T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANA BİLİM DALI

ŞEHİRSEL FONKSİYONLARIN ANALİZ VE PLANLAMASI İÇİN YAPAY ZEKA ALGORİTMALARININ GELİŞTİRİLMESİ

Ahmet GÜL

DOKTORA TEZİ

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Fatih DÖKER

KASIM-2025

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ŞEHİRSEL FONKSİYONLARIN ANALİZ VE PLANLAMASI İÇİN YAPAY ZEKA ALGORİTMALARININ GELİŞTİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

Ahmet GÜL

Enstitü Anabilim Dalı: Coğrafya

"Bu tez 18/11/2025 tarihinde yüzyüze olarak savunulmuş olup aşağıdaki isimleri bulunan jüri üyeleri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir."

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ
Prof. Dr. Mesut DOĞAN	Başarılı
Prof. Dr. Özlem SERTKAYA DOĞAN	Başarılı
Doç. Dr. Mehmet Fatih DÖKER	Başarılı
Doç. Dr. Muhammet KAÇMAZ	Başarılı
Doç. Dr. Ali Furkan KAMANLI	Başarılı

ETİK BEYAN FORMU

Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının benzerlik oranının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve Etik Kurul Onayı gerektiği takdirde onay belgesini aldığımı beyan ederim.

Etik kurul onay belgesine ihtiyaç var mıdır?

Evet ☐

Hayır ☒

(Etik Kurul izni gerektiren araştırmalar aşağıdaki gibidir:

- Anket, mülakat, odak grup çalışması, gözlem, deney, görüşme teknikleri kullanılarak katılımcılardan veri toplanmasını gerektiren nitel ya da nicel yaklaşımlarla yürütülen her türlü araştırmalar,
- İnsan ve hayvanların (materyal/veriler dahil) deneysel ya da diğer bilimsel amaçlarla kullanılması,
- İnsanlar üzerinde yapılan klinik araştırmalar,
- Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalar,
- Kişisel verilerin korunması kanunu gereğince retrospektif çalışmalar.)

AHMET GÜL
18/11/2025

ÖNSÖZ

Günümüz şehirleri, ekonomik, toplumsal, kültürel ve çevresel süreçlerin kesiştiği karmaşık mekânsal sistemlerdir. Bu sistemler, farklı işlevlerin bir araya gelmesiyle sürekli olarak biçimlenmekte ve dönüşmektedir. Günümüz teknolojileriyle desteklenen mekânsal analizler, şehirlerin bu karmaşık doğasını çözümlemede önemli bir araç haline gelmiştir. Bu bağlamda çalışmada açık sosyal veriler, mekânsal istatistik, coğrafi bilgi sistemleri, yapay zekâ tabanlı sınıflandırma ve tahmin yöntemleri bütünleştirilerek, şehir coğrafyasına açıklayıcı ve öngörücü bir yaklaşım kazandırılmıştır.

Eğitim hayatım boyunca bilgi, birikim ve rehberliğiyle akademik gelişimime yön veren; lisansüstü çalışmalarımın her aşamasında sabrı, desteği ve tecrübeleriyle yolumu aydınlatan saygıdeğer hocam Doç. Dr. Mehmet Fatih DÖKER'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Bilime olan tutkusu, güncel konulara ve yenilikçi teknolojilere yönelik vizyoner yaklaşımı akademik becerilerimi kazanmamda ve bu tezin ortaya çıkmasında ilham kaynağım olmuştur.

