



atmosphere



Madde

Topluluk Ölçekli Yüksek Sıcaklık ve Yağmur Fırtınası Su Baskını Felaketlerinin Risk Değerlendirmesi: Dongsi'nin Bir Vaka Çalışması Pekin'deki Topluluk

Pei Xing, Ruozhi Yang, Wupeng Du, Ya Gao, Chunyi Xuan, Jiayi Zhang, Jun Wang, Mengxin Bai, Bing Dang ve Feilin Xiong

Özel Sayı

İklim Değişikliği ve Aşırı Hava Felaketi Riskleri

Düzenleyen

Dr. Jie Zhang, Dr. Wenli Lai ve Dr. Pengtao Wang



<https://doi.org/10.3390/atmos15091132>

Madde

Topluluk Ölçekli Yüksek Sıcaklık ve Yağmur Fırtınası Su Baskını Felaketlerinin Risk Değerlendirmesi: Pekin'deki Dongsi Topluluğunun Bir Vaka Çalışması

Pei Xing¹, Ruozhi Yang¹, Wupeng Du^{1,*}, Ya Gao², Chunyi Xuan¹, Jiayi Zhang², Haziran Wang², Mengxin Bai¹, Bing Dang¹ ve Feilin Xiong¹

¹ Pekin Belediye İklim Merkezi, Pekin 100089, Çin; 20042143xp@163.com (PX) Pekin

² Belediye Şehir Planlama ve Tasarım Enstitüsü, Pekin 100045, Çin; zhangjiayi16@mails.ucas.ac.cn (JZ)

* Yazışma: wpdu@ium.cn

Soyut: Kentleşmenin ilerlemesi ve küresel ısınmanın hızlanmasıyla birlikte aşırı hava ve iklim olayları giderek daha sık ve şiddetli hale geliyor ve iklim riski artmaya devam ediyor. Her topluluk, aşırı iklim riskiyle başa çıkmada ve kentsel dayanıklılığı artırmada yeri doldurulamaz ve önemlidir. Bu çalışmada, Pekin'in işlevsel çekirdek alanındaki Dongsi Topluluğu araştırılmış ve yüksek sıcaklıklar ve sağanak yağış su basması risk değerlendirmesi topluluk ölçeğinde uygulanmıştır. Yerel navigasyon gözlemleri, geleneksel afet risk değerlendirmesi için teorik bir çerçeveye entegre edilmiştir. Topluluk ölçeğindeki yüksek sıcaklık ve sağanak yağış su basması afetleri için risk değerlendirme gösterge sistemi mikroskobik bir perspektiften kurulmuş ve iyileştirilmiştir (tehlike, maruziyet ve kırılganlık olmak üzere üç boyuttan toplam 22 gösterge seçilmiştir). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojisi, coğrafi bilgi, meteorolojik, planlama, belediye, sosyoekonomik ve diğer çok kaynaklı bilgi katmanlarını entegre etmek için kullanılmış, böylece topluluk ölçeğindeki yüksek sıcaklıklar ve sağanak yağış su basması tehlike, maruziyet, kırılganlık ve risk düzeylerinin daha ayrıntılı mekansal dağılım özelliklerinin elde edilmesi sağlanmıştır. Sonuçlar, yüksek sıcaklıklı afetlerin yüksek riskli alanının %13,5 ve hafif yüksek riskli alanının %15,1'ini oluşturduğunu ortaya koydu. Yağmur fırtınası su basması afetlerinin yüksek riskli alanı %9,8 ve hafif yüksek riskli alanı %31,6'sını oluşturdu. Yüksek sıcaklıklara ve su basmasına ortak olan yüksek riskli alanlar %3,9'unu oluşturdu. Genel olarak, topluluk ölçeğinde yüksek sıcaklık ve yağmur fırtınası su basması afetleri riski belirgin mekansal dengesizlikler gösterdi; yani, Dongsi Santiao'nun orta kesimi etrafındaki alanda risk en düşüktü, diğer alanlarda ise bir miktar yüksek sıcaklık veya yağmur fırtınası su basması bulundu. Özellikle, Dongsi Kuzey Caddesi boyunca, Dongsi Liutiao'nun çevresindeki alanlarda ve Dongsi Jiutiao güzergahı boyunca bazı alanlarda yüksek sıcaklık ve yağmur fırtınası su basması afetleri riski nispeten yüksekti. Bu mekansal farklılıklar, topluluk içindeki arazi örtüsü (binalar, bitki örtüsü vb.) ve nüfus yoğunluğu tarafından daha fazla etkilenmiştir. Bu çalışma, dayanıklı topluluk inşası için iklim riski araştırmasının yararlı bir incelemesidir ve iklime uyumlu toplulukların planlanması için bilimsel destek sağlar ve ayrıca topluluk düzeyinde genel uyum hedefleri, eylem çerçeveleri ve belirli planlama stratejilerinin önerilmesini sağlar.



Alıntı: Xing, P.; Yang, R.; Du, W.; Gao, Y.; Xuan, C.; Zhang, J.; Wang, J.; Bai, M.; Dang, B.; Xiong, F. Topluluk Ölçekli Yüksek Sıcaklık ve Yağmur Fırtınası Su Baskını Felaketlerinin Risk Değerlendirmesi: Pekin'deki Dongsi Topluluğu Üzerine Bir Vaka Çalışması. *Atmosfer* **2024**, *15*, 1132. <https://doi.org/10.3390/atmos15091132>

Akademik Editörler: Jie Zhang, Wenli Lai ve Pengtao Wang

Alındı: 2 Ağustos 2024 Gözden geçirildi: 9 Eylül 2024 Kabul edildi: 10 Eylül 2024
Yayımlandı: 18 Eylül 2024



Telif Hakkı: © 2024 yazarlar tarafından. Lisans sahibi MDPI, Basel, İsviçre. Bu makale, Creative Commons Atıf (CC BY) lisansının (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hüküm ve koşulları altında dağıtılan açık erişimli bir makaledir.

Anahtar kelimeler: yüksek sıcaklık; sağanak yağış su basması; risk değerlendirmesi; topluluk; iklim adaptasyonu; dayanıklılık

1. Giriş

Mevcut küresel iklim, ısınma ile karakterize edilen önemli bir değişimden geçiyor ve aşırı hava ve iklim olaylarının sıklığı ve yoğunluğu artıyor. Doğal ekosistemler, ekonomi ve toplum üzerindeki etki giderek daha da şiddetli hale geliyor ve küresel iklim riski artmaya devam ediyor [1,2]. Bu nedenle, bu konuya değinmek

iklim değışikliği riski insan toplumu için acildir. Dahası, iklim değışikliği tepkilerini ve adaptasyonlarını farklı ölçeklerde (küresel ölçek, ulusal ölçek ve yerel ölçek gibi) ve farklı düzeylerde (hükümet, işletmeler ve halk gibi) belirlemeye acil ihtiyaç vardır [3–6]. Raporda vurgulandığı gibi *Bilimde Birlik* [7] Dünya Meteoroloji Örgütü'nün yayınladığı rapora göre, iklim etkilerinin riskini azaltmanın anahtarı uyumdur.

İklim ısınması ve hızlı kentleşmenin üst üste gelmesiyle, Pekin'de son 60 yılda sıcaklıkların artan eğilimi daha belirgin hale geldi ve sıcak hava dalgaları ve yoğun yağış gibi aşırı hava ve iklim olayları sıklıkla meydana geldi, örneğin Pekin'deki "7.21" sağanak yağış ve Pekin-Tianjin-Hebei bölgesindeki "23.7" sağanak yağış. 2021'deki sel mevsimindeki toplam yağış miktarı son 60 yılın en yükseğiydi ve 2023'teki yüksek sıcaklıklı gün sayısı rekor seviyeye ulaştı. Aşırı hava ve iklim olayları "yeni normal" haline geldi ve insanları uyum, azaltma ve afet riskini azaltma programlarını belirlemek için iklim ve afet risk değerlendirmelerine daha fazla dikkat etmeye yöneltti. Ancak araştırmacılar çoğunlukla ülke veya şehir düzeyi gibi makro ve mezo düzeylere odaklanıyor; bu nedenle, topluluk birimi düzeyinde afet risk değerlendirmeleri eksik [6].

Topluluk, bir şehrin temel birimi ve afet risk yönetiminde en kapsamlı katılım birimidir; iklim uçlarının en fazla etkisini taşır ve şehrin genel uyum seviyesini doğrudan belirler. Bu nedenle, topluluk aşırı iklim riskiyle başa çıkmada ve kentsel dayanıklılığı iyileştirmede önemli ve yeri doldurulamazdır. Çalışmalar, büyük şehirler tarafından formüle edilen iklim uyum planlarının etkili olma ihtimalinin düşük olduğunu ve önerilen birçok önlemin uygulanmasının zor olduğunu göstermektedir [8]; ancak, topluluğu temel birim olarak alarak formüle edilen iklim uyum planlaması, iklim değışikliği tehdidiyle başa çıkmada topluluklar ve şehirler için daha elverişli olacaktır [9,10]. Topluluk düzeyinde iklim adaptasyonu planlaması, Çin'de ve yurtdışında akademisyenler için bir araştırma merkezi haline geldi [11]; risk değerlendirmelerinin çözümünde iyileştirmeler gerektirmiştir ve gerektirmeye devam edecektir [4]. Bu nedenle, toplum ölçeğinde rafine edilmiş afet risk değerlendirmelerinin acilen geliştirilmesi gerekmektedir.

