CTC BALANCE

500 m Grid Tabanlı Toplu Taşıma Erişilebilirliği (PTAL)

Amaç, veri kaynakları, gerçek yaya ağı, hesaplama yöntemi, çıktı ürünleri ve metodolojik sınırlılıklar

Teknik yöntem dokümanı | İstanbul | 25 Ekim 2026

Dokümanın kapsamı: Bu rapor, GeoTech-Dila/ctc-balance GitHub deposundaki db/16_metric_transit_accessibility.sql, db/32_pedestrian_network_accessibility.sql, build_pedestrian_network_access.py ve dashboard_data.py kodlarına dayalıdır. Canlı Supabase veritabanının tüm kayıtları yeniden sorgulanmamıştır. Kodda tanımlanan yöntem ile önceki çalışmada paylaşılan yayımlanmış ağ sürümü bilgileri ayrı belirtilmiştir.

1. Çalışmanın amacı

CTC Balance 500 m PTAL yaklaşımı, İstanbul'daki her 500 × 500 m analiz hücresinin toplu taşıma hizmetlerine yaya ağı üzerinden ne ölçüde erişebildiğini ölçer. Yalnızca durak yakınlığına bakmak yerine yürüyüş süresini, erişilebilen hatları ve tarifeli hizmet sıklığını birlikte değerlendirir. Böylece düşük erişimli alanların saptanması, ilçelerin karşılaştırılması ve sonraki hizmet arzı / arz–talep açığı analizleri için mekânsal bir gösterge üretilmesi amaçlanır.

2. Mekânsal birim ve kapsam

Bileşen	Uygulama
Çözünürlük	500 × 500 m kare grid; teorik tam hücre alanı 25 hektar.
Koordinat sistemi	Grid üretimi ve ağ metrik hesapları EPSG:32635 (UTM Zone 35N) üzerinde.
Grid üretimi	PostGIS ST_SquareGrid(500, ...) ile İstanbul çalışma alanı üzerinden kare hücreler; ST_Intersects ile seçilim.
Hücre temsil noktaları	Her hücrede beş örnek nokta; yürüyüş sonuçları hücre düzeyinde medyanla özetlenir.
Yürüme eşiği	En fazla 15 dakika; bu eşik, grid boyutu olan 500 m ile aynı kavram değildir.

3. Kullanılan veri kaynakları

Veri	Rolü ve kökeni
OpenStreetMap (OSM)	Yürünebilir yol ve patika geometrileri; gerçek yaya ağının kurulması. Kaynak dosya PBF.
GTFS	Hat, durak, sefer, takvim ve sıklık bilgileri; referans dönem tarifeleri.
Tarihsel GTFS	Referans takvimde tam kapsanmayan hatlara ilişkin tarihsel hafta içi hizmet varsayımları; güncel gözlem sayılmaz.
M9 ve M11 ek hizmet girdileri	M9: 9 dk yoğun saat aralığının 07.00–19.00'a genişletilmesi; M11: 15 dk aralık varsayımı. Tam gün doğrulanmış GTFS değildir.
İstanbul ilçe geometrileri	Grid hücrelerini idari birimlerle ilişkilendirmek ve ilçe düzeyinde karşılaştırmak.
PostgreSQL / PostGIS	Mekânsal grid, erişim kayıtları, sonuç tabloları ve API için veri altyapısı.

4. Yaya ağının oluşturulması

OSM PBF içindeki yürümeye uygun yollar seçilerek düğüm–kenar temelli bir ağ kurulmaktadır. Koordinatlar metrik sisteme dönüştürülür; kenar maliyetleri uzunluk, 80 m/dk temel yürüme hızı ve kodda tanımlanan yol türü katsayılarıyla saniye cinsinden hesaplanır. Hücre örnek noktaları ve duraklar ağa eşleştirilir (snap). Ardından her hat için çok kaynaklı, üst süre sınırı bulunan Dijkstra en kısa yol araması çalıştırılır.

Beş örnek noktaya ait geçerli yürüyüş süreleri özetlenerek hücre–hat düzeyinde medyan yürüyüş mesafesi ve süresi saklanır. Ağ bağlantısı veya eşleştirme kalitesi yetersiz olduğunda bir hücrenin erişimi olduğundan düşük görünebilir; bu durum yöntem sınırlılığıdır.

5. Hesaplama akışı

Adım 1 — Erişilebilir hat seçimi: Yayımlanmış ağ sürümünde medyan yürüme süresi 15 dakika veya altında olan hücre–hat eşleşmeleri değerlendirilir.

Adım 2 — Yürüme süresi: WT = median_walk_seconds / 60 (dakika).

Adım 3 — Bekleme süresi: Kod, 12 saatlik tarifeli kalkış göstergesini N olarak kullanır. Yaklaşık bekleme = 360 / N dakika; buna sabit 2 dakika eklenir.

Adım 4 — Toplam erişim süresi: TAT = WT + 2 + 360 / N (dakika). N sıfırsa ilgili formülün sonucu tanımsızdır.

Adım 5 — Eşdeğer kapı önü sıklığı: EDF = 30 / TAT.

Adım 6 — Erişilebilirlik endeksi: Her hücrede EDF'si en yüksek hat 1, diğer erişilebilir hatlar 0,5 ağırlıkla toplanır: AI = EDF(en yüksek) + 0,5 × Σ EDF(diğerleri).

Önemli yöntem farkı: Resmî TfL PTAL yaklaşımı baskın hizmet ağırlığını ulaşım türü bazında uygular; bu uygulamanın incelenen SQL kodunda ise en yüksek EDF hücre genelinde seçilmektedir. Bu nedenle çıktı PTAL esinli / PTAL proxy olarak adlandırılmalı, resmî TfL PTAL ile eşdeğer gösterilmemelidir.

