



# Kentsel İklim Modelleri için Şehir Tanımlayıcı Giriş Verilerinde Bir Dönüşüm

Mathew J. Lipson<sup>1\*</sup>, Negin Nazaryan<sup>2,3,4</sup>, Melissa A. Hart<sup>2</sup>, Kerry A. Güzel<sup>5</sup>ve Brooke Conroy<sup>2,6</sup>

<sup>1</sup>ARC İklim Sistemi Bilimi Mükemmeliyet Merkezi, New South Wales Üniversitesi, Sidney, NSW, Avustralya, <sup>2</sup>ARC İklim Ekstremlikleri Mükemmeliyet Merkezi, New South Wales Üniversitesi, Sidney, NSW, Avustralya, <sup>3</sup>Yapılı Çevre Okulu, New South Wales Üniversitesi, Sidney, NSW, Avustralya, <sup>4</sup>Şehir Gelecek Araştırma Merkezi, New South Wales Üniversitesi, Sidney, NSW, Avustralya, <sup>5</sup>Ulaşım, Sağlık ve Kentsel Tasarım Araştırma Laboratuvarı, Mimarlık, Bina ve Planlama Fakültesi, Melbourne Üniversitesi, Melbourne, VIC, Avustralya, <sup>6</sup>Dünya ve Çevre Bilimleri Okulu, Wollongong Üniversitesi, Wollongong, NSW, Avustralya

## OPEN ACCESS

Editör:

Marco Casazza,  
Salerno Üniversitesi, İtalya

İnceleyen:

Saskia Buchholz,  
Alman Hava Durumu Servisi, Almanya  
Andrea Zonato,  
Trento Üniversitesi, İtalya  
Merja H. Tölle,  
Kassel Üniversitesi, Almanya  
Jack Katzfey,  
CSIRO Okyanuslar ve Atmosfer,  
Avustralya

\* Yazışmalar:

Mathew J. Lipson  
m.lipson@unsw.edu.au

Uzmanlık bölümü:

Bu makale Environmental  
Informatics and Remote'a gönderildi  
Algılama,  
derginin bir bölümü  
Çevre Biliminde Sınırlar

Kabul edilmiş:31 Ocak 2022

Kabul edildi:06 Haziran 2022

Yayımlandı:06 Temmuz 2022

Alıntı:

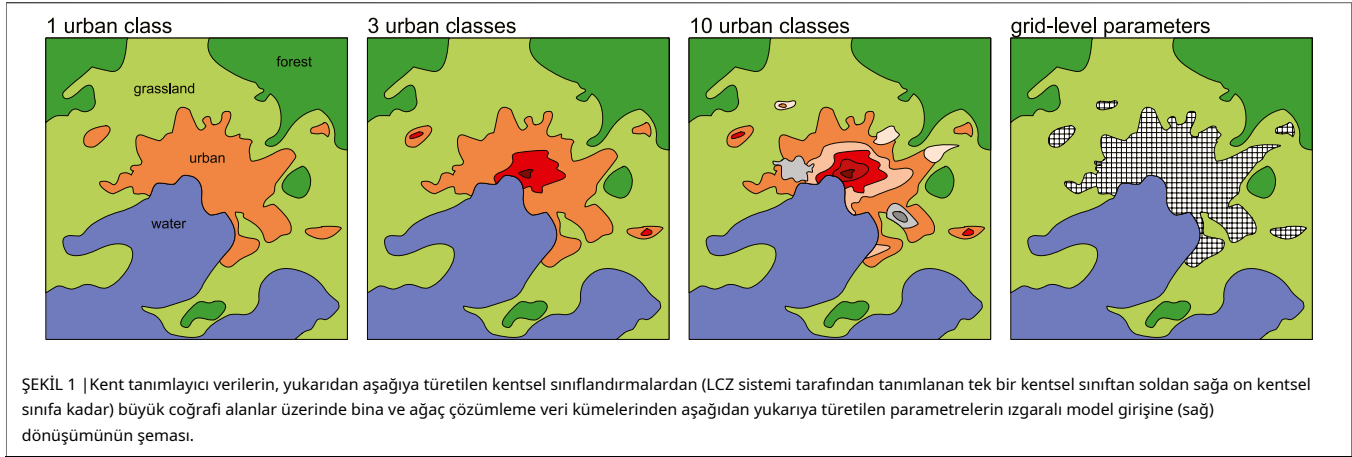
Lipson MJ, Nazarian N, Hart MA, Nice  
KA ve Conroy B (2022) Kentsel İklim  
Modelleri için Şehir Tanımlayıcı Giriş  
Verilerinde Bir Dönüşüm.  
Ön. Çevre. Bilim. 10:866398.  
doi: 10.3389/fenvs.2022.866398

Kentsel iklim çalışmalarında, kentsel özellikleri tanımlamak için kullanılan veri kümeleri geleneksel olarak sınırlı tabanlı bir yaklaşım benimsemiştir; bu yaklaşıma göre kentsel alanlar sınırlı sayıda tipolojiye sınıflandırılır ve bunun sonucunda doğruluk kaybı yaşanır. Şehirlerin üç boyutlu yapısını metre altı mikro ölçekli çözünürlüklerde tanımlayan ve tüm kıtalardaki tek tek binaları ve ağaçları çözümleyen yeni veri kümeleri giderek daha fazla kullanılabilir hale geliyor. Bu veri kümeleri, sınıflara güvenmeden yerel özellikleri doğru bir şekilde belirlemek için kullanılabilir; ancak sayısal hava ve iklim modellemesinde doğrudan kullanımları, kullanılabilirlikleri ve iklim modellerinin gerekli girdilerine uymaları için işlenmeleri gerektiği için sınırlı olmuştur. Burada, yerel veya mezo ölçekli modelleme için daha uygun çözünürlüklerde ortak model girdileri olarak uygun şehir tanımlayıcı parametreleri türetmek için geniş coğrafi alanlardaki bina çözümleyici veri kümelerini işliyoruz. Bu parametre değerleri daha sonra sınıf tabanlı Yerel İklim Bölgesi çerçevesi aracılığıyla elde edilen aralıklarla karşılaştırılır. Sonuçlar, kentsel iklim modellerine entegrasyon için açık erişim veri tabloları ve yüksek çözünürlüklü ve üç boyutlu kentsel veri kümelerini işlemek için kodlar olarak, Sidney ve Melbourne, Avustralya olmak üzere iki vaka çalışması için sunulmuştur. Ayrıca, Sidney metropol bölgesi (yaklaşık 5.000 kilometrekare) için açık erişimli 300 m çözünürlüklü bina morfolojisi ve yüzey örtüsü veri kümesi sağlıyoruz. İzgara ölçeğinde model girdilerini türetmek için bina çözümleme verilerinin kullanılması, sınıf tabanlı yaklaşımlara kıyasla kentsel form ve dokunun belirgin heterojen özelliklerini daha iyi yakalar ve iklim modellerinde şehirlerin daha doğru bir şekilde temsil edilmesine yol açar. Tutarlı bina çözümleme veri kümeleri daha geniş coğrafi alanlarda kullanılabilir hale geldikçe, yukarıdan aşağıya sınıf tabanlı çerçevelerin yerini aşağıdan yukarıya yaklaşımların almasını bekliyoruz.

Anahtar kelimeler: kentsel, iklim, model, mekansal, veri, açık, morfoloji

## 1 GİRİŞ

Kentsel iklim modellemesi ve gözlem çalışmaları için kentsel form ve yapının nasıl tanımlandığı konusunda bir dönüşüm yaşanıyor. Son 50 yıldır, kentsel çevre veya iklim çalışmalarında kullanılan veri kümeleri, genellikle kentsel alanları, bir şehrin bölgelerinin ve bazen çevrelerinin sınırlı sayıdaki



kentsel yüzey ve arazi kullanım özellikleri (örneğin, Masson ve diğerleri, 2003; Jackson ve diğerleri, 2010; Stewart ve Oke, 2012; Demuzere ve diğerleri, 2020). Daha yakın yıllarda, tüm şehirler, bölgeler ve kıtalar üzerindeki bireysel binaların ve ağaçların özelliklerini çözümleyen çok yüksek çözünürlüklü (metre altı) kentsel veri kümeleri giderek daha fazla kullanılabilir hale geldi (PSMA Avustralya, 2020; Biljecki ve diğerleri, 2021; Sirko ve diğerleri, 2021).

Bu yeni yapı çözümleyici veri kümeleri, mekansal veri kümesi parametreleri artık bir sınıf türüne bağlı olmadığından ve her model ızgarası için "aşağıdan yukarıya" herhangi bir çözünürlükte tanımlanabildiğinden, şehirlerin kentsel iklim modellerinde temsil edilme biçimini dönüştürüyor (Şekil 1). Mevcut olduğunda, bu yeni veri kümeleri şebeke düzeyinde iklim modelleme çalışmaları için doğrudan girdiler üretmek veya geleneksel sınıf yaklaşımlarında yerel olarak uygun parametre seçimlerini bilgilendirmek için kullanılabilir. Bununla birlikte, aşağıdan yukarıya bir yaklaşıma geçiş devam etmektedir çünkü birçok bölge bu kentsel eleman çözümleme verilerine erişememektedir ve birçok kentsel iklim modeli kentsel alan özelliklerini tanımlarken bir sınıf yaklaşımına güvenmek üzere tasarlanmıştır (Masson ve diğerleri, 2020).

İklim modellemesinde kentsel alanların temsilinde artırılmış doğruluk hayati önem taşır. Kentler, artan sera gazı emisyonlarından kaynaklanan küresel ısınma ve kentsizmeden kaynaklanan yerel ısınmanın ikili yükünü deneyimler. Bu kentsel ısı, yalnızca kentleşmemiş çevrelerden değil, aynı zamanda kentsel yoğunluk ve yüzeylerdeki farklılıklar nedeniyle bir şehrin içinde mekansal olarak da farklılık gösterir. Kentlerin iklimleri arasındaki etkileşimi tam olarak anlamak ve hem mevcut hem de gelecekteki kentleşmenin kentsel iklim zorluklarındaki rolünü değerlendirmek için, bir şehrin iklimini modellerken bu kent içi değişkenliğin yakalanması önemlidir (Martilli ve diğerleri, 2020; Potgieter ve diğerleri, 2021).

Kentsel alanların doğru bir şekilde temsil edilmesi, hem kentselleşmiş alanlarda hem de çevrelerinde dört kategori özelliğinin tanımlanmasını gerektirir: a) biçim (kentsel ve bitki örtüsü morfolojisi), yapı (malzemeler ve yüzey örtüsü), işlev (arazi kullanımı ve antropojenik etkiler) ve bölgesel coğrafi faktörler (topoğrafya ve sudan uzaklık). Ancak hesaplama maliyetleri nedeniyle, mezoskala modeller, tüm bölgeyi kapsayan atmosferik süreçleri modellerken tüm kentsel özellikleri çözemez. Bunun yerine, "bina ortalamalı" bir yapıda basitleştirilmiş bina geometrisi varsayan kentsel gölgelik modelleri tanımlanır.

yaklaşım. Kentsel modellerde kullanılan en yaygın geometrik varsayımlar, yığın (1 boyutlu), kanyon (2 boyutlu) veya blok dizisidir (3 boyutlu) (Nazaryan, 2022). Farklı modelleme varsayımları daha sonra farklı tipte morfolojik ve yüzey örtüsü girdileri gerektirir (aşağıda özetlenmiştir) Tablo 1), sokak örtüsü içindeki bitki örtüsü etkisi ve/veya termal konfor özellikleri için alt modellerin temsiliyle daha da belirgin hale gelmiştir. Yerel ve mikro ölçekli modelleme (10 m'nin altındaki çözünürlüklerde) ve PALM (gibi üç boyutlu modellerle) ile doğru kentsel tanımlamalar daha da büyük önem taşımaktadır (Fröhlich ve Matzarakis, 2020), ENVI-met (Bruse, 1999), VTUF-3D (Nice ve diğerleri, 2018), ve SOLWEIG/UMEP (Lindberg ve diğerleri, 2018), geliştirilmiş model girişi daha gerçekçi çıktılara yol açabilir.

Tarihsel olarak, kentsel alanlar modellerde ele alınmıştır aracılığıyla arazi kullanım sınıflandırması. Bu genellikle farklı kentsel bölgelerin sabit bir parametre kümesiyle temsil edildiği tek bir kentsel arazi türü tarafından yapılır. Her iki küresel modelde de (kentsel alanlar temsil ediliyorsa) tek sınıf yaklaşımları kullanılmıştır (Li ve diğerleri, 2016; Katzfey ve diğerleri, 2020) ve mezoskalalı modellerde (Argüeso ve diğerleri, 2014). Bir kentsel arazi kullanım sınıfının ötesine geçerek, küresel veya mezo ölçekli modellerdeki şehirler ayrıca kentsel yoğunluk seviyelerine göre sınıflandırılmıştır (Ma ve diğerleri, 2018; Oleson ve Feddema, 2020) veya kentsel alanları konut, ticari ve endüstriyel gibi farklı kategorilere ayırarak (Chen ve diğerleri, 2016). Bu yöntemler kentsel form ve/veya işlev hakkında bilgi sağlar ancak doğruluk, tanımlanmış sınıfların sayısı ile sınırlıdır.

Önemli bir gelişmede, Stewart ve Oke (2012) önerilen Yerel İklim Bölgeleri (LCZ). LCZ'ler şehir formunu, dokusunu ve işlevini 10 kentsel sınıfa ve kentsel olmayan arazi örtüsü türlerini yedi sınıfa ayırır. LCZ'leri geliştirmenin birincil motivasyonu, kentsel ısıyı araştırırken tarihsel kentsel-kırsal farklılaşmadan uzaklaşarak gözlemsel çalışmalarda alanların tanımını iyileştirmektir. Sınıflandırma, geleneksel kentsel ısı adası yoğunluğu hesaplamaları için uygun kentsel ve kırsal alanları belirlemek için yaygın olarak kullanılmıştır (Siu ve Hart, 2013) ve gözlem çalışmalarında kent içi hava sıcaklıklarındaki değişkenliği araştırmak (Núñez-Peiró ve diğerleri, 2021; Potgieter ve diğerleri, 2021).

TABLO 1 | Çeşitli modelleme amaçları için şehir tanımlayıcı parametreler.

| Model türü                 | Giriş parametreleri                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kentsel gölgelik modelleri |                                                                                                                                                                                                                              |
| Toplu (levha) modeli       | Yapı kesri, pürüzlülük uzunluğu                                                                                                                                                                                              |
| Kanyon modeli              | Plan alanı yoğunluğu (veya bina kesri), en/boy (veya yükseklik-genişlik) oranı, ortalama bina yüksekliği, bina yüksekliği standart sapması, yer değiştirme yüksekliği, pürüzlülük uzunluğu                                   |
| Blok dizi modeli           | Plan alanı yoğunluğu (veya yapı kesri), duvar alanı yoğunluğu, ortalama yapı yüksekliği, yapı yüksekliği standart sapması, yer değiştirme yüksekliği, pürüzlülük uzunluğu                                                    |
| Alt modeller               |                                                                                                                                                                                                                              |
| Bitki örtüsü modeli        | Ağaç oranı, düşük bitki örtüsü (çimen/çalı) oranı, çıplak toprak oranı, su oranı, ağaç gölgelik yüksekliği, engebelilik uzunluğu Göküzü görüş faktörü, engebelilik uzunluğu, yer değiştirme yüksekliği, engebelilik uzunluğu |
| Termal konfor modeli       |                                                                                                                                                                                                                              |

LCZ'ler ayrıca kentsel iklim modellemesinde de yaygın olarak kullanılmaya başlandı ve LCZ sınıfları mezo ölçekli modellerde kentsel arazi örtüsü sınıflandırmasına entegre edildi (Brousse ve diğerleri, 2016; Zonato ve diğerleri, 2020). Dünya Kentsel Veritabanı ve Erişim Portalı Araçları (Ching ve diğerleri, 2018), kentsel form, yapı ve işlev hakkında dünya çapında veri toplamak için topluluk tarafından yönetilen bir girişim, en düşük ayrıntı düzeyinde şehirlerin ve çevrelerinin LCZ haritalarını üretir. Haritalar üretilir aracılığıyla kullanıcıların bir şehrin küçük alt bölümlerini eğitim verisi olarak sınıflandırması, daha sonra bu verinin makine öğrenme algoritmalarında ilgi duyulan tüm bölgeyi sınıflandırmak için kullanılması. Daha yakın zamanda, WUDAPT iş akışları açık, çevrimiçi hizmetlere dönüştürüldü (örneğin, LCZ Generator; Demuzere ve diğerleri, 2021).