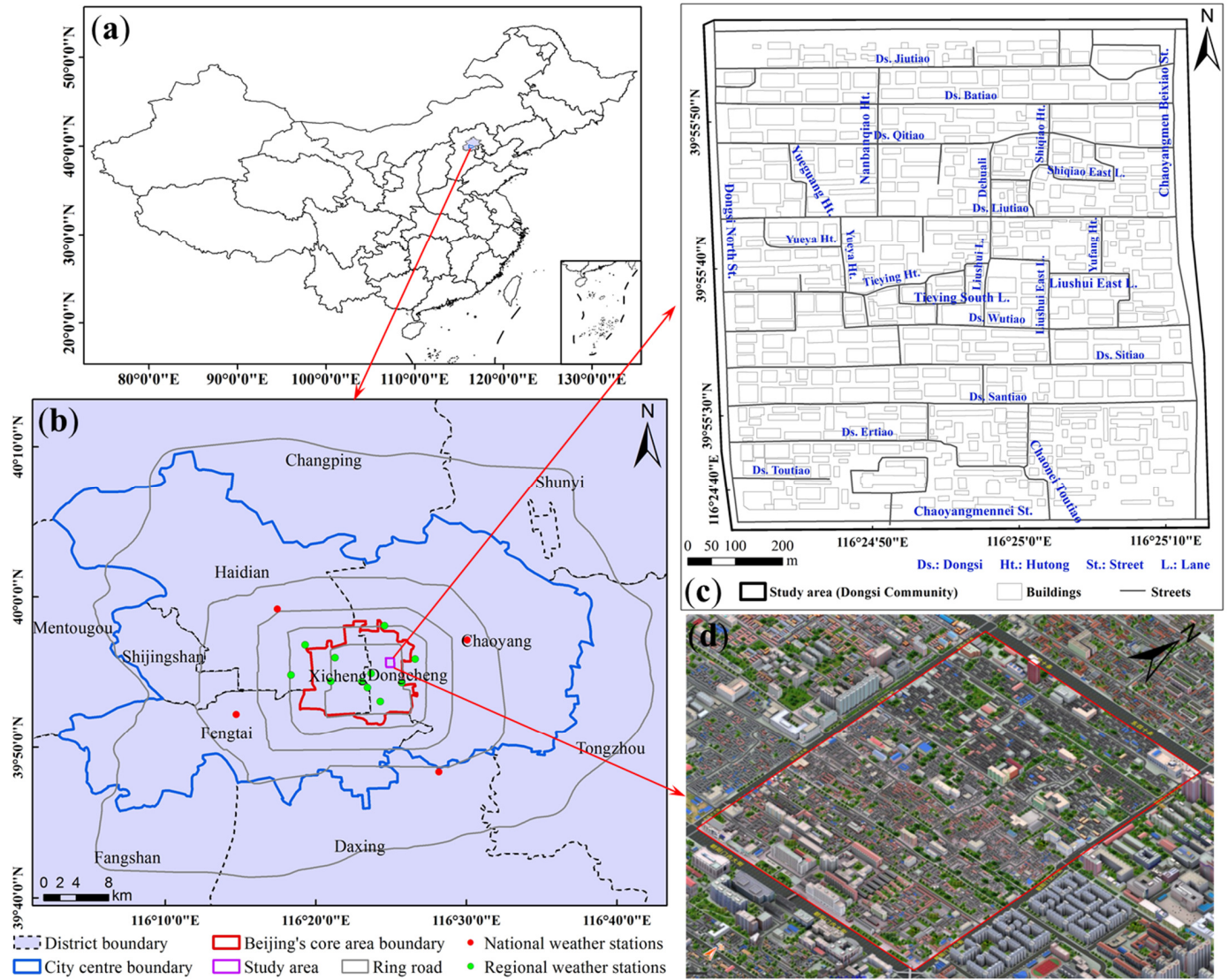
Artan araştırmalar, yüksek sıcaklıkların iklim değışikliği ve kentleşmenin ortak eylemiyle oluşan tipik meteorolojik afetler olduğunu göstermektedir [12,13]. Yağmur fırtınası su baskını olayları da kentsel alanlarda sık görülen meteorolojik felaketler haline geliyor [4,14]. Bu çalışmada, Pekin'deki Dongsı Topluluğu'nu örnek alarak, meteorolojik afet riskini topluluk ölçeğinde keşfetmeye çalıştık. En yaygın ve önemli iki afet türü olan yüksek sıcaklıklar ve sağanak yağış su basması, araştırma konusu olarak seçildi. Araştırma hedeflerimiz özellikle şunları içeriyordu: (1) sırasıyla yüksek sıcaklık ve sağanak yağış su basması afetleri için topluluk ölçeğinde bir risk değerlendirme endeksi sistemi kurmak; (2) Dongsı Topluluğu'ndaki yüksek sıcaklık ve sağanak yağış su basması afetlerinin tehlikesini, maruziyetini, kırılganlığını ve riskini ölçmek ve derecelendirmek ve (3) topluluk ölçeğindeki afet riskinin ayrıntılı mekansal dağılım özelliklerini kontrol etmek ve hangi alanların uyarlanabilir planlama önlemlerine dikkat etmesi gerektiğini belirlemek. Araştırma sonuçları, topluluk ölçeğinde daha rafine iklim riski özelliklerini daha nesnel olarak anlamaya yardımcı olur ve yerel koşullara dayalı iklim riski yanıt önlemlerinin geliştirilmesine yardımcı olabilir, böylece topluluk iklim riski yönetim kapasitesinin artırılması ve topluluk kalitesi ve yaşanabilirliğinin iyileştirilmesi için önemli bir temel sağlar [15].

2. Malzemeler ve Yöntemler

2.1. Çalışma Alanına Genel Bakış

Bu çalışmada, Pekin'deki Dongsı Topluluğu, topluluk ölçeğinde yüksek sıcaklık ve sağanak yağış su baskını felaketlerinin risk değerlendirmelerini incelemek için bir örnek olarak alındı. Çalışma alanı, başkentin işlevsel çekirdek alanındadır (Şekil1), doğuda Chaoyangmen Beixiao Caddesi'nden, batıda Dongsı Kuzey Caddesi'nden, güneyde Chaoyangmennei Caddesi'nden ve kuzeyde Dongsı Shitiao'dan uzanır. Kapsamlı bir topluluk olarak

esas olarak konut işlevleri, bazı idari ofisler ve ticari ve kültürel işlevler, Dongsı Topluluğu tipik geleneksel dörtgen avluların geniş bir alanını korumuştur ve Pekin'in eski şehrindeki en eksiksiz ve en büyük Hutong (sokak) mahallesidir. "Chongli Rezidansı", "Fuwang Konağı", "Jingzheng Evi" veya "Songyun Konağının Eski Yeri" gibi birçok kültürel kalıntı koruma birimi ve tarihi bina vardır. Dongsı Santiao'dan Batiao'ya, "Çin Tarihi ve Kültürel Blokları"nın ilk partisi olarak seçildi. Bu nedenle, Dongsı Sokak Bölgesi'ni topluluk ölçeğinde iklim uyum planlamasını keşfetmek için kullanmak önemli uygulama ve gösteri değerine sahiptir.



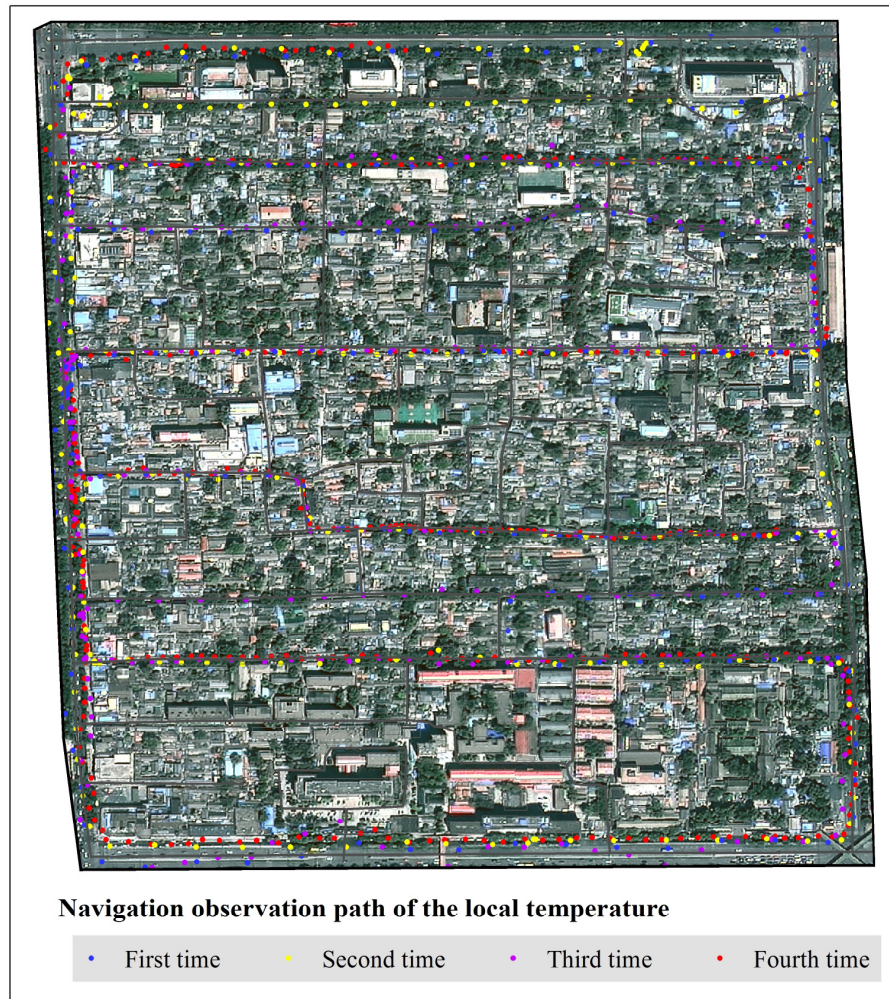
Şekil 1. Çin toprakları bağlamında yer alan çalışma alanının genel görünümü (A) ve Pekin (B); ve çalışma alanındaki ana caddelerin ve binaların dağılımının şematik diyagramı (C) ve 3 boyutlu haritası (D).

2.2. Veri Bilgileri

Dongsı Topluluğu ve çevresindeki alanlardaki tehlike faktörlerinin özelliklerini daha iyi yansıtabilmek için, çalışma alanı çevresindeki 13 meteoroloji istasyonundan günlük sıcaklık ve yağış verileri toplandı (istasyonların konumları Şekil 1'de gösterilmiştir). 1). 4 ulusal düzeyde meteoroloji istasyonu (Chaoyang, Haidian, Fengtai ve Gözlemevi istasyonları) ve 9 bölgesel meteoroloji istasyonu (Tiananmen, İşçi İstasyonları) vardı.

dium, Guanyuan, Antik Gözlemevi, Cennet Tapınağı, Yuyuantan, Hepingqiao Batı, Fuxingmen ve Yasak Şehir istasyonları); analizde kullanılan veri dönemi 2012-2020'dir.

Topluluğun yerel sıcaklık verileri navigasyon gözlemlerinden elde edildi. Termohigrometreli elde taşınabilir bir dijital spektrometre kullanılarak (doğruluk: $\pm 0,1^\circ\text{C}$), açık ve yağmursuz bir yaz öğleden sonrası, sabahı ve akşamı olmak üzere dört navigasyon gözlemi gerçekleştirildi (Şekil2). Topluluk içindeki yollar boyunca yaya yüksekliği sıcaklıkları gerçek zamanlı olarak toplandı. Toplulukta kaldırımlar veya yolun sağ tarafı kullanılarak sabit rotalar tanımlandı. Elde taşınan cihaz açık bir sırt çantasına yerleştirildi. Tüm rota için ortalama yürüme hızı yaklaşık 0,5 m/s idi ve her navigasyon gözlemi yaklaşık 1,5 saat sürdü. Şekildeki daireler2Her 30 saniyede bir pozisyonları temsil eder. Ek olarak, elde tutulan cihaz, tutarlılığı sabit yerle karşılaştırmak için Yuyuantan bölgesine (yakınlardaki bölgesel meteoroloji istasyonu) yerleştirildi. İki cihaz arasındaki korelasyon 0,98 kadar yüksekti.



Şekil 2. Topluluktaki sıcaklığın seyir gözlem yolunun şematik diyagramı.

Toplulukla ilgili veriler arasında idari bölüm temel haritaları, bina ve sokak vektör verileri, arazi kullanım verileri, DEM verileri, nüfus ve kişi başına düşen gelir dağılımı verileri, göletli su bulunan alçak avluların dağılımları, çeşitli yüzey pürüzlülük katsayıları, depresyon su depolama endeksleri ve drenaj borusu endeksleri yer almaktadır.1 İlgili göstergelerin özel kaynaklarını ve veri özelliklerini listeler.

Tablo 1. Veri tipleri ve kaynakları.

