önem arz etmektedir. Bu çalışmada amaç, İstanbul'un Fatih ilçesi için, ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHS ile depremin binalar üzerindeki etkisini analiz etmek ve hasar görebilecek bölgeleri tespit etmektir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, İstanbul'un Avrupa yakasında bulunan Fatih ilçesidir. Fatih; 41°02' kuzey enlemleri ile 28°55'34 doğu boylamları arasında yer almakta olup, güneybatıdan Zeytinburnu, kuzeybatıdan Eyüpsultan ilçeleri ile kuzeyden Haliç, doğudan İstanbul Boğazı ve güneyden Marmara Denizi ile çevrilidir. İlçede 58 mahalle bulunmaktadır.

### 2.2. Kriterlerin Belirlenmesi

Kriterler literatür taraması yapılarak, çalışma alanının da özellikleri göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Bunlar; binaların kat adedi, hastanelere mesafesi, toplanma alanlarına mesafesi, jeolojik formasyon, fay hattına mesafesi, itfaiye merkezlerine mesafesi, hidrant noktalarına mesafesi ve ana yollara olan mesafesi şeklinde 8 adet kriter belirlenmiştir.

- **Kat Adedi**

Kat sayısı arttıkça binaların hasar görebilirlik seviyesi artmaktadır (Alizadeh vd. 2018).

- **Fay Hattına Mesafe**

Deprem esnasında, deprem dalgalarının yayacağı enerji depremin odak merkezinden çevresine doğru yayılarak azalacaktır. “Fay hatlarına yakın binaların ve yerleşim yerlerinin bulunması hasar seviyesini arttıracaktır” (Sönmez 2018). Fay hattına yakın olması hasar görülebilirlik için yüksek öneme sahip bir faktördür (Alizadeh vd. 2018).

- **Jeolojik Formasyon**

Depremlerden kaynaklanan bina hasarlarında jeolojik yapı önemli bir etkiye sahiptir (İnce 2011). Bu çalışmada, Fatih ilçesi formasyon türleri; Dolgu, Alüvyon, Kuşdili, Güngören, Çukurçeşme, Bakırköy ve Trakya formasyonları kullanılmıştır.

- **Toplanma Alanlarına Mesafe**

“Toplanma alanları afet sırasında ve sonrasında insanların ilk ulaşması gereken, afet riski taşımayan güvenli alanlardır” (Çınar vd. 2018). Binaların toplanma alanlarına yakın olmasının önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir.

- **Ana Yollara Mesafesi**

Deprem sonrası tehlikeli durumlardan kaçmak ve yaralıları yardımı kolaylaştırmak için yolların araçlara erişilebilir olması gerekmektedir (Yariyan vd. 2020).

- **Hastanelere Mesafesi**

Hastanelerin yakın olması, olası bir deprem sonrasında binaların hasar görmesi durumunda ortaya çıkacak kurtarma ve hastaneye yatma hizmetlerinin sağlanmasında önemli bir etkisi vardır (Yariyan vd. 2020).

- **İtfaiye Merkezlerine Mesafesi**

Depremler meydana geldikten sonra yangın ve patlama gibi ikincil tehlikeleri de tetikleyebilmektedir (Kundak 2007).

- **Hidrant Noktalarına Mesafesi**

Deprem sonrası olası bir yangın ve patlama durumunda itfaiye merkezleriyle paralel olarak ele alınmıştır.

### 2.3. Analitik Hiyerarşi Süreci

Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi 1970’li yıllarda Thomas Saaty tarafından geliştirilen birden fazla kriterin bulunduğu karmaşık problemleri çözmek için kullanılan bir Çok Kriterli Karar Verme Yöntemidir (Kuruüzüm ve Atsan 2001). AHS metodolojisi;

- İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması (Denklem 1) n adet kriter için  $(n \times n)$  boyutunda matris oluşturulur.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Karşılaştırmalar yapmak için, karşılaştırıldıkları kriter açısından bir öğenin başka bir öğeye göre kaç kat daha önemli olduğunu gösteren bir sayı ölçeği kullanılmıştır (Saaty 2008).

- Karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra her bir hücre değeri toplam sütun değerine bölünür. Normalleştirme matrisi oluşturulur (Denklem 2).

$$Aw = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix} \quad (2)$$

- Normalize edilmiş matriste yer alan her bir değer toplamının, kriter sayısına bölünmesiyle göreceli önem derecesi (ağırlık) elde edilir (Denklem 3).

$$C = \begin{bmatrix} C_1 \\ \vdots \\ C_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ n & & n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \\ n & & n \end{bmatrix} \quad (3)$$

- İkili karşılaştırma matrislerinin ve alt adımlardaki yargıların tutarlılık kontrolü için aşağıdaki adımlar izlenir. İlk olarak tutarlılık vektörü hesaplanır (Denklem 4).

$$A \times C = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} C_1 \\ \vdots \\ C_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

- İkili karşılaştırma matrisinin maksimum öz değeri Denklem 5 ile ifade edilir.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{C_i} \quad (5)$$

- Tutarlılık indeksi Denklem 6'daki gibi hesaplanır.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (6)$$

- Tutarlılık derecesini Denklem 7 verir.  $CR \leq 0.10$  ise, tutarlılık derecesi tatmin edicidir.  $CI / RI > 0.10$  ise tutarsızlıklar vardır ve bu durumda anlamlı sonuçlar ortaya çıkmayabilir (Junian 2018, Saaty 2008).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

### 3. Uygulama

Sunulan çalışmada, problemin amacına yönelik kriterler belirlenmiştir. Bu doğrultuda İBB'den 52 471 adet bina (öznitelik tablosunun içerisinde sağlık merkezleri, kat adedi bilgileri, toplanma alanları), yol verisi, İSKİ'den hidrant noktaları, İtfaiye Daire Başkanlığı'ndan itfaiye istasyon merkezleri verileri alınmıştır. Veriler CBS ortamında ortak bir veri tabanında anlamlı hale getirilmiştir. Amacı gerçekleştirmek için kullanılacak kriterler ve alt kriterler, literatür taramasından yararlanarak ve çalışma bölgesinin koşulları baz alınarak belirlenmiştir (Aliabadi vd. 2015, Ebrahimian-Ghajari vd. 2016, Özşahin 2014, Sönmez 2018, Şen ve Ekinci 2018, Yariyan vd. 2020).

Çalışmada ArcMAP 10.8.1 yazılımının Spatial Analyst eklentisi ile ArcToolbox araç kutusu kullanılmıştır. Her bir kriter beş alt sınıfa ayrılarak Öklid mesafeleri hesaplanmıştır. Sonrasında elde edilen bütün kriterler, kendi alt kriter aralıklarına göre beş sınıfa ayrılarak yeniden sınıflandırma işlemi 1, 3, 5, 7, 9 girdi değeri alacak şekilde oluşturulmuştur (Tablo 2).

Tablo 1. Kriterlerin CBS ağırlık değerleri

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
	CBS Ağırlık Değeri	9	7	5	3	1
	1 - 2 Kat	•				
	3 - 4 Kat		•			
Kat Adedi	5 - 6 Kat			•		
	7 - 8 Kat				•	
	9 ve üzeri					•
	100 m	•				
	200 m		•			
Toplanma Alanlarına Yakınlık	300 m			•		
	400 m				•	
	500 m					•
	1000 m	•				
	2000 m		•			
Hastanelere Yakınlık	3000 m			•		
	4000 m				•	
	5000 m					•
	Trakya1 - Bakırköy	•				
Jeolojik Formasyon	Trakya			•		
	Güngören - Çukurçeşme				•	
	Dolgu - Alüvyon Kuşdili					•
	20 - 22 km	•				
	18 - 20 km		•			
Fay Hattına Yakınlık	16 - 18 km			•		
	14 - 16 km				•	
	0 - 14 km					•
	1000 m	•				
	2000 m		•			
İtfaiye İstasyonlarına Yakınlık	3000 m			•		
	4000 m				•	
	5000 m					•
	100 m	•				
	200 m		•			
	300 m			•		
Ana Yollara Yakınlık	400 m				•	
	500 m					•
	100 m	•				
	200 m		•			
Hidrانت Noktalarına Yakınlık	300 m			•		
	400 m				•	
	500 m					•

