



Depreme dirençli kentler: Bursa ili Yıldırım ilçesi örneği

Resilient cities to earthquakes: The case of Yıldırım district, Bursa province

Büşra ŞENER^a , Anıl AKIN TANRIÖVER^b 

Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bursa, Türkiye.

Sorumlu yazar:

Büşra ŞENER

E-mail:

busra.snr98@gmail.com

Gönderim Tarihi:

06/06/2023

Kabul Tarihi:

30/10/2023

Atf:

Şener, B., Akın Tanrıöver, A. 2023.

Depreme dirençli kentler: Bursa ili Yıldırım

ilçesi örneği. Ağaç ve Orman, 4(2), 47-57.

DOI: 10.59751/agacorman.1310296

Özet

Bu çalışma, kentsel dirençlilik ve afet dirençliliği kavramlarını tanımlamayı ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'ni kullanarak depreme dirençli kentler oluşturmayı amaçlamıştır. Çalışmada kent planlama çalışmalarının CBS ile entegre bir şekilde yürütülmesiyle, deprem ve diğer afetlere karşı dirençli kentler oluşturulmanın ve olası afetlerde meydana gelebilecek kayıpları önlemenin ya da minimum seviyeye indirmenin önemi vurgulanmaktadır. CBS'ye dayalı sistemlerin bu konudaki katkılarını gösterebilmek amacıyla, Bursa'nın ilk yerleşim yerlerinden olan, çok fazla göç alan, birçok fay hattının üzerinde ve yakınında konumlanan ve plansız ve çarpık kentleşme yapısına sahip Yıldırım ilçesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Yıldırım ilçesinin jeolojik, demografik, yapısal ve çevresel özelliklerine göre depreme olan dirençliliği analiz edilerek yüksek ya da düşük dirence sahip bölgeleri tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Dirençlilik, kentsel dirençlilik, deprem dirençliliği, CBS, mekânsal analizler.

Abstract

This study aimed to define the concepts of urban resilience and disaster resilience, and to create earthquake-resistant cities using Geographic Information Systems (GIS). By integrating GIS into urban planning efforts, the importance of creating resilient cities against earthquakes and other disasters to prevent or minimize potential losses in case of emergencies is emphasized. To demonstrate the contributions of GIS-based systems in this regard, the district of Yıldırım, which is one of the earliest settlements in Bursa, experiences significant migration, is located near multiple fault lines, and has an unplanned and haphazard urban structure, was chosen as the study area. The earthquake resilience of Yıldırım district was analyzed based on its geological, demographic, structural, and environmental characteristics, identifying areas with high or low resilience.

Keywords: Resilience, urban resilience, earthquake resilience, GIS, spatial analysis.

1. Giriş

Dünya genelinde kentlere olan talep gün geçtikçe artmaktadır ve dolayısıyla kırsaldan kentlere göçler yaşanmaktadır. Ülkemizde 1950'li yıllar sonrasında sanayi devrimiyle birlikte köylerden kentlere iç göçler başlamıştır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ülkemizin kentsel nüfus oranı, 1950 yılında %25 iken 1985 yılında ilk kez kırsal nüfusu geçerek %53 olmuştur ve 2022 yılında bu oran %94,8'e yükselmiştir. Bu verilerden yola çıkarak kentsel nüfus oranının önümüzdeki yıllarda da artış göstereceği öngörülmektedir. Kentlere olan iç göçün nedenleri olarak hızlı nüfus artışları ve köylerdeki altyapı yetersizlikleri gibi nedenlerin yanında kentlerin sağladığı istihdam, kamusal hizmetlere erişim, rekreasyon imkanları ve refah seviyesi sıralanabilir. Kentsel nüfusun hızla

artması, kentsel alanların genişlemesi ihtiyacını doğurmuştur ve bunun sonucunda kentlerde kontrolsüz ve plansız yapılaşmalar ortaya çıkmıştır. Hızla büyüyen kentlerde zamanla altyapı, konut, ulaşım ve istihdam imkânı gibi ihtiyaçlar artmış ve kentlerde ve yakın çevresinde hava kirliliği, su kirliliği, ekolojik döngünün bozulması, doğal kaynakların azalması ve doğal afetlere karşı savunmasızlık gibi çevresel sorunlar oluşmuştur. Kentlerin bu sorunlara yetersiz kaldığı durumlarda oluşabilecek riskler "kentsel dirençlilik" kavramının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Kentlerin bu olası risklerden olabildiğince minimum düzeyde zarar görmesi için kentsel dirençliliği kent planlamaya entegre eden bütünlük yaklaşım, zorunlu bir ihtiyaçtır ve kentlerin sürdürülebilirliği adına büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada kentsel dirençlilik kavramı, depreme dirençlilik çerçevesinde ele alınarak Bursa ili Yıldırım ilçesinin depreme karşı dirençliliğinin Uzaktan

Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı analizler ile değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

2. Dirençlilik

“Resilience” (dirençlilik) kavramı geçmişten günümüze; hukuktan, siyasete, psikolojiden, toplumsal araştırmalara, mekanikten imalata, antropolojiden ekolojiye, afetten sürdürülebilirliğe kadar birçok disiplinde ve konu başlığında kullanılmıştır (Alexander, 2013; Ergün Konukçu, 2020). "Dirençlilik" terimi, "geçmişe atlamak" anlamına gelen Latince "resilio" kelimesinden türetilen "geçmişe dönüş" anlamına gelir (Manyena, 2006; Brassett ve Vaughan-Williams, 2015; Khalili vd., 2015; Bastaminia vd., 2018). “Resilience” kavramının Türkçe karşılığı olarak “dirençlilik” yerine “dayanıklılık” da kullanılmaktadır. Dayanıklılık, sıklıkla herhangi bir değişime karşı direnme ve ilk duruma geri dönme fikriyle ilişkilendirilir (Mehmoood, 2016). Dirençlilik, herhangi bir sistemin yapısını, işlevlerini ve kimliğini korurken dış değişimlerle başa çıkma kapasitesidir (Holling, 1973; Chelleri, 2012). Ekoloğlar dayanıklılığı normal streslere verilen tepkilerden çok beklenmedik afetlere karşı bir hasar görebilirlik ölçüsü olarak tanımlamaktadırlar (Şirin Dincer, 2016). Dirençlilik, bir yapıyı veya sistemini doğal afetler, ekonomik krizler, salgın hastalıklar veya sosyal çatışmalar gibi çeşitli tehditlere karşı koruma ve ayakta tutma, işlevlerini sürdürme yeteneğidir. Bu kavram, gelecekteki belirsizliklerle başa çıkabilmek ve sürdürülebilirlik için önemlidir.

2.1. Kentsel dirençlilik

Ekoloji bilimi perspektifi ile literatüre kazandırılan dirençlilik kavramı, milenyum sonrasında, kentlerin demografik, ekonomik ve sosyal açıdan önemini daha da artmasının sonucunda kentsel planlamanın önemli bir bileşeni haline gelmiştir (Gürsoy ve Sadioğlu, 2021). Birleşmiş Milletler Uluslararası Stratejik Afet Azaltma (United Nations International Strategy for Disaster Reduction, (UNISDR), kentsel dayanıklılık alanında yaygın olarak kullanılan bir tanım sağlamıştır. Bu tanıma göre dirençlilik, “tehlkelere maruz kalan bir şehir sisteminin, temel yapılarının ve işlevlerinin korunması ve restorasyonu yoluyla tehlikelerin etkilerine verimli bir şekilde direnme, absorbe etme, uyum sağlama, uyum sağlama ve bunlardan kurtulma yeteneğidir” (UNISDR, 2015; Parizi vd., 2022). Kentsel dirençlilik, kentlerin oluşabilecek beklenmedik durumlara karşı hazırlıklı olma, hızla uyum sağlayarak alacağı hasarı minimuma indirme, hızla normal şartlara dönme ve oluşan afetlerden fırsatlar yaratabilme yeteneğidir. Dirençli şehirlerin oluşan afetlerden fırsatlar yaratabilme yeteneği için, depremde zarar gören bir yerleşim alanının afete dirençli kent planlama anlayışı ile tekrar planlanması örnek verilebilir. Yaman ve Tezer (2011)’e göre dayanıklılık, kentlerin maruz kaldığı değişimin başarılı bir şekilde yönetilmesini sağlayan, çok boyutlu bir yaklaşımdır. Kentsel dayanıklılık, yapılaşmış çevre, sosyal dinamikler, metabolik akışlar ve yönetim ağlarının odak noktası konumundadır (Yaman ve Tezer, 2011). Kentsel dayanıklılık sadece beklenmedik durumlarla başa çıkmak

için değil, iklim değişikliği ya da ekonomik kriz gibi daha uzun vadede etkisini gösteren durumlar için de kentlerin sürdürülebilirliğini sağlayan önemli bir planlama stratejisidir.