Veri Türü	Veri Özellikleri ve Kaynakları
Sıcaklık ve yağış verileri	Pekin Meteoroloji Veri Merkezi'nden meteoroloji gözlem istasyonu verileri 2012–2020 dönemi.
Yerel sıcaklık toplumu	25 Ağustos 2021, öğleden sonra geç saatlerde yapılan navigasyon gözlemlerinden kaynaklanmıştır; 26 Ağustos 2021, akşam; 30 Ağustos 2021, öğleden sonra geç saatler; ve 1 Eylül 2021, sabah.
Menzil, bina, sokak, drenaj ağ vektör verileri	Çalışma alanının kapsamı, yapı yüksekliği, yapı tipi, yapılaşmanın dağılımına ilişkin bilgiler tarihi ve kültürel miras, yol eğimi, drenaj borularının yerleri ve çapları, 2020 tarihli "Dongsi Caddesi için Düzenleme Kuralları ve Açıklama Kılavuzu"ndan kaynaklanmıştır. 2020 tarihli, 10 m mekansal çözünürlüğe sahip Landsat uydu uzaktan algılama alımına dayanmaktadır. Ulusal Havacılık tarafından yayınlanan 30 m mekansal çözünürlüğe sahip SRTM DEM arazi verileri ve Uzun Dairesi (NASA) (https://dwtkns.com/srtm30m/ veya https://earthexplorer.usgs.gov/ , her ikisi de 9 Ocak 2022'de erişildi). 70 m'lik doğruluk×80 m, 2020'deki Baidu Huiyan yerleşik nüfus verilerinden (https://huiyan.baidu.com/ , 25 Kasım 2021'de erişildi). Veri girişinde, veri işleminin tüm aşamaları anonimleştirilir ve her aşama ve çıktı, bireysel gizlilik.
Arazi kullanım verileri	
DEM verileri	
Nüfus ve kişi başına düşen gelir verileri	2021 yılında Dongsi Sokak Ofisi'nden alınmıştır.
Alçakta bulunan su birikintilerine sahip avluların dağılım verileri	
Yüzey pürüzlülük katsayısı ve depresyon suyu depolama indeksi	Arazi kullanımına bağlı olarak yüzey tipi belirlenmiş ve katsayı ve endeks değerleri "Yağmur Suyu Yönetim Modeli (SWMMH) Kullanıcı El Kitabı (sürüm 5.0)"nda sorgulanmıştır.

2.3. Araştırma Yöntemleri

IPCC AR6 risk çerçevesi ve meteorolojik afet risk değerlendirme yöntemlerine atıfta bulunarak, afet riski, tehlike faktörlerinin, afet taşıyan gövde maruziyetinin ve alttaki yüzeyin kırılganlığının ortak eyleminin sonucu olarak görülmektedir [14,16]. Bu çalışmada, yüksek sıcaklıklar ve sağanak yağış su basması için toplum ölçeğinde bir afet riski değerlendirme modeli oluşturuldu ve ağırlıklı kareleme yöntemi kullanıldı [17–19]. Birincil göstergeler çarpma kullanılarak hesaplandı ve ikincil göstergeler toplama kullanılarak hesaplandı; formül şu şekildedir:

$$R = \sum_{N=1}^N (H_N \times B_N) \times \sum_{Ben=1}^{Ben} (E_N \times B_{Ben}) \times \sum_{Biz=1}^{Biz} (A_N \times B_{Biz}) \times \sum_{Bj=1}^{Bj} (V_N \times B_{Bj}) \quad (1)$$

Neresi R Afet risk endeksidir; H , E , V ve A tehlike endeksi, maruz kalma endeksi ve kırılganlık endeksi sırasıyla; ve B her değerlendirme faktörünün karşılık gelen ağırlığıdır.

Dongsi Topluluğu için işlevsel konumlandırma ve durum dağılımı gibi bilgilere dayanarak, topluluk ölçeğinde yüksek sıcaklık ve sağanak yağış su baskını felaketleri için risk değerlendirme gösterge sistemleri oluşturuldu (Tablolar 2 ve 3). Her değerlendirme faktörünün ağırlıkları analitik hiyerarşi süreci ve uzman puanlama yöntemi ile belirlendi. Bu süreçte uzmanlardan faktörleri puanlamaları istendi ve daha sonra faktörler her seviyede karşılaştırılarak ve daha sonra bunlar üzerinde çiftler halinde karşılaştırmalar yapılarak nitel ve nicel sonuçlara ulaşıldı; tutarlılık testini geçtiler [20].

Tablo 2.Toplum ölçeğindeki yüksek sıcaklıklı afetlerin risk değerlendirmesine yönelik gösterge sistemi.

Birincil Göstergeler ve Ağırlıklar		İkincil Göstergeler ve Ağırlıklar			
Öncelik Göstergeler	Ağırlık Katsayı	Tip	İkincil Göstergeler	Ağırlık Katsayı	Rol
Tehlike	0,30	Gözlemlenen sıcaklık meteorolojiden istasyonlar	Aşırı maksimum sıcaklık Ortalama	0,20	+
			maksimum sıcaklık 35'in üzerindeki	0,15	+
			ardışık gün sayısı<C 38'in üzerinde ardışık	0,05	+
			gün sayısı<C	0,10	+
		Navigasyon yerel gözlem sıcaklık	Topluluktaki yerel sıcaklık	0,50	+
Maruziyet	0,40	Tarihi ve kültürel mirasla ilgili	Antik ağaç	0,21	+
			Tarihi bina	0,21	+
		Demografik ilişkili	Toplam nüfus	0,07	+
			Kadın nüfusunun oranı Kadın	0,13	+
			nüfusunun oranı≥65 yaş üstü nüfus	0,19	+
	Ekonomik değer	Kişi başına düşen gelir	0,19	+	
Güvenlik Açığı	0,30	İnşaatla ilgili	Anahtar tesisler	0,30	+
			İnşaat kullanımı	0,28	+
			Bina yüksekliği	0,28	+
		Yeşil alan	Yaygın ağaçlar	0,14	–

Tablo 3.Toplum ölçeğinde sağanak yağış ve su baskını felaketlerinin risk değerlendirmesine yönelik gösterge sistemi.

Birincil Göstergeler ve Ağırlıklar		İkincil Göstergeler ve Ağırlıklar			
Öncelik Göstergeler	Ağırlık Katsayı	Tip	İkincil Göstergeler	Ağırlık Katsayı	Rol
Tehlike	0,20	İlgili yağış eleman	Aşırı yağış	0,20	+
			5 ardışık gün boyunca maksimum yağış	0,31	+
			Yağmurlu gün sayısı	0,49	+
Maruziyet	0,40	Yapı ilgili	Anahtar tesisler	0,10	+
			İnşaat kullanımı	0,26	+
			Bina yüksekliği	0,06	+
		Demografik ilişkili	Toplam nüfus	0,07	+
			Kadın nüfusunun oranı Kadın	0,13	+
Güvenlik Açığı	0,40	Ekonomik değer	nüfusunun oranı≥65 yaş üstü nüfus	0,19	+
			Kişi başına düşen gelir	0,19	+
		Kaba adamlık katsayı	Fayans, asfaltın Manning pürüzlülük katsayısı	0,20	+
			Yeşil alan Manning katsayısı	0,04	+
		Depresyon suyu depolama indeksi	Geçirimsiz kaldırımda su birikmesi	0,16	+
			ve düz çatı çöküntüleri		
			Çöküntülerde su birikmesi	0,12	+
			eğimli çatı	0,03	+
		Alçak alanlar	Yeşil alan çöküntülerinde su birikmesi	0,03	+
			Alçak avlu	0,17	+
		Drenaj indeksi	Tahliye memesi yoğunluğu	0,08	-
		Arazi etkisi	DEM yükselmesi	0,16	-
		Yeşil alan	Yaygın ağaçlar	0,04	-

Tehlike faktörleri, afet risk alanına tehlike yaratabilecek meteorolojik faktörlerin anormallik seviyesini temsil ediyordu ve afet riskiyle pozitif orantılıydı. Yüksek sıcaklık tehlikelerini değerlendirmek için kullanılan göstergeler arasında aşırı maksimum sıcaklık, ortalama maksimum sıcaklık, yüksek sıcaklık günlerinin sayısı ve 38'in üzerinde ardışık günlerin sayısı yer alıyordu. Yüksek sıcaklık işlemi sırasında C. Yüksek sıcaklık işlemleri günlük maksimum sıcaklıklarla tarandı $\geq 35^\circ\text{C}$ 3 günden fazla ardışık olarak veya $\geq 38^\circ\text{C}$ 'den fazla ardışık gün boyunca C. İşlemdeki yüksek sıcaklık günlerinin sayısı, yani günlük maksimum sıcaklığın olduğu ardışık günlerin sayısı $\geq 35^\circ\text{C}$, her yüksek sıcaklık işleminin süresini karakterize eder; işlemdeki ortalama maksimum sıcaklık, her yüksek sıcaklık işleminin günlük en yüksek sıcaklığının ortalama değerine atıfta bulunur ve bu da yüksek sıcaklık işleminin ortalama yoğunluğunu karakterize eder. Aşırı maksimum sıcaklık, her yüksek sıcaklık işlemi için günlük maksimum sıcaklığın maksimum değerine atıfta bulunur; bu gösterge ve 38'in üzerindeki ardışık gün sayısı $^\circ\text{C}$, yüksek sıcaklık sürecinin aşırı durumunu karakterize etti. Yağmur fırtınası su basması tehlikesini değerlendirme göstergeleri arasında aşırı yağış indeksi (R) de vardı (95p), beş ardışık gün boyunca maksimum yağış ($R_{5\text{gün}}$), ve sağanak yağışlı günler (R_{25}). Aşırı yağış göstergesi (R_{95p}) iklimsel standart periyoduna (1991–2020) atıfta bulunulmuştur. Günlük yağışlı tüm yağış değeri serileri $\geq 0,1$ mm'lik yağışlar küçükten büyüğe doğru sıralandı ve 95. yüzdelikteki yağış değeri aşırı yağış olaylarının eşik değeri olarak tanımlandı; eşik aşan yıllık yağışların toplamı o yıl için aşırı yağış olarak kullanıldı. Beş ardışık gün için maksimum yağış ($R_{5\text{gün}}$) bir yıldaki 5 kayan günün yağış toplamının maksimum değeri idi. Yağmur fırtınası günlerinin göstergesi (R_{25}) günlük yağışlı günlerin toplamıydı $\geq 25,0$ mm.

Maruziyet, iklim felaketlerinin nüfus, ekonomi ve mülk üzerindeki olumsuz etkilerinin şiddetini yansıtıyordu. Yağmur fırtınası su basması maruziyetini değerlendirme göstergeleri arasında çalışma alanındaki sokaklardaki binaların dağılımı, türü, kullanımı ve yüksekliği, toplumun toplam nüfusu ve yaşlılar ve kadınlar gibi dezavantajlı grupların oranları yer alıyordu [21] ve toplum başına düşen kişi başı gelir. Yüksek sıcaklık maruziyetini değerlendirmek için, nüfus ve ekonomik değer faktörlerine ek olarak, tarihi ve kültürel miras faktörleri, yani eski ağaçların ve tarihi binaların dağılımı, çalışma alanının özelliklerini yansıtacak şekilde dahil edildi.

