

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TABANLI ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ KULLANILARAK DEPREM HASAR RİSKİ ANALİZİ: KADIKÖY ÖRNEĞİ*

Fahriye YAVAŞOĞLU², Çiğdem VAROL ÖZDEN³
fahriye.yavasoglu@gazi.edu.tr, cvarol@gazi.edu.tr

²Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Ankara.
³Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Ankara.

Özet

Coğrafi bilgi sistemi (CBS) tabanlı çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri risk yönetimi kapsamında tehlikelerin belirlenmesi, afet risklerinin ve risk sektörlerinin tespit edilerek, afet risklerinin analiz edilmesinde etkin olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, CBS tabanlı analitik hiyerarşi (AHS) yöntemi ile İstanbul ili Kadıköy ilçesinin deprem hasar riski analizinin yapılması amaçlanmıştır. Marmara bölgesinde meydana gelecek bir deprem sonucunda, ülkenin nüfus yoğunluğu, kentleşme ve sanayileşme oranı en fazla olan kenti İstanbul'da neden olabileceği kayıpların boyutları, İstanbul ilçe idari sınırları içinde risk düzeylerinin tespit edilmesi ve risk düzeyine göre öncelikli müdahale alanlarının belirlenmesi gerekliliği bu kapsamda yapılan çalışmaları zaruri hale getirmektedir. Analizde kullanılan deprem hasar riskini etkileyen değerlendirme kriterleri ilgili literatür incelemeleri sonucunda belirlenmiştir. Değerlendirme kriterlerine ait haritalar, çeşitli veri kaynaklarından elde edilen farklı veri türleri kullanılarak oluşturulmuştur. Değerlendirme kriter haritalarının oluşturulması ve görüntülenmesinde ArcGIS/ ArcMap 10.5 programı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Kadıköy ilçesi mahallelerinin üç farklı düzeyde deprem hasar riskine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda yüksek deprem riski bulunan mahalleler, deprem riski azaltma çalışmalarının öncelikli müdahalenin gerektiği alanlar olarak ortaya çıkmaktadır. Meydana gelebilecek deprem zararlarının azaltılması için, yapılacak deprem riski azaltma çalışmalarının mahallelere göre önceliklendirilmesi ve kent planlama, yapılaşma kriterlerinin neden olabileceği mevcut deprem risklerini arttırmasını önlemek gerekmektedir. Bu kapsamda deprem riski azaltma çalışmalarının bütüncül bir planlama yaklaşımıyla programlar dahilinde uygulanmasının sağlanması, risk azaltma çalışmalarından beklenen başarının elde edilebilmesi için bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma, deprem hasar riski analizi ve risk azaltma müdahalelerinin belirlenmesi gibi çok sayıda kriterlerin ve çok sayıda karar vericinin bulunduğu mekansal karar verme problemlerinde CBS tabanlı AHS yöntemi kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: CBS, AHS, Deprem, Deprem hasar riski.

USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) BASED ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) EARTHQUAKE DAMAGE RISK ANALYSIS: KADIKOY CASE

Abstract

Geographic information systems (GIS) based multi-criteria decision-making (MCDA) methods are effectively used in the identification of hazards within the scope of risk management, and analysis of disaster risk with the identification of disaster risks and risk sectors. The aim of this study is to put forth the earthquake damage risk analysis for Kadikoy district located in the Istanbul province with GIS-oriented analytic hierarchy proses (AHP) method. In this context, the amount of losses that can occur

* Bu makale, Fahriye YAVAŞOĞLU'nun Doç.Dr. Çiğdem VAROL ÖZDEN danışmanlığında hazırladığı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

in Istanbul, due to having the highest population density, urbanization and industrialization rate in Turkey, with an earthquake in the Marmara region necessitates the studies regarding the identification of risk levels and determination of priority intervention areas for the districts within the administrative boundaries of Istanbul. The evaluation criteria effecting the risk of earthquake damage used in the analysis is determined based on the related literature. The maps related to the evaluation criteria were prepared based on different data types derived from various data sources. Besides, ArcGIS / ArcMap 10.5 was utilized for the preparation and display of the criteria evaluation maps. As a result of this study, three different levels were identified for the neighborhoods of Kadikoy district regarding the risk of earthquake damage. In this regard, the neighborhoods under the highest risk of earthquake came to the forefront as the priority areas for the earthquake risk reduction studies and interventions. In order to reduce the amount of earthquake damages that may occur, prioritization between the neighborhoods for earthquake risk mitigation studies has to be done and prevention of urban planning and settlement patterns that are increasing the existing earthquake risks is needed. Yet, in order to attain the desired levels of success from earthquake risk reduction studies, it is necessary to implement these studies within programs under holistic planning approaches. In this context, the results of this study reveal that GIS-based AHS method can be used for spatial decision making problems regarding earthquake damage risk analysis and risk mitigation interventions involving large numbers of criteria and multiple decision makers.

Key Words: GIS, AHP, Earthquake, Earthquake damage risk

1. GİRİŞ

Volkan patlamaları, levha hareketleri, yer kabuğu altındaki boşlukların çökmesi gibi jeolojik tehlikelerin meydana gelmesi sonucunda oluşan depremler (Atabey, 2000), fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara neden olan, normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplumları etkileyen doğal bir afet türüdür (Ergünay, 1998). Afet ve afet riski kavramları, tehlike, tehlikeye maruz değerler ve zarar görebilirlik kavramları ile ilişkili olarak açıklanabilmektedir. Risk = Tehlike × Tehlikeye Maruz Değerler × Zarar Görebilirlik şeklinde formüle edilen tehlike, risk ve zarar görebilirlik ilişkisi (Asya Afet Azaltma Merkezi, 2005), tehlike ve zarar görebilirliğin var olduğu her durumun bir risk oluşturduğunu ifade etmektedir. Buna ek olarak formüle göre, afet etkilerinin ve afet riskinin azalmasının zarar görebilirlik ve/veya olası tehlikelerin azaltılmasına bağlı olduğunu söylemek mümkündür.