Sayısal modelleme bağlamında LCZ yaklaşımının bir sınırlaması, LCZ parametrelerinin sınıflar arasında önemli örtüşmeler olan bir değer aralığı olarak sağlanması, kentsel gölgelik modellerinin ise genellikle açıkça tanımlanmış değerleri kabul etmesidir. Bu zorluklarla başa çıkmanın yaygın yöntemleri arasında, önerilen LCZ aralığının orta noktalarının kullanılması yer alır Stewart ve Oke (2012) kullanılan her LCZ için (Mughal ve diğerleri, 2019), veya yerel bilgi sağlayan ek veri kümelerini kullanarak LCZ aralıkları için parametreleri ayarlama (Hirsch ve diğerleri, 2021).

Bu geleneksel yukarıdan aşağıya yaklaşımlar, verilerin eksik olabileceği yaygın analizler için yararlı olsa da, parametre değerleri ayarlanırken genellikle yerel bilgi veya tahmin düzeyi gerektiği ve çıktılar farklı kullanıcılar ve bölgeler arasında tutarlı olma olasılığı düşük olduğu için sınırlamalara sahiptir. Üretilen 3B kentsel formu doğrudan karakterize eden yeni kentsel veri kümeleri ortaya çıkmaktadır aracılığıyla LiDAR ve hava fotoğrafçılığı gözlemleri gibi yöntemler. Bu yüksek çözünürlüklü veri kümeleri arasında, büyük coğrafi alanlardaki şehirlerdeki inşa edilmiş ortamların kapsamlı bir temsiliyi sağlayan 3B bina modellerinin ortaya çıkması yer almaktadır (Biljecki ve diğerleri, 2016; Biljecki ve diğerleri, 2021). Bu yeni veri kümeleri, iklim modellerinde kentsel formdaki kent içi değişkenliği doğru bir şekilde temsil etmek için gereken parametrelerin aşağıdan yukarıya değerlendirilmesine olanak tanır ve bazıları şehir ölçeğinde modeller yapılandırmak için kullanılmıştır (örneğin, Simón-Moral ve diğerleri, 2020). Potansiyel veri kümeleri arasında çok yüksek çözünürlüklü (~1 m) yüzey örtüsü verileri, üç boyutlu bina veya ağaç verileri ve sosyal medyadan veya web'den çıkarılabilen tesadüfi ve kamuya açık veriler yer alır ve kentsel iklim araştırmalarına disiplinler arası bir yaklaşımın geliştirilmesine katkıda bulunur, yani kentsel iklim bilimi (Middel ve diğerleri, 2022). Özellikle küresel ölçekte uygun alt-yukarı veri kümelerinin kapsamı

ölçek, bir zorluk olmaya devam ediyor. Yüksek çözünürlüklü geçirimli yüzey haritalarının küresel veri kümeleri (Zhang ve diğerleri, 2020; Sun ve diğerleri, 2022) veya kentsel konutlar (örneğin, Küresel Kentsel Ayak İzi (GUF) (Esch ve diğerleri, 2012)) kullanılabilir hale geliyor ancak arazi örtüsü tipleri ve özellik yükseklikleri gibi önemli özelliklerden yoksun. Copernicus Arazi İzleme Servisi, CORINE Arazi Örtüsü veri setini güncelliyor (Büttner, 2014) 6 yıllık aralıklarla 27 arazi örtüsü sınıfı sağlıyor ancak yalnızca Avrupa'nın (39 ülke) kapsamını sağlıyor. Uydu verilerinden türetilen bazı umut verici küresel morfoloji veri kümeleri raporlanmaya başlandı (Esch ve diğerleri, 2022), ancak yazının yazıldığı tarih itibarıyla henüz kamuya açık değildir.

Bu makalede, 1) kentsel iklim modelleri için gerekli farklı kentsel parametreler aracılığıyla gerçek kentsel formu tanımlayan haritalar oluşturmak için yüksek çözünürlüklü, eleman çözümleyici veri kümelerini kullanıyoruz, uygun ölçeklere göre izgaralanmış, sınıf yaklaşımlarının sadakat sınırlamaları olmadan ve 2) yerel verilerle geleneksel sınıf tabanlı yaklaşım parametresi seçimlerini iyileştiriyoruz. Avustralya'nın Sidney ve Melbourne şehirlerini vaka çalışmaları olarak kullanıyoruz ve kıtasal ölçekli Geoscape veri kümelerini kullanarak model parametrelerinin kesin ve yerelleştirilmiş aralıklarının nasıl çıkarılacağını açıklıyoruz (PSMA Avustralya, 2020) ~1 m doğrulukla bireysel bina geometrisinin (Geoscape Binalar v2.0, 2020), 2 m kara yüzeyi (Geoscape Yüzey Örtüsü v1.6, 2020) ve ağaç özellikleri (Geoscape Ağaçları v1.6, 2020). Bu parametre değerleri daha sonra LCZ yöntemi ile hesaplanan değerlerle karşılaştırılır (Stewart ve Oke, 2012) aracılığıyla dağılım değerlendirmesi yapılmış ve kentsel iklim modellerine entegre edilmek üzere veri tabloları halinde sunulmuştur.

## 2 MALZEMELER VE YÖNTEMLER

Bu bölüm, bu analizde kullanılan ve işlenen şehir tanımlayıcı verileri ayrıntılı olarak açıklamaktadır. İki veri kaynağı dikkate alınmıştır: 1) Yerel kentsel forma dayalı kentsel mahalleleri karakterize etmek için yukarıdan aşağıya bir yaklaşımı temsil eden Yerel İklim Bölgesi (LCZ) haritaları ve 2) üç boyutlu formu tek tek binalar ve ağaçlar düzeyinde ayrıntılandırmak için aşağıdan yukarıya yöntemi temsil eden Geoscape veri kümeleri. LCZ haritaları yerel ölçeklerde tanımlanıp geliştirilirken, bina çözümlemeli veri kümelerinin gözlem ve modelleme çalışmaları için uygun çözünürlüklere yeniden işlenmesi gerekir. Her iki verinin işlenmesiyle elde edilebilen kentsel parametrelerin listesi

TABLO 2 | LCZ haritaları ve bina ve ağaç çözümleme veri kümelerini kullanan alt-yukarı yöntemimiz (BUM) aracılığıyla erişilebilen kentsel parametrelerin listesi ve sembolleri. Son işlenmiş veri kümesindeki her parametrenin adı da gösterilir.

| Kentsel iklim modellemesinde kullanılan parametreler |                                                                                                                                   | Sembol LCZ BUM  |       |       | Parametre adı            |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|-------|--------------------------|
| Yüzey örtüsü nitelikler                              | Bina kesri (veya plan alanı)                                                                                                      | $\lambda_P$     | Evet  | Evet  | bina_kesiri              |
|                                                      | yoğunluğu) Ağaç kesri                                                                                                             | $\lambda_{vt}$  | HAYIR | Evet  | ağaç_kesiri              |
|                                                      | Düşük bitki örtüsü oranı (çimen, çalı vb.) Su oranı                                                                               | $\lambda_{vi}$  | HAYIR | Evet  | düşüksebze_kesiri        |
|                                                      | Çıplak toprak kesri                                                                                                               | $\lambda_{ne}$  | HAYIR | Evet  | su_kesiri                |
|                                                      | Binalar hariç, su geçirmez yüzey fraksiyonu, tanımlandığı şekilde Stewart ve Oke, (2012)                                          | $\lambda_{mak}$ | HAYIR | Evet  | çıplak_dünya_kesiri      |
|                                                      | Toplam inşa edilen kısım (binalar, yollar dahil)                                                                                  | $\lambda_{tp}$  | Evet  | Evet  | yol_yolu_kesiri          |
|                                                      | Toplam geçirgen fraksiyon (bitki örtüsü, su, çıplak toprak dahil)                                                                 | $\lambda_{tb}$  | HAYIR | Evet  | toplam_yapılı            |
| Morfoloji nitelikleri                                | Ön alan yoğunluğu                                                                                                                 | $\lambda_P$     | HAYIR | Evet  | ön_yoğunluk              |
|                                                      | Duvar alanı yoğunluğu                                                                                                             | $\lambda_w$     | HAYIR | Evet  | duvar_yoğunluğu          |
|                                                      | Bina yüksekliği (ortalama) (not edildi) Stewart ve Oke, (2012) Kentsel LCZ 1-10 için "pürüzlülük elemanlarının yüksekliği" olarak | Hort.           | Evet  | Evet  | bina_yüksekliği          |
|                                                      | Bina yüksekliği (maksimum) Bina yüksekliği (standart sapma)                                                                       | Hmaksimum       | HAYIR | Evet  | bina_yüksekliği_maksimum |
|                                                      | Ağaç yüksekliği (ortalama) (not edildi) Stewart ve Oke, (2012) (doğal LCZ AF için "pürüzlülük elemanlarının yüksekliği" olarak)   | Hort.           | Evet  | Evet  | bina_yüksekliği_std      |
|                                                      | Ağaç yüksekliği (standart sapma)                                                                                                  | HTstandart      | HAYIR | Evet  | ağaç_yüksekliği_std      |
|                                                      | Arazi pürüzlülük sınıfı                                                                                                           | —               | Evet  | HAYIR | —                        |
|                                                      | Gökyüzü görünümü faktörü                                                                                                          | $\psi$          | Evet  | Evet  | gökyüzü_görünümü_faktörü |
|                                                      | Kanyon en/boy oranı (veya yükseklik-genişlik) oranı                                                                               | h/w             | Evet  | Evet  | yükseklik_genişlik       |
|                                                      | Pürüzlülük uzunluğu Macdonald ve diğerleri (1998)                                                                                 | Z0,Mac          | HAYIR | Evet  | pürüzlülük_mac           |
|                                                      | Pürüzlülük uzunluğu Kanda ve diğerleri (2013) Deplasman                                                                           | Z0,kan          | HAYIR | Evet  | pürüzlülük_kanda         |
|                                                      | yüksekliği Macdonald ve diğerleri (1998) Deplasman                                                                                | Zd,mak          | HAYIR | Evet  | yer_değiştirme_mac       |
|                                                      | yüksekliği Kanda ve diğerleri (2013)                                                                                              | Zd,kan          | HAYIR | Evet  | yer_değiştirme_kanda     |
| Termal özellikler                                    | Yüzey kabulü                                                                                                                      | $\mu$           | Evet  | HAYIR | —                        |
|                                                      | Yüzey albedosu                                                                                                                    | $\alpha$        | Evet  | HAYIR | —                        |
|                                                      | Antropojenik ısı çıktısı                                                                                                          | QF              | Evet  | HAYIR | —                        |

kaynaklar dahil edilmiştir Tablo 2. Bu parametreler, yüzey örtüsü, morfoloji, gölgelik niteliği ve termal niteliklere ilişkin kentsel iklim modelleri tarafından ihtiyaç duyulan bir dizi girdiyi kapsar (Tablo 1).

Bu analiz için Sidney ve Melbourne büyük bölgeleri, sırasıyla 5,4 ve 5,1 milyonluk nüfusuyla Avustralya'nın en büyük metropol alanlarını temsil ettikleri için seçilmiştir (Haziran 2020'de Avustralya İstatistik Bürosu tarafından elde edilen nüfus sayımı verileri). Sidney ve Melbourne'un iklim alt tipi, Avustralya Meteoroloji Bürosu tarafından kullanılan ve standart 30 yıllık bir iklime (1961-1990) dayanan değiştirilmiş Köppen-Geiger sınıflandırma sistemine göre sıcak yazlar ve serin kışlar ile ılıman olarak sınıflandırılmıştır (Meteoroloji Bürosu, 2021).

## 2.1 Yerel İklim Bölgesi Veri Kümeleri

Hem Sidney hem de Melbourne için standart bir arazi sınıflandırması sağlamak amacıyla, 100 m çözünürlükte yerel iklim bölgelerinin (LCZ) haritaları LCZ Generator aracından elde edilmiştir (Demuzere ve diğerleri, 2021) WUDAPT girişiminin bir parçası olarak (Bechtel ve diğerleri, 2015; Ching ve diğerleri, 2018). LCZ Oluşturucu, serbestçe erişilebilen uydu görüntüleri ve makine öğrenme algoritmaları kullanılarak küresel şehirlerin LCZ haritalanmasını sağlayan web tabanlı bir platform olarak mevcuttur. LCZ sınıflandırması, giriş parametreleri olarak geçerli eğitim alanları (yerel içgörü kullanılarak elde edilir) gerektirir ve otomatik bir çapraz doğrulama yaklaşımı kullanır (Bechtel ve diğerleri, 2019) doğruluk değerlendirmesi sağlamak.

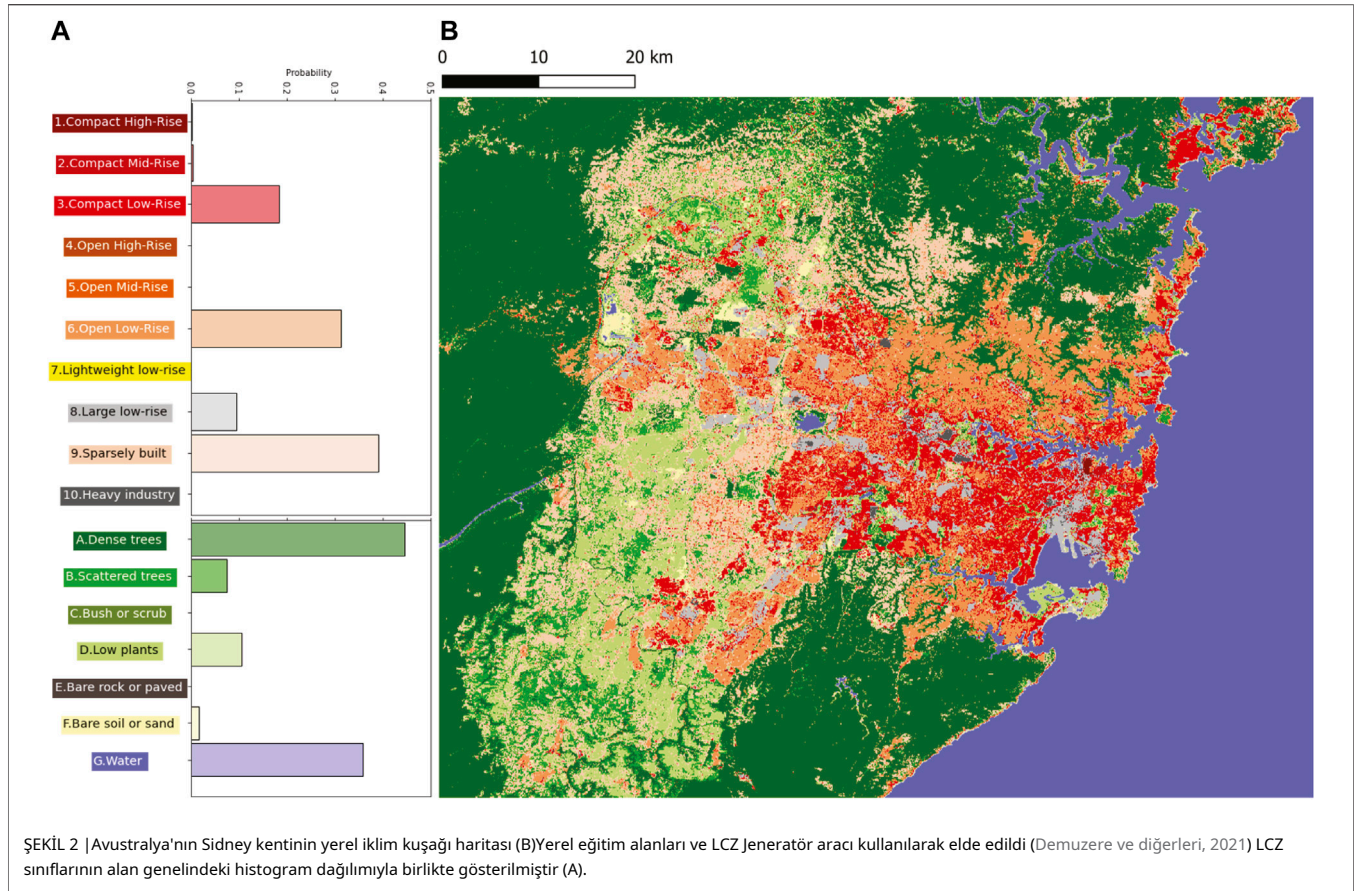
Sidney ve Melbourne'un ortaya çıkan LCZ haritaları aşağıda gösterilmektedir: Şekil 2, 3, sırasıyla (Conroy, 2021; Nazaryan, 2022). Büyük Sidney'de 13 LCZ belirlendi (8 yapılaşmış ve beş doğal sınıf) ve üç baskın yapılaşmış kategori vardı: seyrek yapılaşmış, açık alçak katlı ve kompakt alçak katlı (Şekil 2A). Büyük Melbourne'de 14 LCZ sınıflandırıldı (8 yapılaşmış ve altı doğal sınıf) ve açık, alçak katlı ve seyrek yapılaşmış alanlar, yapılaşmış LCZ'lerin %80'inden fazlasını temsil ediyordu (Şekil 3- solda). Melbourne'un büyük kısmındaki düşük bitkilerin daha yüksek yüzdesi, bölgedeki daha fazla sayıda yerel çiftlikle açıklanabilir. Sydney'deki kompakt düşük katlı mahallelerin daha yüksek yüzdesi, genellikle su sınırında olan ve merkezi iş bölgesi alanlarına yakın olan eski şehir içi banliyölerde gözlemlenmektedir. Genel olarak, her iki şehirde de yalnızca küçük bir oranda kompakt LCZ (sırasıyla Sydney ve Melbourne için %19 ve %6 oranında yerleşik LCZ) sunulmuştur; bu, çoğu Avustralya şehri kapsayan düşük yoğunluklu banliyö yayılımının bir sonucudur.