Duyarlılık, afete gebe çevrenin araştırma nesnelerine potansiyel olarak zarar verme yeteneğini teşvik etme veya geciktirme yeteneğini ifade eder. Yüksek sıcaklık duyarlılığını değerlendirmek için kullanılan göstergeler esas olarak ağaçların dağılımını ve çalışma alanındaki binaların ilgili özelliklerini içeriyordu, çünkü ağaçlar yüksek sıcaklık afetlerini etkili bir şekilde hafifletebilirken, yoğun veya yüksek binaların veya yüksek insan ısı emisyonlarının olduğu alanlar yüksek sıcaklık afetlerini daha da kötüleştirebilir. Yağmur fırtınası su basmasına karşı duyarlılığı değerlendirmek için kullanılan göstergeler esas olarak farklı alt yüzeylerin Manning pürüzlülük katsayısını, depresyon su depolama endeksini, drenaj göstergelerini, topoğrafik etki faktörünü, ağaç dağılımını ve temel alçak alanların dağılımını içeriyordu.

Tehlike değerlendirmesi için kullanılan göstergelerin hepsi niceldi, maruz kalma ve savunmasızlık değerlendirmesi ise bazı nicel olmayan göstergeleri içeriyordu. Bu nicel olmayan göstergeler, her göstergenin ilgili meteorolojik afetlerin maruziyetine veya savunmasızlığına duyarlılığına veya katkısına göre değerlendirildi ve ardından derecelendirildi ve 0-1 aralığında değerler atandı. Farklı göstergeler arasında hesaplama yapmadan önce, normalleştirme için aşağıdaki formül kullanıldı:

$$X' = \frac{X - X_{\text{dakika}}}{X_{\text{maksimum}} - X_{\text{dakika}}} \quad (2)$$

Neresi X normalleştirilmiş verilerdir ve X , X_{dakika} , $Ve X_{maksimum}$ sırasıyla değerlendirme göstergesinin örnek verilerindeki gerçek değer, minimum değer ve maksimum değerdir.

Mekansal analiz ve haritalama coğrafi bilgi sistemi (CBS) yazılımı (sürüm 10.2) kullanılarak gerçekleştirildi. Afet tehlikesi, maruziyet, kırılganlık ve risk endekslerinin mekansal derecelendirmesi doğal kırılma noktası yöntemini kullandı ve beş seviyeye ayrıldı: düşük, biraz düşük, orta, biraz yüksek ve yüksek. Yüksek sıcaklık ve sağanak yağış su basması tehlikelerinin ve nüfusla ilgili göstergelerin mekansal dağılımını elde etmek için CBS'deki ters mesafe ağırlıklandırma (IDW) mekansal enterpolasyon yöntemi kullanıldı.

3. Sonuçlar

3.1. Rafine Topluluk Risk Değerlendirme Göstergelerinin Özellikleri

3.1.1. Meteorolojik Değerlendirme Göstergelerinin Özellikleri

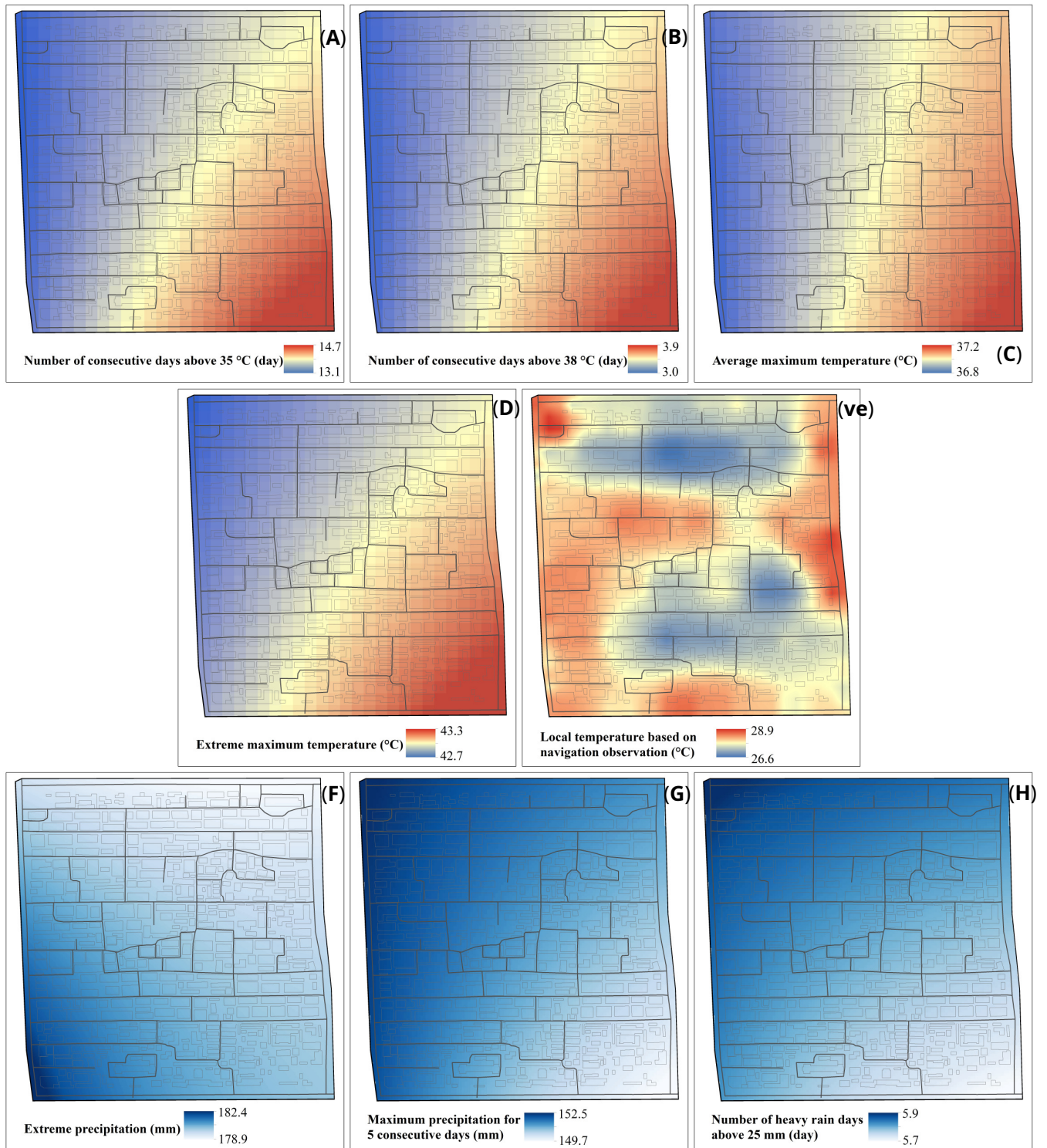
Her yüksek sıcaklık tehlike faktörünün toplum ölçeğindeki mekansal dağılım özellikleri Şekil'de gösterilmiştir. 3a–d. Büyük değerli alanlar topluluğun güneydoğu kesimindeydi. Genel olarak güneydoğudan kuzeybatıya doğru azalan bir eğilim vardı. Geleneksel meteoroloji istasyonlarındaki sıcaklık gözlemleri yalnızca topluluğun bulunduğu alanın genel arka plan özelliklerini yansıtabildiğinden, yüksek sıcaklığın topluluk ölçeğindeki tehlike tahminleri yapılırken yerel sıcaklık farklılıklarının da dikkate alınması gerekiyordu. Bu çalışmada dört navigasyon gözleminin gözlem sonuçları kapsamlı bir şekilde ele alındı. Şekilde gösterildiği gibi 3e, Dongsı Batiao'nun sıcaklığı nispeten düşüktü çünkü bu alanda daha fazla uzun ağaç dağılmıştı. Ayrıca, Santiao ve Sitiao'nun merkezi alanlarının sıcaklıkları nispeten düşüktü. Bunun nedeni, bu alandaki binaların yoğun nüfuslu olmaması ve belirli açık alanların olması olabilir. Çevresel ana yolların sıcaklığı nispeten yüksekti, Liutiao'nun sıcaklığı da öyleydi, muhtemelen Liutiao Hutong'da oteller, bir trafik yönetim müfrezesi, bir alt bölge ofisi ve ortaokullar dağılmış olduğu için. İnsan ve araç akışı harikaydı ve antropojenik ısının etkisi nispeten belirgindi.

Her bir yağmur fırtınası su basması tehlike faktörünün toplum ölçeğinde mekansal dağılım özellikleri Şekil'de gösterilmiştir. 3f–h. Aşırı yağış miktarı güneybatıda daha fazla, kuzeydoğuda daha azdı ve büyük değerlere sahip alanlar çoğunlukla Dongsı Toutiao, Ertiao ve Santiao'da yoğunlaştı. Hem 5 ardışık gün boyunca maksimum yağışın hem de sağanak yağışlı gün sayısının mekansal dağılım özellikleri kuzeybatıda daha fazla, güneydoğuda daha azdı ve büyük değerlere sahip alanlar çoğunlukla Dongsı Jiutiao, Batiao ve Qitiao'da yoğunlaştı. Her yağış göstergesinin mekansal dağılımı, nispeten büyük miktarda yağışa sahip alanların çoğunlukla çalışma alanının kuzeybatı bölgesinde dağıldığını ve nispeten yüksek yağış yoğunluğuna sahip alanların çoğunlukla çalışma alanının güneybatı bölgesinde dağıldığını gösterdi.

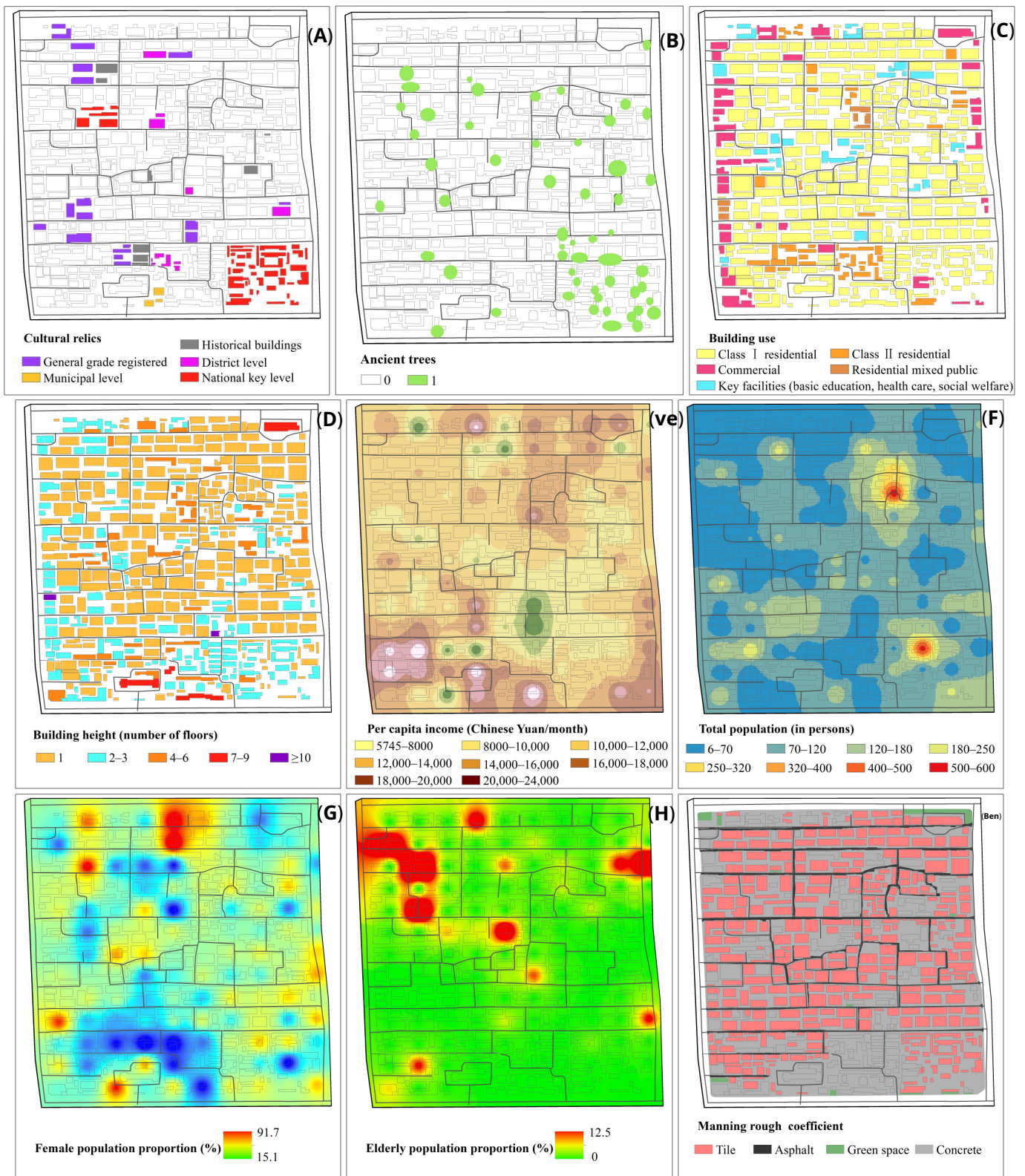
3.1.2. Diğer Meteorolojik Olmayan Değerlendirme Göstergelerinin Özellikleri