Ekonomik aktivitelerin, gayrimenkullerin ve nüfusun yoğunlaştığı alanlar olarak kentlerin, çok sayıda ve türde tehlikeye maruz değere ve doğal afetlere karşı yüksek zarar görebilme olasılığına sahip olduğu söylenebilir (Montoya, 2003). Kentlerde zarar görebilme olasılığına neden olan faktörleri, doğal tehlikeler ve beşeri etmenler olarak iki temel grupta incelemek mümkündür. Doğal tehlikelerin neden olduğu deprem, heyelan, sel, sıvılaşma, çökme gibi kentin jeolojik, morfolojik, hidrojeolojik, tektonik özelliklerinden kaynaklanan tehlikeler, kentlerde bulunan risk unsurlarının yoğunluğu ve bu unsurların zarar görebilme olasılığını yüksek olması nedeniyle kentin sahip olduğu afet risklerinin artmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak, doğal tehlikelerden kaynaklanan risklerin kentlerde yüksek olmasının ve risklerin artışının temel nedeni, sanayi toplumundan risk toplumuna dönüşüm sürecindeki beşeri eylemleri ise kentlerde zarar görebilme olasılığını arttıran ikinci grup etmenler olarak tanımlamak mümkündür (Balaban, 2009; Tüdeş, 2011). Kentlerdeki risk artışının kaynakları arasında yer alan beşeri eylemler arasında, kentsel afet riskinin artmasına neden olan en önemli öge, plansız gelişme ve standartları karşılamayan kentsel yapılaşmadır. Başka bir ifadeyle, kentlerin hızlı nüfus artışından kaynaklanan barınma sorunları sonucunda, plansız kentsel gelişme, yapı standartlarını karşılamayan yapılaşma, yoğun yapılaşma, nüfus yığılması, uygun olmayan arazi kullanım planlaması gibi yeni sorun alanları ortaya çıkmaktadır. Bu durum, kentsel nüfusun zarar görebilirliğini ve kentsel afet riskini arttırmaktadır (Rimal, Baral, Stork, Paudyal, and Rijal, 2015; Genç, 2007). Kentlerde beşeri sistemden kaynaklanan deprem risklerini, yerleşme düzeni, yapılaşma şekli ve niteliği, ulaşım sistemi ve kentsel teknik altyapı, kentsel arazi kullanımı gibi yapılaşmaya ilişkin fiziki yapı kaynaklı riskler, planlama, yasal, kurumsal ve politik yapıdan kaynaklanan riskler, sosyo- ekonomik yapı kaynaklı riskler, demografik yapıdan kaynaklanan riskler, psikolojik ve kültürel yapı kaynaklı risklerin tümü olarak tanımlamak mümkündür. Tüm bu riskler, kentlerde bulunan risk unsurlarının yüksek zarar görebilirlik olasılığına sahip olmasına neden olmaktadır.

Riskli bölgelerde, mal ve hizmet varlığı, ekonomik aktivitelerin yoğunluğu, yoğun yapılaşma, yüksek nüfus yoğunluğu, yapılaşma standartları, kaçak ve sağlıksız yapılaşma, ulaşım altyapısının yetersizliği, ulaşımın erişime olanak tanınamaması, yanıcı ve patlayıcı madde üreten depolayan tesislerin yerleşim alanları içerisinde kalması, yanlış yer seçimi ve yanlış arazi kullanımı uygulamaları gibi fiziksel, yasal, kurumsal, teknik, politik, sosyo-ekonomik yapıdan kaynaklanan kapasite yetersizliği faktörleri, kent planlama ve yapılaşmadan kaynaklanan risk etmenleri olarak tanımlanabilir (Local Governments for Sustainability e. V. IICLEI, 2012; United Nations International Strategy for Disaster Reduction UNISDR, 2010).

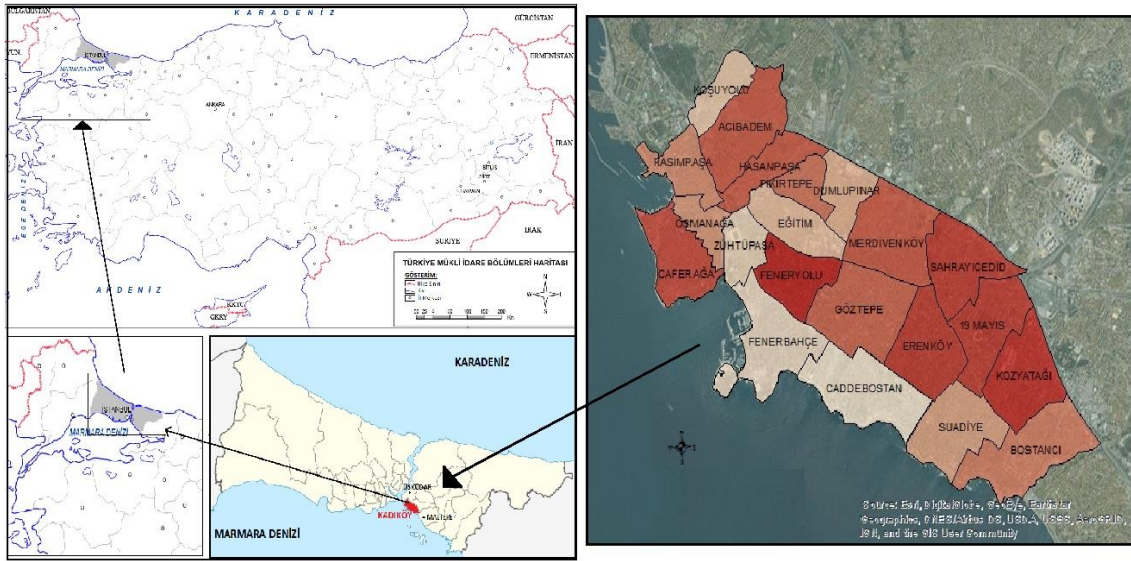
Türkiye'nin "aktif fay hatları üzerinde yer alması özellikle deprem afetinin görülme sıklığını artırmakta, her yıl çeşitli büyüklüklerde meydana gelen depremler can ve mal kaybına neden olmaktadır" (Özkazanç, 2015). Türkiye'de meydana gelen depremler sonucunda yaşanan kayıpların temel nedenlerinin nüfus yoğunluğu, yanlış arazi kullanım kararları ve plansız yapılaşmadan kaynaklanan risk etmenlerine bağlı olduğu bilinmektedir (Sönmez, 2011). Bu bağlamda, kentsel nüfusun ve kentleşme oranlarının hızla artması, kent merkezlerinin yapılaşma baskısı altına girerek aşırı yapılaşması, bu alanlarda mevcut kentsel altyapının yetersiz kalması, ulaşım alt yapısının erişim olanağı tanımayan bir hale gelmesi, konut talebinin kaçak yapı ve gecekondu gibi standartları karşılamayan konut alanlarının yapılaşması, plansız bir kentsel gelişmenin sonucu olarak jeolojik açıdan sakinlik alanlarda yapılaşma gibi etmenler, özetle belirli standartları karşılamayan altyapı ve üst yapı sistemleri kentlerde deprem riskini arttırmaktadır. Sonuç olarak, bu etmenlere bağlı olarak deprem riskinin artması kentsel alanlardaki unsurların tümünün zarar görebilme olasılığının artmasına neden olmaktadır. Ancak, depremin meydana getireceği olası kayıplar ve zararlar, risk azaltma müdahalelerinin etkili bir şekilde uygulanması sonucunda azaltılabilir. Bu kapsamda, risk azaltma önlemlerinin kapsam ve uygulama etapları ile bu müdahalelere ilişkin uygulama biçimleri ve süreçlerinin tanımlanması amacıyla öncelikli olarak kent planlama ve yapılaşma özelliklerinden kaynaklanan risklerin analiz edilmesi gerekmektedir. (Yavaşoğlu, 2017)