Tez İzleme Komitesinde yer alan ve bu sürecin her aşamasında bilgi ve desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Muhammet KAÇMAZ ve Doç. Dr. Ali Furkan KAMANLI hocalarıma ve kıymetli katkıları ile diğer jüri üyesi hocalarım Prof. Dr. Mesut DOĞAN ve Prof. Dr. Özlem SERTKAYA DOĞAN'a teşekkürü bir borç bilmekteyim. Ayrıca fikir ve önerileriyle çalışmalarımı her daim destekleyen Doç. Dr. Cem KIRLANGIÇOĞLU'na teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen, bilgi birikimleri ve deneyimleriyle yanımda olan Kilis 7 Aralık Üniversitesi Coğrafya Bölümü ailesinden Dr. Öğr. Üyesi Selin YILDIZ GÖRENTAŞ'a, Dr. Öğr. Üyesi Bilal GÖRENTAŞ'a ve diğer tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Hayatımın her alanında yanımda olan, sabrı, anlayışı ve koşulsuz desteğiyle en büyük dayanağım olan sevgili eşim R. Emel AKDUMAN GÜL'e bu tezin her satırında yer aldığı için kalpten teşekkür ederim. Ayrıca sabırları, sevgileri ve inançlarıyla bana her zaman destek olan kıymetli annem, babam ve diğer aile bireylerime minnettarım. Onların varlığı, bu süreci tamamlamamda en büyük güç kaynağım olmuştur.

AHMET GÜL
18/11/2025

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR ..... **iii**
TABLO LİSTESİ ..... **iv**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vi**
ÖZET ..... **ix**
ABSTRACT ..... **x**

GİRİŞ **1**
1. BÖLÜM: KAVRAMSAL ÇERÇEVE **21**
1.1. Şehir Kavramı ve Şehirleşme 21
1.2. Şehir Sınıflandırma Türleri 24
1.2.1. Jenetik Sınıflandırma 25
1.2.2. Morfolojik Sınıflandırma 25
1.2.3. Biyolojik Sınıflandırma 25
1.2.4. Hiyerarşik Sınıflandırma 26
1.2.5. Fonksiyonel Sınıflandırma 26
1.3. Fonksiyon Kavramı ve Şehir İçi Arazi Kullanımı 27
1.4. Fonksiyonel Sınıflandırmada Mevcut Araçlar: Uzaktan Algılama ve CBS 29
1.5. Fonksiyonel Sınıflandırmada Yeni Trend: Sosyal Veri Kaynakları, İstatistiksel Teknikler ve Yapay Zekâ 30
2. BÖLÜM: VERİ TEMİNİ VE ÖN İŞLEME **37**
2.1. Veri Temini 37
2.2.1 İlgi Çekici Noktalar (POI) 38
2.2.2. Bina Ayak İzi Verisi 39
2.2.3 Yol Ağı 40
2.2.2. Parsel Verisi 40
2.2. Veri Ön İşleme 41
3. BÖLÜM: FONKSİYONEL SINIFLANDIRMA ALGORİTMASININ GELİŞTİRİLMESİ **46**
3.1. Shannon Entropisi İndeksi ile Karma Fonksiyonların Tespit Edilmesi 46
3.2. Kümeleme Analizi ile Hâkim Fonksiyonların Tespit Edilmesi 49

3.3. Fonksiyonel Sınıflandırma Doğruluk Analizi 55
3.3.1. Doğruluk Analizi Bulgularının Yorumlanması 56
4. BÖLÜM: FONKSİYON TAHMİN ALGORİTMASININ GELİŞTİRİLMESİ .60
4.1. Değişkenlerin Hazırlanması 61
4.1.1. Geometrik Özellikler 63
4.1.2. Mesafe Matrisleri 64
4.1.3. Komşuluk İlişkileri 66
4.1.4. Fonksiyon Potansiyeli Skoru 67
4.1.5. Fonksiyon Önem Skoru 69
4.1.6. Yol Ağına Erişim Özellikleri 71
4.2. Veri Ön İşleme 72
4.3. Pilot Uygulama Sahasının Seçilmesi 73
4.4. Model Kurulumu ve Doğruluk Analizi 74
5. BÖLÜM: BULGULAR 80
5.1. Entropi Analizi Sonuçları 81
5.1.1. Karma Fonksiyonlarının İlçe Ölçeğinde Değerlendirilmesi 84
5.2. Kümeleme Analizi Sonuçları 185
5.2.1 Fonkiyonel Sınıflandırma Sonuçlarının Değerlendirilmesi 206
5.3 Pilot Uygulama Sahasında Fonksiyonel Sınıflandırma, Tahmin ve İmar Planı Karşılaştırması 210
5.3.1. Başakşehir İlçesi 210
5.3.2. Sancaktepe İlçesi 222