Figür 4 Dongsı Topluluğu'nun diğer meteorolojik olmayan değerlendirme göstergelerinin mekansal dağılım özelliklerini gösterir.

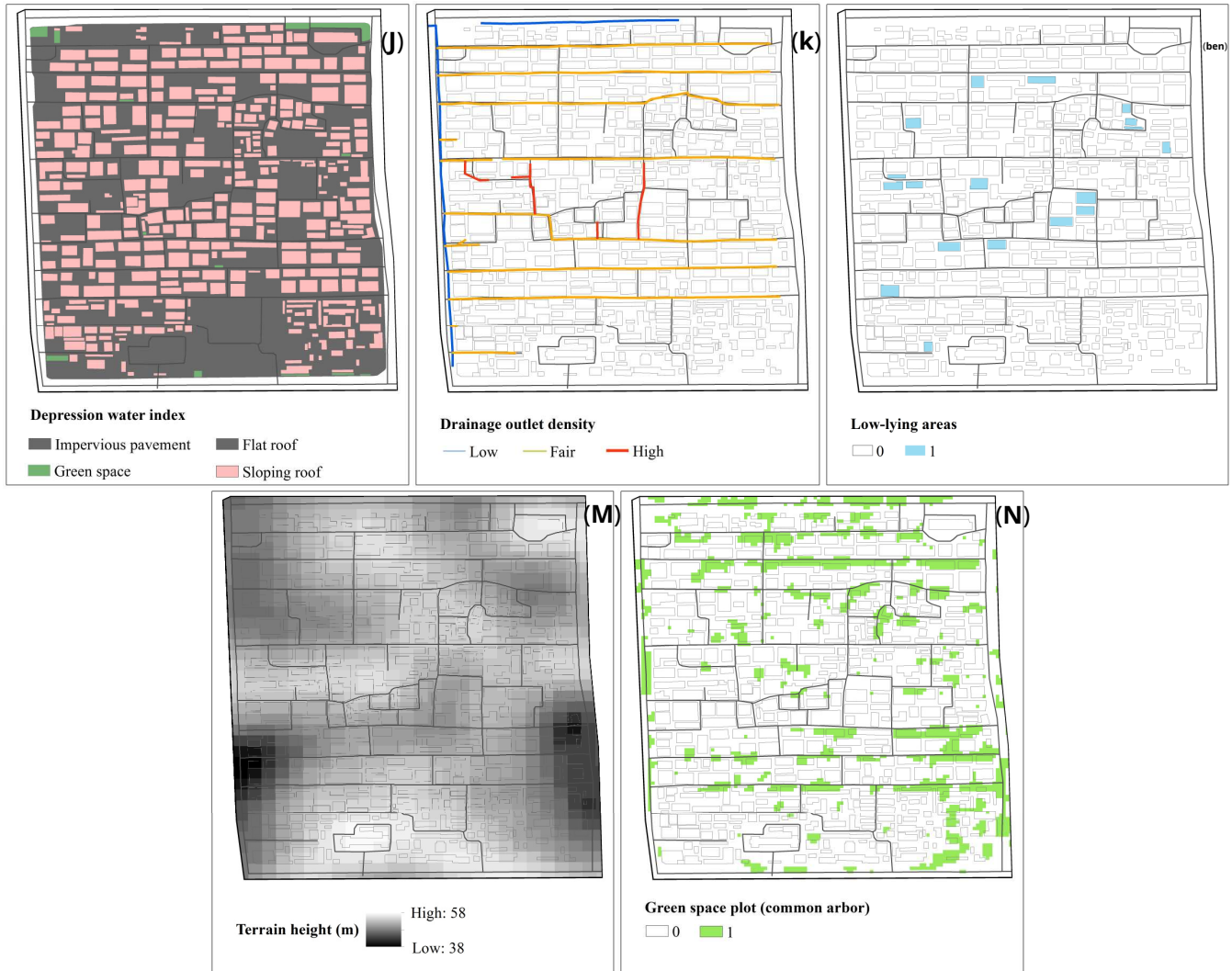
Çalışma alanındaki tarihi ve kültürel miras, taşınmaz kültürel kalıntıları, tarihi binaları ve antik ağaçları içeriyordu. Dağılım Şekil'de gösterilmiştir 4a,b. Çalışma alanının güneydoğu köşesindeki Fuwang Konağı ve Dongsı Liutiao'nun batı kesiminde yer alan Chongli Rezidansı olmak üzere iki önemli ulusal kültürel kalıntı koruma birimi bulunmaktadır.



Şekil 3. Dongsi Topluluğu'nun rafine risk değerlendirmesinde kullanılan meteorolojiyle ilgili göstergelerin mekansal dağılımı: **(A)** günlük maksimum sıcaklığın 35'in üzerinde olduğu ardışık gün sayısı; **(B)** 38'in üzerinde ardışık gün sayısı; **(C)** ortalama maksimum sıcaklık; **(D)** aşırı maksimum sıcaklık; **(ve)** navigasyon gözlemine dayalı yerel sıcaklık; **(F)** aşırı yağış; **(G)** 5 ardışık gün boyunca maksimum yağış; ve **(H)** Günlük yağış miktarı 25 mm'nin üzerinde olan yoğun yağışlı günlerin sayısı.



Şekil 4.Devamı



Şekil 4. Dongsu Topluluğu'nun rafine risk değerlendirmesinde kullanılan meteorolojik olmayan göstergelerin mekansal dağılımı: (A) kültürel kalıntılar ve tarihi yapılar; (B) eski ağaçlar; (C) bina kullanımı; (D) bina yüksekliği; (ve) kişi başına düşen gelir; (F) toplam nüfus; (G) kadın nüfus oranı; (H) yaşlı nüfus oranı; (Ben) Manning kaba katsayısı; (J) depresyon su depolama indeksi; (k) drenaj çıkış yoğunluğu; (ben) alçak alanlar; (M) arazi yüksekliği; ve (N) yeşil alan arsası (ortak çardak).

Bina ile ilgili göstergeler (Şekil4c,d) bina kullanımını (örneğin, konut, ticari, kamu binaları), temel tesisleri (örneğin, temel eğitim, tıbbi ve sağlık tesisleri ve sosyal refah tesisleri) ve bina yüksekliğini içeriyordu. Dongsu mahallesinin batı tarafı geleneksel tek katlı binalar tarafından domine ediliyordu; 4-6 katlı az sayıda modern ofis ve konut binası Dongsu Ertiao, Liutiao ve Batiao boyunca dağılmıştı; 2-3 katlı ticari binalar Dongsu North Street boyunca yoğunlukta; ve dağınık dağılımlara sahip 22 tane daha temel tesis vardı.

Yaşam ve mal varlığı göstergeleri (Şekil4e-h) esas olarak çalışma alanındaki kişi başına düşen gelir, nüfus dağılımı, yaşlı nüfus dağılımı ve kadın nüfus dağılımını içeriyordu. Kişi başına düşen gelirin daha yüksek olduğu alanlar yoğunlukla ana yollar boyunca bölgenin yakınındaki topluluğun kuzeyinde ve güneyinde dağılmıştı. Nüfus Shiqiao Doğu Şeridi'nde ve Dongsu Santiao'nun doğu tarafında daha büyüktü. Kadın nüfusunun yüksek oranda olduğu alanlar yoğunlukla Dongsu Jiutiao ve Batiao'nun orta kesiminde ve çevresinde yoğunlaşmıştı ve yaşlı nüfusun yüksek oranda olduğu alanlar

65 yaş üstü nüfus çoğunlukla Dongsı Qıtiao ve Yueguang Hutong'un orta kesimlerinde yoğunlaştı.

Altta yatan yüzeyin göstergeleri (Şekil4i-n) çoğunlukla farklı arazi kullanımlarının (fayans, asfalt, yeşil alan, beton, vb.) yüzey Manning pürüzlülük katsayısını, depresyon su depolama indeksini (geçirimsiz kaldırım, düz çatı, eğimli çatı, yeşil alan, vb.), drenaj nozullarının yoğunluğunu, arazi yüksekliğini ve alçakta yatan arazi ve yeşil alan parsellerinin dağılımını içeriyordu. Dongsı Topluluğu'ndaki alttaki yüzeylerin geçirimsizlik oranı çok yüksekti (%99'a kadar), bu çoğunlukla fayans, asfalt ve beton malzemelerle yollar ve binalardan oluşan geçirimsiz yüzeydi ve yeşil alanlar çok azdı. Alçakta yatan avluların tarihsel istatistikleri çoğunlukla çalışma alanının Dongsı Sitiao ve Dongsı Liutiao arasındaki merkezi kısmında dağılmıştı (Şekil4l). Merkezi çalışma alanında, Yueguang Hutong ve Liushui Lane'deki drenaj borularının yoğunluğu en yüksekti ve kuzeydeki Dongsı Shitiao ve batıdaki Dongsı North Street boyunca drenaj borusunun yoğunluğu en düşüktü (Şekil4k). Topografik yükseklik dağılımı (Şekil4m) çalışma alanının güney kısmında Dongsı Toutiao ve Ertiao'nun sapmasının nispeten düşük olduğunu gösterdi. Doğu alanı nispeten yüksek araziye sahipti, bunu çalışma alanının kuzeydoğu kısmında Dongsı Jiutiao ve Yufang Hutong'un bir kısmı takip ediyordu ve en düşük araziye sahip alan Dongsı Kuzey Caddesi ve Chaoyangmen Beixiao Caddesi'nin güney alanına dağılmıştı.