Deprem tehlike ve risklerinin belirlenmesi ve haritalandırılması, ilgili risk azaltma çalışmalarının yapılması ve risk kontrolünün sağlanması için zorunlu bir uygulama aracı olarak kabul edilmektedir. Rimal ve arkadaşları (2015) tarafından, çoklu risk sektörlerinin tanımlanması ve değerlendirilmesi, belirtilen uzay- zamansal çevrede çeşitli afet türlerinin meydana gelme olasılığının ve potansiyel zarar tahmininin belirlenmesi işlemi olarak tanımlanan risk analizi, çok sayıda kriterin birlikte değerlendirilmesinin gerektiği ve farklı çok sayıda uzmanlık alanından karar vericinin dahil olduğu olduğu mekânsal karar verme problemlerinden biri olduğunu söylemek mümkündür (Malczewski, 1999; 2006). Çok sayıdaki değişkenin ve bu değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesi ve analiz edilmesi temeline dayanan planlama ve risk yönetimi çalışmaları kapsamında CBS tabanlı ÇKKV yöntemleri içerisinde AHS yönteminin yaygın bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir (Özşahin, 2014). Saaty tarafından geliştirilen analitik hiyerarşi süreci (AHS), öncelikle karar verme probleminin belirlenmesi kapsamında amaçların ve alt amaçların iç içe katmanlar halinde bir hiyerarşi temelinde tanımlanması, bu tanımlamaya uygun olarak hedef ve öz nitelikler için, ikili karşılaştırma matrisi oluşturularak karar vericiler tarafından ağırlıklandırılması yapılması ve ağırlıkların tutarlılığının test edilmesi amacıyla tutarlılık oranlarının tespit edilerek tutarlılık indeksi sonucuna göre alternatifler içerisinde en iyi kararın belirlenmesi temeline dayanan karar verme problemlerinde çok sık kullanılan, alternatifleri sıralamaya dayanan bir ÇKKV yöntemidir (Saaty, 2008).

Bu çalışmada, İstanbul, Kadıköy örnekleme için kent planlama ve yapılaşma özelliklerinden kaynaklanan deprem hasar risklerinin CBS tabanlı AHS yöntemi kullanılarak analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, kent planlama ve yapılaşma değerlendirme alt kriterleri olarak nüfus yoğunluğu, yapı kalitesi, yapı kat sayısı ve ana ulaşım arterlerine olan mesafe özellikleri ele alınarak Kadıköy ilçesinin deprem hasar risk haritası oluşturulmuş ve ilçe sınırı içerisinde bulunan mahallelerin deprem açısından hassasiyetleri belirlenmiştir.

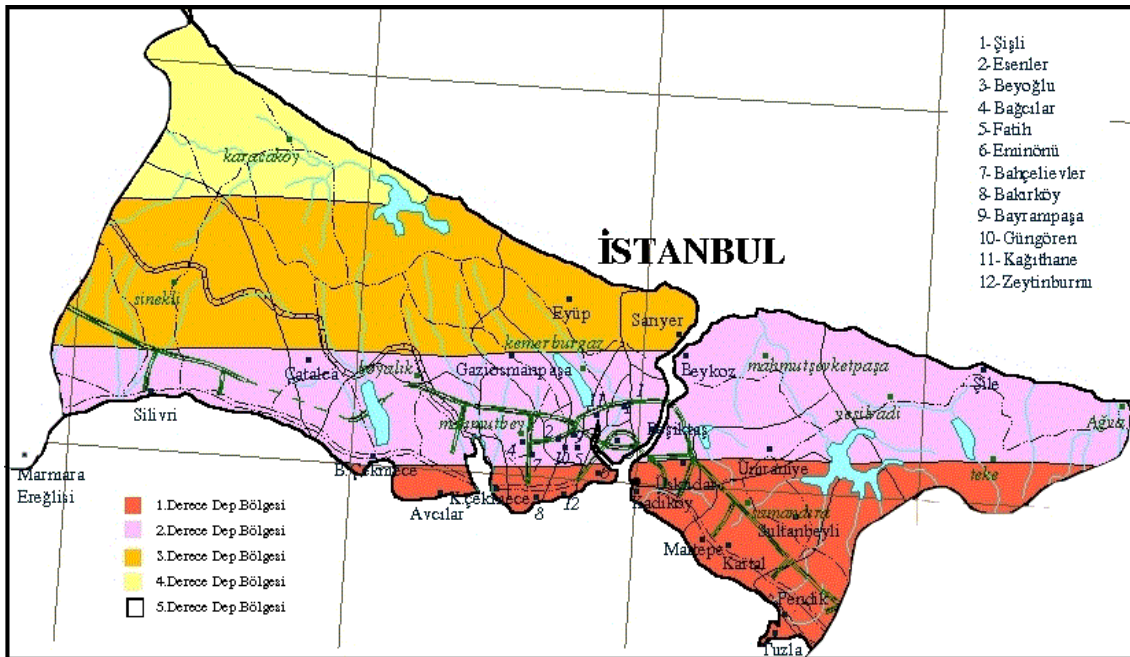
2. ÇALIŞMA ALANININ ÖZELLİKLERİ

Araştırmanın örnekleme alanı, Türkiye'nin kuzeybatı kesiminde, Marmara Bölgesi'nde bulunan İstanbul il idari sınırlarına içerisinde yer alan Kadıköy ilçesidir. 40°57' ve 41° 0' kuzey enlemleri ile 29° 0' ve 29° 6' doğu boylamları arasında yer alan Kadıköy ilçesinin; doğusunda Maltepe ilçesi, kuzeyinde Üsküdar İlçesi, güneyinde ise Marmara Denizi bulunmaktadır. TÜİK 2016 ADNKS verilerine göre Kadıköy ilçe nüfusu 452302 kişi ve ilçe yüz ölçümü 25,09 kilometrekaredir. İlçe sınırları içerisinde 21 mahalle yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Kadıköy'ün Marmara Bölgesi ve Türkiye içerisindeki yeri