İlgili haritaların oluşturulmasından sonra kriterlerin ağırlıklarının AHS yöntemiyle, kriterlerin birbirine göre ne kadar önemli olduğunu anlamak için ağırlıklandırma işlemi yapılmıştır. Tablo 2' deki önem ölçeği dikkate alınarak kriterlerin ikili karşılaştırma (tercih) matrisleri oluşturulmuş (Tablo 3), literatürden yararlanarak kriterler ayrı ayrı önceliklendirilmiştir. İkili karşılaştırma matrislerinin normalize edilmesi, normalize edilen değerlerden sonra tutarlılık indisi hesaplamaları sonucunda tutarlılık oranı 0.005 olarak bulunmuştur. Hesaplanan tutarlılık oranının 0.1 değerinden küçük olması bu değer tutarlı bir biçimde belirlendiğini göstermektedir (Saaty, 2008). Excel AHP Calculator yazılımı kullanılarak yapılan bu çalışmada her bir kriterin ağırlık değerleri bulunmuştur (Tablo 4).

Tablo 2. AHS ikili karşılaştırma ölçeği (Erden ve Coşkun 2010)

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit öneme sahip
2	Eşit ile orta arası önemde
3	Orta öneme sahip
4	Orta ve güçlü arası önemde
5	Güçlü öneme sahip
6	Güçlü ile çok güçlü arası önemde
7	Çok güçlü öneme sahip
8	Çok güçlü ile oldukça güçlü arası önemde
9	Çok çok güçlü öneme sahip

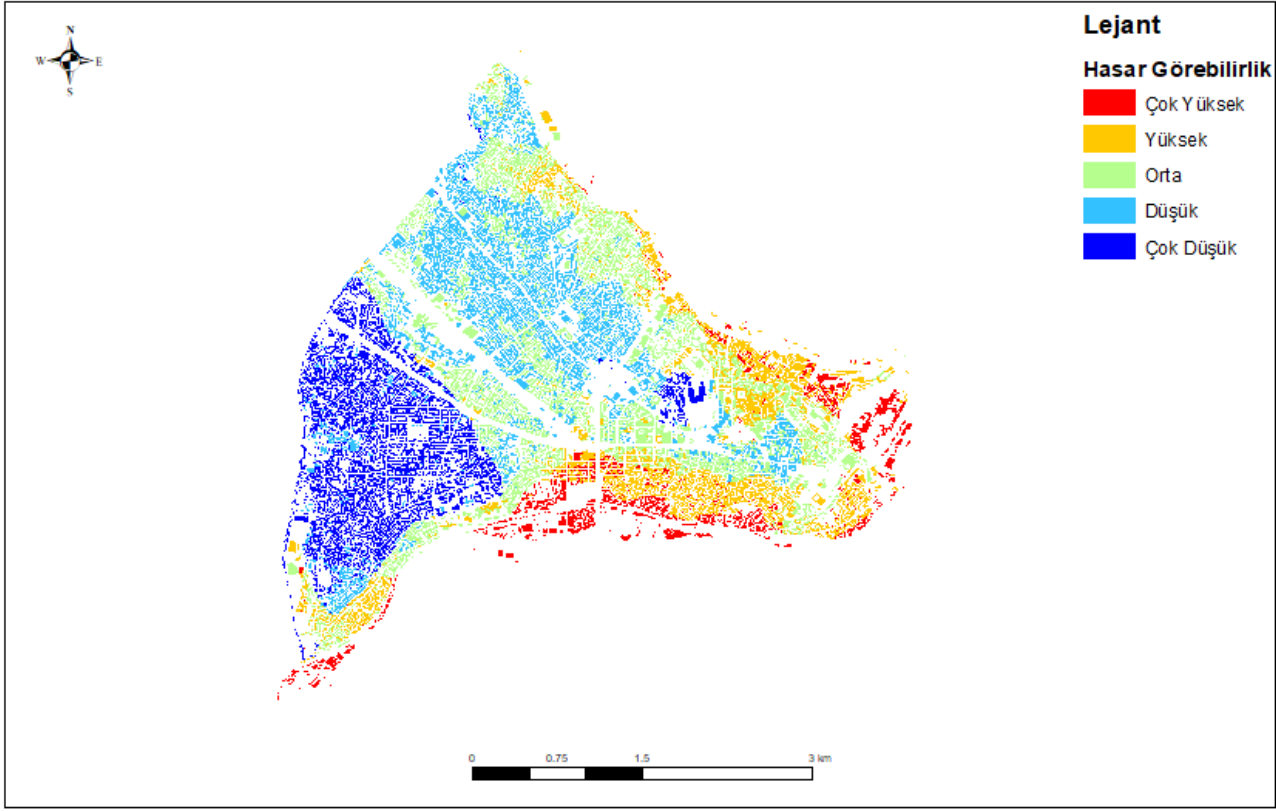
Tablo 3. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	Ağırlık
Kat Adedi (1)	1	2	2	3	1/3	3	1/4	3	0.104
Hastanelere Yakınlık (2)	1/2	1	1	3	1/4	1/3	1/5	3	0.067
Toplanma Alanlarına Yakınlık (3)	1/2	1	1	2	1/4	3	1/5	2	0.074
Yangın İstasyonlarına Yakınlık (4)	1/3	1/3	1/2	1	1/6	1/2	1/7	1	0.042
Fay Hattına Yakınlık (5)	3	4	4	6	1	4	1/2	6	0.226
Anayollara Yakınlık (6)	1/3	3	1/3	2	1/4	1	1/5	2	0.069
Jeolojik Formasyon Türü (7)	4	5	5	7	2	5	1	7	0.376
Hidrانت Noktalarına Yakınlık (8)	1/3	1/3	1/2	1	1/6	1/2	1/7	1	0.0042