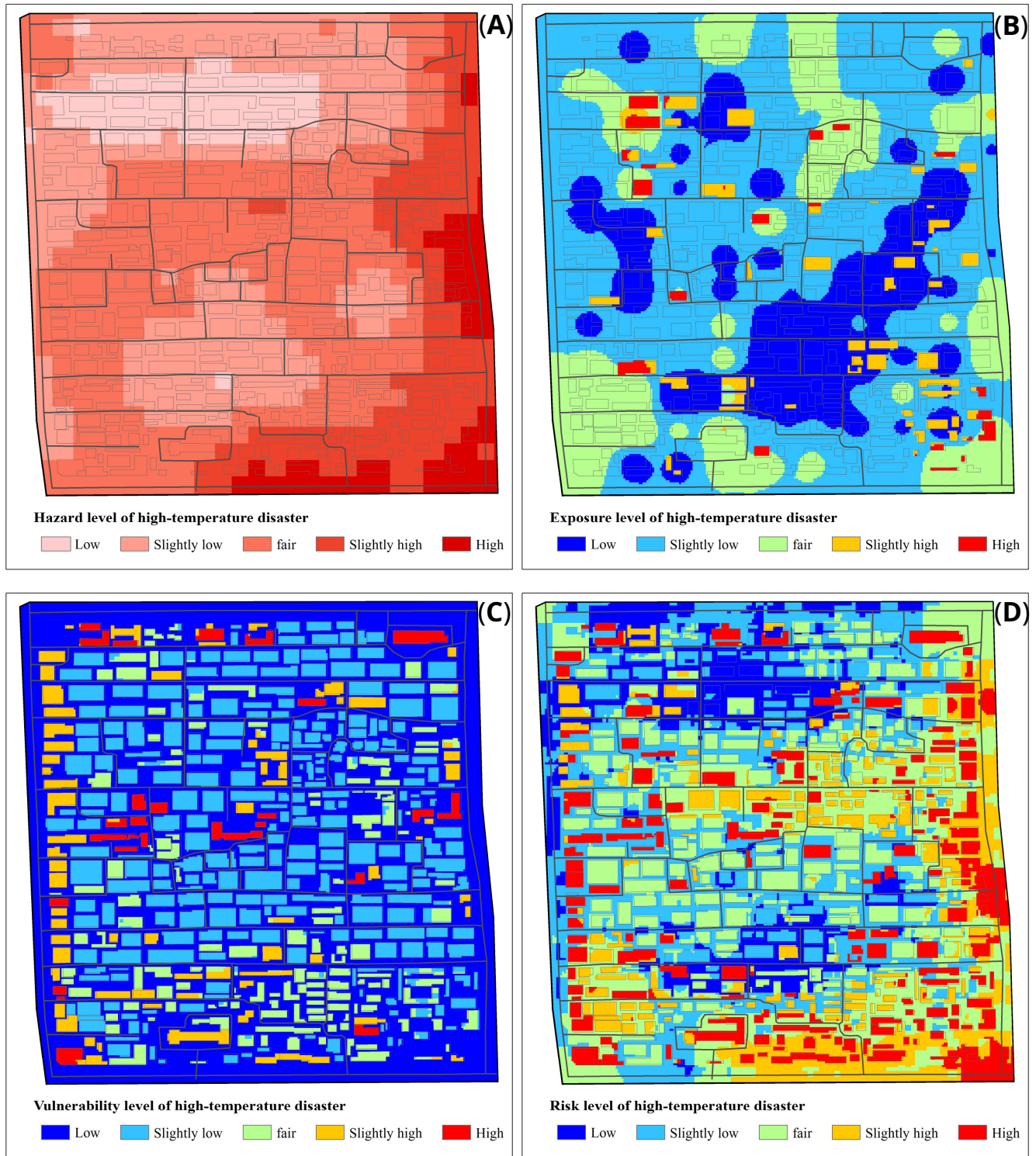
3.2. Toplum Yüksek Sıcaklık Afetlerinin Risk Değerlendirmesi

Bu çalışmada, topluluğun navigasyon gözlemlerine dayalı yerel sıcaklık mekansal özellikleri ve meteoroloji istasyonu gözlemlerine dayalı yüksek sıcaklık faktörleri, eşit ağırlığa göre topluluk ölçeğinde yüksek sıcaklık tehlike endeksi hesaplamak için birleştirildi ve sınıflandırma için doğal kırılma noktası yöntemi kullanıldı. Yüksek sıcaklık tehlike seviyelerinin mekansal dağılımı Şekil'de gösterilmiştir.5a. Batiao en düşük yüksek sıcaklık tehlikesine sahipti, bunu Santiao ve Sitiao'nun merkezi bölgeleri takip ederken, Chaoyangmen Beixiao Caddesi (orta ve güney kesimleri) ve Chaoyangmennei Caddesi (orta ve doğu kesimi) bölgesi en yüksek tehlikeye sahipti.

Formül (1) ve Tablo'daki ağırlık katsayısına göre2ve nüfus, ekonomi ve tarihi ve kültürel miras göstergelerinin kapsamlı bir şekilde ele alınmasıyla, yüksek sıcaklık afet maruziyet düzeylerinin dağılım haritası elde edildi (Şekil5b). Dongsı Topluluğu'nda yüksek ve hafif yüksek maruziyet seviyelerine sahip alanlar çoğunlukla Yueguang Hutong, Dongsı Qıtiao'nun batı kesimi, Dongsı Wutiao'nun doğu kesimi, Dongsı Santiao boyunca uzanan rota ve çalışma alanının güneydoğu köşesindeki Fuwang Konağı'nda yoğunlaşmıştır.

Benzer şekilde, yeşil alan, binalar ve diğer ilgili göstergelere dayalı olarak, yüksek sıcaklıklı afetlerin kırılma düzeyinin hesaplanan mekansal dağılımı Şekil'de gösterilmektedir.5c. Yüksek ve hafif yüksek kırılma düzeylerine sahip alanlar çoğunlukla Yueya Hutong, Tieying Hutong, Dongsı Jiutiao ve Dongsı North Street boyunca uzanan alanlar ve topluluğun güneybatı kesimindeki bazı alanlarda yoğunlaşmıştır. Çoğunlukla önemli tesisler ve ticari araziler arasında dağılmışlardı ve merkezi yeşil alanlardan yoksundular.

Normalizasyondan sonra, yüksek sıcaklık felaketlerinin tehlikesi, maruziyeti ve kırılma düzeyi, sırasıyla 0,20, 0,40 ve 0,40 ağırlıklarıyla Denklem (1)'e göre entegre edildi. Yüksek sıcaklık felaketlerinin toplum ölçeğindeki risk dağılımı elde edildi ve Şekil'de gösterilmiştir.5d. Düşük riskli, biraz daha düşük riskli, biraz daha yüksek riskli ve yüksek riskli alanların yüzdeleri sırasıyla %12,2, %28,3, %15,1 ve %13,5'tir. Yüksek riskli alanlar çoğunlukla Chaoyangmen Beixiao Caddesi, Fuwang Konağı, Chaonei Toutiao'nun batı tarafı, Dongsı Kuzey Caddesi (güney bölümü) ve Dongsı Liutiao ve Dongsı Jiutiao boyunca belirli alanlarda yoğunlaşmıştır. Düşük riskli alanlar çoğunlukla Dongsı Shitiao, Dongsı Batiao (orta bölüm), Dongsı Santiao (orta bölüm) ve Dongsı Kuzey Caddesi (kuzey bölümü) çevresinde dağılmıştır.

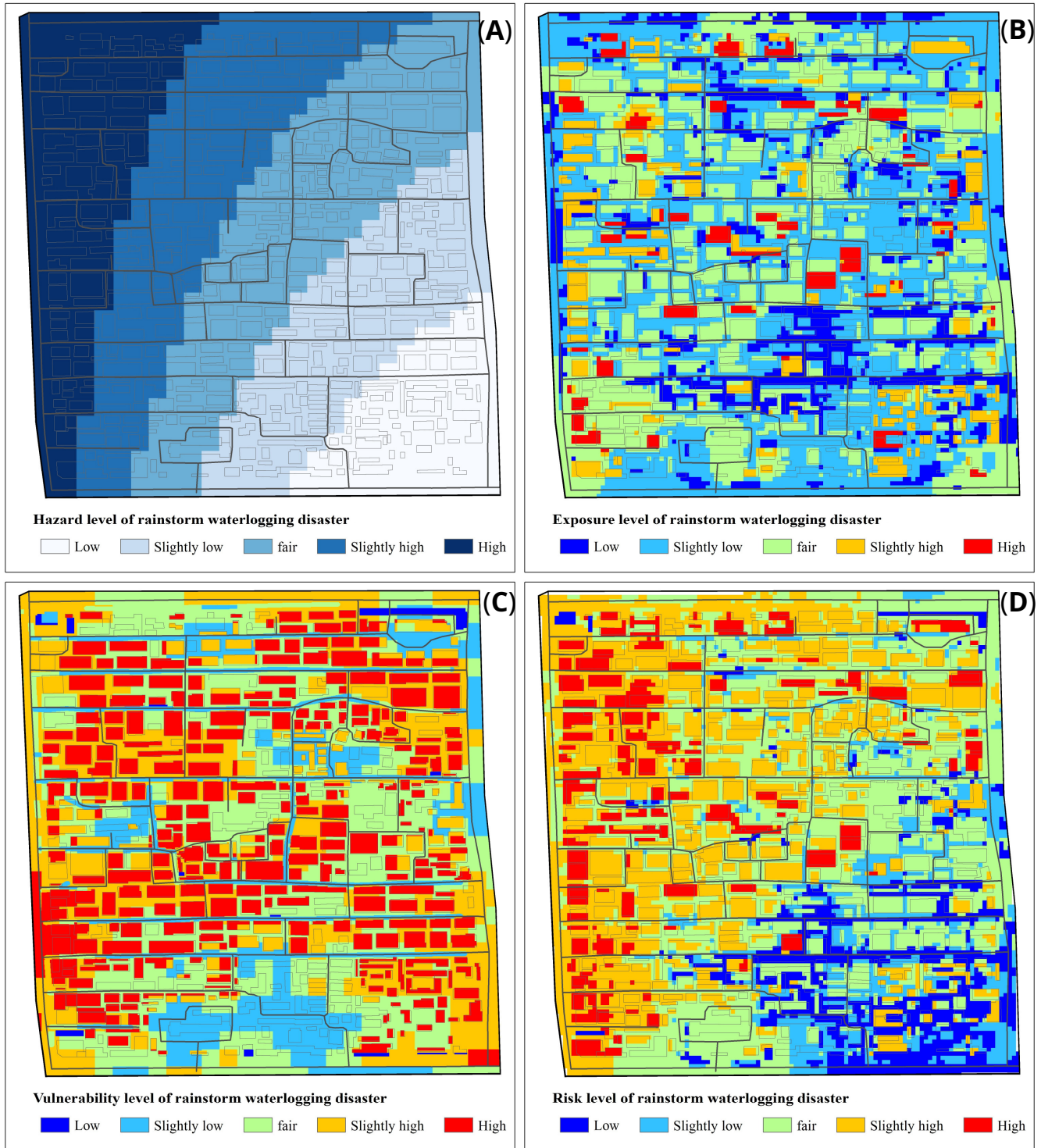


Şekil 5. Tehlikenin mekansal dağılımı (A), maruziyet (B), güvenlik açığı (C), ve risk (D) Dongsi Topluđu'nda yüksek sıcaklıklı afetlerin seviyeleri.