6. PTAL erişilebilirlik sınıfları

AI aralığı (SQL karşılaştırması)	PTAL sınıfı
AI = 0	0
0 < AI < 2,5	1a
2,5 ≤ AI < 5	1b
5 ≤ AI < 10	2
10 ≤ AI < 15	3
15 ≤ AI < 20	4
20 ≤ AI < 25	5
25 ≤ AI < 40	6a
AI ≥ 40	6b

Sınırlar uygulama kodundaki karşılaştırmalara göre yazılmıştır. Skor hesaplama sırasında iki ondalığa yuvarlandığı için sınır çevresindeki sonuçlarda yuvarlama etkisi bulunabilir.

7. Örnek hesaplama (temsili)

Bir hücrede iki erişilebilir hat olduğunu varsayalım: A hattına yürüyüş 5 dk ve 12 saatte 60 kalkış; B hattına yürüyüş 8 dk ve 12 saatte 30 kalkış.

A: bekleme = 360/60 = 6 dk; TAT = 5 + 2 + 6 = 13 dk; EDF = 30/13 ≈ 2,31.

B: bekleme = 360/30 = 12 dk; TAT = 8 + 2 + 12 = 22 dk; EDF = 30/22 ≈ 1,36.

AI ≈ 2,31 + 0,5 × 1,36 = 2,99; bu hücre uygulamanın sınıflamasında 1b olur. Bu sayılar gerçek İstanbul hücresine ait değildir.

8. Üretilen veri ürünleri

Ürün / tablo	İçerik
transit_accessibility_grid_500m_metric	Gerçek 500 m grid geometrisi, hücre ve ilçe kimliği, referans hizmet tarihi.
walk_network_releases	OSM kaynak kimliği, üretim yöntemi, ağ sürümü, düğüm ve kenar sayıları, yayın durumu.
grid_route_walk_access_500m	Hücre–hat eşleşmeleri; medyan yürüyüş mesafesi/süresi, örnek sayısı, kaynak ve snap kalitesi.
transit_grid_ptal_network_500m	Hücre düzeyinde AI, PTAL sınıfı, erişilebilir hat sayısı, 5/10/15 dk hat sayıları, en kısa süreler, kaynak ayrımları.
Dashboard / dışa aktarım	PTAL tablo görünümü, özet kartlar, sınıf ve ilçe grafikleri; CSV/JSON/GeoJSON veri sunumu.

9. Yayımlanmış ağ sürümü: bilinen durum

Önceki proje incelemesinde paylaşılan osm-20261013-5241cfc81e87 sürümü yayımlanmış (published) durumundaydı: yaklaşık 2.025.286 düğüm, 2.229.721 kenar, 649 hat; beş örnek nokta, 80 m/dk yürüyüş hızı ve 15 dk sınır. Hücre–hat yürüyüş erişim tablosunda 56.113 kayıt bildirilmişti. Bunlar önceki proje çıktılarıdır; bu PDF hazırlanırken canlı veritabanında yeniden sayılmamıştır.

10. Yorumlama ve sınırlılıklar

• Yüksek AI; daha kısa yürüyüş, daha sık hizmet ve/veya daha fazla erişilebilir hat anlamına gelebilir. Ancak bir yolculuğun varış noktasına erişimini, aktarma cezasını, araç kapasitesini veya fiilî dakikliği doğrudan ölçmez.

• GTFS, tarifeli hizmettir; gerçekleşen araç hareketi değildir. Tarihsel veri ve M9/M11 hizmet aralığı varsayımları ayrıca açıklanmalıdır.

• OSM ağındaki eksik yaya bağlantıları, istasyon girişlerinin konumu, erişilebilirlik engelleri, yol türü katsayıları ve ağa snap işlemi sonuçları etkileyebilir.

• Bu PTAL ürünü, önceki 800 m kuş uçuşu hizmet arzı göstergesinin aynısı değildir. Hizmet arzı / arz–talep açığı analizlerine aktarılırken aynı gerçek 500 m grid ve doğru nüfus–istihdam eşleştirmesi kullanılmalıdır.

• Kod ve yayın sürümü ayrı şeylerdir: GitHub'da bir formülün bulunması, ilgili SQL'in canlı veritabanında en son çalıştırıldığını tek başına kanıtlamaz.

11. Teknik izlenebilirlik ve referanslar

CTC Balance kaynak deposu
https://github.com/GeoTech-Dila/ctc-balance
Grid tanımı (SQL 16)
https://github.com/GeoTech-Dila/ctc-balance/blob/main/db/16_metric_transit_accessibility.sql

Yaya ağı ve PTAL formülü (SQL 32)
https://github.com/GeoTech-Dila/ctc-balance/blob/main/db/32_pedestrian_network_accessibility.sql
Ağ hesaplama betiği
https://github.com/GeoTech-Dila/ctc-balance/blob/main/build_pedestrian_network_access.py
Dashboard veri katmanı
https://github.com/GeoTech-Dila/ctc-balance/blob/main/dashboard_data.py
TfL — Connectivity Assessment Guide
https://tfl.gov.uk/cdn/static/cms/documents/connectivity-assessment-guide.pdf
OpenStreetMap lisans ve atıf
https://www.openstreetmap.org/copyright
Önerilen kaynak atfı: © OpenStreetMap contributors; ODbL. GTFS veri sağlayıcılarının kullanım koşulları ayrıca kontrol edilmelidir.