Tablo 4. Kriterlerin sırasıyla ağırlık değerleri

Kriterler	Ağırlıklar (%)
Jeolojik formasyon	38
Fay hattına yakınlık	23
Kat adedi	10
Toplanma alanlarına yakınlık	7
Ana yollara yakınlık	7
Hastanelere yakınlık	7
İtfaiye merkezine yakınlık	4
Hidrانت noktalarına yakınlık	4

Son aşamada CBS’de oluşturulan haritalar vektör formata çevrildikten sonra AHS ile belirlenen ağırlıklara göre oluşturulan haritalar karşılaştırılarak her bir binanın hasar görebilirlik değeri olacak şekilde hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda üretilen tematik haritada, bu değerlerin karşılığı “çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek derecede hasar görebilir” alanlar olmak üzere 5 kategoride sınıflandırılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Fatih ilçesi hasar görebilirlik haritası.

Fatih ilçesindeki binaların hasar görebilirlikleri için %7,29’u uygunsuz, %19,36’sı az uygunlukta, %28,65’inin orta uygunlukta, %25,40’ının yüksek uygunlukta ve % 19,31’inin çok yüksek uygunlukta olduğu anlaşılmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. Fatih ilçesindeki binaların hasar görebilirlik yüzdeleri

Hasar Görebilirlik Derecesi	Bina Sayısının (%)
Çok Yüksek	7,29
Yüksek	19,36
Orta	28,65
Düşük	25,40
Çok Düşük	19,31
<b>Toplam</b>	<b>100</b>