## 2.2 Geoscape Türetilmiş Veri Kümeleri

### 2.2.1 Arazi Örtüsü Verileri

İki boyutlu arazi örtüsünün bağımsız yüksek çözünürlüklü veri seti (Geoscape Yüzey Örtüsü v1.6, 2020) yüzey örtüsü fraksiyonlarını tanımlamak ve LCZ yaklaşımıyla karşılaştırmayı sağlamak için kullanıldı. Geoscape yüzey verileri, 2017 ile 2019 yılları arasında uzaktan algılama yoluyla toplanan 2 m çözünürlükte 10 yüzey türü kategorisinden oluşur ve 200 kişiden fazla nüfusa sahip tüm Avustralya kasabalarını ve şehirlerini kapsar. Kapsam





kentsel alanların dışında, Avustralya kıtası boyunca 30 m çözünürlükte de mevcuttur (kullanılmamaktadır). Arazi örtüsü sınıflandırmasının doğruluğu %90'dan fazladır (Geoscape Yüzey Örtüsü v1.6, 2020). İki Avustralya şehri olan Sidney ve Melbourne için 2 m kentsel verileri kullanarak, on Geoscape yüzey sınıfını altı birincil kategoriye ve iki ikincil kategoriye yeniden örnekledik (Tablo 3) 100 m çözünürlükte. Bulut ve gölge kategorileri tutulmaz ancak birincil ve ikincil kategorilerin her biri ızgaralar içinde 1'e toplanacak şekilde diğer kesirleri yeniden ölçeklendirmek için kullanılır.

### 2.2.2 Morfoloji Verileri

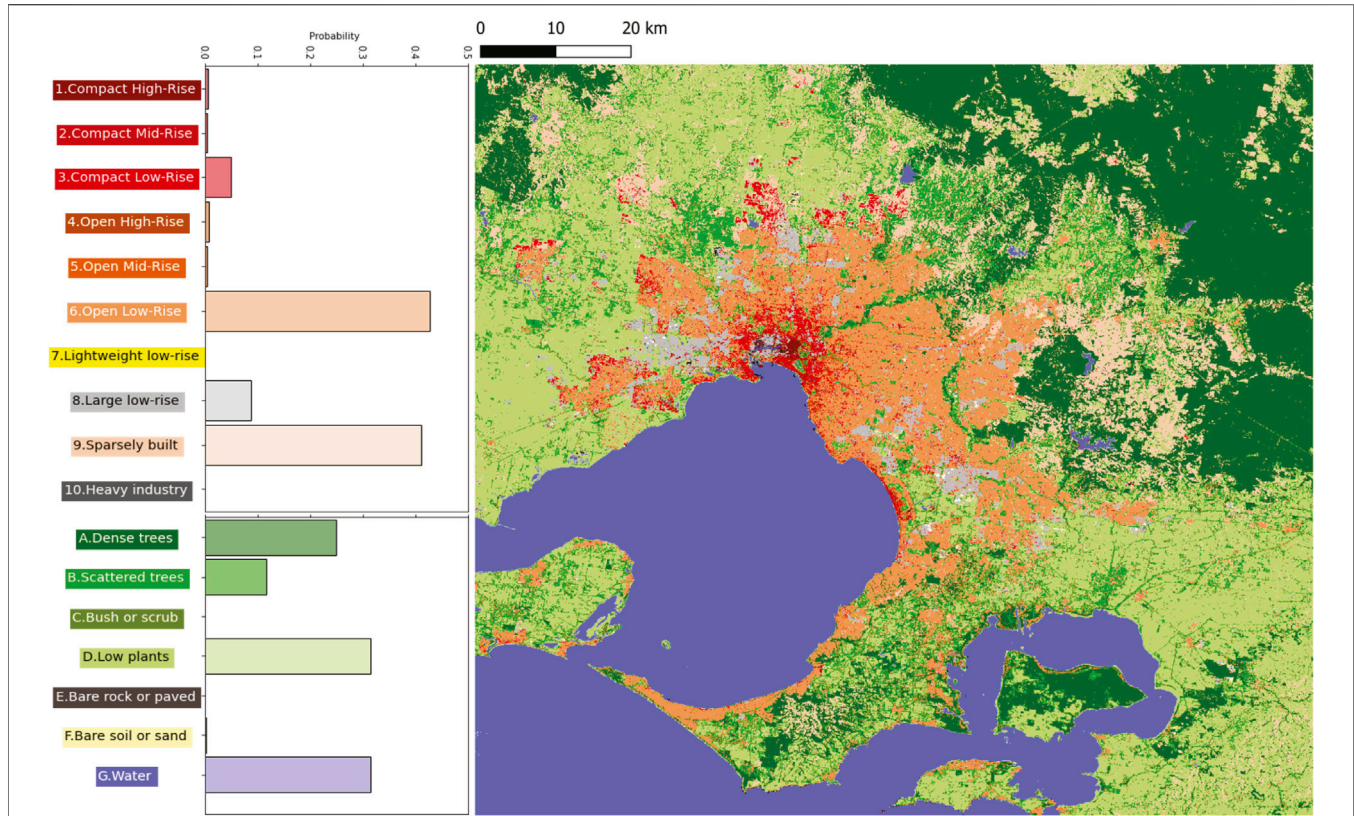
Üç boyutlu morfoloji verileri binaların veri kümelerinden türetilmiştir (Geoscape Binalar v2.0, 2020) ve ağaçlar (Geoscape Ağaçları v1.6, 2020). Bina verileri, Avustralya sınırları içerisinde alanı 9 m<sup>2</sup>'den büyük olan binaların coğrafi konumlu ana hatlarından oluşmaktadır. (yaklaşık 15 milyon bina) çatı yüksekliği gibi ilişkili bina meta verileriyle birlikte. Ağaç verileri, 2 m çözünürlükte gölgelik yüksekliğine sahip raster tabanlıdır. Binalar ve Ağaçlar veri kümeleri uzaktan algılama yoluyla toplandı (çoğunlukla 2017 ile 2019 arasında) ve uydudan türetilen Dijital Yüzey Modeli (DSM) veya Dijital Yükseklik Modeli (DEM) ve havadan türetilen stereo sayısallaştırma bilgileri kullanarak otomatik ve manuel süreçlerle işlendi. Dikey doğruluk, havadan türetilen bina ve ağaç yükseklikleri için yaklaşık 0,1 m ve uydudan türetilen bina ve ağaç yükseklikleri için 1 m'dir.

Yatay doğruluk, hava yoluyla konumlandırma için yaklaşık 0,2 m ve uydudan türetilen konumlandırma için 2,5 m'dir (Geoscape Binalar v2.0, 2020; Geoscape Ağaçları v1.6, 2020).

Bu veri kümeleriyle, kentsel modelleme ve gözlemsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılan bir dizi ızgaralı morfolojik istatistik elde ediyoruz (kaynak kodu şurada mevcuttur: (Ek Malzeme)). Öncelikle, her binanın dış duvar alanını bina çevresini bina yüksekliğiyle (burada bina çatısı ve saçak yüksekliklerinin ortalaması olarak tanımlanmıştır) çarparak hesaplarız ve her binanın ön alanı, bir binanın iki ana yöndeki kesit alanının ortalaması alınarak hesaplanır. Bu binaya özgü parametreler daha sonra ızgaralı istatistikleri hesaplamak için kullanılır.

Bina yüksekliğinin ızgaralı ortalaması, maksimum ve standart sapmaları ( $H_{ort}$ ,  $H_{maksimum}$ ,  $H_{standart}$ ) hesaplanır, bina ayak izi alanı ağırlık olarak kullanılır  $H_{ort}$ . Böylece daha büyük plan alanına sahip binaların ızgara yüksekliği istatistikleri üzerinde daha büyük etkisi olur. Duvar alanı yoğunluğu ( $\lambda_w$ ) bir ızgara içindeki bina duvar alanının toplanması ve ızgara plan alanına bölünmesiyle hesaplanır. Cephe alanı yoğunluğu ( $\lambda_f$ ) Bina cephe alanlarının toplanıp, grid plan alanına bölünmesiyle hesaplanır (Grimmond ve Oke, 1999).

İzgaralı değerler için, bir binanın ağırlık merkezi, bina parametrelerinin yerleştirileceği ızgarayı atamak için kullanılır. Ağaçlar farklı şekilde ele alınır, çünkü alta yatan gölgelik yüksekliği verileri 2 m çözünürlükte rasterleştirilmiş gölgelik yüksekliğidir. Ağaçla ilgili



ŞEKİL 3 | Aynı şekilde 2 Avustralya'nın Melbourne şehri için.

TABLO 3 | Orijinal Geoscape verileri ve türetilen veri seti için yüzey örtüsü kategorileri.

| Geoscape yüzey örtüsü sınıfları | Türetilmiş veri kümesi                                   |                                                          |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                                 | Veri kümesi birincil sınıfları                           | Veri seti ikincil sınıfları                              |
| Binalar                         | Bina_kesiri                                              | Toplam_yapılı                                            |
| Yol ve Patika                   | Yol_yolu_kesiri                                          | Toplam_yapılı                                            |
| Yapılaşmış Alanlar              | Yol_yolu_kesiri                                          | Toplam_yapılı                                            |
| Ağaçlar                         | Ağaç_kesiri                                              | Toplam_geçirgen                                          |
| Çimen                           | Düşüksebbe_kesiri                                        | Toplam_geçirgen                                          |
| Belirtilmemiş Bitki Örtüsü      | Düşüksebbe_kesiri                                        | Toplam_geçirgen                                          |
| Çıplak Dünya                    | Çıplak Dünya Kesri                                       | Toplam_geçirgen                                          |
| Su                              | Su_kesiri                                                | Toplam_geçirgen                                          |
| Yüzme havuzu                    | Su_kesiri                                                | Toplam_geçirgen                                          |
| Bulut                           | (Diğer kesirleri yeniden ölçeklendirmek için kullanılır) | (Diğer kesirleri yeniden ölçeklendirmek için kullanılır) |
| Gölge                           | (Diğer kesirleri yeniden ölçeklendirmek için kullanılır) | (Diğer kesirleri yeniden ölçeklendirmek için kullanılır) |

parametreler ortalama yükseklik ( $HT_{ave}$ ) ve yüksekliğin standart sapması ( $HT_{standart}$ ) dolayısıyla 100 m'lik bir ızgara içinde kalan bir ağacın herhangi bir bölümden türetilir.

TARGET (gibi bazı kentsel modeller Broadbent ve diğerleri, 2019) veya UT&C (Meili ve diğerleri, 2020), kanyon en boy oranı (gibi girdileri kullanın  $(y/k)$  veya yapılandırma için gökyüzü görüş faktörü ( $\psi$ ). Tipik gerçek dünya kentsel alanları için tanımlanması zor olsa da (Masson ve diğerleri, 2020), bu parametreler, birçok kentsel modelde bulunan basitleştirilmiş geometrik varsayımlar kullanılırsa, yerleşik parametrelerden kolayca türetilir. Örneğin, tekrar eden iki

boyutlu sokak kanyonu geometrisi, kanyonun en boy oranı (Masson ve diğerleri, 2020):

$$\text{donanım} = \frac{\lambda_w}{2(1 - \lambda_p)}, \quad (1)$$

burada  $\lambda_p$  plan alanı yoğunluğudur. Benzer şekilde, gökyüzü görüş faktörü şu şekilde hesaplanabilir (Masson ve diğerleri, 2020):

$$\psi = \frac{\sqrt{(y/k)^2 + 1} - h/w}{2}. \quad (2)$$

Bu veri setinde  $\psi$  bu şekilde hesaplanır ve sonsuz kanyon geometrisi varsayımlarını kullanan kentsel modeller için girdi olarak kullanılmalarına olanak tanır. Farklı geometrik varsayımlara dayanan modeller için,  $H_{ort}$ ,  $\lambda_P$  ve  $\lambda_{w,k}$  kullanılmalıdır, çünkü bu parametreler doğrudan gerçek dünya benzerleriyle ilgilidir (Masson ve diğerleri, 2020).

Momentum akışlarını ve rüzgar profillerini hesaplamak için bazı modeller aerodinamik pürüzlülük uzunluklarına ihtiyaç duyar ( $z_0$ ) ve/veya sıfır düzlemi yer değiştirme yüksekliği ( $z_D$ ). Birçok uygulayıcı, morfolojik girdilere dayalı olarak bu aerodinamik özellikler için deneysel ilişkiler türetmiştir (Grimmond ve Oke, 1999). Modellerde yaygın olarak kullanılan iki yöntem şunlardır: Macdonald ve diğerleri (1998) ve Kanda ve diğerleri (2013) Macdonald ve diğerleri tarafından önerilen hesaplamalar (alt simgeyle gösterilmiştir) (makine) sabit yükseklik ve aralıklı küt gövdelerden oluşan bir matris kullanılarak yapılan rüzgar tüneli çalışmalarından türetilmiştir. Kanda ve diğerleri (alt simge ile gösterilmiştir) (kan) daha gerçekçi şehir geometrisi olan alanlarda hesaplamalı akışkanlar dinamiği simülasyonlarından elde edilen verileri bir araya getirdi ve bina yüksekliği değişkenliğini ve ortalama ve maksimum yükseklikleri hesaba kattı.

Kullanarak Macdonald ve diğerleri (1998), sıfır düzlem yer değiştirme yüksekliği  $z_{D,mak}$  ve pürüzlülük uzunluğu  $z_{0,Mac}$  vardır

$$z_{D,mak} = [1 + A - \lambda_P(\lambda_P - 1)] H_{ort}$$

(3)

$$z_{0,Mac} = \left[ \left( 1 - \frac{z_{D,mak}}{H_{ort}} \right) \exp \left[ - \left\{ 0,5 \beta \frac{C}{\kappa^2} \left( 1 - \frac{z_{D,mak}}{H_{ort}} \right)^{\lambda_P} \right\} \right] \right]^{-0,5} \times H_{ort} \quad (4)$$

Neresi  $A = 4,43$ ,  $\beta = 1,0$  (kademeli diziler için),  $C_D = 1,2$  (sürüklemeye katsayısı),  $\kappa = 0,4$  (von Karman sabiti).