Marmara Bölgesi'nin deprem riskini oluşturan temel olarak Kuzey Anadolu Fay Hattı'dır. Marmara bölgesinde meydana gelen depremlerle ilgili kayıtlara bakıldığında, KAF'ın Marmara Denizi içinden geçen kuzey kolunda, İstanbul yakınındaki segmentlerinin kırılması sonucu meydana gelen depremlerin İstanbul'da neden oldukları çok fazla kayıpların yaşanmasına neden olduğu bilinmektedir (Sezer, 2003; Kundak ve Türkoğlu, 2007; Gündoğdu, Işık, Koç, 2012). İçerisinde bulunduğu bölgenin depremselliğine bağlı olarak Kadıköy'ün depremsellik açısından yüksek risk altında olduğu bilinmektedir. İlçenin tümü Bayındırlık ve İskân Bakanlığının "Türkiye



Deprem Bölgeleri" çalışmasına göre 1. Derece deprem bölgesi olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2).

Şekil 2. İstanbul ili Deprem Bölgeleri (1996 yılında Bayındırlık ve İskân Bakanlığının hazırlamış olduğu Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası üzerinden düzenlenmiştir)

Çalışma alanının, aktif faylara olan yakınlığı, 1. derece deprem bölgesi içerisinde yer alması gibi doğal tehlikelerden kaynaklanan deprem risklerinin, yüksek nüfus yoğunluğu ve kentleşme yapısı gibi beşeri etmenler nedeniyle daha çok arttığı sonucuna ulaşılmaktadır.

3. METOT

Çalışmanın amacına uygun olarak, mekânsal karar verme problemlerinde en iyi alternatifin tespiti amacıyla literatürde sıklıkla başvurulan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan analitik hiyerarşi süreci tercih edilmiştir (Malczewski, 1999). Bu kapsamda CBS ortamında AHS yöntemi ile gerçekleştirilecek deprem risk analizi için öncelikli olarak değerlendirme kriterleri belirlenerek kriter haritaları elde edilmiştir. Bunu takiben değerlendirme kriterlerinin önem dereceleri belirlenmiş ve önem ağırlıkları hesaplanarak analiz gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada değerlendirme kriterlerine ait mekânsal veriler, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB)'den alınan 1/5 000 ölçekli haritalar kullanılarak oluşturulmuştur. Farklı yazılım programlarında hazırlanmış olan bu veriler, ArcMap 10.5'te görüntülenebilir ve işlenebilir hale getirilmiştir. Kadıköy çalışma alanını kapsayacak şekilde daraltılan değerlendirme kriter haritaları, Central Meridian değeri 30, Scale Factor değeri 1 olmak üzere WGS_1984_UTM_Zone_35N projeksiyon sistemi tanımlanarak analize hazır hale getirilmiştir. Kent planlama ve yapılaşma özelliklerini tanımlayan değerlendirme kriterleri, uluslararası ve ulusal kaynaklardan elde edilen verilerin saptanması ve sınıflandırılması sonucunda belirlenmiştir. Bu çalışmada değerlendirmeye alınan kriterler elde bulunan verilerden kaynaklanan kısıtlar nedeniyle nüfus yoğunluğu, yapı kalitesi, yapı kat sayısı ve ana ulaşım arterlerine olan mesafe olarak belirlenmiştir. Bu değerlendirme kriterlerine ait haritaların oluşturulmasında çeşitli veri türlerinden faydalanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1 Analiz sürecinde kullanılan verilere ait temel bilgiler

<i>Veri Adı</i>	<i>Yılı</i>	<i>Ölçeği</i>	<i>Veri tipi</i>	<i>İçeriği</i>	<i>Yapılan Düzenlemeler</i>	<i>Alınan kurum</i>
<i>Ulaşım altyapısı</i>	2004	1/5000	<i>Sayısal NCZ</i>	<i>Karayolu, raylı sistem</i>	<i>Sayısallaştırma</i>	<i>İBB</i>
<i>Yapı kalite durumu</i>	2004	1/5000	<i>Sayısal NCZ</i>	<i>Yapı kalite durumu</i>	<i>Sayısallaştırma</i>	<i>İBB</i>
<i>Yapı kat sayısı</i>	2004	1/5000	<i>Sayısal NCZ</i>	<i>Yapı kat sayıları</i>	<i>Sayısallaştırma</i>	<i>İBB</i>
<i>Nüfus</i>	2016	-	<i>Office Excel</i>	<i>Mahalle nüfusları</i>	<i>GIS üzerinde mekânsallaştırma</i>	<i>TÜİK</i>

Çalışmanın amacına bağlı olarak mekânsal karar verme problemleri kapsamında CBS tabanlı çok kriterli karar verme yöntemleri içerisinde en sık kullanılan yöntemlerden biri olan AHS'den (Malczewski, 1999) yararlanılmıştır. Çalışmanın AHS kapsamında ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulması aşamasında kent planlama ve yapılaşma kriterleri çerçevesinde; uzman görüşlerinden faydalanılmıştır. Çalışma dâhilinde yapılan ÇKKV sürecinin gereği olan karar vericilerin değer yargılarına göre nitel verileri nicel verilere dönüştürülmesi kapsamında uzmanlardan değerlendirme kriterlerinin alt kriterlerini önem derecesine göre puanlandırmaları talep edilmiştir. Sonuç olarak, alt katman değerlendirme kriterleri için, buldukları temel kategori kapsamında 1-5 puan aralığında ağırlıklı puanlandırma yapılarak değerlendirme kriter haritaları elde edilmiştir. Çalışma kapsamındaki tüm alt değerlendirme kriterleri uzman görüşleri göz önünde bulundurularak Saaty (1994) tarafından ortaya koyulan önem ölçeğine göre kıyaslanarak 1 ile 9 puan aralığında derecelendirilmiştir (Tablo 2). Bu derecelendirmeye uygun olarak değerlendirme kriterlerinin yüzde önem ağırlıkları hesaplanmıştır.