2.2. Afete dirençli kentler

Bir olayın, afet sonucunu doğurabilmesi için bu olayın insanlar üzerinde büyük ölçüde fiziksel, sosyal ve ekonomik kayıplar veya zararlar doğurması gerekmektedir (Ergünay, 2002; Uzunçubuk, 2009). Doğa olaylarının afete dönüşmesini ve büyük kayıplar yaşanmasını önlemek için kent planlama çalışmalarına afet dirençli kent stratejileri dahil edilmelidir.

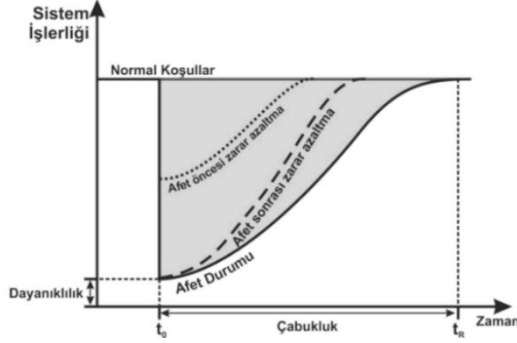
Doğal afetler, ne zaman gerçekleşeceklerinin ve etki alanlarının belirsiz olması ile kentler için büyük tehditler oluşturur. Afet yönetimi konularındaki “dirençlilik” kelimesi, Hyōgo for Action (2005-2015) yasal çerçevesinin benimsenmesinden sonra ortaya çıkmış ve afet riskinin azaltılmasının hem teorik hem de pratik alanlarında giderek daha fazla konum kazanmıştır (UNISDR, 2005; Manyena, 2006; Basabe, 2013; Djalante vd., 2013; Bastaminia vd., 2018). Dirençlilik teriminin afet alanındaki en yaygın tanımı şudur: "Dirençlilik, toplulukların afetlere tepki verme ve afetlerden kurtulma yeteneğidir ve sistemin bir olayın etkilerini absorbe etmesine ve bununla başa çıkmasına izin veren doğal koşulları içerir" (Paton vd., 2001; Kulig vd., 2008; Ainuddin ve Routray, 2012; Lorens, 2013; Rezaei vd., 2016; Bastaminia vd., 2018). Özden (2021) dirençlilik kavramını, “Ortaya çıkan afet riskleri karşısında normal yaşamın kesintiye uğramadan sürdürebilmesi ve toplulukların afet etkileri ile kendi olanakları doğrultusunda baş edebilme kapasitesi” olarak açıklamıştır. Afete dirençli kentler, meydana gelebilecek doğal afetlere hazırlıklı olma, iyi organize olmuş kurtarma çalışmalarıyla kayıp azaltma ve afet sonrasında kısa vadede temel ihtiyaçların kesintiye uğramaması, uzun vadede ise kentin normal koşullarına geri dönmelerini sağlayarak afetlerin etkilerini minimize etmeyi amaçlar.

Afet dirençli kent planlaması için uygun stratejilerin belirlenmesi gereklidir. Bu stratejiler, yapısal ve fiziksel önlemlerden, toplum katılımı ve eğitim faaliyetlerine kadar çeşitli alanları kapsar. Bruneau ve arkadaşları (2003), dirençliliğin dört düzeyde uygulaması olduğunu öne sürmüşlerdir: teknik (fiziksel sistemler deprem kuvvetlerine maruz kaldığında gerçekleştirilmesi), örgütsel (acil durumlara cevap verme ve kritik işlevleri yerine getirme becerisi), sosyal (kritik hizmetlerin kaybedilmesinin olumsuz sosyal sonuçlarını azaltma kapasitesi), ekonomik (hem doğrudan hem de dolaylı ekonomik kayıpları azaltma kapasitesi) (Hatipoğlu, 2019).

Afet ve risk yönetimi dört evreden oluşur. Bunlar zarar azaltma, hazırlıklı olma, müdahale ve iyileştirme evreleridir. Zarar azaltma ve hazırlıklı olma evreleri, afet öncesi yapılan çalışmalar yani risk yönetimidir. Müdahale ve iyileştirme evreleri ise afet sonrası yapılan çalışmalar yani afet yönetimidir. Afete dirençli kentsel planlama, risk yönetimi kapsamında yapılmaktadır.

2.2.1. Zarar azaltma evresi

Zarar azaltma evresi, afetlerin etkilerini minimize etmek ve hasarı en aza indirmek amacıyla alınan önlemlerin uygulandığı aşamadır. Afet öncesi risk azaltma önlemleri ile kentin dirençli hale getirilmesi, kentin ve toplumun önemli fonksiyonlarını devam ettirebilecek şekilde adapte olabilme kapasitesini geliştirir. Böylelikle büyük afetler meydana geldiğinde kent daha hızlı iyileşir (Şekil 1) (Guo, 2012; Gerçek ve Güven, 2016).



Şekil 1. Kayıp üçgeni (Bruneau vd., 2003; Mc Daniels vd., 2007; Gerçek ve Güven, 2016).

Figure 1. The triangle of loss (Bruneau et al., 2003; Mc Daniels et al., 2007; Gerçek and Güven, 2016).

2.2.2. Hazırlıklı olma evresi

Hazırlıklı olma evresi, afet risklerini azaltma amacıyla alınan önlemleri kapsar. Hazırlıklı olma evresi, potansiyel afetlerin doğurabileceği sonuçları anlamak ve uygun önlemleri almak için yapılan çalışmalardır. Bu evrede, afet öncesi ve sonrası toparlanma stratejileri geliştirilir. Hazırlıklı olma önlemleri sürekli güncellenecek biçimde oluşturulmalı ve afet planları bu güncellemeler ile olası yeni gereksinimlere göre belirlenmelidir (Erden, 2009).

2.2.3. Müdahale evresi

Müdahale evresi, bir afet durumunda hızlı ve etkili bir şekilde acil yardım sağlama ve zararların en aza indirilmesi için planlanmış önlemlerin devreye girdiği aşamadır ve afet sonrası toplumun iyileşme sürecine geçiş yapabilmesi için temel bir adımdır. Müdahale, afetin oluşma anında başlamakta ve yaşam kurtarma, zarar azaltma ve iyileştirme evresinin etkinleştirilmesini sağlamak üzerine yoğunlaşmaktadır (Erden, 2009).

2.2.4. İyileştirme evresi

İyileştirme evresi, bir afetin ardından hasarın onarılması ve etkilenen bölgelerin yeniden yapılandırılması sürecidir ve gelecekteki afetlere karşı daha güçlü bir şekilde hazırlanmayı hedefler. Afetlerden hemen sonra hayat kurtarma için acil yardım çabalarının planlanması ve uygulanması, iyileşmeyi hızlandıracak rehabilitasyon önlemlerine hız kazandırılması ve afet sonrası devam eden sürekli gelişmenin teşvik edilmesini kapsamaktadır (Uzunçubuk, 2009). İyileştirme evresi, afetin yol açtığı zararları onarma, yaşam standartlarını yeniden kurarak normal hayata dönme ve sürdürülebilir bir gelecek inşa etme sürecidir.