TARTIŞMA 237
SONUÇ 241
KAYNAKÇA 246
EK 255
ÖZGEÇMİŞ 266

KISALTMALAR

.shp : Esri Shapefile
ANN : Yapay Sinir Ağı
CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri
CNN : Evrişimli Sinir Ağı
DBI : Davies–Bouldin İndeksi
DBSCAN : Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise
EPS : Epsilon
FD : Frekans Yoğunluk Formülü
FPN : Parsel Potansiyeli Normalizasyonu
FPS : Fonksiyon Potansiyeli Skoru
GeoAI : Coğrafi Yapay Zekâ
ML : Makine Öğrenmesi
OSM : OpenStreetMap
POI : Point of Interest – İlgi Çekici Nokta
SE : Shannon Entropi
SMOTE : Synthetic Minority Oversampling Technique
TKGM : Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
UA : Uzaktan Algılama
VGI : Volunteered Geographic Information
XGBoost : Extreme Gradient Boosting

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Çalışmada Kullanılan Temel Veri Setleri 37
Tablo 2: Openstreetmap Veri Kataloğuna Genel Bakış 39
Tablo 3: OSM Etiketlerinin Şehirsel Fonksiyonlara Göre Kategorize Edilmesi..... 45
Tablo 4: Şehirsel Fonksiyonlara Göre Kategorize Edilmiş POI İstatistikleri..... 45
Tablo 5: Parsel ve POI Kesişim İşleminden Üretilen Tablo Özeti 47
Tablo 6: Fonksiyon Matrisi Tablosu 47
Tablo 7: Örneklendirilen Parsellerin Entropi Oranları 48
Tablo 8: Karma Fonksiyonların Tespiti İçin Kullanılan POI İstatistikleri 49
Tablo 9: Hâkim Fonksiyonların Tespiti İçin Kullanılan POI İstatistikleri 50
Tablo 10: Fonksiyon Tahmin Algoritması İçin Oluşturulan Kategorik ve Sayısal Değişkenler 62
Tablo 11: Mesafe Matrisinin Hesaplanması 65
Tablo 12: Parsel Potansiyeli Olası Sonuçların Yorumu 68
Tablo 13: Başakşehir ve Sancaktepe İlçeleri Sınıf Dengelenmesi için SMOTE Uygulama Sonuçları 74
Tablo 14: Başakşehir İlçesi Test Verisi İçin Sınıflandırma Sonuçları 76
Tablo 15: Sancaktepe İlçesi Test Verisi İçin Sınıflandırma Sonuçları 78
Tablo 16: Shannon Entropisi İndeksi ile Üretilen İstanbul'un Karma Fonksiyonların İstatistikleri 81
Tablo 17: Shannon Entropisi İndeksi ile Üretilen İstanbul'un Karma Fonksiyon Kombinasyonları 81
Tablo 18: İstanbul İlçeleri Entropi İstatistikleri 85
Tablo 19: Büyükçekmece İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 86
Tablo 20: Beylikdüzü İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 89
Tablo 21: Esenyurt İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri..... 92
Tablo 22: Avcılar İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 95
Tablo 23: Küçükçekmece İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 97
Tablo 24: Bağcılar İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 100
Tablo 25: Bahçelievler İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri..... 102
Tablo 26: Güngören İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 104
Tablo 27: Bakırköy İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 106