Tablo 2 Kent planlama ve yapılaşma kriterleri AHS önem sıralaması ve önem ağırlıkları

	<i>Nüfus Yoğunluğu</i>	<i>Yapı Kalitesi</i>	<i>Yapı Kat Sayısı</i>	<i>Ulaşım arterlerine mesafe</i>	<i>Ağırlıklar</i>
<i>Nüfus Yoğunluğu</i>	1	2	3	9	0,512678756

<i>Yapı Kalitesi</i>	<i>0,50</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>0,268723279</i>
<i>Yapı Kat Sayısı</i>	<i>0,3333</i>	<i>0,50</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>0,159781807</i>
<i>Ulaşım arterlerine mesafe</i>	<i>0,1111</i>	<i>0,25</i>	<i>0,3333</i>	<i>1</i>	<i>0,058816158</i>

Değerlendirme kriterlerine ait önem dereceleri ve ağırlıklarının gösterildiği Tablo 2'ye göre, nüfus yoğunluğu kriterinin tüm kriterler içerisindeki önem ağırlığı %51, yapı kalitesinin önem ağırlığı %27, yapı kat adedinin önem ağırlığı %16 ve son olarak ana ulaşım arterlerine olan mesafe kriterinin önem ağırlığı ise %6 olarak hesaplanmıştır. Bu matematiksel hesaplamalara göre, AHS analizi tutarlılık indeksinin, CI =0,06 olarak hesaplanması sonucunda tutarlılığın geçerli olduğu tespit edilmiştir. Yöntemin son aşamasında elde edilen ağırlık değerleri CBS ortamında raster veri formatındaki değerlendirme kriter haritalarına işlenerek Kadıköy ilçesi deprem hasar riski haritası elde edilmiştir. Kent planlama ve yapılaşma kriterlerinin değerlendirildiği deprem hasar riski analizine göre çalışma alanında yüksek, orta ve düşük riskli olmak üzere üç seviye risk sınıflandırması elde edilmiştir (Şekil 3).

4. BULGULAR

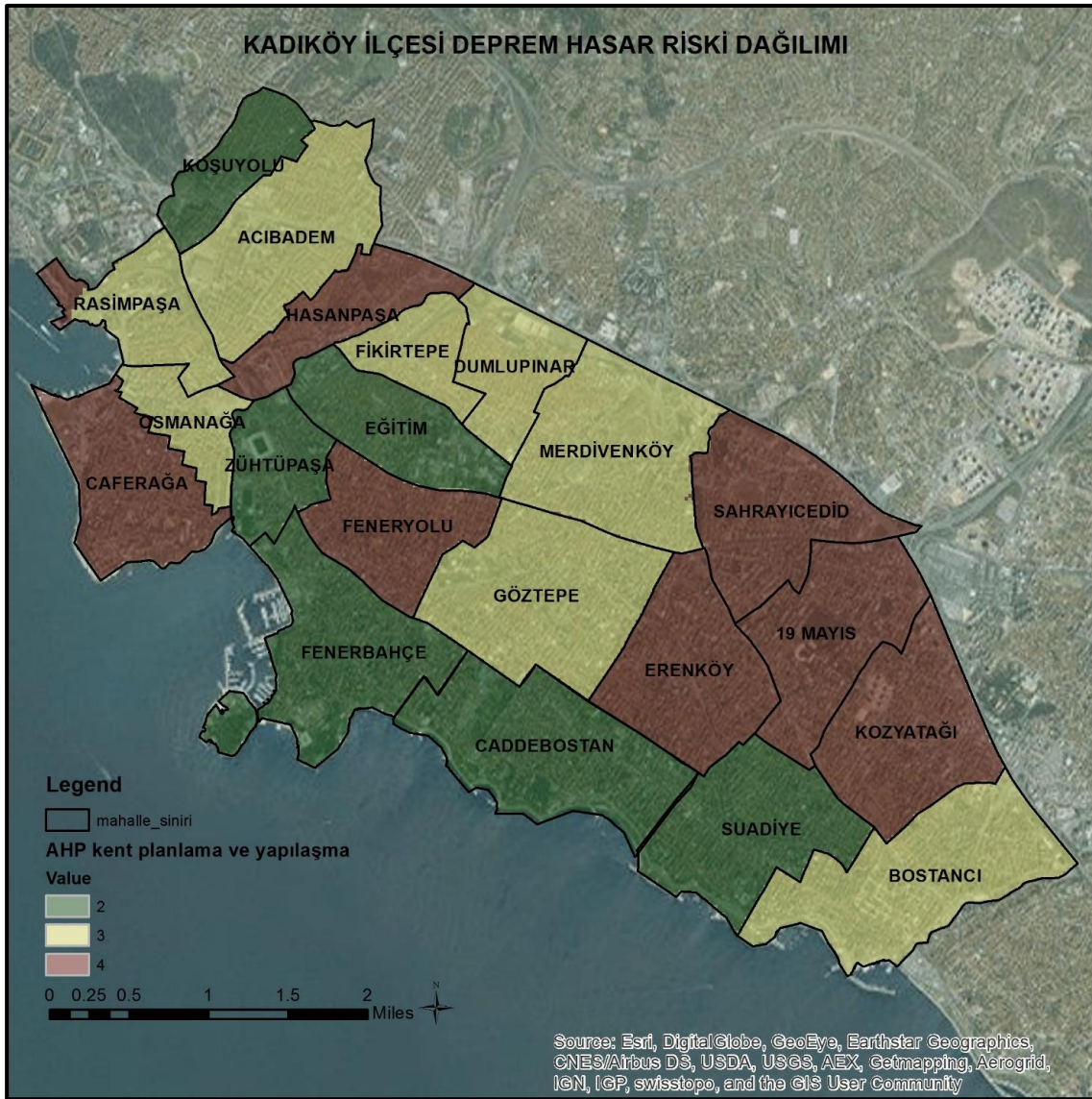
Kentleşme ve yapılaşma gibi beşeri sistemin neden olduğu deprem riski kaynakları, zarar görebilirme olasılığını etkilemektedir. Kent planlama ve yapılaşma özelliklerine bağlı olarak hasar görebilme olasılığını ve deprem riskini arttıran önemli etmenlerden biri, yapılaşma standartları ve yapı kalitesidir. Tudes (2012)'e göre, yapı stoğuna ait yapı kalitesinin tespit edilmesi ve yapı kalitesi, yapı kat sayısı, yapı cinsi gibi özellikler çerçevesinde zemin özellikleri ile yapı etkileşiminin ortaya çıkarılması risk azaltma önlemlerinin türünü ve risk azaltma yaklaşımının tanımlanmasına olanak sağlamaktadır. Bu çerçevede tanımlanarak uygulanan risk azaltma önlemleri deprem risklerinin azaltılması konusunda beklenen başarının sağlanması açısından oldukça önemlidir.