Kullanarak Kanda ve diğerleri (2013), sıfır düzlem yer değiştirme yüksekliği  $z_{D,kan}$  ve pürüzlülük uzunluğu  $z_{0,kan}$  vardır

$$z_{D,kan} = [C_0 X^2 + (A B_0 \lambda_P - C_0) X] H_{maksimum} \quad (5)$$

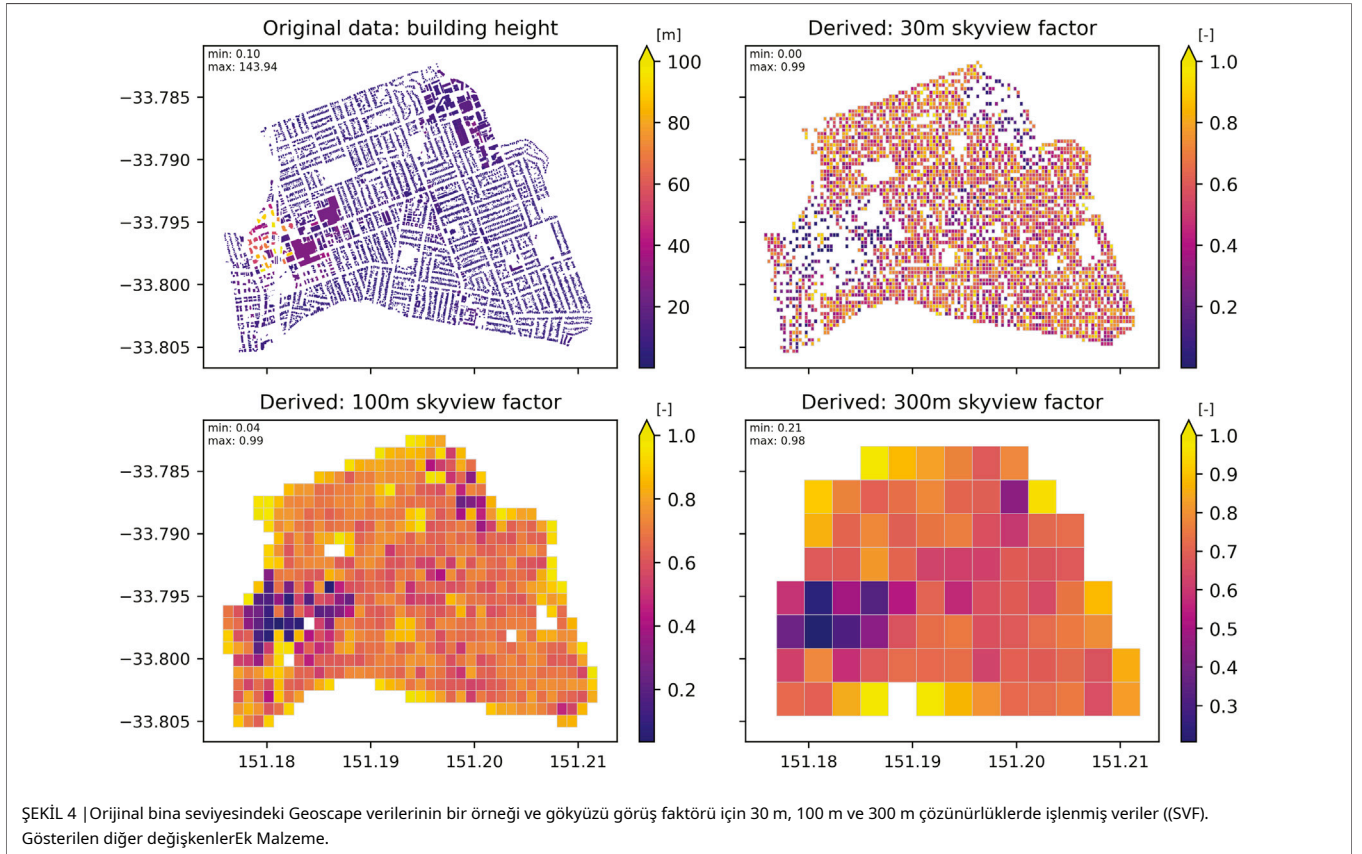
$$z_{0,kan} = (B_1 \text{Evet}^2 + C_1 Y + \text{bir}_1) z_{0,Mac} \quad (6)$$

Neresi  $A_1 = 0,71$ ,  $B_1 = 20,21$ ,  $C_1 = -0,77$ ,  $\text{bir}_0 = 1,29$ ,  $B_0 = 0,36$ ,  $C_0 = -0,17$  ve

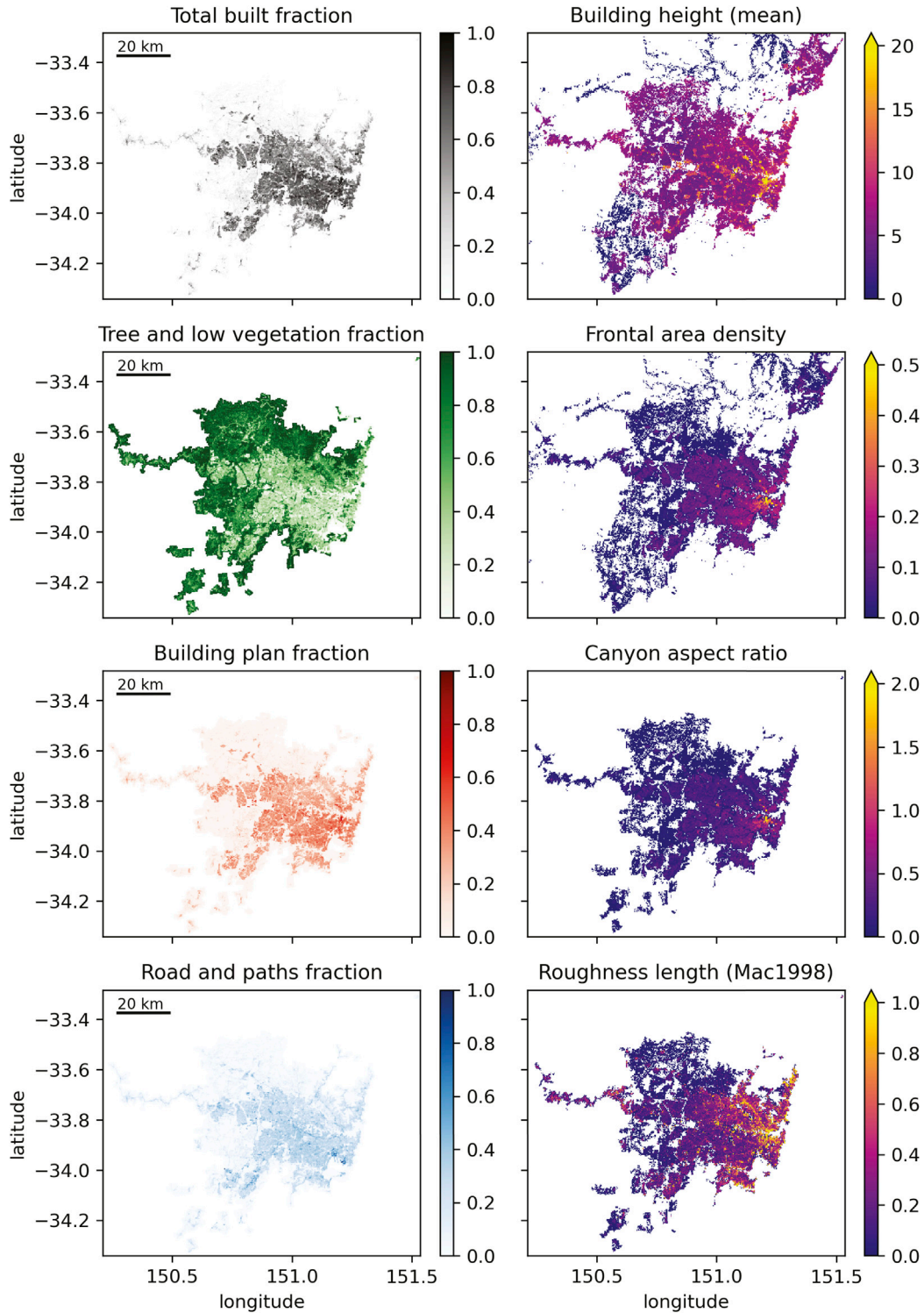
$$X = \frac{H_{standart} + H_{ort}, 0 \leq X \leq 1,0}{H_{maksimum}} \quad (7)$$

$$\lambda = \frac{Y - p H_{standart}, \text{Evet} \geq 0}{H_{ort}} \quad (8)$$

Macdonald ve Kanda türevleri  $z_D$  ve  $z_0$  Her bir ızgara için türetilir.







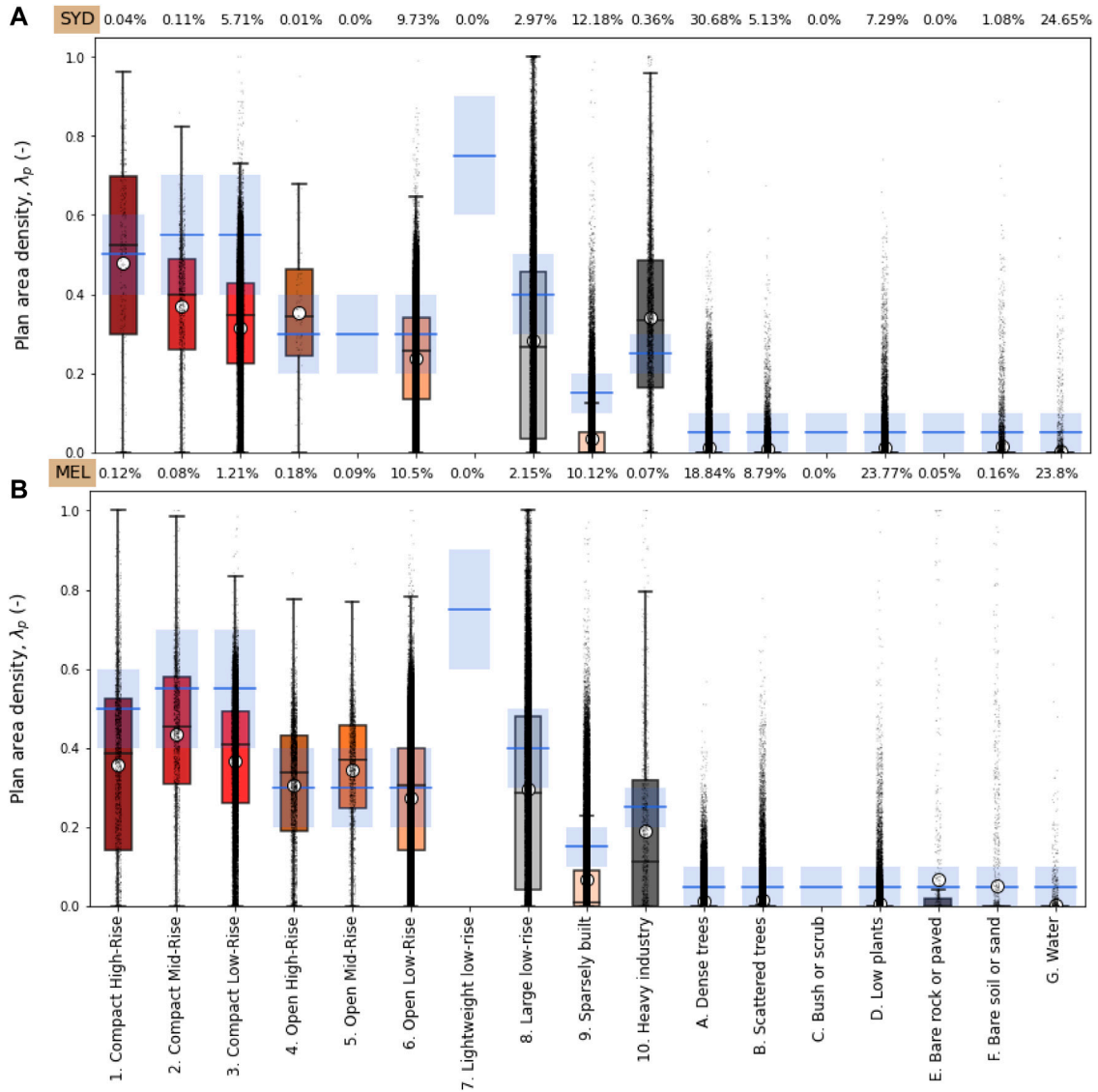
ŞEKİL 5 | 300 m çözünürlükte Sidney bölgesi için türetilmiş parametreleri seçin. Melbourne için eşdeğer Ek Malzeme.

### 2.2.3 İşleme ve Çözüm

Şehir tanımlayıcı parametrelerin listelendiği ızgaralı haritaları elde etmek için üç çözünürlükte (30, 100 ve 300 m) çıktı üretiyoruz.

Tablo 2. Şekil 4 serbestçe erişilebilen bir örnek için yüksek çözünürlüklü bina yüksekliği verilerinden ızgaralı gökyüzü görüş faktörü hesaplamalarının farklı çözünürlükler tarafından nasıl etkilendiğini gösterir





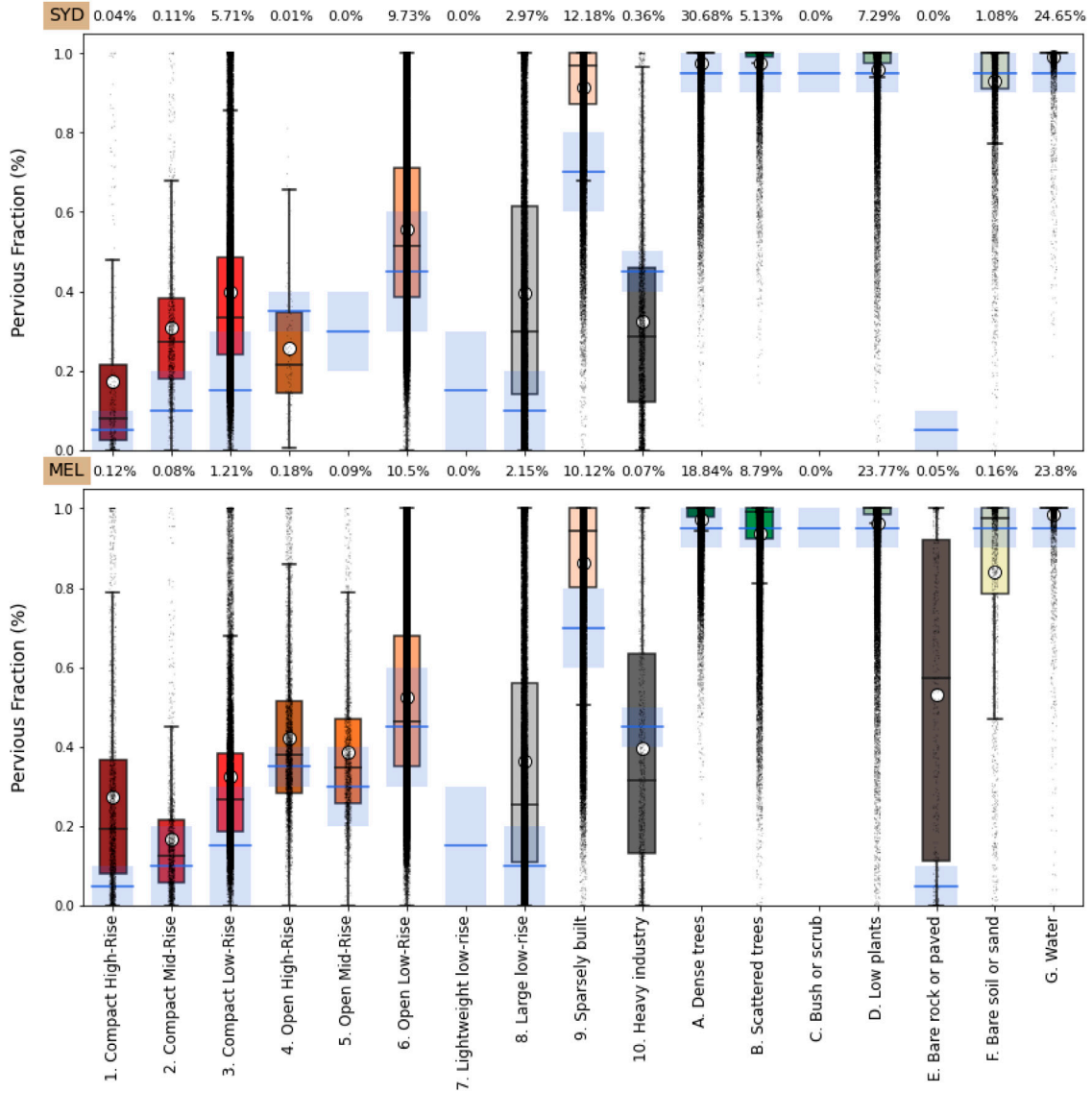
ŞEKİL 6 | Bina yüzey kesri veya plan alanı yoğunluğunun aralığı ( $\lambda_p$ ) önerildiği gibi Stewart ve Oke (2012) LCZ'ye göre (sarı kutular), daha büyük Sidney için bina çözümlemeli yüzey verilerinden (Geoscape) elde edilen aralıkla karşılaştırıldığında (A) ve Melbourne (B). Renkli kutu grafikleri, 100 m çözünürlükteki Geoscape verilerinden elde edilmiş ve her bölgede LCZ başına bulunan bireysel veri noktalarıyla üst üste bindirilmiştir. Bölge başına LCZ yüzdesi grafiğin en üstünde belirtilmiştir. Beyaz daireler ve sarı çizgiler sırasıyla Geoscape ve LCZ kategorileri için ortalama değeri göstermektedir.

Sidney verilerinin (<https://geoscape.com.au/get-sample/>) Şekil 5 türetilen parametrelerin bir seçimi için 100 m çözünürlükte Sidney'nin mekansal haritalarını gösterir. Çıktıları üretmek için kaynak kodumuz dahil edilmiştir Ek Malzeme. Ayrıca, Büyük Sidney bölgesi için 300 m çözünürlükte türetilmiş bir veri setini de herkese açık olarak sunuyoruz (Lipson ve diğerleri, 2022), NETCDF ve TIFF formatlarında çıktılar mevcuttur.

Yüzey örtüsü fraksiyonları, her 30, 100 veya 300 m'lik ızgaradaki tüm 2 m arazi örtüsü kategorik hücrelerinin toplanması ve daha büyük ızgaradaki toplam hücre örneklerine bölünmesiyle hesaplanır. Izgaralı morfoloji özellikleri şu şekilde hesaplanır:

Bireysel binaların ayak izlerinin bir ızgara içinde yer aldığı noktalardaki değerlerin ortalamasının alınması (veya maksimum ve minimum değerlerin bulunması).