Tablo 28: Başakşehir İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 109
Tablo 29: Arnavutköy İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 112
Tablo 30: Zeytinburnu İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 113
Tablo 31: Esenler İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 117
Tablo 32: Bayrampaşa İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 119
Tablo 33: Sultangazi İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 121
Tablo 34: Gaziosmanpaşa İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 123
Tablo 35: Eyüpsultan İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 126
Tablo 36: Kağıthane İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 129
Tablo 37: Sarıyer İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 132
Tablo 38: Beşiktaş İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 135
Tablo 39: Şişli İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 138
Tablo 40: Beyoğlu İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 141
Tablo 41: Fatih İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 145
Tablo 42: Üsküdar İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 149
Tablo 43: Beykoz İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 152
Tablo 44: Kadıköy İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 155
Tablo 45: Ataşehir İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 159
Tablo 46: Ümraniye İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 162
Tablo 47: Çekmeköy İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 165
Tablo 48: Sancaktepe İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 167
Tablo 49: Maltepe İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 170
Tablo 50: Kartal İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 173
Tablo 51: Sultanbeyli İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 176
Tablo 52: Pendik İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 179
Tablo 53: Tuzla İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri 182
Tablo 54: İstanbul'un Fonksiyon Tabanlı Toplam Küme Sayıları 185
Tablo 55: İstanbul'da Şehirsel Fonksiyonların Sınıflara Göre İstatistiksel Dağılımı 206
Tablo 56: Başakşehir Fonksiyonel Sınıflandırma, Tahmin ve İmar Planı İstatistiklerinin Karşılaştırması 212
Tablo 57: Sancaktepe Fonksiyonel Sınıflandırma, Tahmin ve İmar Planı İstatistiklerinin Karşılaştırması 225

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Çalışmanın Metodoloji Şeması 14
Şekil 2: Çalışma Sahasının Lokasyonu 19
Şekil 3: Dünyanın Şehir ve Kır Nüfusu (1950-2030) 23
Şekil 4: Makine Öğrenmesinde Kullanılan Algoritma ve Matematiksel Modeller 34
Şekil 5: OSM Yol Ağı Verisi 40
Şekil 6: TKGM Parsel Verisi 41
Şekil 7: Çalışma Sınırına Göre POI, Bina Ayak İzi Verilerinin Koordinat Dönüşümü ve Maskeleme İşlemleri 42
Şekil 8: Bina Ayak İzi Verilerinin Hazırlık Süreci 43
Şekil 9: Tüm İlçeler İçin Oluşturulan Elbow Noktası Grafiği 52
Şekil 10: İstanbul İlçesinde Hâkim Fonksiyonların Küme Kalitesinin DBI Sonuçları 54
Şekil 11: Fonksiyonel Sınıflandırma Analiz Süreci 54
Şekil 12: Fonksiyonel Sınıflandırma Doğruluk Matrisi 57
Şekil 13: Fonksiyonel Sınıflandırma Sonuçlarının Google Earth ve Street View Görüntüleri ile Doğrulanma Süreci 58
Şekil 14: Parsellerin Kompaktlık Özellikleri 64
Şekil 15: Parsellerin Fonksiyon Mesafe Matrisi 66
Şekil 16: Parsel Komşuluk İlişkilerinin Hesaplanması 67
Şekil 17: Fonksiyon Potansiyellerinin Hesaplanması 69
Şekil 18: Fonksiyon Önem Skoru Dağılımı 71
Şekil 19: Parsellerin Yol Ağına Erişim Özellikleri 72
Şekil 20: Başakşehir İlçesi Test Verisi Üzerindeki Karmaşıklık Matrisi 77
Şekil 21: Sancaktepe İlçesi Test Verisi İçin Karmaşıklık Matrisi 79
Şekil 22: Shannon Entropi İndeks ile Karma Fonksiyonların Tespiti 83
Şekil 23: Büyükçekmece İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik 87
Şekil 24: Beylikdüzü İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 89
Şekil 25: Esenyurt İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 93
Şekil 26: Avcılar İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 95
Şekil 27: Küçükçekmece, Bağcılar ve Bahçelievler İlçelerinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 98