Hızla artmaya devam eden yüksek kentleşme oranları, kentsel risklerden zarar görme olasılığı en fazla olan risk unsurunun, gün geçtikçe artmakta ve mekânsal olarak yığılma eğilimi gösteren kentsel nüfus olduğunu ortaya koymaktadır (Pelling, 2003; Anhorn and Khazai, 2015; Pantuliano, Metcalfe, Haysom, and Davey, 2012; Alcántara-Ayala, 2002; Anhorn, Lennartz, and Nüsser, 2015; Blaikie vd., 2014). Nüfusun mekânsal olarak yoğunlaşması, kentleşme yapısına bağlı olarak zarar görebilirlik olasılığını ve afet riskini arttıran önemli özelliklerden biridir (Wisner, Blaikie, Cannon, and Davis, 2003). Bu bağlamda, yerleşim yerinin nüfus yoğunluğu, olası bir depremde risk unsuru olarak zarar görebilecek nüfusun büyüklüğünü ortaya koymaktadır. Bu durum, kent planlama ve yapılaşma özelliklerinden kaynaklanan deprem riskini arttıran etmenlerinden bir diğerinin, yüksek kentleşme oranlarına bağlı olarak yüksek nüfus yoğunluğu ve kentsel yığılmalar olduğunu ortaya koymaktadır. Nüfus yoğunluğunun mekânsal olarak dağılımının kontrol altında tutulması, başka bir ifadeyle afetten olumsuz etkilenebilecek nüfusun riskli alanlarda mekânsal olarak yığılmasının önlenmesi afet risklerinin azaltılmasına olanak tanımaktadır.

Ana ulaşım altyapısı, olası bir depremin neden olacağı risklerin azaltılması kapsamında önemli kentsel teknik altyapı kriteridir. Afet gibi alan tahliyesinin gerektiği veya acil müdahale gerektiren durumlarda ulaşım ana arterlerine yakınlık, erişilebilirlik açısından avantaj sağlayan bir özelliktir. Bu bağlamda, bir yerleşim yerinin ulaşım arterlerine yakın olması, afet durumunda acil müdahale ve tahliye olanaklarının daha iyi olması nedeniyle görece daha az risk düzeyine sahip olduğunu söylemek mümkündür. Bu kapsamda, ulaşım sistemlerinin acil yardım gerektiren durumlarda erişimin sağlanabilmesi amacıyla kentsel risklerin yüksek olduğu alanlara yakın ve alternatifli rota tanımlanmasına olanak sağlayan biçimde kurgulanması afet risklerinin azaltılması açısından önemlidir (Tudes, 2012).

4.2. Deprem Hasar Riski Dağılımı

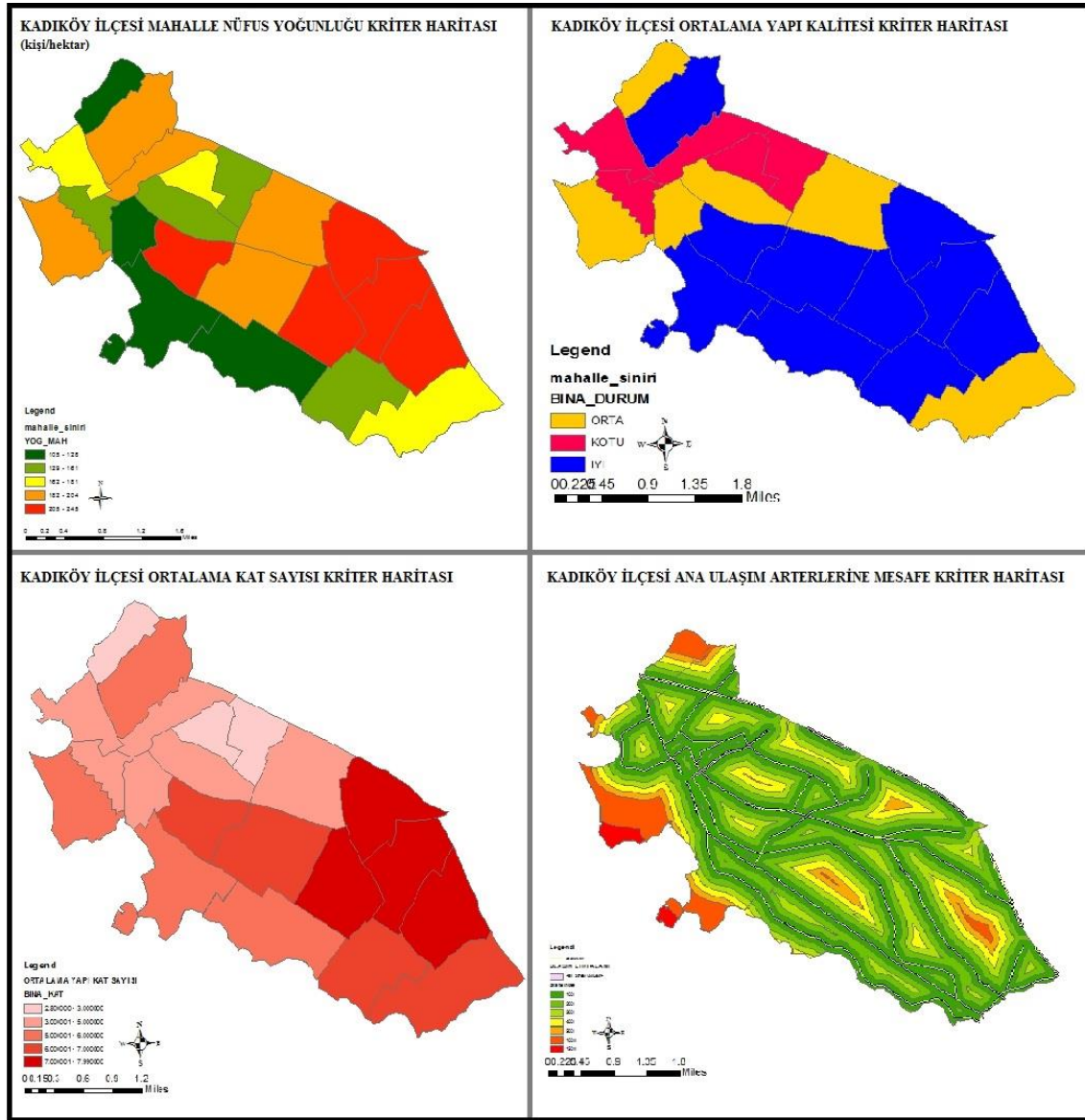
Çalışma kapsamında CBS tabanlı AHS yöntemine göre Kadıköy ilçesi için mahalle bazında yapılan deprem hasar riski analizi sonucunda örneklem alanında bulunan toplam 21 mahallenin 7'si yüksek seviyede, 8'i orta seviyede ve 6'sı düşük seviyede deprem riski altında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Çalışma alanında deprem hasar riski dağılımı

AHS analizi sonuçlarına göre, 4 puan aralığında bulunan Caferaga, Hasanpasa, Feneryolu, Erenköy, Sahrayıcedid, 19 Mayıs ve Kozyatağı mahalleleri çalışma alanındaki en yüksek seviye riskli alanlar olduğu sonucu elde edilmiştir. Rasimpaşa mahallesinin batı kesimi 4 puan ile en yüksek riske sahip olan alanlar içerisinde yer almasına karşın, mahallenin geri kalanı 3 puan ile orta derece riskli bulunan alanlar içerisinde yer almaktadır. 2 puan aralığında bulunan düşük seviye riskli bulunan alanlar ise, Koşuyolu, Eğitim, Zühtüpaşa, Fenerbahçe, Caddebostan ve Suadiye mahalleleridir.