Geoscape verileri işlenirken, ızgara çözünürlüğünün hesaplanan morfoloji parametreleri üzerinde kritik bir etkisi vardır (Şekil 4). Bazı kullanım durumları (örneğin, mikro iklim modellemesi) için daha yüksek çözünürlük arzu edilebilirken, mahalle ölçeğindeki özellikleri temsil etmeyi amaçlayan parametreler için yüksek çözünürlük uygun olmayabilir. Örneğin, kanyon yükseklik-genişlik oranı ( $(y/k)$ ) ve gökyüzü görüş faktörü ( $\psi$ ) (Denklem 1, 2) en yüksek seviyede daha az kapsama sahip olmak



ŞEKİL 7 | Geçirgen fraksiyon için Şekil 6 ile aynıdır (bitki örtüsü ve su örtüsü dahil).

çözünürlükler (30 m) çünkü tanımsızdırlar ve bina kesri tüm ızgara hücrelerini kapsar (Şekil 4). Bir bina ayak izi birden fazla ızgara hücrelerine yayıldığında, algoritmamız bina ayak izi ve duvar alanı için hesaplanan parametreleri binanın merkez noktasını tutan ızgara hücrelerine yerleştirir. Bu varsayım, büyük coğrafi alanlarda haritaların verimli bir şekilde türetilmesini mümkün kılar, ancak daha yüksek çözünürlükte daha büyük hatalara yol açar. Bunun nedeni, büyük bir binanın morfoloji özelliklerinin tek bir ızgara hücrelerine atanması ve bunun da yüksek çözünürlüklerde bitişik ızgaralarda düşük tahmine veya tanımlanmamış morfoloji parametrelerine yol açmasıdır.

Alternatif bir yöntem, birden fazla şebekeye düşen her binayı, paylaşılan duvarlara sahip daha küçük binalara bölmektir. Ancak bu çözüm, hesaplama maliyetini şu şekilde artırır:

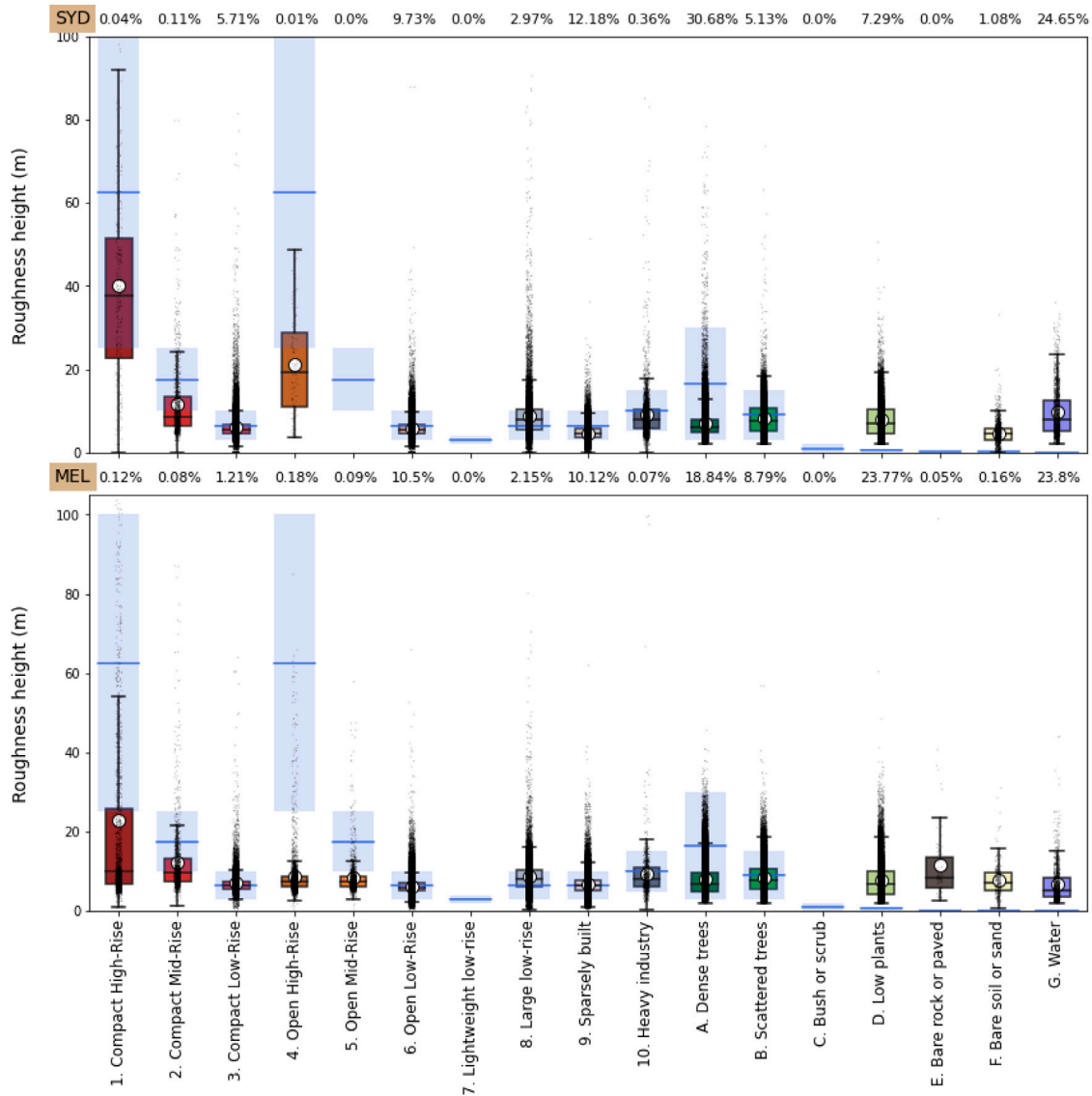
küçük ölçekli testlerimizde 250'den fazla kez, bu da Sidney gibi geniş bir coğrafi alanda uygulanmasının mümkün olmadığı anlamına geliyordu. Bu çözüm ayrıca dış duvar alanı özelliklerinin ve  $\lambda$  gibi ilişkili parametrelerin aşırı tahmin edilmesine yol açar,  $\lambda_F$ ,  $h/w$  ve  $\psi$ , bu nedenle bu çalışmada daha fazla kullanılmadı. Başka bir alternatif, her bir yapı bloğunun etrafında amorf poligonlar tanımlamak için yeri ayak izlerini kullanmak ve ardından ortalama  $\lambda$ 'yı hesaplamaktır. Bir dizi kesişen çizgi boyunca her çokgen için (Simón-Moral ve diğerleri, 2020). Ancak bu yöntem, hesaplama açısından maliyetli kesişim yöntemleri dışında, daha büyük blokların özelliklerinin birden fazla hücreye bölünmesiyle ilişkili sorunları aşmaz.

En uygun çıktı çözünürlüğü kullanım durumuna ve mevcut hesaplama kaynaklarına bağlı olacaktır. Stewart ve

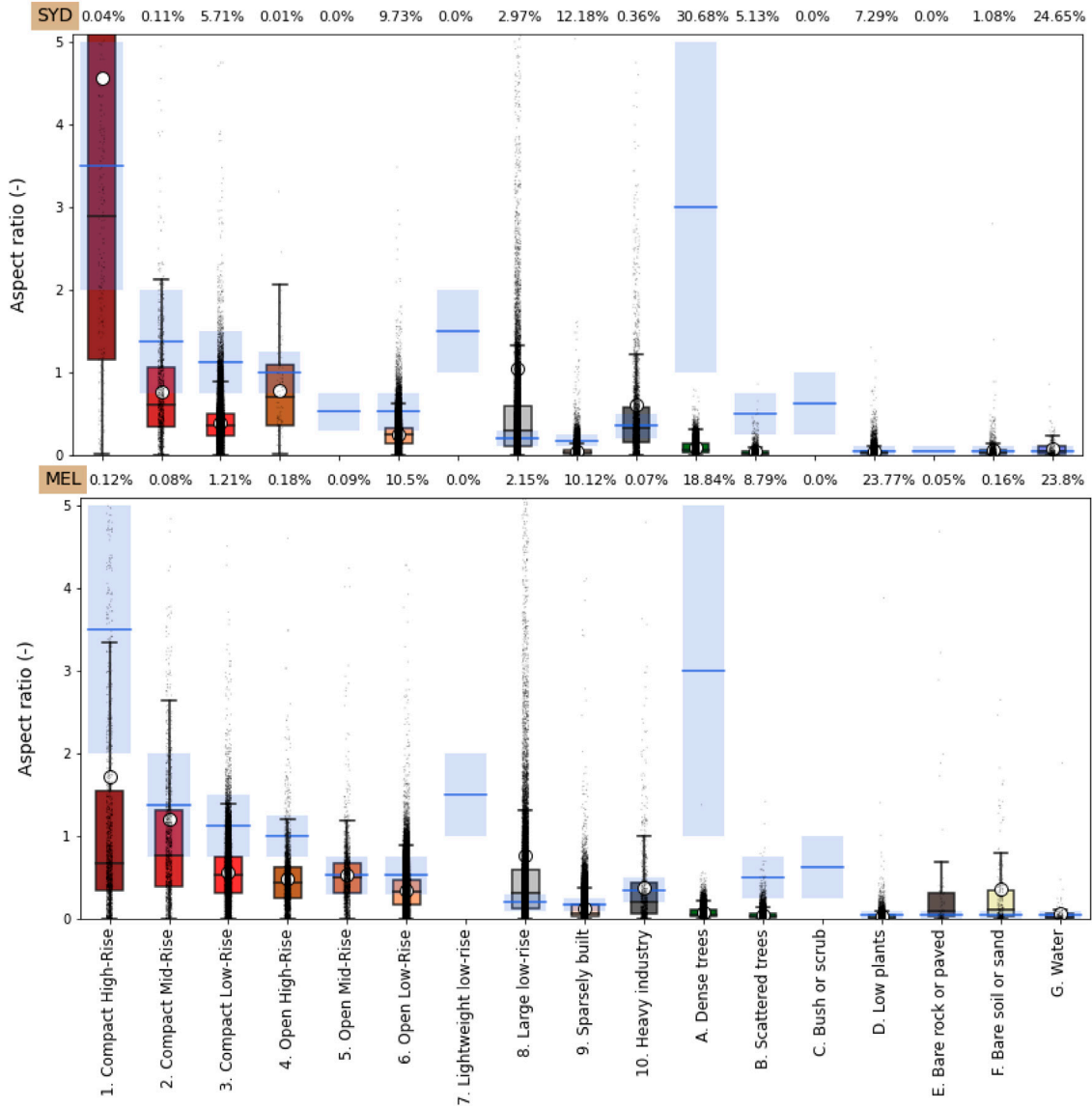
Tamam (2012) LCZ'lerin amaçlanan ölçeğini yatay ölçekte yüzlerce metreden birkaç kilometreye kadar uzanan bir aralık olarak tanımlayın. Geoscape ve LCZ çıktıları arasındaki karşılaştırmamız için LCZ jeneratör çıktısının doğal çözünürlüğüyle uyumlu olması için 100 m çözünürlük kullandık (Demuzere ve diğerleri, 2021). Parametre/ çözünürlük duyarlılığının ek çizimleri (şöyle olduğu gibi) Şekil 4 ve Melbourne çıktıları için (örneğin Şekil 5) mevcuttur Ek Malzeme (Ek Şekiller S2-S5) Yüksek çözünürlüklü bina ayak izi ve bina yüksekliği verilerinden hesaplanan ızgaralı bina ayak izi oranları, geçirgen oranlar, ortalama bina yükseklikleri ve kanyon en boy oranlarını göstermektedir.

## 2.2.4 LCZ'nin Türetilmiş Morfoloji Haritalarıyla Karşılaştırılması

Kentsel form ve dokuya ilişkin ince taneli veriler, kategorik kentsel sınıflandırmalara dayanan sayısal iklim modellerini bilgilendirebilir. WUDAPT projesi aracılığıyla, Weather Research Forecasting (WRF) dahil olmak üzere birkaç mezo ölçekli iklim modeli artık 100-1.000 m çözünürlüklerde LCZ haritalarını dahil edebilmektedir (örneğin, Brousse ve diğerleri, 2016). Tipik olarak, bir model ızgarası içindeki baskın LCZ tipi, model parametrelerini belirlemek için kullanılır. Daha gerçekçi ızgaralar arası değişkenlik, daha yüksek çözünürlüklü haritalardan model ızgarasına LCZ parametre değerlerinin enterpole edilmesiyle elde edilebilir (Zonato ve diğerleri, 2020). Her iki durumda da, yerel olarak uygun olanın sağlanması



ŞEKİL 8 | Aynı Şekil 6 pürüzlülük elemanının yüksekliği için (bina yüksekliklerinin (LCZ'ler 1–10) ve ağaç/bitki yüksekliklerinin (LCZ'ler A–F) geometrik ortalaması) Stewart ve Oke (2012) Not- LCZ 1 kompakt yüksek katlı için pürüzlülük yüksekliği aşağıdaki şekilde verilmiştir: Stewart ve Oke (2012) >25 m. olarak.



ŞEKİL 9 | Aynı Şekil 6 kanopi en/boy oranı (yükseklik-genişlik) için.

Her LCZ sınıfı için parametre değerlerinin, genel LCZ karakteristiklerinin kullanılmasına kıyasla model performansını iyileştirme potansiyeli vardır.

Yerel olarak uygun LCZ özelliklerini bulmak için, Geoscape'ten türetilen verilerin koordinatları 100 m çözünürlükteki LCZ haritalarıyla eşleştirilir. Geoscape veri seti daha sonra karşılık gelen ızgaranın LCZ kategorizasyonuna göre gruplandırılır. Sonuçlar, her LCZ'deki ortalama ve medyan değerlerin yanı sıra veri frekans dağılımını da gösteren bir kutu çizimi görselleştirmesiyle gösterilir. Her LCZ sınıfı için önerilen parametre aralığı ve ortalama değer (Stewart ve Oke, 2012) da gösterilmiştir. Bu karşılaştırma, LCZ'ler için tanımlanan yedi geometrik ve yüzey örtüsü parametresinden altısına odaklanarak, geçirgen ve geçirimsiz yüzey kesri, plan alanı yoğunluğu, gökyüzü görüş faktörü ve pürüzlülük yüksekliğini kapsar

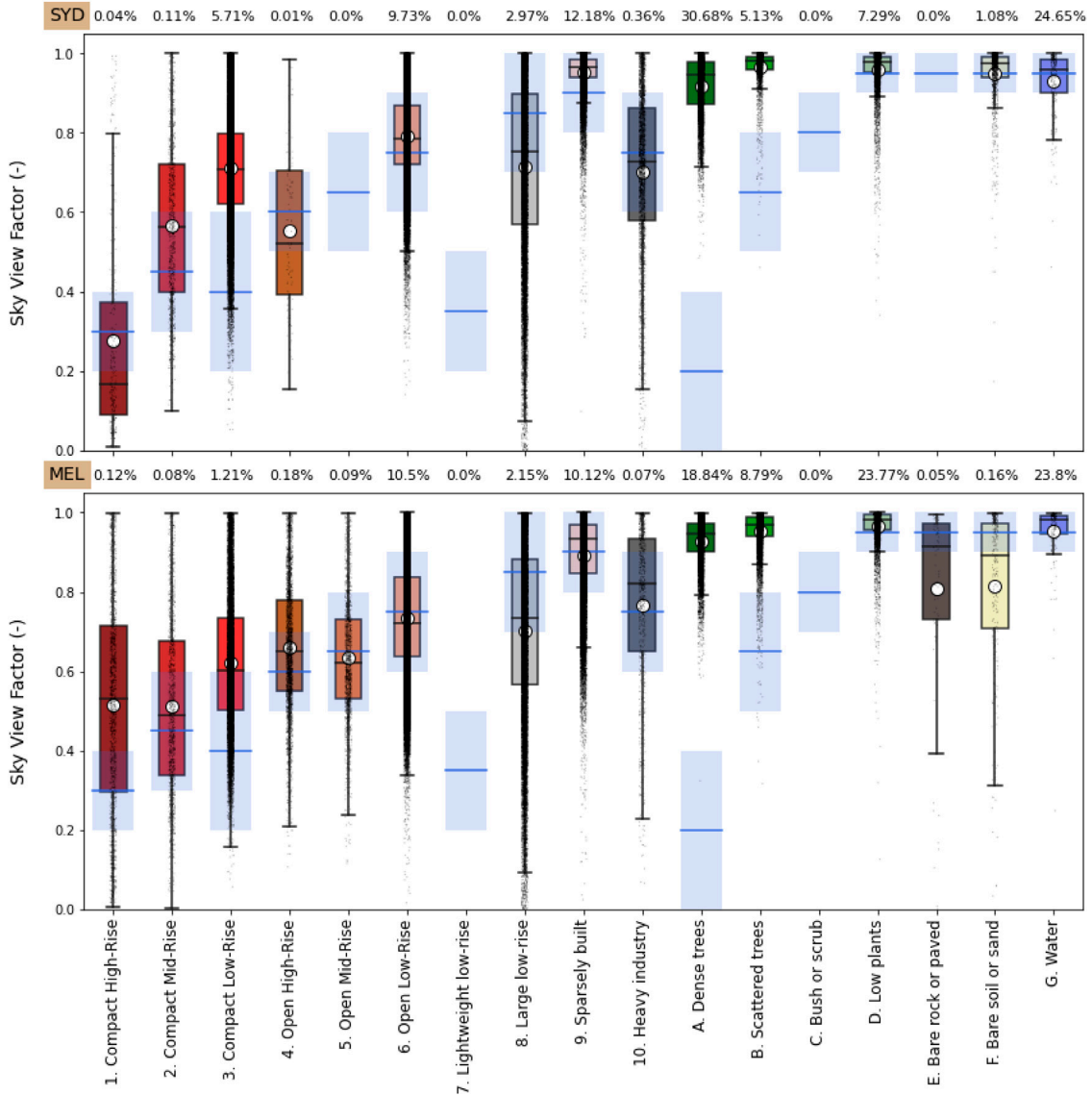
öğeler. Arazi pürüzlülüğü sınıfı Geoscape veri kümesi aracılığıyla mevcut olmadığından dahil edilmemiştir.