Şekil 28: Güngören İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri..... 105
Şekil 29: Bakırköy İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri..... 107
Şekil 30: Başakşehir İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 110
Şekil 31: Arnavutköy İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 112
Şekil 32: Zeytinburnu İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri..... 114
Şekil 33: Esenler ve Bayrampaşa İlçelerinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 118
Şekil 34: Sultangazi İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri..... 122
Şekil 35: Gaziosmanpaşa İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri..... 124
Şekil 36: Eyüpsultan İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri..... 127
Şekil 37: Kağıthane İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 130
Şekil 38: Sarıyer İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 133
Şekil 39: Beşiktaş ve Şişli İlçelerinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri.... 136
Şekil 40: Beyoğlu İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 142
Şekil 41: Fatih İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 146
Şekil 42: Üsküdar İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 150
Şekil 43: Beykoz İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 153
Şekil 44: Kadiköy ve Ataşehir İlçelerinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 156
Şekil 45: Ümraniye İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri..... 163
Şekil 46: Çekmeköy İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 166
Şekil 47: Sancaktepe İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 168
Şekil 48: Maltepe İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 171
Şekil 49: Kartal İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri..... 174
Şekil 50: Sultanbeyli İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 177
Şekil 51: Pendik İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri 180
Şekil 52: Tuzla İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri..... 183
Şekil 53: İstanbul'da Ticaret Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı 186
Şekil 54: İstanbul'da Eğitim Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı 188
Şekil 55: İstanbul'da Barınma Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı 190

Şekil 56: İstanbul'da Eğlence Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı 193
Şekil 57: İstanbul'da İnanç Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı. 195
Şekil 58: İstanbul'da Sanayi Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı 196
Şekil 59: İstanbul'da Kamu Hizmetleri Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı 198
Şekil 60: İstanbul'da Sağlık Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı 200
Şekil 61: İstanbul'da Yeme-İçme Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı 201
Şekil 62: İstanbul'da Finans Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı 203
Şekil 63: İstanbul'da Konaklama Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı 204
Şekil 64: İstanbul'da Turizm Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı 205
Şekil 65: İstanbul'un Şehirsel Fonksiyonlarının Sınıflandırılması 207
Şekil 66: Başakşehir İlçesinde Fonksiyonel Sınıflandırma..... 215
Şekil 67: Başakşehir İlçesinde Fonksiyon Tahmini 216
Şekil 68: Başakşehir İlçesinde Fonksiyon Tahmin Sonuçlarının 1/1000 Ölçekli İmar Planı ile Karşılaştırılması 217
Şekil 69: Sancaktepe İlçesinde Fonksiyonel Sınıflandırma 227
Şekil 70: Sancaktepe İlçesinde Fonksiyon Tahmin 228
Şekil 71: Sancaktepe İlçesinde Fonksiyon Tahmin Sonuçlarının 1/1000 Ölçekli İmar Planı ile Karşılaştırılması 229

ÖZET

Başlık: Şehirsel Fonksiyonların Analiz ve Planlaması İçin Yapay Zeka Algoritmalarının Geliştirilmesi

Yazar: Ahmet GÜL

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Fatih DÖKER

Kabul Tarihi: 18/11/2025 **Sayfa Sayısı:** x (ön kısım) + 254 (ana kısım) + 11 (ek)

Bu tez çalışması, şehir coğrafyasında yapay zekâ ve mekânsal veri bilimi tekniklerini bütünleştirerek şehir fonksiyonlarının sınıflandırılması ve tahminine yönelik yeni bir model geliştirmeyi amaçlamaktadır. İstanbul'da gerçekleştirilen fonksiyonel sınıflandırma analizinde, İlgi Noktaları (Points of Interest-POI) ile bina ayak izlerinden derlenen yaklaşık bir milyon açık kaynaklı mekânsal veri kullanılmıştır. Sınıflandırma analizinde karma fonksiyonlu parseller Shannon Entropisi tekniği ile tespit edilmiştir. Hakim fonksiyonların dağılış özellikleri ve tespitinde ise yoğunluk tabanlı mekansal kümele algoritması (DBSCAN) kullanılmıştır. Ardından fonksiyonu bilinen parsellerin çevresel özelliklerinden mekansal değişkenler üretilmiştir. Bu değişkenler Başakşehir ve Sancaktepe ilçelerinde boş parsellerin olası fonksiyonları bir makine öğrenmesi modeli olan XGBoost algoritması ile tahmin edilmiştir.