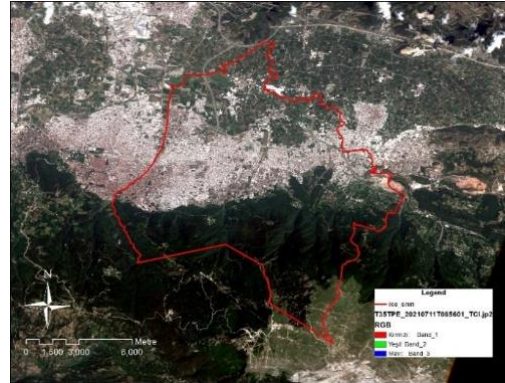
2.3. Depreme dirençli kentler

Depreme dirençli kentler, deprem riskine sahip bölgelerde yer almasına rağmen, çeşitli stratejiler ve önlemlerle afetlere karşı dayanıklılığı artırmayı amaçlamaktadır. Depreme dirençli kentler, deprem riski analizleri sonucu güvenli ve dayanıklı kabul edilen bölgelerde planlama ve yapılaşma faaliyetleri gösteren kentlerdir. Deprem, can kaybı, yapı hasarları ve ekonomik kayıplar gibi sonuçlarıyla kentler için büyük bir tehdittir. Bu nedenle depreme dirençli kentler, kentsel planlama sürecinde dikkate alınması gereken önemli bir konudur. Bir kentin depreme karşı dirençliliği kentin hem fiziksel hem de sosyal anlamda deprem sonrası normale dönme süreçlerini kısaltıcı yönde işleyen unsurlarla değerlendirilir (Gerçek ve Güven, 2016). Deprem riskini etkileyen faktörler; deprem tehlikesi, arazi kullanımı, demografik yapı ve ekonomik yapı olarak dört başlık altında değerlendirilebilir (Kundak, 2007; Güven, 2016).

3. Materyal

3.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı olan Yıldırım, 1987 yılında ilçe kabul edilmiştir ve Bursa'nın merkez ilçelerinden biridir (Şekil 2). Uludağ'ın eteklerine kurulmuş olan Yıldırım ilçesinin denizden yüksekliği 150-155 metredir.



Şekil 2. Çalışma alanı Bursa-Yıldırım İlçesi.

Figure 2. The study area is Bursa-Yıldırım District.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2022 yılı verilerine göre Bursa ilinin nüfusu 3.194.720 ve Yıldırım ilçesinin nüfusu 655.856'dır. Yıldırım ilçesi, Osmangazi ilçesinden sonra en yüksek nüfuslu ilçedir. İlçenin ortasından Bursa-Ankara Karayolu geçmektedir. İlçede metro, tramvay, belediye otobüsleri, minibüsler ve teleferik gibi toplu ulaşım alternatifleri vardır. İlçede sanayi gelişmiştir.

Bursa, ülkemizin en aktif deprem kuşağını oluşturan Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Ege Graben Sistemi olmak üzere iki aktif fay kuşağı arasında yer almaktadır. Bursa Büyükşehir Belediyesi (2014) tarafından hazırlanan Bursa Şehir Sağlık Profili 'ne göre Bursa'nın Büyükorhan, Keles, Harmancık, Orhanlı ilçeleri ve İnegöl ilçesinin güneyi ikinci derece deprem bölgesi, bu alanlar dışında Bursa'nın tamamı birinci derece deprem bölgesidir. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Türkiye Deprem Tehlike Haritaları verilerine göre Yıldırım İlçesi sınırlarının içinde ve çevresinde diri fay hatları bulunmaktadır (Şekil 3). Yıldırım

İlçesi'ndeki yerleşim alanlarının hemen tümü, Bursa'nın kaçak ve plansız yapılaşma tipolojisine dâhildir (AFAD, 2022). Yıldırım İlçesinin diri fay hatlarının etkisi altında olmasının yanı sıra plansız ve sıkışık yapılaşması, olası deprem ve diğer afetler için büyük bir risk taşımaktadır ve ilçenin çalışma alanı olarak seçilmesinde etkili olmuştur. İlçede, arazi kullanım ve yapılaşma kararlarında bölgenin deprem riski dikkate alınmalıdır.



Şekil 3. Yıldırım ilçesi ve fay hatları.
Figure 3. Yıldırım district and fault lines.

3.2. Kullanılan veriler

Çalışmada depreme dayanıklılık kapsamında uydu görüntüleri, ulaşım, fay hatları, nüfus verileri ve stratejik binaların konum verileri kullanılmıştır. Spot uydusundan 1989 ve Sentinel uydusundan 2021 tarihli uydu görüntüleri elde edilmiştir. Fay hatları ve ulaşım verileri belediyelerin ilgili birimlerinden sayısal formatta elde edilmiştir. TÜİK'ten 2021 yılına ait mahalle bazında nüfus verileri elde edilmiştir. Zemin sınıfları, Bursa Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Başkanlığı Dairesi'nin yayınlamış olduğu Bursa İli Zemin Sınıfları Haritasının CBS ortamında sayısallaştırılması ile elde edilmiştir. Stratejik binaların konumsal verileri, Google Earth Pro yazılımı kullanılarak sayısallaştırılmış ve CBS ortamına aktarılmıştır. Stratejik binalar hastaneleri, sağlık ocaklarını, belediye binalarını, okulları ve akaryakıt istasyonlarını kapsamaktadır.

4. Yöntem

Çalışmanın yöntemi olarak CBS ortamında yapılan ön hazırlık işlemleri, arazi örtüsü ve alan kullanımı (AÖAK) sınıflandırması, sayısallaştırma, enterpolasyon, yakınlık analizi ve çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmıştır.

4.1. Ön hazırlık işlemleri

Orijinal uydu görüntüsünün elde edildiği andaki çevresel faktörler, algılayıcının konumu ve algılayıcıya ait özelliklerin etkisiyle görüntüde değişime uğramış ya da tamamen görüntüye ait olmayan bilgiler mevcut olabilir ve yüzey özelliklerinin anlaşılması güçleşir. Yeryüzüne ulaşan enerjinin farklı sebeplerle tamamının gerekli şekilde yansımamasından dolayı görüntüde istenmeyen bilgilerin yok edilmesi ve görüntüye ait özelliklerin tam olarak elde edilebilmesi için bazı ön hazırlık işlemlerinden geçmesi gerekir (Düzgün, 2010; Güllüoğlu vd., 2014). Görüntü ön işleme, daha ileri analizler için bilgi ayıklamak amacıyla

görüntü kalitesinin iyileştirilmesini sağlar. Puslu atmosferin etkileri için dijital değerleri ayarlamak için radyometrik ön işleme ve bir görüntüyü bir harita veya başka bir görüntüyle uyumlu hale getirmek için geometrik ön işleme, tipik ön işleme prosedürleridir (Campbell, 1996; Şenel, 2018).

4.1.1. Geometrik düzeltme

Görüntü verileri, radyometrik bozulma kaynaklarından daha fazla geometrik bozulma kaynağına sahiptir. Ayrıca, geometrik bozulmaların etkileri daha şiddetlidir (Richards ve Jia, 2006; Şenel, 2018). Uzaktan algılanan verileri önceden işlemek ve geometrik bozulmayı ortadan kaldırmak için geometrik düzeltme gereklidir, böylece pikseller uygun planimetrik harita konumlarında olur (Baboo ve Devi, 2011). Geometrik düzeltme, coğrafi verilerin doğru konumlandırılması ve yatay düzlemde düzgün bir şekilde hizalanması için kullanılan bir işlemidir. Geometrik görüntü dönüşümünün ilk aşaması piksel koordinat dönüşümüdür. Piksel koordinat dönüşümünde amaç, giriş görüntüsündeki piksellerin, sonuç görüntüsündeki koordinatlarını hesaplamaktır. Çoğunlukla görüntü evrensel enlem/boylam ya da UTM (Universal Transverse Mercator) gibi koordinat sistemine kaydedilir. İkinci aşama ise sonuç görüntüdeki piksellerin parlaklığını hesaplamakta kullanılan gri düzey enterpolasyonu yani yeniden örneklemedir (Temiz ve Doğan, 2005; Akın Tanrıöver vd., 2016).

4.2. Arazi örtüsü/alan kullanım sınıflandırması

Arazi örtüsü alan kullanım sınıflandırması kentsel planlama, doğal kaynak yönetimi, doğal afet risk yönetimi gibi birçok çalışma alanında kullanılabilir bir arazi analizi yöntemidir. Arazi örtüsü (AÖ), arazinin yüzeyindeki orman, su, ekinler ve kentsel altyapı gibi fiziksel özellikleri tanımlar; ancak arazi kullanımı (AK), insan gereksinimlerine ve eylemlerine göre arazi örtüsünün modifikasyonudur. Arazi örtüsü, alan kullanımının en iyi göstergesidir (Udin ve Zahuri 2017; Zaidi vd 2017; Hussain vd., 2019). Arazi örtüsü alan kullanım sınıflandırma çalışmaları, mevcut arazi durumunun belirlenmesi ve değişim analizi çalışmalarında kullanılmaktadır. Obje tabanlı sınıflandırma, Arazi örtüsü alan kullanım sınıflandırmalarında sıkça kullanılan yöntemlerden biridir.