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Fatih ilçesi, İstanbul’un en eski yerleşim alanlarına sahip olmasından dolayı tarihsel yapılar açısından oldukça zengindir. Ayrıca, yoğun bir nüfusa sahip olması, ulaşım yollarında önemli bir yerinin olması açısından önemli bir ilçedir. Fatih ilçesinde bulunan binaların hasar görebilirlik haritası CBS teknolojisi kullanılarak elde edilmiştir. Daha doğru sonuçlar elde etmek için kriter ağırlıkları analitik hiyerarşi süreci kullanılarak belirlenmiştir. Hasar görebilirlik analizinde, 8 kriter kullanılmıştır. İkili karşılaştırma sonucunda 0.376 değeriyle ‘jeolojik formasyon’ kriteri en etkili faktör olarak sunulmakta

ve 'itfaiye merkezine yakınlık ve hidrant noktalarına yakınlık' kriterleri 0.042 değerleriyle binaların hasar görebilirliğine en düşük etki faktörü olarak kabul edilmektedir. Sonuç olarak Fatih ilçesindeki binaların hasar görebilirlikleri için % 7,29'u uygunsuz, % 19,36'sı az uygunlukta, % 28,65'inin orta uygunlukta, % 25,40'ının yüksek uygunlukta ve % 19,31'inin çok yüksek uygunlukta olduğu anlaşılmıştır (Tablo 5). Fatih ilçesinin kıyı kesimlerinin en hassas bölgeler olduğu gözlenmektedir. Oluşturulan tematik haritaya göre jeolojik formasyon kriterinin en önemli kriter olduğu gözlenmiştir. Sahil kesimlerine yakın olan yerlerin fay hattına yakın olması, formasyon türünün dolgu ve alüvyon olması, o alanda toplanma alanlarının ve hastane sayısının az olmasından dolayı daha yüksek hasar görebilir riski taşıdığı görülmektedir. Çalışma bölgesinin orta kısımlarının fay hattından uzak olduğu ve toplanma alanlarının fazla olduğu 'orta ve düşük derecede' hasar görebilir derecesindeki yerler olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmada, CBS'nin çok sayıda mekansal veriyi kullanabilmesi, görüntüleyebilmesi, paylaşılabilir olması ve analizler yapabiliyor olması açısından kullanışlı olduğu sonucu çıkarılmıştır. AHS ile belirlenen kriter ağırlıklarının doğru ve tutarlı olmasının çalışma üzerinde etkisinin büyük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda bir öneri olarak, kriter ağırlıklandırılması için kendi alanında uzman görüşlerden faydalanılabilir. Ayrıca bundan sonra gelecekte yapılacak çalışmalarda kullanılan kriterler, alt kriterler değiştirilebilir. Bina yaşı, bina türü, nüfus, deprem yönetmeliğine uygunluk bilgisi gibi kriter sayısının artmasıyla daha etkin bir analiz yapılarak çalışma genişletilebilir.

Bu çalışmanın sonuçlarının, beklenen bina hasarını azaltmak için gerekli bilgiyi sağlayarak doğru planlamanın yapılması ve afete karşı hazırlıklı olma konusunda can ve mal kaybından kaçınılması açısından önemli olduğu düşünülmektedir. İleride meydana gelebilecek depremlere karşı Fatih ilçesinde hassas bölgeler tespit edilerek, binaların yapısal iyileştirmede veya kentsel dönüşüm planlanmasında göz önünde bulundurulması daha hazırlıklı olması açısından katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmanın devamında, Bulanık mantık kullanılarak modellenmesinin yapılması ve oluşturulan modelle karşılaştırılması planlanmaktadır.