### 3 SONUÇ

Şekil 6–10 tarafından tanımlanan önerilen parametre aralıklarını karşılaştırın Stewart ve Oke (2012) Her LCZ sınıfı için, Sidney ve Melbourne'deki Geoscape yüzey örtüsü, bina ve ağaç verilerinden elde edilen yerel değerler.

Plan alanı yoğunluğu için (Şekil 6), önerilen LCZ aralığı Stewart ve Oke (2012) alt-yukarı verilerle makul bir uyum gösterir, ancak hem Sidney hem de Melbourne için yerel değerler genellikle daha düşüktür. Fark en büyüktür





ŞEKİL 10 | Aynı şekilde 6gökyüzü görüş faktörü için.

kompakt orta katlı (LCZ2), kompakt alçak katlı (LCZ3), büyük alçak katlı (LCZ8) ve seyrek yapı (LCZ9). Her iki şehirde de önerilenden daha düşük plan alanı yoğunluğu tutarlı bir şekilde görülmektedir. Bu, WUDAPT'nin LCZ sınıflarını türetme talimatlarının izlenmesine rağmen (yerel uzmanlar tarafından sağlanan eğitim verileri dahil), orijinal LCZ tanımlarıyla farklılıklar olabileceğini göstermektedir. Şekil 6 (Ve Şekil 7-10) LCZ sınıfı içindeki morfoloji özelliklerinin büyük değişkenliğini ve LCZ sürecinden kaynaklanan olası yanlış sınıflandırmayı gösterir.

Önceki kesri karşılaştırarak (Şekil 7), yerel olarak türetilen değerler, ağır sanayi hariç, hemen hemen tüm yapı yoğunluklarında önerilen LCZ aralıklarından daha yüksektir. Bu fark her iki şehirde de görülür. Genel olarak, bu, Avustralya şehirlerinin daha yüksek bir bitki örtüsü yüzdesine sahip olduğunu ve

LCZ tabanlı tanımlarla karşılaştırıldığında kompakt mahallelerde bile su. Alan içinde az sayıda tanımlanmış hücre bulunan kategorilerde daha büyük bir farklılık meydana gelir, örneğin LCZ1 (Kompakt yüksek bina) ve LCZ4 (Açık yüksek bina). Doğal arazi örtüleri için her iki veri kümesi arasında iyi bir uyum görülmektedir.

Şekil 8 her iki veri kümesindeki pürüzlülük elemanlarının yüksekliğini, aşağıdaki şekilde tanımlandığı gibi karşılaştırır Stewart ve Oke (2012) kentsel LCZ'deki (LCZ 1-10) bina yüksekliklerinin geometrik ortalaması ve doğal LCZ'ler için ağaç/bitki yüksekliği (LCZ AF). Ortalama pürüzlülük yüksekliği, özellikle Melbourne'de, yüksek katlı LCZ kategorileri (LCZ 1 ve LCZ3) için önerilen aralıktan önemli ölçüde düşüktür. Bunun nedeni muhtemelen Avustralya şehirlerinde kompakt veya açık yüksek katlı mahalleyi neyin oluşturduğuna dair farklı kavramlar ve kompakt ve açık yüksek katlı

|                                                                                                                                                    | LCZ1  |       | LCZ2  |       | LCZ3 |       | LCZ4  |       | LCZ5 |      | LCZ6  |      | LCZ7 |      | LCZ8 |       | LCZ9 |      | LCZ10 |       |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
|                                                                                                                                                    | SYD   | MEL   | SYD   | MEL   | SYD  | MEL   | SYD   | MEL   | SYD  | MEL  | SYD   | MEL  | SYD  | MEL  | SYD  | MEL   | SYD  | MEL  | SYD   | MEL   |       |
| Ortalama bina yüksekliği (m)                                                                                                                       | 40,06 | 22,91 | 11,61 | 12,18 | 6,15 | 6,96  | 21,12 | 8,76  |      |      | 8,38  | 5,88 | 6,24 |      |      | 8,80  | 8,61 | 4,54 | 6,74  | 9,06  | 9,31  |
| Maksimum bina yüksekliği (m)                                                                                                                       | 54,97 | 29,90 | 16,43 | 16,18 | 8,46 | 9,32  | 27,89 | 11,56 |      |      | 11,20 | 8,10 | 8,55 |      |      | 10,55 | 9,75 | 5,86 | 8,47  | 10,78 | 11,11 |
| Bina yüksekliğinin standart sapması (m) Duvar alanı yoğunluğu (-)                                                                                  | 18,13 | 8,81  | 3,95  | 4,01  | 1,73 | 1,88  | 8,61  | 2,66  |      |      | 2,49  | 1,66 | 1,85 |      |      | 2,55  | 2,10 | 1,48 | 2,34  | 2,49  | 2,80  |
| Ön alan yoğunluğu (-)                                                                                                                              | 2,49  | 1,26  | 0,82  | 0,92  | 0,45 | 0,67  | 0,37  | 0,24  | 0,25 | 0,60 | 1,50  | 0,59 | 0,43 |      |      |       |      | 0,08 | 0,19  | 0,47  | 0,40  |
| Ortalama ağaç yüksekliği (m)                                                                                                                       | 8,55  | 9,30  | 7,26  | 6,83  | 5,31 | 11,09 |       |       | 0,17 | 0,26 | 0,17  | 0,10 |      | 0,12 |      | 0,13  | 0,12 | 0,02 | 0,05  | 0,13  | 0,11  |
| Ağaç yüksekliğinin standart sapması (m)                                                                                                            | 6,72  | 4,02  | 4,04  | 2,77  | 3,30 | 2,06  | 4,49  | 3,08  | 0,48 | 0,36 | 0,37  | 0,44 | 0,32 |      |      | 3,23  | 2,19 | 4,08 |       | 4,26  | 3,30  |
| Plan alanı yoğunluğu (-)                                                                                                                           |       |       |       |       |      |       |       |       | 0,37 | 0,35 | 0,31  | 0,34 | 0,24 | 0,27 |      | 0,28  | 0,30 | 0,04 | 0,07  | 0,34  | 0,19  |
| Ağaç kesri (-)                                                                                                                                     | 0,04  | 0,07  | 0,16  | 0,05  | 0,14 | 0,02  | 0,10  | 0,08  | 0,08 | 0,11 | 0,18  | 0,19 | 0,25 | 0,18 |      | 0,07  | 0,03 | 0,26 | 0,22  | 0,09  | 0,04  |
| Düşük bitki örtüsü oranı                                                                                                                           | 0,06  | 0,18  | 0,07  | 0,06  | 0,02 | 0,01  | 0,01  | 0,05  | 0,16 | 0,08 | 0,19  | 0,16 | 0,25 | 0,30 |      | 0,13  | 0,19 | 0,55 | 0,55  | 0,13  | 0,14  |
| (-) Su oranı (-)                                                                                                                                   | 0,05  | 0,05  | 0,04  | 0,06  | 0,35 | 0,37  | 0,32  | 0,40  | 0,00 | 0,01 | 0,02  | 0,00 | 0,01 | 0,00 |      | 0,05  | 0,00 | 0,01 | 0,01  | 0,02  | 0,08  |
| Çıplak toprak kesri (-)                                                                                                                            | 0,29  | 0,83  | 0,73  | 0,69  | 0,83 | 0,60  | 0,17  | 0,27  | 0,08 | 0,05 | 0,03  | 0,03 | 0,05 | 0,04 |      | 0,15  | 0,14 | 0,09 | 0,09  | 0,09  | 0,14  |
| Geçirimsiz kesir (-)Stewart ve Oke, (2012) Toplam inşa edilmiş oran (-) Toplam geçirgen oran (-) Kanopi en boy oranı (-) Gökyüzü görüş faktörü (-) | 0,31  | 0,17  | 0,40  | 4,56  | 1,72 | 0,77  | 1,20  | 0,38  | 0,31 | 0,39 | 0,27  | 0,27 | 0,21 | 0,20 |      | 0,32  | 0,34 | 0,05 | 0,07  | 0,34  | 0,41  |
|                                                                                                                                                    | 0,28  | 0,52  | 0,57  | 0,51  | 0,71 |       |       |       | 0,68 | 0,74 | 0,58  | 0,61 | 0,44 | 0,47 |      | 0,60  | 0,64 | 0,09 | 0,14  | 0,67  | 0,60  |
|                                                                                                                                                    |       |       |       |       |      |       |       |       | 0,32 | 0,26 | 0,42  | 0,39 | 0,56 | 0,53 |      | 0,40  | 0,36 | 0,91 | 0,86  | 0,33  | 0,40  |
|                                                                                                                                                    |       |       |       |       |      |       |       |       | 0,56 | 0,78 | 0,49  | 0,53 | 0,25 | 0,34 |      | 1,05  | 0,76 | 0,05 | 0,13  | 0,61  | 0,38  |
|                                                                                                                                                    |       |       |       |       |      |       |       |       | 0,62 | 0,55 | 0,66  | 0,63 | 0,79 | 0,73 |      | 0,71  | 0,70 | 0,95 | 0,89  | 0,70  | 0,77  |
| Ortalama Pürüzlülük Yüksekliği (m)Stewart ve Oke, (2012)                                                                                           | 40,06 | 22,91 | 11,61 | 12,18 | 6,15 | 6,96  | 21,12 | 8,76  |      |      | 8,38  | 5,88 | 6,24 |      |      | 8,80  | 8,61 | 4,54 | 6,74  | 9,06  | 9,31  |
| Depasman yüksekliği (m)Macdonald ve diğerleri (1998)                                                                                               | 32,21 | 16,25 | 7,21  | 8,50  | 3,54 | 4,37  | 12,31 | 4,82  |      |      | 4,97  | 2,72 | 3,22 |      |      | 5,27  | 5,33 |      |       |       |       |

**TABLO 5 | Melbourne ve Sidney için şehir tanımlayıcı parametrelerdoğalyerel iklim bölgeleri (LCZ AG). Ortalama değerler, her şehrin haritasındaki her LCZ için bina çözümleyici 3B veri kümesinden (Geoscape) elde edilen ızgaralı morfoloji ve yüzey örtüsü ile hesaplanır.**

|                                                                                                                                                     | LCZ A                         | LCZ B   | LCZ C   | LCZ D     | LCZ E                               | LCZ F   | LCZ G   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|-------------------------------------|---------|---------|
|                                                                                                                                                     | SYD MEL                       | SYD MEL | SYD MEL | SYD MEL   | SYD MEL                             | SYD MEL | SYD MEL |
| Ortalama bina yüksekliği (m)                                                                                                                        | 6,29 8,97 3,71 5,71           |         |         | 4,24 4,89 | 11,68 4,56 7,74 8,15 6,17           |         |         |
| Maksimum bina yüksekliği (m)                                                                                                                        | 8,86 11,45 5,82 6,39          |         |         | 5,67 5,31 | 12,26 5,56 8,59 9,67 6,63           |         |         |
| Bina yüksekliğinin standart sapması (m) Duvar alanı yoğunluğu (-)                                                                                   | 2,46 3,96 1,67 1,79 0,14 0,14 |         |         | 1,53 1,45 | 3,40 1,34 2,06 2,60 1,18 0,42 0,09  |         |         |
| Ön alan yoğunluğu (-)                                                                                                                               | 0,05 0,09 0,04 0,04 0,01 0,02 |         |         | 0,07 0,06 | 0,30 0,13 0,09 0,12 0,03 0,08 0,04  |         |         |
| Ortalama ağaç yüksekliği (m)                                                                                                                        | 6,92 7,97 8,22 8,39           |         |         | 0,02 0,02 | 0,03 5,94 7,48 6,25 9,61 6,64       |         |         |
| Ağaç yüksekliğinin standart sapması (m)                                                                                                             |                               |         |         | 7,80 7,69 |                                     |         |         |
| Plan alanı yoğunluğu (-)                                                                                                                            | 3,45 4,09 4,03 3,58 0,01 0,01 |         |         | 3,49 2,86 | 2,13 3,00 2,09 3,61 2,19 0,07 0,01  |         |         |
| Ağaç kesri (-)                                                                                                                                      | 0,01 0,02 0,72 0,62 0,29 0,16 |         |         | 0,01 0,01 | 0,05 0,00 0,00 0,01 0,03 0,02 0,02  |         |         |
| Düşük bitki örtüsü oranı                                                                                                                            | 0,22 0,33 0,60 0,66 0,02 0,01 |         |         | 0,11 0,04 | 0,01 0,07 0,32 0,28 0,01 0,03 0,30  |         |         |
| (-) Su oranı (-)                                                                                                                                    | 0,02 0,02 0,02 0,01 0,06 0,10 |         |         | 0,70 0,78 | 0,17 0,07 0,96 0,90 0,15 0,40 0,47  |         |         |
| Çiçek toprak kesri (-)                                                                                                                              | 0,01 0,01 0,02 0,05 0,02 0,03 |         |         | 0,06 0,03 | 0,01 0,04 0,40 0,06 0,11 0,01 0,01  |         |         |
| Geçirimsiz kesri (-) Stewart ve Oke, (2012) Toplam inşa edilmiş oran (-) Toplam geçirgen oran (-) Kanopi en boy oranı (-) Gökyüzü görüş faktörü (-) | 0,02 0,06 0,98 0,97 0,98 0,94 |         |         | 0,09 0,12 | 0,47 0,07 0,16 0,01 0,02 0,53 0,93  |         |         |
|                                                                                                                                                     | 0,09 0,08 0,04 0,05 0,92 0,93 |         |         | 0,03 0,03 | 0,84 0,99 0,98 8,87 0,06 0,36 0,08  |         |         |
|                                                                                                                                                     | 0,97 0,95 6,92 7,97 8,22 8,39 |         |         | 0,04 0,04 | 0,06 0,81 0,95 0,81 0,93 0,95 11,68 |         |         |
|                                                                                                                                                     |                               |         |         | 0,96 0,96 | 4,56 7,74 9,61 6,64                 |         |         |
|                                                                                                                                                     |                               |         |         | 0,04 0,04 |                                     |         |         |
|                                                                                                                                                     |                               |         |         | 0,96 0,97 |                                     |         |         |
| Ortalama Pürüzlülük Yüksekliği (m) Stewart ve Oke, (2012)                                                                                           |                               |         |         | 7,80 7,69 |                                     |         |         |
| Deplasman yüksekliği (m) Macdonald ve diğerleri (1998)                                                                                              | 1,28 1,27 0,57 0,79 0,37 0,56 |         |         | 0,70 0,57 | 5,27 0,87 3,48 1,35 1,17 0,86 0,17  |         |         |
| Pürüzlülük uzunluğu (m) Macdonald ve diğerleri (1998)                                                                                               | 0,14 0,18 4,98 6,12 2,91 3,26 |         |         | 0,15 0,11 | 0,31 0,53 0,33 9,21 3,12 7,16 5,14  |         |         |
| Deplasman yüksekliği (m) Kanda ve diğerleri (2013) Pürüzlülük uzunluğu (m) Kanda ve diğerleri (2013)                                                | 0,36 0,51 0,16 0,18           |         |         | 2,97 2,63 | 2,87 0,52 0,16 0,29 0,53 0,13       |         |         |
|                                                                                                                                                     |                               |         |         | 0,17 0,12 |                                     |         |         |

Avustralya şehirlerindeki mahalleler daha az homojendir, yani yüksek katlı binalar değişken yüksekliklere sahip çeşitli binalarla çevrilidir. "Yüksek katlı" olarak sınıflandırılan ızgaralardaki bu heterojenlik, sonuç olarak ortalama pürüzlülük yüksekliğini azaltır. İki harita arasındaki fark, orta yükseklikteki LCZ'lerde daha az belirgindir, düşük bina yüksekliklerine sahip LCZ'ler (örneğin kompakt/açık/büyük düşük katlı, seyrek yapılı ve ağır sanayi) önerilen LCZ aralıklarını yakından takip eder. Doğal arazi örtüsü için, pürüzlülük yüksekliği ağaç yüksekliğine göre hesaplandığında (Stewart ve Oke 2012), aşağıdan yukarıya yaklaşım ağaçlar için önerilen aralıkta sonuçlar verir, ancak düşük bitki örtüsüne sahip veya bitki örtüsü olmayan LCZ'lerde pürüzlülük elemanı yüksekliğini fazla tahmin eder. Bu yine daha yüksek pürüzlülük elemanlarının dağılmasını içeren gerçek kentsel heterojen yüzeylerden kaynaklanabilir.