4.2.1. Obje tabanlı sınıflandırma

Aplin ve Smith (2008)'e göre objeye dayalı sınıflandırma kavramının çalışma örnekleri, 1980'lere kadar (örn. Mason vd., 1988) uzanmaktadır. Sınıflandırma, sayısal veriler kullanarak pikseller arasındaki benzerlikleri ortaya çıkarmaktır (Berberoğlu vd., 2009a). Obje tabanlı yöntem, görüntüdeki formu, yansıma özelliklerini ve tekstürü dikkate alarak komşu pikselleri anlamlı bölgeler halinde gruplandırır. Segmentasyon işlemi obje tabanlı sınıflamanın ilk ve en önemli aşamasıdır (Akın, 2007). Nesne tabanlı yaklaşımın doğruluğu, peyzajın doğasına ve analiz için kullanılan görüntülerin türüne bağlı olarak farklılık gösterir (Dronova vd., 2011; Kindu vd., 2013). Bu yöntem kentsel planlama, ormancılık, arazi kullanımı gibi birçok alanda uygulama kullanılmaktadır.

4.3. Sayısallaştırma

CBS için grafik bilgisinin vektör verisi olması esastır. Temel vektör veri temsilleri nokta, çizgi ve çokgendir. Bu öğeleri tanımlamak için bir dizi koordinat ve bir dizi belirli geometrik özellik gereklidir (Di Lisio ve Russo, 2010; Bonham-Carter, 2014; Sestras vd., 2019). Sayısallaştırma, haritalar, hava fotoğrafları veya diğer coğrafi veri kaynaklarından elde edilen bilgileri sayısal formata yani dijital formata dönüştürme uygulamalarıdır. CBS için harita veya tarihi hava fotoğraflarının hazırlanmasındaki ilk adım, dijitalleştirilmesi veya analog formdan dijital forma çevrilmesidir. Diğer bir adım, dijital haritalara (coğrafi referanslama) veya dijital hava fotoğraflarına (ortorektifikasyon) grafiksel referans koordinatları atamaktır (Boltiziar ve Chrastina, 2018). CBS' de sayısallaştırma, görüntülerden/haritalardan gelen bilgilerin coğrafi olarak doğru bir şekilde "izlenmesi" işlemidir (Manjula vd., 2010). Sayısallaştırma, coğrafi verileri daha kolay depolamamızı ve analiz etmemizi sağlar.

4.4. Enterpolasyon

Enterpolasyon araçları, coğrafi olarak dağılmış ancak sıklıkla sınırlı olan mevcut nokta verilerine dayalı sürekli bir yüzey oluşturur. Doğal afet araştırmacıları, sürekli bir yüzeyi enterpolasyon yaparak, karmaşık sistemlerden gelen verileri başka türlü seyrek olabilecek verilerle birleştirebilir (Page-Tan vd., 2021). Mekânsal enterpolasyon yöntemleri, aynı bölge içindeki nokta gözlemlerinden çevresel değişkenleri tahmin ederek örneklenmemiş alanlarda sürekli veri sağlar (Burrough ve McDonnell, 1998; Srivastava vd., 2019). Enterpolasyon, çevreleyen noktalara ait bilinen yüzey değerlerine dayalı olarak, örneklenmemiş noktalara ait yüzey değerlerinin belirlenmesi işlemidir (URL-1). Ters ağırlıklı mesafe (Inverse Distance Weighted, IDW), Empirical Bayesian Kriging (EBK), doğal komşuluk (Natural Neighbor), Spline, Doğal Bariyerli Spline (Spline with Natural Barriers), Topo to Raster ve Trend gibi çeşitli enterpolasyon teknikleri vardır (Page-Tan vd., 2021). Birleşik Krallık nüfus sayımında yaygın olarak kullanılan nokta tabanlı yöntemlerden biri, Martin (1989) tarafından önerilen Kernel tabanlı enterpolasyondur (Bracken ve Martin, 1989; Martin ve Bracken, 1991; Bracken, 1991; Wu vd., 2005).

4.4.1. Kernel yoğunluk yöntemi

Flahaut vd (2003), basit bir ağ üzerinde bir Kernel yoğunluğu tahmin yöntemi geliştirmiştir (Okabe vd., 2008). Kernel yoğunluk yöntemi; belirlenen bir yarıçapa sahip çember içerisine düşen noktaların yoğunluğu ile bu kaynaktan uzaklaştıkça değişen noktasal yoğunluğu ifade eder (Gündoğdu, 2010, Tağil ve Alevyakalı, 2013; Özmen vd., 2017). Kernel Yoğunluk Tahmini, kısmen anlaşılması ve uygulanması kolay olduğu için nokta olay dağılımının birinci dereceden özelliklerini analiz etmek için en popüler yöntemlerden biridir (Bailey ve Gatrell, 1995; Silverman, 1986; Xie ve Yan, 2008). Kernel tabanlı enterpolasyonda, sırayla her kontrol noktasının üzerine bir pencere yerleştirilir ve kaynak bölge popülasyonu, kaynak bölge merkezi ile ızgara hücresi arasındaki mesafe azalma fonksiyonuna

dayanan benzersiz bir ağırlıklandırma kullanılarak pencerenin içine düşen ızgara hücrelerine tahsis edilir (Wu vd., 2005). Kentteki yoğun nüfuslu bölgelerin, trafik kazaları yaşanan yolların ya da orman yangınları yaşanan bölgelerin tespiti gibi çalışmalar bu yöntemin kullanıldığı alanlara örnek gösterilebilir.

4.5. Yakınlık analizi

Yakınlık analizleri herhangi bir coğrafi objenin başka bir objeye uzaklığının analizi ile oluşturulur (Rüsmetov, 2014). Buffer (Tampon), Multiple Ring Buffer (Çoklu Halka Tamponu), Thiessen Polygons (Thiessen Çokgenleri) ve Euclidean Distance (Öklid Mesafesi) araçları gibi yakınlık analizi araçları mevcuttur. Bu çalışmada yakınlık analizleri Öklid mesafesi yöntemi ile oluşturulmuştur.

Öklid Uzaklığı aracı, her bir hücrenin en yakın ilgi noktasına olan mesafesini hesaplar (Page-Tan vd., 2021). Öklid mesafesi aracı, yönlendirme ve tahsis gibi farklı hesaplamaları mümkün kılar. Öklid mesafesi işlevi, önceden tanımlanmış bir konumdan en yakın yerleri bulmak için sıkça kullanılır. Öklid mesafesi çıktı rasteri, her hücrenin en yakın kaynağa olan ölçülen mesafesini içerir. Bu mesafeler, haritadaki belirli nesnelere doğru hat üzerinde ölçülür (Tepavcevic vd., 2012).

4.6. Çok kriterli karar verme yöntemi

Çok kriterli karar verme yöntemleri, karmaşık karar süreçlerinde birden fazla kriterin ve alternatifin dikkate alındığı yöntemlerdir. Çok kriterli karar analizi, karar vericinin adaletli bir karara varabilmesi için birçok kriter göz önüne alınarak, seçeneklerin veya senaryoların karşılaştırılmasına olanak sağlayan bir karar destek aracıdır (Roy, 1996; Erden, 2009). Çok kriterli karar verme yöntemi, karar verme sürecinde çeşitli kriterlerin önem derecesini belirleyerek alternatiflerin değerlendirilmesine ve sonuçların karşılaştırılmasına olanak ve kolaylık sağlar. Temel bir yaklaşımla, çok kriterli mekânsal bir karar problemi, ilgili değerlendirme ölçütlerine dayanarak bir veya birden fazla seçenek içerisinden mekânsal olarak tanımlanmış bir seçeneğin seçilmesini içerir (Carver, 1991; Heywood vd., 1995; Jankowski, 1995; Keller, 1996; Malczewski, 1996; Malczewski, 1999a; Erden, 2009). CBS tabanlı çok kriterli analiz; çevre planlama ve ekoloji yönetimi, şehir ve bölge planlama, hidroloji ve su kaynakları, ormancılık, ulaşım, tarım, doğal afet yönetimi, sağlık hizmetleri kaynak tahsisi vb. gibi çok çeşitli karar ve yönetim durumlarında kullanılır (Vahidnia vd., 2008). En popüler çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri Analitik Hiyerarşi Süreci'dir, ana özelliği, karar probleminin, tepe noktası problemin ana amacı olan bir hiyerarşi kullanılarak modellenmesi ve değerlendirilecek olası alternatiflerin tabanda bulunmasıdır (Saaty, 1980; Sánchez-Lozano, 2013).