Tespit edilen risk seviyeleri, her bir değerlendirme kriteri haritasının önem değeri oranında analiz sonuçlarına yansımaya bağlıdır (Şekil 4). Bu açıklamaya göre, yüksek seviye riskli tespit edilen alanların temel nedenleri analize girdi oluşturan kriterlere göre açıklanabilmektedir. Caferaga Mahallesi, yapı kalitesi ve ortalama kat yüksekliği (5-6) olmak üzere çalışma alanında tespit edilen değerlere göre orta seviyede riskli statüde bulunmaktadır. Ancak mahallenin çalışma alanı içerisinde ana ulaşım arterlerine mesafe kriterine göre en fazla dezavantaja sahip olan alanlar içerisinde yer alması ve nüfus yoğunluğu ortalamalarına göre 182-204 kişi/hektar ile yüksek yoğunluğuna sahip alanlardan biri olması, AHS analiz sonuçlarına göre, yüksek risk seviyesi tespit edilen alanlardan birisi olmasına neden olmuştur.



Şekil 4.

AHS analizinde kullanılan kriter haritaları

Hasanpaşa Mahallesi, ulaşım ana arterlerine mesafe kriterine göre avantajlı ve ortalama yapı kat sayısı kriterine göre 3-5 aralığı ile düşük riske sahip alan olarak tanımlanabilse de, çalışma alanı içerisinde yer alan mahallelere kıyasla kötü yapı kalitesi ve yüksek nüfus yoğunluğu ortalamasına (182-204 kişi/ha) sahip olması nedeni ile analiz sonuçlarına göre yüksek seviyede riskli bulunan alanlar arasında yer almıştır.

Feneryolu Mahallesi, ulaşım ana arterlerine avantajlı sayılan mesafede bulunması ve iyi yapı kalitesi ortalaması nedeniyle risk taşımamasına karşın, 205-249 kişi/ha ile çok yüksek nüfus yoğunluğuna ve 6-7 kat adedi ile yüksek kat sayısı kategorisinde bulunması yüksek riskli bulunmuştur. Ortalama yapı kalitesi ve nüfus yoğunluğu kriterlerine göre benzer değerlere sahip olan Erenköy, Sahrayıcedid ve 19 Mayıs mahallesinin yüksek riskli tespit edilmesinin temel nedenleri ise, ortalama yapı kat yüksekliğinin çok yüksek ve ulaşım arterlerine mesafe kriterlerine göre, mahalle sınırları içerisinde görece dezavantaja sahip alanların olmasıdır.

Rasimpaşa, Osmanağa, Fikirtepe ve Dumlupınar mahalleleri analiz sonuçlarına göre orta seviyede risk altındadır. Ancak bu mahallelerin tümünde, ortalama bina durumu kötü olarak tespit edilmiştir. Bu durum, analize girdi oluşturan diğer değerlendirme kriterlerine göre orta düzeyde bulunmaları nedeniyle risk seviyesi açısından orta seviyede bulunan alanlar olarak tespit edilmelerine neden olmuştur. Ancak yapı kalitesi açısından yüksek risk altında olduklarını söylemek gerekmektedir. Nitekim depremlerde meydana gelen kayıpların daha çok yapı kalitesi ve sağlam-gevşek zemin özelliklerine göre farklılaştığı bilinmektedir.

Yüksek nüfus yoğunluğuna (182-204 kişi/ha) ve yüksek kat sayısına sahip olmalarına rağmen Acıbadem ve Göztepe mahallelerinde orta seviye risk tespit edilmesinin temel nedeni ortalama yapı kalitesinin iyi, ulaşım açısından avantajlı olmasıdır. Caddebostan, Suadiye ve Fenerbahçe mahallelerinin analiz sonuçlarına göre düşük risk tespit edilmesinin temel nedenleri ise, nüfus yoğunluğunun düşük, yapı kalitesinin iyi, ve ulaşım olanaklarının görece iyi olmasıdır.

Mahallelerin yüksek riskli tespit edilme nedenleri değerlendirme kriterleri çerçevesinde risk kaynaklarına bağlı olarak açıklanabilmektedir. Bu durum, her bir mahalle için risk oluşturan öncelikli müdahale türünün belirlenebilmesi açısından önemlidir. Ancak değerlendirme kriterlerinin bütüncül bir yaklaşımla değerlendirildiği analize göre, yüksek seviye riskli tespit edilen alanların öncelikli olarak müdahale edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Değerlendirme kriterlerine göre benzer özelliklere bağlı olarak riskli alanların bütüncül bir yaklaşımla ele alınarak risk azaltma müdahalelerinin programlanması ve uygulanması bu alanlarda yeni risklerin ortaya çıkmasını önlemek açısından önemlidir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Depremlerin meydana geldiği yerin, meydana gelme zamanının ve büyüklüğünün belirsiz olması nedeniyle çok fazla kriterin değerlendirildiği deprem hasar riski analizleri mevcut risklerin saptanması ve risk azaltma çalışmalarının belirlenerek uygulanması kapsamında önemli bir karar verme aracı olarak değerlendirilmektedir (Uzunçibuk, 2005).

Çalışma kapsamında kent planlama ve yapılaşma kriterlerinin mahalle bazında değerlendirildiği deprem hasar riski analizi, CBS tabanlı analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile değerlendirme kriterleri çerçevesinde bir modelleme yapılmış ve analiz süreci sonucunda çalışma alanı için deprem göreceli risk tespiti yapılmıştır. Elde edilen deprem göreceli risk analizi ile yapılan uygulamalar arasındaki tutarlılıklar, CBS teknikleri ile çok kriterli karar verme yöntemlerinin mekânsal karar verme problemlerinde tutarlı sonuçlar elde edilmesi nedeniyle risk analizi ve planlama çalışmalarında sıklıkla tercih edildiği sonucuna varılmıştır.