İki morfolojik parametre de karşılaştırılır: Kanopi en boy oranı (Şekil 9) ve gökyüzü görüş faktörü (Şekil 10). Bu hesaplamalar tekrar eden iki boyutlu bir kanyon geometrisi varsayımına dayanmaktadır (Bölüm 2.2) ve hesaplanan plan alanına ve duvar yoğunluğuna bağlıdır (Masson ve diğerleri, 2020) ( $\lambda_p$  ve  $\lambda_w$ , sırasıyla). Bu varsayımlar ve ortaya çıkan parametreler bitki örtüsünü hesaba katmaz. Buna göre, bu veri kümeleri arasındaki karşılaştırma, inşa edilmiş LCZ'lere odaklanır. Hem Sidney hem de Melbourne'de, inşa edilmiş LCZ'lerin çoğundaki gölgelik en boy oranı önerilen aralıktan daha düşüktür. Bunun nedeni, yerel olarak tanımlanmış kategorilerin genellikle daha düşük plan alanı yoğunluğudur (Şekil 6), ve bitki örtüsü gökyüzü manzarası hesaplamamızda hesaba katılmadığı için (Denklem 2).

Bu sonuçlar önerilen LCZ parametre değerleriyle bazı farklılıkları vurgulasa da, çıktılar kentsel iklim modelleri için değerli girdi verileri sağlar.

LCZ haritaları, Sidney veya Melbourne'de bir modeli yapılandırmak için kullanıldığında, artık her sınıf için doğru yerel parametre değerleriyle bilgilendirilebilir. Bu nedenle, kentsel LCZ'lerin (LCZ1-10; Tablo 4) ve doğal LCZ'ler (LCZA-G; Tablo 5) gelecekteki modelleme çalışmalarında kullanılmak üzere hem Sidney hem de Melbourne için. Ortalama değerler, LCZ haritalarını 100 m morfolojisi ve Geoscape veri kümelerinden türetilen yüzey örtüsü verileriyle karşılaştırarak hesaplanır. Bunlar, önerilen LCZ aralıklarının orta noktasından daha doğru bir yerel yüzey örtüsü ve morfoloji temsili sağlar Stewart ve Oke (2012).

## 4 TARTIŞMA

Sayısal kentsel analiz son on yılda iki kritik dönüşüm yaşadı. İlk olarak, kentsel formu, yapıyı ve işlevi daha önce elde edilenden daha yüksek çözünürlüklerde tanımlayan yeni yöntemler kullanılarak yeni veri kümeleri üretiliyor (Mills ve diğerleri, 2021). İkincisi, hesaplama gücünün büyümesi—her 2 yılda yaklaşık iki katına çıkıyor (Leiserson ve diğerleri, 2020)—daha sofistike modellerin kentsel süreçleri daha yüksek çözünürlüklerde çözmesini sağlamıştır. Bununla birlikte, birçok kentsel modelleme çalışması, kentsel yüzey parametrelerini tanımlamak için sınıf tabanlı yaklaşımlara güvendikleri için gerçek kentsel içi değişkenlikleri temsil edememiştir.

Bu makalede, bireysel kentsel unsurları çözen alt metre çözünürlüklü veri kümelerini kullanarak kentsel iklim modelleri için şehir tanımlayıcı verileri türetmek üzere bir metodoloji sunduk. Sınıflara dayanmayan yeni ızgaralı veri kümeleri ürettik. Ayrıca, yerleşik

Yerel özelliklerden türetilenlerle varsayılan sınıf tabanlı parametreleri güncelleyerek yöntemler.

Veri katmanlarını işlemeye yönelik kod ve örnekler şu şekilde sağlanır: Ek Malzeme, Geoscape verilerini kullanarak diğer bölgeler için gelecekteki şehir tanımlayıcı haritaların geliştirilmesini sağlamanın yanı sıra benzer bina çözümleme veri kümeleriyle diğer çalışmaları da bilgilendirmek. Büyük Sidney bölgesi için 300 m çözünürlükte türetilen arazi örtüsü ve morfoloji veri kümesi açık bir şekilde kullanılabilir hale getirildi (Lipson ve diğerleri, 2022).

Tüm bina çözümleme verileri, toplama ve işleme yöntemlerine bağlı hatalar içerir. Burada kullanılan temel Geoscape verileri, havadan elde edilen bina ve ağaç yükseklikleri için  $\pm 0,1$  m ve uydudan elde edilen bina ve ağaç yükseklikleri için  $\pm 1$  m dikey doğruluğa sahiptir (Geoscape Binalar v2.0, 2020; Geoscape Ağaçları v1.6, 2020). Yatay doğruluk, havadan türetilen bina konumlandırması için  $\pm 0,2$  m ve uydudan türetilen bina konumlandırması için  $\pm 2,5$  m'dir (tutarlı çeviri hataları türetilen morfoloji özelliklerindeki hataları en aza indirir de). Yukarıdan aşağıya yöntemlerle karşılaştırıldığında, LCZ'ler için orta aralıklı bina yüksekliği değerleri, Geoscape'ten türetilen değerlerle onlarca metre farklılık gösterebilir (Şekil 8), Geoscape hatalarının aralığının çok dışında. Yukarıdan aşağıya yöntemler, bina çözümleme verilerinin bulunmadığı yerlerde değerli olmaya devam ediyor.

Burada açıklanan metodolojinin gücü çok yönlüdür. İlk olarak, kullanılan yapı çözümleme verileri kıtasal ölçeklerde tutarlı bir şekilde türetilir. Bu tür büyük ölçekli ve tutarlı veri kümeleri, özel insan eğitimi ve makine öğrenimine dayanan sınıf tabanlı yaklaşımlarla ilişkili belirsizlikleri azaltır. Özel veya tutarsız eğitim verileri yanlış sınıflandırmaya yol açabilir (Bechtel ve diğerleri, 2017; Stewart, 2018), makine öğrenimi algoritmanın karar alma süreçlerini doğası gereği belirsizleştirir ve çoğaltmayı veya uyarlamayı zorlaştırır. İkinci olarak, sınıf tabanlı yaklaşımlar sayısal modelleme sistemleri tarafından gerekli görülen bazı parametreleri atlayabilir. Aşağıdan yukarıya yöntemimiz, modelleme yaklaşımlarını kullanarak azaltma stratejilerinin etkisini nicelleştirmek için önemli olan kentsel alanların ve çevrelerin biçimini tanımlamak için ek parametreler sağlar (Krayenhoff ve diğerleri, 2021). Son olarak, geleneksel sınıf tabanlı yaklaşım, sınıf sisteminin sadakati (yani, tanımlanmış sınıfların sayısı) ile sınırlıdır; burada açıklanan aşağıdan yukarıya yaklaşım ise, ızgara ölçeğinde değişkenliği detaylandırarak bir şehrin dokusunun ve biçiminin benzersiz özelliklerini yakalar. Bu, metodolojik bir farktır; giderek daha yüksek sadakatte daha fazla alt sınıf tanımlamak ve önerilen parametrelerini tanımlamak yerine, kentsel morfolojinin özellikleri bina ölçeğinden yakalanabilir ve doğrudan istenen çözünürlükte uygulanabilir, bu da kentsel iklim modellerinde gerçek kentsel biçimin daha doğru bir karakterizasyonuna olanak tanır.

Burada ayrıntılı olarak açıklanan yöntemler, iklim modelleri için kritik şehir tanımlayıcı parametreleri elde etmek için yararlı bir yaklaşım sağlar, ancak birkaç sınırlama devam etmektedir. İlk olarak, bazı morfoloji parametrelerini (örneğin, gölgelik yüksekliğinin genişlik oranı ve gökyüzü görüş faktörü) hesaplamak için kullanılan yaygın geometrik varsayımlar, gerçekçi kentsel yapılandırmaları temsil etmede yetersiz kalmaktadır (bkz. Bölüm 2.2.3). İkincisi, kategorik sınıf tabanlı haritaların yeniden örneklenmesi için bir yöntem (

LCZ sistemi) farklı çözünürlüklere göre literatürde iyi bir şekilde yerleşmemiştir ve bu da farklı çözünürlüklerdeki değerlerin karşılaştırılmasını sınırlar. Üçüncüsü, büyük veri kümeleri için veriler uzaktan algılanabilir ve zaman içinde dahil edilebilir ve bu nedenle hızlı kentleşme süreçleri ve kentsel arazi örtüsü ve kullanımındaki değişiklikleri hesaba katmak için düzenli olarak güncellenmelidir. Dahası, bu metodolojiyi uygulamada karşılaşılan temel zorluklardan biri, tek tek binaları ve ağaçları çözen yüksek çözünürlüklü veri kümelerinin kullanılabilirliğiyle ilgilidir. Tutarlı ve eksiksiz küresel yüksek çözünürlüklü veri kümeleri henüz kamuya açık değildir. Daha fazla veri kullanılabilir hale geldikçe bu zorlukların azalması muhtemeldir, ancak farklı yerel veri politikaları ve kaynaklarından önemli ölçüde etkilenmektedir (Mills ve diğerleri, 2021). Son olarak, yerel ölçeklerde bile kentsel doku ve işlev hakkında hala sınırlı bilgiye sahibiz. Örneğin, maddiliğin mekansal dağılımının bir tanımını elde edilmesi ve gerçekçi bir şekilde modellerde uygulanması zordur. Bu konular gelecekte daha ayrıntılı bir ilgi gerektiriyor.

## VERİ KULLANILABİLİRLİĞİ BEYANI

Bu çalışmada sunulan veri kümeleri çevrimiçi havuzlarda bulunabilir. Havuz/havuzların adları ve erişim numaraları makalede bulunabilir. 300 m yüzey özellikleri veri kümesi Sidney bölgesi için şu adreste açık olarak mevcuttur: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6579061>

## YAZAR KATKILARI

ML, NN ve MH çalışmayı tasarladı. BC ve NN, MH'den gelen girdilerle LCZ haritalarını oluşturdu. ML, Geoscape veri kümelerini ve ilişkili şekilleri işlemek için kod yazdı. NN, LCZ ve Geoscape'ten türetilen çıktıları ve ilişkili şekilleri karşılaştırmak için kod yazdı. KN, karşılaştırma için Melbourne verileri için girdi sağladı. NN, MH ve ML, KN ve BC'den gelen girdilerle el yazmasını yazdı.

## FİNANSMAN

Bu araştırma, Avustralya Araştırma Konseyi (ARC) İklim Sistemi Bilimi Mükemmeliyet Merkezi (Hibe CE110001028), ARC İklim Uç Noktaları Mükemmeliyet Merkezi (Hibe CE170100023) tarafından desteklenmiştir. KN, NHMRC/UKRI hibesi (1194959) tarafından desteklenmektedir.

## TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma için gerekli veri kümelerini sağlayan Avustralya Kentsel Araştırma Altyapı Ağı'na (AURIN) ve Geoscape Avustralya'ya minnettarız; bu veri kümeleri Geoscape Binalar, Yüzey Örtüsü ve Ağaçlar veri kümelerinden yararlanmaktadır, © Geoscape Avustralya, 2020: <https://geoscape.com.au/legal/data->



telif-ve-sorumluluk-reddi/. İşleme yöntemleri hakkında yararlı tartışmalar için William Morrison, Sue Grimmond, Song Chen ve Pratiman Patel'e teşekkürler.

## EK MATERYAL

Bu makalenin Ek Malzemesi çevrimiçi olarak şu adreste bulunabilir: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.866398/full#supplementary-material>