**Kaynaklar**

- Akbulut T. M., Aytuğ A. (2005) Deprem hasar görebilirlik riskinin gözleme dayalı belirlenmesine yönelik öneri değerlendirme yaklaşımı. *YTÜ Mim. Fak. e-Dergisi* Cilt 1, Sayı 1.
- Aliabadi S. F., Alireza S., Ehsan M. (2015) The social and physical vulnerability assessment of old texture against earthquake (case study: Fahadan district in Yazd City). *Arabian Journal of Geosciences* 8 (12): 10775–87. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-1939-8>.
- Alizadeh M., Mazlan H., Esmail A., Himan S., Mohammad R. K., Amin B. P., Biswajeet P., Hassan Z. (2018) Multi-criteria decision making (MCDM) model for seismic vulnerability assessment (SVA) of urban residential buildings. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 7 (11). <https://doi.org/10.3390/ijgi7110444>.
- Çınar A.K., Akgün Y., Maral H. (2018) Afet sonrası acil toplanma ve geçici barınma alanlarının planlanmasındaki faktörlerin incelenmesi: İzmir-Karşıyaka örneği. *Planlama Dergisi* 28(2):179-200.
- Ebrahimian-Ghajari Y, Ali A. A., Mehdi M., Reza H., Mohammad A. N. (2016) Modeling of seismic vulnerability of urban buildings in geographic information system environment: A case study in Babol, Iran. *Sci J Rescue Relief* 7 (4): 12–25. [www.joraren.ir](http://www.joraren.ir).
- Erden, T., Coşkun M. Z. (2010) Multi-criteria site selection for fire services: The interaction with analytic hierarchy process and geographic information systems. *Natural Hazards and Earth System Science* 10 (10): 2127–34. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-2127-2010>.
- Ergünay O. (2007) Türkiye'nin afet profili. *TMMOB Afet Sempozyumu*, 1–14.
- İnce G. (2011) The relationship between the performance of soil conditions and damage following an earthquake: A case study in Istanbul, Turkey. *Natural Hazards and Earth System Science* 11 (6): 1745–58. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-1745-2011>.
- Junian J., Valiollah A. (2018) The evaluation of temporary shelter areas locations using geographic information system and analytic hierarchy process. *Civil Engineering Journal* 4 (7): 1678. <https://doi.org/10.28991/cej-03091104>.
- Kundak S., Türkoğlu H., (2007) İstanbul'da deprem riski analizi. *İTÜ dergisi/a* Cilt:6, Sayı:2, 37-46.
- Kuruüzüm A., Atsan N., (2001) Analitik hiyerarşi yöntemi ile işletmecilik alanındaki uygulamaları. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi* (1), 83-105
- Nath S. K., Adhikari M. D., Devaraj N., Maiti S. K. (2014) Seismic vulnerability and risk assessment of Kolkata City, India. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions* 2 (4): 3015–63. <https://doi.org/10.5194/nhessd-2-3015-2014>.
- Özşahin E. (2014) Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve analitik hiyerarşi süreci (AHS) kullanılarak Tekirdağ ilinde deprem hasar riski analizi. *International Journal of Human Sciences / Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* 11 (1): 861–79. <https://doi.org/10.14687/ijhs.v1i1.2816>.
- Pervin I. R., Sheemarekha K. (2010) Application of analytical hierarchical process and gis in earthquake vulnerability assessment: case study of Ward 37 and 69 in Dhaka city. *Journal of Bangladesh Institute of Planners* 3 (December): 103–12.
- Saaty T.L. (2008) Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, Vol. 1, No. 1
- Schmidt-Thomé P. (2006) Natural and technological hazards and risks affecting the spatial development of European regions. *Special Paper of the Geological Survey of Finland*, sayı 42: 6.
- Sönmez M. E. (2018) Coğrafi bilgi sistemleri ( CBS ) tabanlı deprem hasar riski analizi : Zeytinburnu ( İstanbul ) örneği . *North*, sayı Şekil 1: 11–22.
- Şen A., Ekinci V. (2018) Realization of earthquake vulnerability analysis in structure scale with fuzzy logic method in GIS: Kadikoy, Maltepe and Prince Islands sample. *International Journal of Environment and Geoinformatics* 3 (3): 40–56. <https://doi.org/10.30897/ijegeo.306479>.
- Uçar T. (2013) Betonarme binalar için artımsal itme analizi esaslı analitik hasar görebilirlik eğrilerinin oluşturulması. *Teknik Dergi / Technical Journal of Turkish Chamber of Civil Engineers* 24 (118): 6421–46. <https://doi.org/10.18400/td.94647>.
- Yariyan P., Mohammadtaghi A., Fariba S. ve Omid G. (2020) Earthquake vulnerability mapping using different hybrid models. *Symmetry* 2020, 12, 405; doi:10.3390/sym12030405.