3.3. Toplum Yağmur Fırtınası Su Baskını Afetlerinin Risk Değerlendirmesi

Şekilde gösterildiği gibi6a, topluluk ölçeğinde en yüksek yağmur fırtınası su baskını tehlikesine sahip alan, çalışma alanının kuzeybatı kısmı ile Dongsi North Caddesi'nin kesiştiği noktada yoğunlaşmıştır. En yüksek tehlikenin olduğu dağıtım alanı, esas olarak çalışma alanının batı kısmındaydı ve bu, beş ardışık gün boyunca maksimum yağış ve yağmur fırtınası günlerinin sayısından güçlü bir şekilde etkilenmiştir. Tehlikeler

Çalışma alanının orta ve doğu kesimlerinde sağanak yağış su baskınları normal ve düşük seviyelerde seyretti.



Şekil 6. Tehlikenin mekansal dağılımları (A), maruziyet (B), güvenlik açığı (C), ve risk (D) Dongsi Topluluğu'nda yağmur fırtınası kaynaklı su baskını felaketlerinin seviyeleri.

Dongsi Topluluğu çoğunlukla iyi yağmur suyu adaptasyonuna sahip olmayan geleneksel tek katlı avlulu binalardan oluşuyordu. Çalışma alanındaki yağmur fırtınası su basmasının maruz kalma seviyelerinin mekansal dağılım haritası (Şekil 6b) şunu gösterdi ki

Yüksek ve hafif yüksek maruziyete sahip alanlar çoğunlukla Dongsı Jiutiao, Dongsı Batiao, Tieying Hutong'un orta kesimlerinde, Dongsı Wutiao'nun orta kesiminde, Dongsı Toutiao, Dongsı Kuzey Caddesi ve çalışma alanının güneydoğu köşesindeki Fuwang Konağı'nda yoğunlaşmıştır; bu bölgeler büyük nüfusa veya savunmasız nüfus oranlarına ve yüksek ekonomik mülk değerlerine sahiptir.

Çalışma alanında sağanak yağış ve su baskını felaketlerinin kırılabilirlik düzeyinin mekansal dağılımı Şekil'de gösterilmektedir.6c. Yüksek ve hafif yüksek kırılabilirliğe sahip alanlar çoğunlukla Dongsı Kuzey Caddesi boyunca ve yerleşim alanı içindeki bazı alanlarda yoğunlaşırken, daha yoğun yeşil alan, drenaj borusu veya daha fazla topografik yüksekliğe sahip alanlar daha düşük kırılabilirliğe sahiptir.

Normalizasyondan sonra, yağmur fırtınası su baskını felaketlerinin tehlikesi, maruziyeti ve kırılabilirliği, sırasıyla 0,20, 0,40 ve 0,40 ağırlıklarıyla Denklem (1)'e göre entegre edildi. Yağmur fırtınası su baskını felaketlerinin toplum ölçeğindeki risk dağılımı elde edildi ve Şekil'de gösterilmiştir.6d. Çalışma alanında sağanak yağış su baskını felaketi riski, kuzeybatı bölgesinde yüksek risk, güneydoğu bölgesinde ise düşük risk olarak karakterize edilmiştir. Düşük riskli, hafif düşük riskli, hafif yüksek riskli ve yüksek riskli alanların yüzdeleri sırasıyla %11,1, %10,1, %31,6 ve %9,8'dir. Yüksek riskli alanlar çoğunlukla Dongsı Kuzey Caddesi, Dongsı Jiutiao, Batiao ve Qitiao'nun batı kesimleri ve Yueguang Hutong'un bazı bölgeleri boyunca yoğunlaşmıştır; düşük riskli alanlar çoğunlukla Chaoyangmen Caddesi (doğu kesimi), Fuwang Konağı, Dongsı Santiao boyunca (orta kesim ve doğu kesimi) yerler ve Dongsı Sitiao boyunca (orta kesim ve doğu kesimi) yerler boyunca yoğunlaşmıştır.

4. Tartışma

4.1. Topluluk Ölçekli Risk Değerlendirmesi Yapmanın Gerekliği

Değerlendirme sonuçları, yüksek sıcaklık ve sağanak yağış su baskını felaketlerinin toplum ölçeğindeki riskinin belirgin mekansal dengesizlikler gösterdiğini gösterdi. Bu mekansal fark yalnızca felaketlerin sıklığına ve yoğunluğuna bağlı değildi, aynı zamanda yüzey örtüsü (binalar, bitki örtüsü, vb.) ve toplum içindeki nüfus yoğunluğu gibi faktörlerden de etkileniyordu [22–25]. Topluluk ölçeğinde farklı risk seviyelerindeki alanların belirlenmesi, farklı tipteki alanlar için ilgili uyarlanabilir planlama önlemlerinin uygulanmasını kolaylaştıracaktır. Şehir merkezlerindeki eski topluluklar için, topluluğun iç mikro iklimini iyileştirmek için bitki örtüsü alanlarının oluşturulmasına ve bina formlarının düzenliliğine özel dikkat gösterilmelidir [6,26]. Ayrıca, Şekilleri karşılaştırarak 5ve6d, bazı bölgelerde (örneğin, Dongsı Topluluğu'nun kuzeybatı kısmı ve güneydoğu kısmı) yüksek sıcaklık olayları ve sağanak yağışlı su baskınları olaylarının neden olduğu risklerin birbirine büyük ölçüde zıt olduğu görülebilir. Bu özellik, doğrudan yönetim tercihlerine ve daha yüksek riskli olan sorunu iyileştirme çalışmalarına işaret eder.

İlgili sonuçlar, kentleşme, kentsel ısı adaları, yağmur adaları ve diğer faktörler nedeniyle, Dongsı Topluluğu'nun bulunduğu başkentin çekirdek bölgelerindeki yüksek sıcaklık ve sağanak yağış afet risk seviyelerinin tüm Pekin Belediyesi'nde en yüksek olduğunu göstermiştir [17,27]. Bu nedenle, geleneksel bir eski blok olarak Dongsı Topluluğu, yüksek sıcaklıklar ve sağanak yağış su basması nedeniyle daha ciddi iklim riskiyle karşı karşıyadır ve iklim uyum eylemleri acildir. Dayanıklı toplulukların planlanması ve inşasında meteorolojik afet riskini proaktif bir şekilde ele almak ve yerel koşullara dayalı uyarlanabilir önlemler benimsemek gerekir [28,29]. Ekim 2021'de Pekin, "Dayanıklı Şehirlerin İnşasının Hızlandırılmasına İlişkin Rehber Görüşler"i'nin basımı ve dağıtımında öncülük etti ve "2025 yılına kadar 50 dayanıklı topluluk, dayanıklı blok veya proje inşa etmek ve ölçeklenebilir ve yeniden üretilebilir bir dayanıklı şehir inşası modeli oluşturmak" şartını koydu. Bu çalışmada, topluluk düzeyinde rafine edilmiş meteorolojik afet risk değerlendirmelerinin yararlı bir keşfi yürütülmüş, dayanıklı toplulukların planlanması ve inşası için bilimsel destek sağlanmış ve iklim perspektifinden topluluk düzeyinde genel uyum hedefleri, eylem çerçeveleri ve belirli planlama stratejilerinin formülasyonu sağlanmıştır.

4.2. Sınırlamalar ve Beklentiler

Veri kısıtlamaları nedeniyle, sel kontrolü ve su baskını yardımı için göstergelerin eksikliği ve toplum drenaj ağının genelleştirilmesi gibi hala belirli sınırlamalar vardı. Ek olarak, bu çalışmadaki afet risk değerlendirmesi, farklı afet türleri arasındaki bileşik veya kademeli etkiler dikkate alınmadan, tek bir afet türü için ayrı ayrı yürütülmüştür. Çoklu tehlikeli bileşik risklerin değerlendirilmesi bu çalışmada ele alınmamıştır. Topluluk ölçeğinde yüksek sıcaklık ve sağanak yağışlı su baskını afetlerinin risk değerlendirmesine odaklanmak için, gelecekte aşağıdaki araştırma yapılmalıdır:

(1) Ek normatif ve sürekli topluluk ölçekli yerel meteorolojik gözlemler vation deneyleri (sabit nokta gözlemleri ve navigasyon gözlemlerinin kombinasyonları) yapılmalıdır. Çok sektörlü işbirliği yoluyla, daha eksiksiz ve rafine çok kaynaklı veriler (planlama, sosyoekonomik ve belediye verileri gibi) entegre edilerek toplum ölçeğindeki meteorolojik afet risk değerlendirmelerinin karmaşıklığı ve doğruluğu daha da artırılmalıdır.

(2) Tipik bloklar için, hesaplamalı akışkanlar dinamiği teknolojisi ve yağmur suyu yönetimi İklim koşulları veya aşırı yüksek sıcaklık/yoğun yağış olayları altında gelişmiş iklimsel çevre simülasyonu ve kentsel su baskını simülasyonu yapmak için iklimlendirme modelleri kullanılabilir ve böylece yüksek riskli alanların ve bu alanları etkileyen baskın faktörlerin daha iyi belirlenmesine yardımcı olur.

(3) Bu çalışmada, toplum ölçeğindeki risk değerlendirmeleri yalnızca mevcut durumu hedeflemiştir. durum. Topluluk için geliştirilen farklı yenileme tasarım şemaları üzerinde risk duyarlılığı değerlendirmeleri yapılabilir. Ayrıca, gelecekteki iklim değişikliği senaryoları ile nüfus, ekonomi ve gelecekteki mekansal gelişmenin birleştirilmesine dayalı olarak daha uzun zaman ölçekleri için risk tahmini yapılabilir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, meteoroloji istasyonlarının gözlem verileri, yerel navigasyon gözlem deneyleri ve rafine edilmiş arazi kullanımı, belediye yönetimi ve sosyoekonomik veriler gibi çok kaynaklı veriler, Pekin'deki Dongsı Topluluğu'nu örnek alarak toplum ölçeğinde yüksek sıcaklık ve sağanak yağışlı su baskını felaketlerinin risk değerlendirmelerini yapmak için entegre edildi. Dongsı Topluluğu'ndaki yüksek sıcaklık ve sağanak yağışlı su baskını felaketlerinin tehlikesini, maruziyetini ve kırılganlığını ölçmek için toplum ölçeğinde bir risk değerlendirme endeksi sistemi oluşturuldu ve toplum ölçeğinde afet riskinin daha ayrıntılı mekansal dağılım özellikleri elde edildi. Başlıca araştırma sonuçları aşağıdaki gibidir:

(1) Yüksek riskli alanlar ve yüksek sıcaklıkların hafif yüksek riskli alanlarının bulunduğu tespit edildi. afetler sırasıyla %13,5 ve %15,1'i oluşturdu. Yağmur fırtınası su basması afetlerinin yüksek riskli alanları ve hafif yüksek riskli alanları sırasıyla %9,8 ve %31,6'yı oluşturdu. Yüksek sıcaklıklar ve su basması ile yaygın olan yüksek riskli alanlar %3,9'u oluşturdu.

(2) Dongsı Santiao'nun orta kesiminin çevresindeki risk, en düşük seviyedeyken, diğer bölgelerde belirli bir derecede yüksek sıcaklık veya sağanak yağış su baskını afet riski vardı, özellikle Dongsı Kuzey Caddesi boyunca olan bölge, Dongsı Liutiao'nun çevresi (Yueya Hutong, Yueguang Hutong, Tieying Hutong, Liushui Sokağı, Dehuali, vb.) ve Dongsı Jiutiao boyunca bazı bölgeler büyük risk altındaydı.