4.6.1. Analitik hiyerarşi süreci (AHP)

Analitik Hiyerarşi süreci, 1980 yılında Saaty tarafından tanımlanan ve geliştirilen güçlü bir araçtır (Siddayao vd., 2014). AHP, bir sorunu temsil etmek için hiyerarşik yapıları kullanan ve daha sonra kullanıcının yargısına dayalı olarak

alternatifler için öncelikler geliştiren çok kriterli bir karar verme yöntemidir (Saaty, 1980; Vahidnia vd., 2008). Hem fiziksel hem de sosyal alanlarda ölçüm oluşturmak için kullanılabilir bir yöntemdir (Saaty ve Vargas, 2006; Sabri ve Yaakup, 2008). AHP, karar verme sürecinde öncelikleri belirlemek ve kriterleri ağırlıklandırmak için kullanılır. Önceliklerin belirlenmesi ve kriterlerin ağırlıklandırılması karar vericilerin yargısına bağlı olduğu için AHP ile elde edilen sonuçlar subjektiftir. AHP prosedürü altı temel adımı içerir (Lee vd., 2008; Vahidnia vd., 2008): 1. Yapılandırılmamış problemi tanımlama; 2. AHP

hijerarşisini geliştirme; 3. İkili kıyaslama; 4. Bağlı ağırlıkları tahmin etme; 5. Tutarlılığı kontrol etme; 6. Genel puanı alma.

Oluşturulan matrislerde ikili karşılaştırma sonuçlarını sayısal değerlere dönüştürmek için Saaty (1980) tarafından geliştirilen, Çizelge 1’de yer alan 1-9 ölçeği kullanılır. Matriste kriterler kendisiyle karşılaştırılıyorsa “1” değerini alır. Puan verilirken pozitif değerlerin kullanılması gerekir. “0” çiftlerin karşılaştırılmayacağı anlamına geldiği için kullanılmaması gerekir (Berberoğlu vd., 2009b).

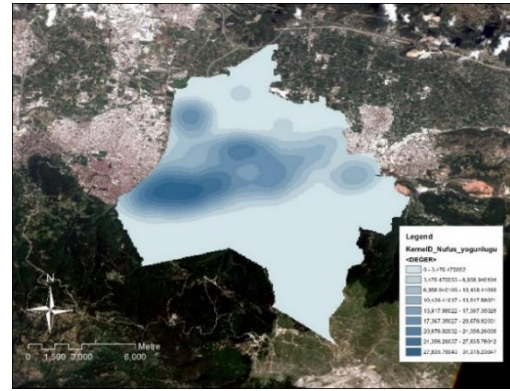
Çizelge 1. Saaty’nin ikili karşılaştırma ölçekleri (Berberoğlu vd., 2009b).
Table 1. Saaty's pairwise comparison scales (Berberoğlu et al., 2009b).

Sayısal Ölçekler	Anlamı	Açıklaması
1	Eşit önemli	İki faktör amaca eşit olarak katkıda bulunmaktadır.
3	Bir faktör diğer faktöre göre biraz daha önemli	Tecrübe ve yargılama sonucunda bir faktör başka bir faktöre göre biraz daha tercih edilmektedir.
5	Bir faktör diğer faktöre göre kuvvetlice önemli	Tecrübe ve yargılama sonucunda bir faktör başka bir faktöre göre biraz daha fazla tercih edilmektedir.
7	Açıklanmış veya çok fazla önemli	Bir faktör çok fazla tercih edilir veya üstünlüğü uygulamada ispatlanmıştır.
9	Son derece önemli	Bir faktörün başka bir faktöre tercih edilmesinin ispatının doğrulanması çok yüksek olasılıklıdır.
2, 4, 6, 8	İki yakın ölçek arasındaki ara değerler	Uzlaşmaya gerek duyulduğunda kullanılmaktadır.

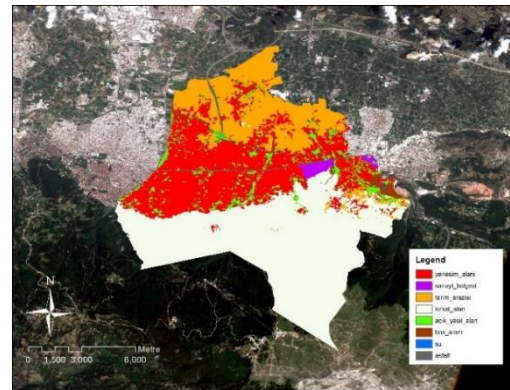
5. Araştırma Bulguları

Çalışmanın ön hazırlık aşamasında, uydu görüntülerine geometrik düzeltme (rektifikasyon) işlemi uygulanmıştır. Çalışmanın geometrik düzeltme işlemi, görüntü üzerindeki koordinatları bilinen kontrol noktaları belirlenerek görüntü yeniden örneklendirilmiştir. Çalışma alanı olarak seçilen Yıldırım ilçesinin sınırları ArcMap arayüzünde çizilmiştir. Google Earth Pro yazılımı kullanılarak Yıldırım İlçesi’nde bulunan mahallelerin merkez noktalarının koordinatları belirlenmiştir. Mahallelerin elde edilen koordinat ve nüfus bilgileri ile Excel 2013 yazılımında bir tablo oluşturulmuştur. Bu tablo, XY verisi olarak ArcMap ortamına eklenmiştir ve Kernel yoğunluk fonksiyonu yöntemi kullanılarak nüfus yoğunluğu haritası oluşturulmuştur (Şekil 4).

Çalışma alanının mevcut arazi durumunun belirlenmesi amacıyla arazi örtüsü ve alan kullanımı sınıflandırması yapılmıştır (Şekil 5). Arazi örtüsü ve alan kullanımı tespitinde obje tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Böylelikle çalışma alanının coğrafi özellikleri sayısal olarak değerlendirilebilir olması sağlanmıştır. Arazi örtüsü ve alan kullanımında yerleşim alanları, kentsel açık yeşil alanlar, kırsal alanlar, tarım alanları, sanayi alanları, sulak alanlar, boş araziler ve yolların sınıflandırılmış görüntüsü oluşturulmuştur. Oluşturulan obje tabanlı sınıflama görüntüsü, ilçe sınırı ile maskelenmiştir.

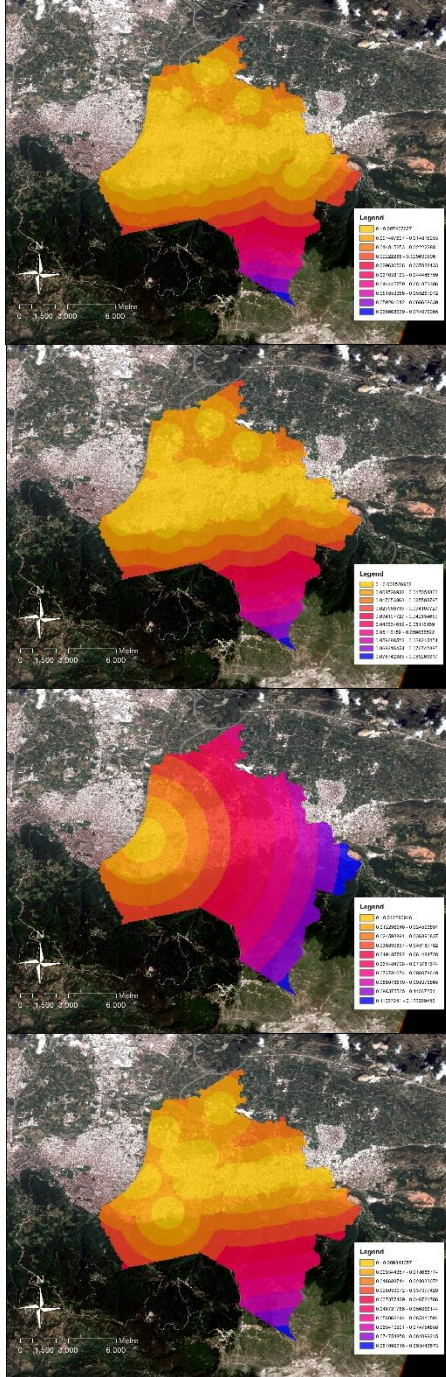


Şekil 4. Nüfus verileri ile oluşturulmuş Kernel yoğunluk haritası.
Figure 4. Kernel density map created with population data.