Çalışma sonucunda Kadıköy ilçesinin genel olarak yüksek seviye deprem riski altında olduğu saptanmıştır. Marmara bölgesinin 1. derece deprem bölgesi içerisinde yer alması, yakın bir gelecekte bu bölgede 7 büyüklüğünde bir depremin bekleniyor olması, bölgede meydana gelecek bir depremin ülkenin nüfus yoğunluğu ve sanayileşme oranı en fazla olan İstanbul'da neden olabileceği kayıpların boyutları düşünüldüğünde, tespit edilen deprem hasar riski seviyeleri dikkate alınarak öncelikli risk azaltma müdahalelerinin yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır (Yavuz, 1013; Sezer, 2003; Kundak ve Türkoğlu, 2007).

Çalışmanın sonuçlarına göre, Marmara bölgesinde meydana gelebilecek depremin neden olabileceği zararlarının azaltılması için kent planlama ve yapılaşmadan kaynaklanan mevcut deprem risklerinin azaltılması gerekmektedir. Bu kapsamda mevcut yapılaşmadan kaynaklanan risklerin azaltılması için yapılacak müdahalelerin risk düzeylerine göre programlanması ve öncelikli uygulama alanlarının belirlenerek bir plan dahilinde yürütülmesi risk azaltma çalışmalarından beklenen başarının sağlanması için zorunluluk arz etmektedir. Çalışmanın CBS tabanlı AHS modelleme uygulaması olması, mahallelerin risk düzeylerinin karşılaştırılarak mahallelere göre müdahale türlerinin belirlenmesine olanak sağlayıp sağlamadığının incelenmesi amaçlarına uygun olarak kullanılan verilerin analize olanak tanıdığı sonucuna ulaşılmaktadır. Ancak deprem riski gibi ayrıntılı analiz gerektiren çalışmalarda parsel bazında jeoteknik etüdlerin ve yapı bazında ayrıntılı verilerin kullanılmasının gerçeğe en yakın sonuçların elde edilmesi açısından önemli ve gerekli olduğunu belirtmek gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Alcántara-Ayala, I. (2002). Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology*, 47(2), 107-124.
- Anhorn, J., Khazai, B. (2015). Open space suitability analysis for emergency shelter after an earthquake. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(4), 789-803.
- Anhorn, J., Lennartz, T., and Nüsser, M. (2015). Rapid urban growth and earthquake risk in Musikot, mid-western hills, Nepal. *Erdkunde*, 307-325.
- Asian Disaster Reduction Centre [ADRC]. (2005). *Total disaster risk management, good practise*. Kobe, Japan:

- ADCR., 3-15.
- Atabey, E. (2000). *Deprem*. (Birinci baskı). Ankara: Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, 11-51.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., and Wisner, B. (2014). *At risk: Edition natural hazards, people's vulnerability and disasters*. (Second edition). United States of America: Routledge, 49-82, 274-310
- Balaban, M. Ş. (2009). *Risk society and planning: the case of flood disaster management in Turkish cities*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ergünay, O. (1998). Acil yardım planlama ve afet yönetimi. *Ankara: Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü*.
- Genç, F. N. (2007). *Türkiye'de kentleşme ve doğal afet riskleri ile ilişkisi*. TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 349-358. Ankara.
- Gündoğdu, O., Işık, Ö. ve Koç, S. (2012). Marmara ve çevresinde deprem tehlikesi. *Okmeydanı Tıp Dergisi*, 28 (2), 71-81.
- Kundak, S., Türkoğlu, H. (2007). İstanbul'da deprem riski analizi. *İTÜ A Mimarlık, Planlama, Tasarım Dergisi*, 6(2), 37-46.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. (First edition). New York: John Wiley & Sons, 82, 84, 87-88, 96-97, 199.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703-726.
- Özkazanç, S. (2014). *Sosyal, mekânsal ve ekonomik boyutlarıyla afetlerde konutları*. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı Bildiri Kitabı, İzmir.
- Özşahin, E. (2014). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve analitik hiyerarşi süreci (AHS) kullanılarak Antakya (Hatay) şehrinde kütle hareketleri duyarlılığının değerlendirilmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 23(2). 19-35.
- Saaty, T. L. (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, 24, 19-43.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.
- Montoya, L. (2003). Geo-data acquisition through mobile GIS and digital video: an urban disaster management perspective. *Environmental Modelling & Software*, 18(10), 869-876.
- Pantuliano, S., Metcalfe, V., Haysom, S., and Davey, E. (2012). Urban vulnerability and displacement: a review of current issues. *Disasters*, 36(1). Pelling, M. (2003). *The vulnerability of cities: natural disasters and social resilience*. (First edition). United States of America: Earthscan, 3-90.
- Rimal, B., Baral, H., Stork, N. E., Paudyal, K., and Rijal, S. (2015). Growing city and rapid land use transition: assessing multiple hazards and risks in the Pokhara Valley, Nepal. *Land*, 4(4), 957-978.
- Sezer, L. İ. (2003). Marmara Bölgesi'nde deprem aktivitesi ve risk. *Ege Coğrafya Dergisi*, 12(1), 29-38.
- Sönmez, M. E. (2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Deprem Hasar Riski Analizi: Zeytinburnu (İstanbul) Örneği, *Türk Coğrafya Dergisi*, 56, 11-22.
- Tudes, S. (2012). Correlation Between Geology, Earthquake and Urban Planning. Sebastiano D'Amico, (editor). In *Earthquake Research and Analysis - Statistical Studies. Observations and Planning*. (First edition). China: InTech. 417-434
- Tüdeş, Ş. (2011). Planlamada Jeolojik Eşiklerin Değerlendirilmesine İlişkin Analitik Bir Model Önerisi-Portsmouth (İngiltere) Örneği. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(2).
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction, [UNISDR]. (2010). Mayor, B. A. C. Making cities resilience—my city is getting ready campaign. *Letter to Deputy Director of UNISDR*. France: UNISDR.
- Uzunçibuk, L. (2005). Yerleşim yerlerinde afet ve risk yönetimi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., and Davis, I. (2003). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. (First edition). United States of America: Routledge. 5-130.
- Yavaşoğlu, F. (2017). *Afet riski altındaki alanların dönüştürülmesi kanunu kapsamında yapılan uygulamaların değeriendirilmesi: İstanbul Kadıköy örneği*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yavuz, K. B. (2013). *Deprem duyarlı planlamada coğrafi bilgi sistemleri odaklı çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulanması: Yalova kent merkezi örneği*. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.