## KAYNAKLAR

- Argüeso, D., Evans, JP, Fita, L. ve Bormann, KJ (2014). Sıcaklık Tepkisi Gelecekteki Kentleşmeye ve İklim Değişikliğine.Tırmanış. Dinamiği.42, 2183–2199. doi:10.1007/s00382-013-1789-6
- Bechtel, B., Alexander, P., Böhner, J., Ching, J., Conrad, O., Feddema, J., ve diğerleri. (2015). Kentlerin Biçimi ve İşlevine İlişkin Dünya Çapında Bir Veritabanı Oluşturmak İçin Yerel İklim Bölgelerinin Haritalanması.JSPRS Uluslararası Dergisi Geo-Inf.4, 199–219. doi:10.3390/ijgi4010199
- Bechtel, B., Alexander, PJ, Beck, C., Böhner, J., Brousse, O., Ching, J., ve diğerleri. (2019). WUDAPT Seviye 0 Verilerinin Oluşturulması - Üretim ve Değerlendirmenin Mevcut Durumu.Kentsel İklim.27, 24–45. doi:10.1016/j.uclim.2018.10.001 Bechtel, B., Demuzere, M., Sismanidis, P., Fenner, D., Brousse, O., Beck, C., et al. (2017). Kentsel Morfoloji Üzerine Kalabalık Kaynaklı Verilerin Kalitesi - İnsan Etkisi Deneyi (HUMINEX).Şehir Bilimi.1, 15. doi:10.3390/urbansci1020015
- Biljecki, F., Chew, LZ, Milojevic-Dupont, N. ve Creutzig, F. (2021). Açık Sürdürülebilir ve Dayanıklı Şehirlerin Planlanması İçin Binalara İlişkin Hükümet Coğrafi Verileri.ArXiv.Ön baskı 210704023 Cs. doi:10.48550/arXiv.2107.04023
- Biljecki, F., Ledoux, H. ve Stoter, J. (2016). Geliştirilmiş Bir LOD Spesifikasyonu 3D Bina Modelleri.Bilgisayar. Çevre. Kentsel Sis.59, 25–37. doi:10.1016/j.compenvurbsys.2016.04.005
- Broadbent, AM, Coutts, AM, Nice, KA, Demuzere, M., Krayenhoff, ES, Tapper, NJ, ve diğerleri (2019). Yeşil/mavi altyapı değerlendirme aracına hava-sıcaklık tepkisi (TARGET v1.0): Şehir soğutmasının verimli ve kullanıcı dostu bir modeli.Geosci. Model Geliştirme12, 785–803. doi:10.5194/gmd-12-785-2019
- Brousse, O., Martilli, A., Foley, M., Mills, G. ve Bechtel, B. (2016). WUDAPT, bir Mezo Ölçekli Modeller için Verimli Arazi Kullanımı Üreten Veri Aracı? Madrid Üzerindeki WRF'de Kentsel LCZ'nin Entegrasyonu.Kentsel İklim.17, 116–134. doi:10.1016/j.uclim.2016.04.001
- Bruse, M. (1999).Yerel Çevre Tasarımının Mikro İklim Üzerindeki Etkileri Kentsel Yapılarda Rüzgar, Sıcaklık ve Nem Dağılımının Simülasyonu İçin Prognostik Sayısal Model ENVI-Met'in Geliştirilmesi.Almanya: Bochum Üniversitesi.
- Meteoroloji Bürosu (2021). Avustralya'nın Resmi Hava Tahminleri ve Hava Durumu Radar - Meteoroloji Bürosu. Şurada mevcuttur: <http://www.bom.gov.au/> (Erişim tarihi 15 Aralık 2021).
- Büttner, G. (2014). "CORINE Arazi Örtüsü ve Arazi Örtüsü Değişim Ürünleri," Avrupa'da Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü Haritalama: Uygulamalar ve Trendler Uzaktan Algılama ve Dijital Görüntü İşleme.Editörler I. Manakos ve M. Braun (Dordrecht: Springer Hollanda), 55–74. doi:10.1007/978-94-007-7969-3\_5 Chen, G., Zhao, L. ve Mochida, A. (2016). Kentsel Isı Adası Simülasyonları Çin, Guangzhou, Uzaktan Algılama Verilerinden Çıkarılan Arazi Kullanım Haritasıyla Birlikte WRF/UCM Modelinin Kullanılması.Sürdürülebilirlik8, 628. doi:10.3390/su8070628
- Ching, J., Mills, G., Bechtel, B., Bkz. L., Feddema, J., Wang, X., ve diğerleri. (2018). WUDAPT: Antropocen için Kentsel Hava, İklim ve Çevre Modelleme Altyapısı.Boğa. Am. Meteorol. Soc.99, 1907–1924. doi:10.1175/BAMS-D-16-0236.1
- Conroy, B. (2021). Melbourne için WUDAPT Seviye 0 Eğitim Verileri (Avustralya, Milletler Topluluğu), LCZ Generator'a sunuldu. LCZ Gener. Şurada mevcuttur: <https://lcz-generator.rub.de/factsheets/>
- Ek Şekil S1 | Melbourne bölgesi için türetilmiş parametreleri seçin.
- Ek Şekil S2 | Sidney'deki bir örnek bölge için 30, 100, 300 m çözünürlüklerde bina ayak izi oranı.
- Ek Şekil S3 | Sidney'deki bir örnek bölge için 30, 100, 300 m çözünürlüklerde toplam geçirgen fraksiyon.
- Ek Şekil S4 | Sidney'deki bir örnek bölge için 30, 100, 300 m çözünürlüklerde ortalama bina yüksekliği.
- Ek Şekil S5 | Sidney'deki bir örnek bölge için 30, 100, 300 m çözünürlüklerde kanyon en boy oranı.
- d2aa6b283cdc6bf2dda372bfcd5612d2219a690/d2aa6b283cdc6bf2dda372bfcd5612d2219a690\_factsheet.html (12 Eylül 2021). Demuzere, M., Hankey, S., Mills, G., Zhang, W., Lu, T. ve Bechtel, B. (2020). Kıta ABD'si için Kentsel Form ve İşlevlerin Haritalanmasında Uzman ve Kalabalık Kaynaklı Eğitim Verilerinin Birleştirilmesi.Bilim. Veri7, 264. doi:10.1038/s41597-020-00605-z
- Demuzere, M., Kittner, J. ve Bechtel, B. (2021). LCZ Oluşturucu: Bir Web Yerel İklim Bölgesi Haritaları Oluşturma Uygulaması.Ön. Çevre. Bilim.9, 112. doi:10.3389/fenvs.2021.637455
- Esch, T., Brzoska, E., Dech, S., Leutner, B., Palacios-Lopez, D., Metz-Marconcini, A., ve diğerleri (2022). Dünya Yerleşim Ayak İzi 3D - Küresel Bina Stokunun İlk Üç Boyutlu Araştırması.Uzaktan Algılama Çevre270, 112877. doi:10.1016/j.jrse.2021.112877
- Esch, T., Taubenböck, H., Roth, A., Heldens, W., Felber, A., Thiel, M., ve diğerleri. (2012). TanDEM-X Misyonu-Küresel Yerleşim Modellerinin Envanteri ve İzlenmesi İçin Yeni Perspektifler. J. Uygulama Uzaktan Algılama6, 061702. doi:10.1117/1.JRS.6.061702
- Fröhlich, D. ve Matzarakis, A. (2020). İnsan Termal Konforunun Hesaplanması ve PALM Model Sistemi 6.0'da Termal Gerilim.Geosci. Model Geliştirme13, 3055–3065. doi:10.5194/gmd-13-3055-2020
- Geoscape Binalar v2.0 (2020).Geoscape Binalar v2.0.Griffith, ACT, Avustralya: PSMA Avustralya.
- Geoscape Yüzey Örtüsü v1.6 (2020).Geoscape Yüzey Örtüsü v1.6.Griffith, ACT, Avustralya: PSMA Avustralya.
- Geoscape Ağaçları v1.6 (2020).Geoscape Ağaçlar v1.6.Griffith, ACT, Avustralya: PSMA Avustralya.
- Grimmond, CSB ve Oke, TR (1999). Kentsel Aerodinamik Özellikler Yüzey Formunun Analizinden Elde Edilen Alanlar.J. Uygulamalı Meteor.38, 1262–1292. doi:10.1175/1520-0450(1999)038<1262:apouad>2.0.co;2
- Hirsch, AL, Evans, JP, Thomas, C., Conroy, B., Hart, MA, Lipson, M., ve diğerleri. (2021). Sıcak Dalgaları Sırasında Yerel Akışların Kentsel Isı Artışı Üzerindeki Etkisinin Çözümlemesi.Çevre. Res. Lett.16, 064066. doi:10.1088/1748-9326/ac0377
- Jackson, TL, Feddema, JJ, Oleson, KW, Bonan, GB ve Bauer, JT (2010). Küresel İklim Modellemesi İçin Kentsel Özelliklerin Parametrelendirilmesi. Ann. Assoc. Am. Gegr.100, 848–865. doi:10.1080/00045608.2010.497328
- Kanda, M., Inagaki, A., Miyamoto, T., Gryschka, M. ve Raasch, S. (2013). Yeni Gerçek Kentsel Yüzeyler İçin Aerodinamik Parametrelendirme.Sınır Tabakası Meteorolojisi.148, 357–377. doi:10.1007/s10546-013-9818-x
- Katzfey, J., Schlünzen, H., Hoffmann, P. ve Thatcher, M. (2020). Kentsel Parametrelendirme Yüksek Çözünürlüklü Küresel İklim Simülasyonunu Etkiler.QJR Meteoroloji Sos.146, 3808–3829. doi:10.1002/qj.3874
- Krayenhoff, ES, Broadbent, AM, Zhao, L., Georgescu, M., Middel, A., Voogt, JA ve diğerleri (2021). Soğuyan Sıcak Şehirler: Sayısal Modelleme Literatürüne İlişkin Sistemati ve Eleştirel Bir İnceleme.Çevre. Res. Lett.16, 053007. doi:10.1088/1748-9326/abdcf1
- Leiserson, CE, Thompson, NC, Emer, JS, Kuszmaul, BC, Lampson, BW, Sanchez, D. ve diğerleri (2020). Zirvede Çok Yer Var: Moore Yasası'ndan Sonra Bilgisayar Performansını Ne Artıracak?Bilim368, eaam9744. doi:10.1126/science.aam9744
- Li, D., Malyshev, S. ve Shevliakova, E. (2016). Tarihsel ve Geleceği Keşfetmek Dünya Sistemi Modelleme Çerçevesinde Kentsel İklim: 1. Model Geliştirme ve Değerlendirme: Dünya Sistemi Modellerinde Kentsel İklim. J. Adv. Model. Dünya Sistemleri.8, 917–935. doi:10.1002/2015MS000578

- Lindberg, F., Grimmond, CSB, Gabey, A., Huang, B., Kent, CW, Sun, T., ve diğerleri. (2018). Kentsel Çok Ölçekli Çevresel Tahminci (UMEP): Şehir Tabanlı İklim Hizmetleri için Entegre Bir Araç.Çevre. Model. Yazılım.99, 70–87. doi:10. 1016/j.jenvsoft.2017.09.020
- Lipson, M., Nazarian, N., Hart, MA, Nice, KA ve Conroy, B. (2022).Kentsel İklim Modellemesi için Form Verileri: Bina Çözme ve 2 M Arazî Örtüsü Veri Setlerinden Türetilen 300 M Çözünürlükte Sidney.Sidney: Zenodo. doi:10.5281/ZENODO.6579061
- Ma, S., Pitman, A., Yang, J., Carouge, C., Evans, JP, Hart, M., ve diğerleri. (2018). Avustralya, Sidney'de İstis Sresine Karşı Azaltma Seçeneklerinin Etkinliğinin Değerlendirilmesi.J. Uygulamalı Meteorol. Klimatol.57, 209–220. doi:10.1175/JAMC-D-17-0061.1
- Macdonald, RW, Griffiths, RF ve Hall, DJ (1998). Geliştirilmiş Bir Yöntem Engel Dizilerinin Yüzey Pürüzlülüğünün Tahmini.Atmosfer. Çevre.32, 1857–1864. doi:10.1016/S1352-2310(97)00403-2
- Martilli, A., Krayenhoff, ES ve Nazarian, N. (2020). Kentsel Isı Adası mı Isı Azaltma Çalışmalarında Yoğunluk Önemli midir?Kentsel İklim.31, 100541. doi:10. 1016/j.uclim.2019.100541
- Masson, V., Champeaux, J.-L., Chauvin, F., Meriguet, C. ve Lacaze, R. (2003). A Meteoroloji ve İklim Modellerinde 1 km Çözünürlükte Kara Yüzey Parametrelerinin Küresel Veritabanı. J. Tırmanış.16, 1261–1282. doi:10.1175/1520-0442-16.9.1261
- Masson, V., Heldens, W., Bocher, E., Bonhomme, M., Bucher, B., Burmeister, C., ve diğerleri (2020). Kentsel İklim Modelleri için Şehir Tanımlayıcı Giriş Verileri: Model Gereksinimleri, Veri Kaynakları ve Zorluklar.Kentsel İklim.31, 100536. doi:10. 1016/j.uclim.2019.100536
- Meili, N., Manoli, G., Burlando, P., Bou-Zeid, E., Chow, WTL, Coutts, AM, ve diğerleri (2020). Kentsel İklim ve Hidroloji Üzerindeki Bitki Örtüsünün Etkisini Ölçmek İçin Kentsel Bir Ekohidrolojik Model (UT&C v1.0).Geosci. Model Geliştirme 13, 335–362. doi:10.5194/gmd-13-335-2020
- Middel, A., Nazarian, N., Bechtel, B. ve Demuzere, M. (2022). Kentsel İklim Bilim: Yükselen Bir Araştırma Alanı.Ön. Çevre. Bilim. Rev.10, 867434. doi:10.3389/fenvs.2022.867434
- Mills, G., Ching, J. ve Bechtel, B. (2021). “Kentsel Morfolojinin Karakterizasyonu Kentsel İklim Modellemesi”Sağlıklı Şehirler Planlaması İçin Kentsel İklim Bilimi Biyometeoroloji.Editörler C. Ren ve G. McGregor (Cham: Springer International Publishing), 339–354. doi:10.1007/978-3-030-87598-5\_15
- Mughal, MO, Li, XX, Yin, T., Martilli, A., Brousse, O., Dissegna, MA, ve diğerleri. (2019). Yerel İklim Bölgelerini İçeren Singapur Kentsel İkliminin Yüksek Çözünürlüklü, Çok Katmanlı Modellemesi.J. Geophys. Res. Atmos.124, 7764–7785. doi:10.1029/2018JD029796
- Nazarian, N. (2022). Sidney (Avustralya) için WUDAPT Seviye 0 Eğitim Verileri Commonwealth of, LCZ Generator'a sunuldu. LCZ Gener. Şurada mevcuttur: [https://lcz-generator.rub.de/factsheets/3530917846fefde7c17637092c9b98a2378053e0/3530917846fefde7c17637092c9b98a2378053e0\\_factsheet.html](https://lcz-generator.rub.de/factsheets/3530917846fefde7c17637092c9b98a2378053e0/3530917846fefde7c17637092c9b98a2378053e0_factsheet.html) (27 Ocak 2022). Nice, KA, Coutts, AM ve Tapper, NJ (2018). VTUF-3D'nin Geliştirilmesi v1.0 Kentsel Mikro İklim Modeli, Kentsel Bitki Örtüsünün İnsan Termal Konforuna Etkilerinin Değerlendirilmesini Destekliyor.Kentsel İklim.24, 1052–1076. doi:10. 1016/j.uclim.2017.12.008
- Núñez-Peiró, M., Sánchez-Guevara Sánchez, C. ve Neila González, FJ (2021). Yerel İklim Bölgelerinde Kent İçi Sıcaklık Değişkenliğinin Saatlik Evrimi. Madrid Örneği.Kentsel İklim.39, 100921. doi:10.1016/j.uclim.2021.100921
- Oleson, KW ve Feddema, J. (2020). Parametrelerendirme ve Yüzey Verileri Topluluk Arazî Modeli için İyileştirmeler ve Yeni Yetenekler Kentsel (CLMU).J. Adv. Model. Dünya Sistemleri.12, e2018MS00158. doi:10.1029/2018MS001586
- Potgieter, J., Nazarian, N., Lipson, MJ, Hart, MA, Ulpiani, G., Morrison, W., ve diğerleri (2021). Kent İçi Mikro İklimi Araştırmak İçin Yüksek Çözünürlüklü Arazî Kullanım Verilerinin Kalabalık Kaynaklı Hava Sıcaklığıyla Birleştirilmesi.Ön. Çevre. Bilim. 9, 385. doi:10.3389/fenvs.2021.720323
- PSMA Avustralya (2020). Geoscape | Derinlikle Konum Verileri. Geoscape Avustralya. Şu adreste mevcuttur: [https://geoscape.com.au/\(15 Aralık 2021'de erişildi\)](https://geoscape.com.au/(15 Aralık 2021'de erişildi)). Simón-Moral, A., Dipankar, A., Roth, M., Sánchez, C., Velasco, E. ve Huang, X. Y. (2020). Tropikal Bir Şehirde MORUSES Tek Katmanlı Kentsel Gölge Modelinin Uygulanması: Singapur'dan Sonuçlar.QJR Meteoroloji Sos.146, 576–597. doi:10. 1002/qj.3694
- Sirko, W., Kashubin, S., Ritter, M., Annkah, A., Bouchareb, YSE, Dauphin, Y., ve diğerleri (2021). Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinden Kıta Ölçekli Bina Tespiti.arXiv.Ön baskı. doi:10.48550/arXiv.2107.12283
- Siu, LW ve Hart, MA (2013). Kentsel Isı Adası Yoğunluğunun Miktarının Belirlenmesi Hong Kong SAR, Çin.Çevre. İzleme. Değerlendirme.185, 4383–4398. doi:10.1007/s10661-012-2876-6
- Stewart, I. (2018). Yerel İklim Bölgelerini Belirlemek İçin Bir Saha Rehberi Geliştirmek Şehirler. içindeDünya Kentsel Veritabanı ve Erişim Portalı Araçları (WUDAPT) Özel Oturumu I.New York: Amerikan Meteoroloji Derneği. Şurada mevcuttur: <https://ams.confex.com/ams/ICUC10/meetingapp.cgi/Paper/342085>.
- Stewart, ID ve Oke, TR (2012). Kentsel Sıcaklık için Yerel İklim Bölgeleri Çalışmalar.Boğa. Am. Meteorol. Soc.93, 1879–1900. doi:10.1175/bams-d-11-00019.1
- Sun, Z., Du, W., Jiang, H., Weng, Q., Guo, H., Han, Y., ve diğerleri. (2022). Küresel 10 m Geçirimsiz Yüzey Alanı Haritalama: Büyük Dünya Verilerine Dayalı Çıkarım ve Güncelleme Yaklaşımı.Uluslararası J. Uygulamalı Dünya Gözlem Jeoinformasyonu 109, 102800. doi:10.1016/j.jag.2022.102800
- Zhang, X., Liu, L., Wu, C., Chen, X., Gao, Y., Xie, S. ve diğerleri (2020). Bir Google Earth Engine Platformu ile Çok Kaynaklı ve Çok Zamanlı Uzaktan Algılama Veri Kümelerini Kullanarak Küresel 30 m Geçirimsiz Yüzey Haritası.Dünya Sistemi Bilimi Verileri12, 1625–1648. doi:10.5194/essd-12-1625-2020
- Zonato, A., Martilli, A., Di Sabatino, S., Zardi, D. ve Giovannini, L. (2020). Mezo Ölçekli Modellerle Kentsel Morfolojiyi Tanımlamak İçin Yeni Bir WUDAPT Ortalama Alma Tekniğinin Performansının Değerlendirilmesi.Kentsel İklim.31, 100584. doi:10.1016/j.uclim.2020.100584

Çıkar Çatışması:Yazarlar, araştırmanın çıkar çatışması yaratabilecek herhangi bir ticari veya finansal ilişkinin bulunmadığı bir ortamda yürütüldüğünü beyan etmektedirler.

Yayıcının Notu:Bu makalede ifade edilen tüm iddialar yalnızca yazarlara aittir ve bağlı kuruluşlarının veya yayıcının, editörlerin ve gözden geçirenlerin iddialarını temsil etmeyebilir. Bu makalede değerlendirilebilecek herhangi bir ürün veya üreticisi tarafından yapılabilecek herhangi bir iddia, yayıncı tarafından garanti edilmez veya onaylanmaz.

Telif Hakkı © 2022 Lipson, Nazarian, Hart, Nice ve Conroy. Bu, Creative Commons Atıf Lisansı (CC BY) şartları altında dağıtılan açık erişimli bir makaledir. Orijinal yazar(lar) ve telif hakkı sahibi(ler)in kredilendirilmesi ve bu dergideki orijinal yayının kabul görmüş akademik uygulamaya uygun şekilde atıfta bulunulması koşuluyla, diğer forumlarda kullanılması, dağıtılması veya çoğaltılmasına izin verilir. Bu şartlara uymayan hiçbir kullanım, dağıtım veya çoğaltmaya izin verilmez.