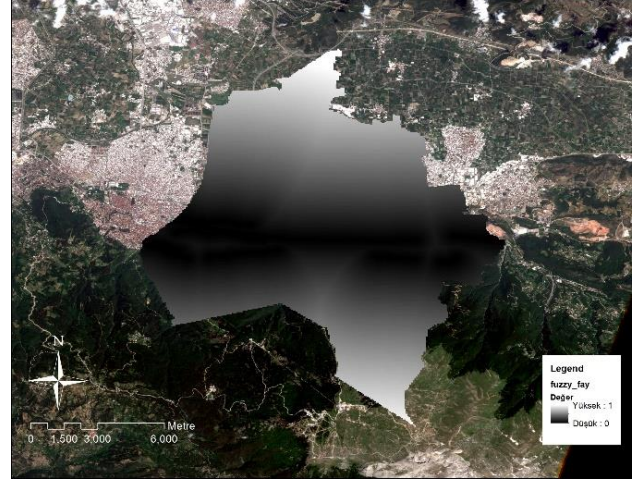
Şekil 5. Arazi örtüsü/alan kullanımı sınıflaması.
Figure 5. Land cover/land use classification.

Çalışmada stratejik binalar ve fay hatları için Öklid mesafesi yöntemi uygulanmıştır (Şekil 6). Sonrasında oluşturulan Öklid mesafesi görüntülerine Fuzzy Membership aracı ile yakın ve uzak mesafelere yüksek ya da düşük değerler verilmiştir. Örneğin Fuzzy large fonksiyonu ile fay hatlarına uzak alanlara dirençlilik açısından yüksek değer, fay hatlarına yakın alanlara düşük değer verilerek Fuzzy görüntüsü oluşturulmuştur (Şekil 7).



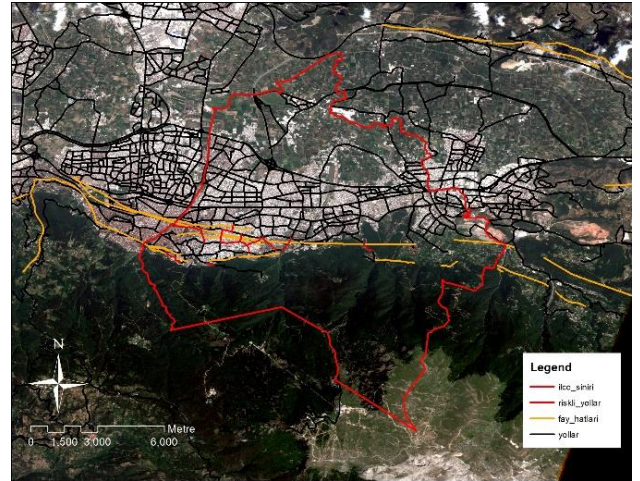
Şekil 6. Öklid mesafeleri; a) okullar, b) sağlık binaları, c) belediye binaları, d) akaryakıt istasyonları.

Figure 6. Euclidean distances; a) schools, b) health buildings, c) municipal buildings, d) fuel stations.



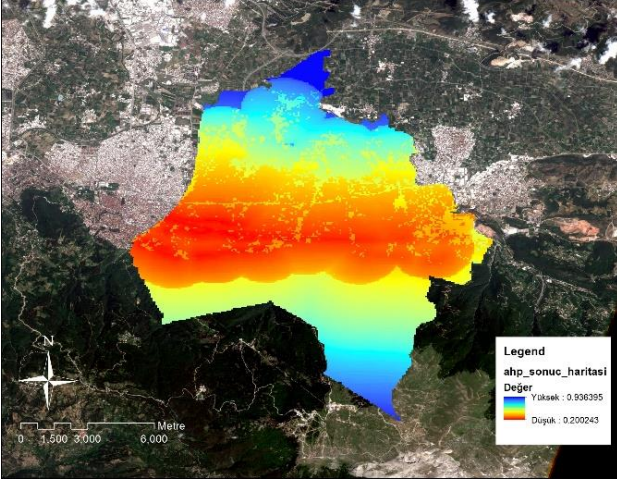
Şekil 7. Fay hatları ve Fuzzy Membership analizi.
Figure 7. Fault lines and Fuzzy Membership analysis.

Çalışma alanındaki fay hatları ile dik bir şekilde kesişen yollar, depremde tahrip olarak kullanılamaz hale gelme ve o bölgelere erişimin sağlanamaması riski olduğundan dolayı tespit edilmiştir (Şekil 8). Fuzzy Membership analizi ile fay hatlarını dik kesen yollara yakın alanlara düşük değer verilmiştir.



Şekil 8. Fay hatlarını dik kesen yollar.
Figure 8. Roads perpendicular to fault lines.

Çalışmada Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi kullanılarak uygunluk haritası oluşturulmuştur. Bu çalışmada deprem direnci düşük ya da yüksek alanların belirlenmesine sağlıklı bir seçim yapılabilmesi için ÇKKV'nin en bilinen yöntemi olan Analitik Hiyerarşi Süreci kullanılmıştır. Fay hatlarına yakınlık, yüksek nüfus, yerleşim alanlarına yakınlık ve fay hatlarını ile dik kesen yollar kentsel dirençliliği düşürürken stratejik binalar ve açık yeşil alanlara yakınlık kentsel dirençliliği arttırmaktadır. Yapılan analizler AHP yöntemi ile önem derecelerine göre puanlandırılarak bir tablo oluşturulmuştur. Bu puanlamaya göre bir sonuç haritası oluşturulmuş ve ilçenin deprem dirençliliği düşük olan bölgeleri tespit edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. AHY ile oluşturulan depreme dirençlilik haritası.
Figure 9. Earthquake resilience map created with AHY.

6. Sonuç

Yıldırım, Bursa'nın plansız kentleşen ve yoğun nüfuslu en eski yerleşim yerlerinden olan bir ilçesidir. İlçe aynı zamanda birçok fay hattının üzerine kurulmuştur ve yakın çevresinde de fay hatları bulunmaktadır. Bu sebeplerden dolayı bu bölgede deprem riski yüksektir. Yerleşim alanları, fay hatlarının üzerinde ve yakın çevresinde konumlanmıştır. Kentteki yerleşim alanlarının önemli bir ölçüdeki kısmını en az 30 yıllık binalar oluşturmaktadır. Bazı araç yolları, fay hatları ile dik bir şekilde kesişmektedir. Kent içinde açık yeşil alanlar az ve yetersizdir. Tüm bu etmenler yüksek risk barındırmakta ve kentin deprem dirençliliğini düşürmektedir. Bunların yanında yerleşim alanlarının saçaklanmadan büyümesi ve stratejik binaların genel olarak yerleşim alanlarına erişilebilir mesafede olması kentsel direnci arttıran etmenlerdir. AHS ile oluşturulan sonuç haritası incelendiğinde Yıldırım ilçesindeki kentsel alanların büyük bir çoğunluğu deprem dirençliliği düşük bölgede yer almaktadır. Bu bölgede gerçekleşecek olası bir depremde, ilçede büyük yıkımlar ve kayıpların olması ve afet sonrasında büyük önem taşıyan müdahale evresinde arama-kurtarma çalışmalarında da zorluklar yaşanması muhtemeldir.

Kaynaklar

AFAD, 2022, İl Afet Risk Azaltma Planı (İRAP), Bursa.

Akın, A., 2007. Çukurova Deltası kıyı alanında arazi örtüsü değişimlerinin belirlenmesinde farklı uzaktan algılama yöntemlerinin değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Akın Tanrıöver, A., Berberoğlu, S., Atanur, G., Polat, S., 2016. Yoğun kentleşme baskısı altında kalan Bursa Kenti'nde kentsel arazi kullanımı değişimlerinin belirlenmesi ve 2040 yılı için modellenmesi, Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: 2015-01-012.

Alexander, D.E., 2013. Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey, *Natural Hazards and Earth System Sciences Discuss.* (1), 1257-1284p.

Aplin, P., Smith, G.M., 2008. Advances in object-based image classification, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 725-728p.