(3) Toplu taşıma araçlarında yüksek sıcaklık ve sağanak yağış nedeniyle su baskını felaketi riski nity ölçeği belirgin mekansal dengesizlikler gösterdi. Bu mekansal farklılıklar daha çok arazi örtüsünden (binalar, bitki örtüsü, vb.) ve topluluk içindeki nüfus yoğunluğundan etkilenmişti, ancak bunların ilişkilerinin belirli niceliksel analizinin daha fazla araştırılması gerekiyor.

Yazar Katkıları:Kavramsallaştırma, PX ve WD; veri düzenleme, PX, JZ ve FX; biçimsel analiz, PX, RY, JZ, JW ve MB; araştırma, PX, YG, JW ve BD; metodoloji, PX, WD, YG ve CX; yazılım, PX, RY ve MB; yazma - orijinal taslak, PX ve RY;

Yazma—gözden geçirme ve düzenleme, PX, WD, YG ve CX Tüm yazarlar, yazının yayınlanmış versiyonunu okumuş ve kabul etmiştir.

Finansman:Bu araştırma, Çin Meteoroloji İdaresi'nin gençlik inovasyon ekibi (No. CMA2024QN12), Çin Ulusal Doğa Bilimleri Vakfı projeleri (No. 41901017) ve Pekin Belediye Şehir Planlama ve Tasarım Enstitüsü'nün kentsel uyarlama planlama projesi tarafından finanse edilmiştir.

Kurumsal İnceleme Kurulu Beyanı:Uygulanamaz.

Bilgilendirilmiş Onay Beyanı:Uygulanamaz.

Veri Kullanılabilirliği Beyanı:Bu çalışmada sunulan veriler ilgili yazardan talep üzerine sağlanabilir. Gizlilik nedeniyle veriler kamuya açık değildir.

Çıkar Çatışmaları:Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Referanslar

- Li, C.; Lu, T.; Fu, B.; Wang, S.; Holden, J. Isınan bir dünyada aşırı hava koşullarının tehdit ettiği sürdürülebilir şehir gelişimi. *Coğrafya Sürdür.* **2022**, *3*, 114–118. [ÇaprazRef]
- IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli). *İklim Değişikliği 2022: Etkiler, Uyum ve Savunmasızlık*, Cambridge University Press: Cambridge, İngiltere, 2022; Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.ipcc.ch/rapor/ar6/wg2/> (12 Ağustos 2022'de erişildi).
- Chan, FKS; Yang, LE; Scheffran, J.; Mitchell, G.; McDonald, A. Çin deltasındaki kentsel sel riskleri ve ortaya çıkan zorluklar: İnci Nehri Deltası örneği. *Çevre.Bilim.Politikası* **2021**, *122*, 101–115. [ÇaprazRef]
- Hemmati, M.; Kornhuber, K.; Kruczkiewicz, A. Artan aşırı yağış risklerine karşı koymak için gelişmiş kentsel uyum çabalarına ihtiyaç var. *NPJ Kentsel Sürdürülebilirlik* **2022**, *2*, 16. [ÇaprazRef]
- Ouyang, H.; Tang, X.; Zhang, R.; Baklanov, A.; Brasseur, G.; Kumar, R.; Han, Q.; Luo, Y. Daha sık ve yoğun aşırı hava olaylarına yanıt olarak iklim değişikliğine uyum için dayanıklılık oluşturma ve işbirlikçi yönetim. *Uluslararası Afet Risk Bilimleri Dergisi* **2023**, *14*, 162–169. [ÇaprazRef]
- Shan, Z.; An, Y.; Xu, L.; Yuan, M. Kentsel Topluluklar İçin Yüksek Sıcaklık Afet Risk Değerlendirmesi: Çin'in Wuhan Şehrinde Bir Vaka Çalışması. *Uluslararası J. Çevre Araştırması Halk Sağlığı* **2022**, *19*, 183. [ÇaprazRef] [PubMed]
- WMO (Dünya Meteoroloji Örgütü). United in Science 2022: İklim Değişikliği, Etkileri ve Tepkileriyle İlgili En Son Bilimin Çok Örgütlü Yüksek Düzeyli Derlemesi. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://wmo.int/yayin-serileri/birlesik-bilim-2022> (23 Ocak 2023'te erişildi).
- Olazabal, M.; Gopegui, MRD Büyük şehirlerde uyum planlamasının etkili olma olasılığı düşüktür. *Peyzaj Kent Planı* **2021**, *206*, 103974. [ÇaprazRef]
- Liu, J.; Shen, Y. Risk yönetimine yönelik toplumsal dayanıklılık üzerine araştırma. *Kentsel Gelişim* **2017**, *24*, 83–91. [ÇaprazRef]
- Peng, C.; Guo, Z.; Peng, Z. Yabancı toplum dayanıklılığı teorisi ve pratiği üzerine araştırma ilerlemesi. *Şehir Planı. Uluslararası* **2017**, *32*, 60–66. [ÇaprazRef]
- Yang, L.; Chen, W.; Wu, J.; Sun, W.; Li, Y. İklim değişikliğine uyum sağlayan mekansal planlama: İçerik ve metodolojideki ilerleme. *Şehir Planı. Uluslararası* **2020**, *35*, 96–100+3701–3703. [ÇaprazRef]
- Kong, D.; Gu, X.; Li, J.; Ren, G.; Liu, J. Küresel ısınma ve kentleşmenin Çin'deki insan algılı sıcak hava dalgalarının yoğunlaşmasına katkıları. *J. Geophys. Res. Atmos.* **2020**, *125*, e2019JD032175. [ÇaprazRef]
- Zheng, Y.; Wang, M.; Li, J.; Xia, D. Yüksek sıcaklık risk değerlendirmesi ve adaptif planlama stratejileri: Shenzhen örneği. *Planlamacılar* **2021**, *37*, 13–19.
- Leis, JL; Kienberger, S. Avusturya'daki sellerin iklim riski ve kırılganlık değerlendirmesi: Homojen bölgelerin, sıcak noktaların ve tipolojilerin haritalanması. *Sürdürülebilirlik* **2020**, *12*, 6458. [ÇaprazRef]
- Chen, K.; Tang, Y. Sıcak hava dalgalarına karşı savunmasız kentsel alanların belirlenmesi ve başa çıkma stratejileri: Pekin merkez kentine ilişkin bir vaka çalışması. *Şehir Planı. Rev.* **2019**, *43*, 37–44.
- Jiang, T.; Wang, Y.; Su, B. *Meteorolojik Afet Risk Değerlendirmesi ve Yönetimi*, Science Press: Pekin, Çin, 2023; s. 12–15.
- Cheng, C.; Fang, X.; Li, M.; Yang, Y.; Gao, Y.; Zhang, S.; Yu, Y.; Liu, Y.; Du, W. Rainstorm ve Pekin, Çin'deki bölgesel alanın yüksek sıcaklık afet riski değerlendirmesi. *Meteoroloji Uygulamaları* **2023**, *30*, e2140. [ÇaprazRef]
- Wang, Y.; Zhai, J.; Gao, G.; Liu, Q.; Song, L. 1990–2018 yılları arasında Çin'in Guangdong-Hong Kong-Makao büyük Körfez bölgesindeki sağanak yağış felaketlerinin risk değerlendirmesi. *Geomat. Nat. Haz. Risk* **2022**, *13*, 267–288. [ÇaprazRef]
- Zhao, K.; Wang, J.; Yan, Q.; Huang, X. Xi'an'ın eski bölgesinde kentsel su baskını simülasyonu ve risk değerlendirmesi. *J. Nat. Felaketler* **2023**, *32*, 1–12. [ÇaprazRef]
- Jiang, T.; Wang, Y.; Zhai, J. *Meteorolojik Afet Risk Değerlendirmesi için Teknik Kılavuz*, Çin Meteoroloji Basını: Pekin, Çin, 2018; s. 135–138.
- Li, J.; Xu, X.; Yang, J.; Liu, Z. Çin'in Jinan kentindeki yüksek ortam sıcaklığı ve ölüm oranları: Isı eşikleri ve hassas popülasyonlar üzerine bir çalışma. *Çevre. Res.* **2017**, *156*, 657–664. [ÇaprazRef]

22. Krstic, N.; Yuchi, W.; Ho, HC; Walker, BB; Knudby, AJ; Henderson, SB Isiya maruz kalma bütünleşik yoksunluk endeksi (HEIDI): Aşırı sıcak havalarda mahalle riskini ölçmek için veri odaklı bir yaklaşım. *Çevre. Uluslararası* **2017**, *109*, 42–52. [[ÇaprazRef](#)]
23. Li, W.; Xu, B.; Wen, J. Senaryo tabanlı toplumsal sel riski değerlendirmesi: Çin'in Fujian eyaletine bağlı Taining ilçesi kasabasının bir vaka çalışması. *Nat. Tehlikeler* **2016**, *82*, 193–208. [[ÇaprazRef](#)]
24. Liu, F.; Liu, X.; Xu, T.; Yang, G.; Zhao, Y. Kentsel yığılma alanlarında sağanak yağış su basmasının itici faktörleri ve risk değerlendirmesi: Çin'in Guangdong-Hong Kong-Makao Büyük Körfez Bölgesi'nin bir vaka çalışması. *su* **2021**, *13*, 770. [[ÇaprazRef](#)]
25. Uejio, CK; Wilhelmi, OV; Golden, JS; Mills, DM; Gulino, SP; Samenow, JP Kent içi toplumun aşırı sıcağa karşı kırılganlığı: Isı maruziyetinin ve inşa edilmiş çevrenin, sosyoekonominin ve mahalle istikrarının rolü. *Sağlık Yeri* **2011**, *17*, 498–507. [[ÇaprazRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Xiao, H.; Guo, Y.; Wang, Y.; Xu, Y.; Shi, J. Aşırı sıcaklık stresi altında sağlık riskleriyle başa çıkmak için mahalle ölçeğinde azaltma ve uyum yaklaşımı: NYC'deki serin mahallelerin deneyimi ve etkileri. *Planlamacılar* **2022**, *38*, 151–158.
27. Xuan, C.; Liu, Y.; Yang, X.; Shu, W.; Wu, C.; Hu, Y.; Du, W. 1 km çözünürlüklü ızgaralara dayalı Pekin sağanak yağış felaketlerinin risk bölgelerinin belirlenmesi. *Meteoroloji Bilim Teknoloji* **2020**, *48*, 579–589. [[ÇaprazRef](#)]
28. Song, L. Metropollerin yoğun olduğu bölgelerde iklim riski ve uyum stratejileri: Şanghay örneği. *Çin Nüfus Kaynakları Çevre* **2012**, *22*, 6–12.
29. Zhu, C.; Liu, M.; Xu, J. Boston'un iklime dayanıklı şehrinin kalkınma stratejisi ve bunun etkileri. *Yenilik. Bilim. Teknoloji* **2021**, *21*, 29–37. [[ÇaprazRef](#)]

Yasal Uyarı/Yayıncının Notu:Tüm yayınlarda yer alan ifadeler, görüşler ve veriler yalnızca bireysel yazar(lar) ve katkıda bulunan(lar)a aittir ve MDPI ve/veya editör(ler)e ait değildir. MDPI ve/veya editör(ler), içerikte atıfta bulunulan herhangi bir fikir, yöntem, talimat veya üründen kaynaklanan herhangi bir kişi veya mal yaralanmasından sorumlu değildir.