Ainuddin, S., Routray, J.K., 2012. Community resilience framework for an earthquake prone area in Baluchistan, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2, 25-36p.

Baboo, S.S., Devi, M.R., 2011. Geometric correction in recent high resolution satellite imagery: A case study in Coimbatore, Tamil Nadu, *International Journal of Computer Applications*, 14(1), 32-37p.

Bailey, T.C., Gatrell, A.C., 1995. *Interactive Spatial Data Analysis*, Essex: Longman.

Basabe, P., 2013. Hyogo Framework for Action 2005-2015, *Encyclopedia of Natural Hazards*, Springer.

Bastaminia, A., Safaeepour, M., Tazesh, Y., Rezaei, M.R., Saraei, M.H., Dastoorpoor, M., 2018. Assessing the capabilities of resilience against earthquake in the city of Yasuj, Iran, *Environmental Hazards*, 17(4), 310-330p, DOI: 10.1080/17477891.2018.1456397.

Berberoğlu, S., Altunkasa, M.F., Sirel, B., Uslu, C., EvrenDilek, F., Özkan, C., Erginkaya, C., 2009a. Farklı yönetim politikaları doğrultusunda Adana kentsel gelişiminin geleceğe yönelik modellenmesi, TÜBİTAK Araştırma Projesi Gelişme Raporu, Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Proje No: 107Y112, Rapor No: 2.

Berberoğlu, S., Altunkasa, M.F., Sirel, B., Uslu, C., EvrenDilek, F., Özkan, C., Erginkaya, C., 2009b. Farklı yönetim politikaları doğrultusunda Adana kentsel gelişiminin geleceğe yönelik modellenmesi, TÜBİTAK Araştırma Projesi Gelişme Raporu, Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Proje No: 107Y112, Rapor No: 3.

Boltziar, M., Chrastina, P., 2018. Application of Geographical Information System (GIS) in geography (Digital data pre-processing for land-use changes analysis), *DIVAI 2018 – The 12th international scientific conference on Distance Learning in Applied Informatics*, 29-36s.

Bonham-Carter, G.F., 2014. *Geographic Information Systems for geoscientists: modelling with GIS*, Pergamon, Elsevier.

Bracken, I., 1991. A surface model approach to small area population estimation, *Town Planning Review*, 62(2), 225-237p.

Bracken, I., Martin, D., 1989. The generation of spatial population distributions from census centroid data source, *Environment and Planning A*, 21(4), 537-543p.

Brassett, J., Vaughan-Williams, N., 2015. Security and the performative politics of resilience: Critical infrastructure protection and humanitarian emergency preparedness, *Security Dialogue*, 46, 32-50p.

Bruneau, M., Chang, S.E., Eguchi, R.T., Lee, G.C., O'Rourke, T.D., Reinhorn, A.M., Shinozuka, M., Tierney, K.T., Wallace W.A., Von Winterfeldt, D., 2003. A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities, *earthquake spectra*, 19(4), 733-752p. Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2014, Bursa şehir sağlık profili, Bursa.

Burrough, P.A., McDonnell, R.A., 1998. Creating continuous surfaces from point data, In *Principles of Geographic Information Systems*, Oxford University Press, Oxford, UK.

Campbell, J.B., 1996. *Introduction to Remote Sensing* (2nd ed.), New York: Guilford Press.

Carver, S.J., 1991. Integrating multi-criteria evaluation with Geographic Information Systems, *International Journal of Geographical Information Systems*, 5, 321-339p.

- Chelleri, L., 2012. From the «resilient city» to urban resilience. A review essay on understanding and integrating the resilience perspective for urban systems, *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 58(2), 287-306p.
- Di Lisio A., Russo, F., 2010. Thematic maps for land-use planning and policy decisions in the Calaggio stream catchment area, *Journal of Maps*, 6, 68-83p.
- Djalante, R., Holley, C., Thomalla, F., Carnegie, M., 2013. Pathways for adaptive and integrated disaster resilience, *Natural Hazards*, 69, 2105-2135p.
- Dronova, I., Gong, P., Wang, L., 2011. Object-based analysis and change detection of major wetland cover types and their classification uncertainty during the low water period at Poyang Lake, China, *Remote Sensing of Environment*, 115, 3220-3236p.
- Düzgün, Ş., 2010. Uzaktan algılamaya giriş, <http://www.acikders.org.tr/course/view.php?id=28>. (Erişim: Aralık, 2013).
- Erden, T., 2009. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Analitik Hiyerarşi Yöntemi'ne dayalı itfaiye istasyon yer seçimi: İstanbul örneği (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ergün Konukçu, B., 2020. Akut Şok ve Kronik Stresler Karşısında Kentsel Dayanıklılık & Sürdürülebilir Dayanıklılık Yaklaşımı, *Resilience*, 4(2), 323-345s.
- Ergünay, O., 2002. Afete Hazırlık ve Afet Yönetimi, Türkiye Kızılay Genel Müdürlüğü Afet Operasyon Merkezi, Ankara.
- Flahaut, B., Mouchart, M., Martin, E.S., Thomas, I., 2003. The local spatial autocorrelation and the kernel method for identifying black zones a comparative approach, *Accident Analysis & Prevention*, 35, 991-1004p.
- Gerçek, D., Güven, İ.T., 2016. Kentsel dirençliliğin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile analizi: Deprem ve İzmit kenti, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1), 51-64s.
- Godschalk, D.R., 2003. Urban hazard mitigation: creating resilient cities, *Natural Hazards Review*, 4(3), 136-143p.
- Guo, Y., 2012. Urban resilience in post-disaster reconstruction towards a resilient development in Sichuan, China, *International Journal of Disaster Risk Science*, 3(1), 45-55p.
- Güllüoğlu, S.S., Palabaş, T., Melek, C.G., 2014. Uydu görüntülerinden elde edilen bilgilerle yeryüzü şekillerinin tanımlanması ve değişimlerinin gözlenmesinde coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılması üzerine bir ön çalışma, *AJIT-e: Online Academic Journal of Information Technology*, 5(16), 37-42s., DOI: 10.5824/1309-1581.2014.3.003.x.
- Gündoğdu, G., 2010. Coğrafi bilgi teknolojileri kullanılarak trafik kaza analizi: Adana örneği (Yüksek Lisans Tezi), Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gürsoy, O., Sadioğlu, U., 2021. 21. yüzyılda kente ilişkin olarak ortaya çıkan yeni kavramlar, *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, DOI: 10.33630/ausbf.995115.
- Hatipoğlu, Y., 2019. Kentsel dirençlilik ile açık ve yeşil alanların erişilebilirliğinin ilişkisi: İstanbul'un kentsel alanları üzerine bir değerlendirme (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Heywood, I., Oliver, J., Tomlinson, S., 1995. Building an exploratory multicriteria modelling environment for spatial decision support, In: P. Fisher (Ed.), *Innovations in GIS 2*, London: Taylor & Francis, 127-136p.
- Holling, C.S., 1973. Resilience and stability of ecological systems, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1-23p.
- Hussain, S., Mubeen, M., Ahmad, A., Akram, W., Hammad, H.M., Ali, M., Masood, N., Amin, A., Farid, H.U., Sultana, S.R., Fahad, S., Wang, D., Nasim, W., 2019. Using GIS tools to detect the land use/land cover changes during forty years in Lodhran District of Pakistan, *Environmental Science and Pollution Research*, DOI: 10.1007/s11356-019-06072-3.
- Jankowski, P., 1995. Integrating Geographic Information Systems and Multicriteria Decision Making Methods, *International Journal of Geographic Information Systems*, 9(3), 251-273p.
- Keller, C.P., 1996. Decision making using multiple criteria, NCGIA Core Curriculum, Unit 57, Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis.
- Khalili, S., Harre, M., Morley, P., 2015. A temporal framework of social resilience indicators of communities to flood, case studies: Wagga wagga and Kempsey, NSW, Australia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 13, 248-254p.
- Kindu, M., Schneider, T., Teketay, D., Knoke, T., 2013. Land Use/Land Cover change analysis using object-based classification approach in Munessa-Shashemene landscape of the Ethiopian highlands, *Remote Sensing*, 5, 2411-2435p, DOI: 10.3390/rs5052411.
- Kulig, J.C., Edge, D., Joyce, B., 2008. Community resiliency as a measure of collective health status: Perspectives from rural communities, *CJNR (Canadian Journal of Nursing Research)*, 40, 92-110p.
- Kundak, S., Türkoğlu, H., 2007. İstanbul'da deprem risk analizi, *İTÜ Dergisi Mimarlık, Planlama, Tasarım*, 6(2), 37-46s.
- Lee, A.H.I., Chen, W.C., Chang, C.J., 2008. A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan, *Expert Systems with Applications* 34, 96-107p.
- Lorens, D.F., 2013. The diversity of resilience: Contributions from a social science perspective, *Natural Hazards*, 67, 7-24p.
- Malczewski, J., 1996. A GIS-based approach to multiple criteria group decision making, *International Journal of Geographic Information Systems*, 10(8), 955-971p.
- Malczewski, J., 1999a. GIS and multicriteria decision analysis, John Wiley and Sons Inc. U.S.A.
- Manjula, K.R., Jyothi, S., Kumar Varma, S.A., 2010. Digitizing the forest resource map using ArcGIS, *International Journal of Computer Science Issues*, 7(6), 300-306p.
- Manyena, S.B., 2006. The concept of resilience revisited, *Disasters*, 30, 434-450p.
- Martin, D., 1989. Mapping population data from zone centroid locations, *Transactions of the Institute of British Geographers*, 14(1), 90-97p.
- Martin, D., Bracken, I., 1991. Techniques for modeling population-related raster databases, *Environment and Planning A*, 23(7), 1069-1075p.
- Mason, D.C., Corr, D.G., Cross, A., Hogg, D.C., Lawrence, D.H., Petrou, M., Taylor, A.M., 1988. The use of digital map data in the segmentation and classification of remotely-sensed images.

- International Journal of Geographical Information Systems*, 2, 195-215p.
- Mc Daniels, T., Chang, S., Peterson, K., Mikawoz, J., Reed, D., 2007. Empirical framework for characterizing infrastructure failure interdependencies, *Journal of Infrastructure Systems*, 13(3), 175-184p.
- Mehmood, A., 2016. Of resilient places: planning for urban resilience, *European Planning Studies*, 24(2), 407-419p, DOI: 10.1080/09654313.2015.1082980.
- Okabe, A., Satoh, T., Sugihara, K., 2008. A Kernel density estimation method for networks, its computational method, and a GIS-based tool, Tokyo Üniversitesi Mekânsal Bilgi Bilimleri Merkezi.
- Özden, A.T., 2021. COVID-19 sonrası mekânın değişimi üzerine spekülasyonlar, *Mimarlık Dergisi*, 417, 26-30s.
- Özmen, H.B., Huseynova, T., Pekkan, E., Tün, M., 2017. Türkiye'de meydana gelen depremlerin mekânsal istatistiksel analizi, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı.
- Page-Tan, C., Fraser, T., Aldrich, D.P., 2021. Mapping resilience: GIS techniques for disaster studies, *Research Methods of Disaster and Emergency Management: Social Science Approaches in Application*, 339-354p.
- Parizi, S.M., Taleai, M., Sharifi, A., 2022. A GIS-based multi-criteria analysis framework to evaluate urban physical resilience against earthquakes, *Sustainability*, 14 (5034), DOI: 10.3390/su14095034.
- Paton, D., Millar, M., Johnston, D., 2001. Community resilience to volcanic hazard consequences, *Natural Hazards*, 24, 157-169p.
- Rezaei, M.R., Bastaminia, A., Saraei, M.H., 2016. Evaluation of dimensions, approaches and concepts of resilience in urban societies with an emphasis on natural disasters, *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 8, 1630-1649p.
- Richards, J.A., Jia, X., 2006. Remote Sensing Digital Image Analysis, DOI: 10.1007/3-540-29711-1.
- Roy, B., 1996, Multicriteria methodology for decision aiding, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Rüsmetov, V., 2014. Coğrafi bilgi sistemleri ve 3D modelleme, *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 16(Özel Sayı II), 146-150s.
- Saaty, T.L., 1980. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York, NY: McGraw-Hill; 437.
- Saaty, T.L., Vargas, L.G., 2006. Decision Making With The Analytic Network Process, Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks, pittsburgh: Springer.
- Sabri, S., Yaakup, A., 2008. Multi-Criteria decision making for Urban Sprawl, using Analytic Network Process and GIS, case of Iskandar Malaysia Region.
- Sánchez-Lozano, J.M., Teruel-Solano, J., Soto-Elvira, P.L., García-Cascales, M.S., 2013. Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 544-556p.Sestras,
- P., Sălăgean, T., Bilaşco, S., Bondrea, M.V., Naş, S., Fountas, S., Cîmpeanu, S.M., 2019. Prospect of a GIS based digitization and 3D model for a better management and land use in a specific micro-areal for crop trees, *Environmental Engineering and Management Journal*, 18(6), 1269-1277p.
- Siddayao, G., Valdez, S., Fernandez, P., 2014. Analytic Hierarchy Process (AHP) in spatial modeling for floodplain risk assessment, *International Journal of Machine Learning and Computing*, 4(5), DOI: 10.7763/IJMLC.2014.V4.453.
- Silverman, B.W., 1986. Density Estimation for Statistics and Data Analysis, Chapman Hall, London.
- Srivastava, P.K., Pandey, P.C., Petropoulos, G.P., Kourgialas, N.N., Pandey, V., Singh, U., 2019. GIS and remote sensing aided information for soil moisture estimation: A comparative study of interpolation techniques, *Resources*, 8(2), DOI: 10.3390/resources8020070.
- Şenel, G., 2018. Delineation of water bodies with Landsat 8 and Sentinel 2 satellite imagery using different image processing algorithms (Master of Science Thesis), Istanbul Technical University Graduate School of Science, Engineering and Technology.
- Şirin Dincer, Ş.E., 2016. Dayanıklı kentler için kentsel tasarım ilkeleri (Yüksek Lisans Tezi), Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tağıl, Ş., Alevkayalı, Ç., 2013. Ege Bölgesi'nde depremlerin mekânsal dağılımı: jeostatistiksel yaklaşım, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6 (28), 369-379p.
- Temiz, M.S., Doğan, S., 2005. Dijital görüntülerin rektifikasyonu: sensör modelleri, geometrik görüntü dönüşümleri ve yeniden örnekleme, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.
- Tepavcevic, B., Šijakov, M., Šidanin, P., 2012. Gis technologies in urban planning and education, *Pollack Periodica*, 7, 185-191p, DOI: 10.1556/Pollack.7.2012.S.18.
- Udin, W.S., Zahuri Z.N., 2017. Land use and land cover detection by different classification systems using remotely sensed data of Kuala Tiga, Tanah Merah Kelantan, Malaysia, *Journal of Tropical Resource Sustainable Science*, 5, 145-151p.
- UNISDR, U., 2005. Hyogo framework for action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters, Extract from the final report of the World Conference on Disaster Reduction (A/CONF. 206/6).
- UNISDR, 2009. United Nations, Terminology on disaster risk reduction.URL-1, Coğrafi bilgi sistemleri terimleri, <https://web.itu.edu.tr/~coskun/contents/lessons/gismanagement/CB%20TERIMLERI%20SOZLUGU.pdf>. (Erişim: Mayıs, 2023).
- Uzunçubuk, L., 2009. Doğal afetlerin kentsel ve bölgesel planlamada yeri, *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2(101), 18-27s.
- Vahidnia, M.H., Alesheikh, A., Alimohammadi, A., Bassiri, A., 2008. Fuzzy analytical hierarchy process in GIS application, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 593-596p.
- Wu, S., Qiu, X., Wang, L., 2005. Population estimation methods in GIS and remote sensing: A review, *GIScience & Remote Sensing*, 42(1), 80-96p, DOI: 10.2747/1548-1603.42.1.80.

Xie, Z., Yan, J., 2008. Kernel density estimation of traffic accidents in a network space, *Computers, Environment, and Urban Systems*, 35(5), 396-406p.

Yaman, Z.D., Tezer, A., 2011. Dayanıklılık kuramının kent planlama ile ilişkilendirilmesi.

Zaidi, S.M., Akbari, A., AbuSamah, A., Kong, N.S., Gisen, A., Isabella, J., 2017. Landsat-5 time series analysis for land use/land cover change detection using NDVI and semi-supervised classification techniques, *Polish Journal Environmental Studies*, 26(6), 2833-2840p, DOI: 10.15244/pjoes/68878.