İstanbul'un fonksiyonel sınıflandırma doğruluk analizi sonucunda modelin genel doğruluk oranı %94,8, Kappa katsayısı 0,94 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, sınıflandırmanın fonksiyonel desenleri yüksek doğrulukla yansıttığı anlamına gelmektedir. Pilot ilçelerde uygulanan XGBoost modelinin genel doğruluk oranı %93, macro average precision, recall ve F1 değerleri ise 0,90–0,91 aralığında gerçekleşmiştir. Bu bulgular, modelin farklı fonksiyon türlerini tahmin etmede dengeli bir tahmin başarısı sergilediğini ortaya koymaktadır.

Sonuçlar, İstanbul'un merkezinde, kıyı kesimlerinde ve ilçe merkezilerinde fonksiyonel çeşitliliğin yüksek, merkezlerden ve kıyıdan uzaklaştıkça ise düşük olduğunu göstermektedir. Barınma fonksiyonunun şehir genelinde en baskın fonksiyon olduğu bunu ticaret, kamu hizmetleri ve sanayinin izlediği tespit edilmiştir. Tahmin analizinde boş parsellerin önemli bir bölümünün konut, ticaret ve rekreasyon fonksiyonlarına dönüşme eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Geliştirilen yapay zekâ temelli sınıflandırma ve fonksiyon tahmin modeli, şehirlerin planlama süreçlerine veri temelli, hızlı ve nesnel katkı sunabilecek niteliktedir. Bu yönüyle çalışma, şehirlerin sürdürülebilir, dengeli ve erişilebilir biçimde gelişmesine yönelik bilimsel bir temel oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Şehir Fonksiyonları Sınıflandırması, Fonksiyon Tahmini, Yapay Zekâ, XGBoost, İstanbul

ABSTRACT

Title of Thesis: Developing Artificial Intelligence Algorithms for Urban Functional Analysis and Planning

Author of Thesis: Ahmet GÜL

Supervisor: Assoc. Prof. Mehmet Fatih DÖKER

Accepted Date: 18/11/2025 **Number of Pages:** x (pre text) + 254 (main body) + 11 (attachment)

This study aims to develop a new model for the classification and prediction of urban functions by integrating artificial intelligence and spatial data science techniques within the framework of urban geography. In the functional classification analysis conducted for İstanbul, nearly one million open-source spatial datasets compiled from Points of Interest (POI) and building footprints were utilized. Mixed-use parcels were identified using the Shannon Entropy technique, while the spatial distribution and detection of dominant functions were determined through the Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN) algorithm. Subsequently, spatial variables were generated from the environmental characteristics of parcels with known functions. These variables were employed in the Başakşehir and Sancaktepe districts to predict the possible functions of vacant parcels using the Extreme Gradient Boosting (XGBoost) machine learning algorithm.

The functional classification accuracy analysis for İstanbul yielded an overall accuracy of 94.8% and a Kappa coefficient of 0.94, indicating that the classification effectively represented the functional spatial patterns. In the selected districts of Istanbul, the XGBoost model achieved an overall accuracy of 93%, with macro average precision, recall, and F1 scores ranging between 0.90–0.91, demonstrating balanced predictive performance across different function types.

The results indicate that functional diversity is concentrated in the central business districts, coastal zones, and district centers of İstanbul, reflecting the city's mixed-use and multifunctional character in these areas. As the distance from these central and coastal zones increases, land use becomes more homogeneous, dominated mainly by residential function. The housing function dominates citywide, followed by commercial, public service, and industrial uses. Prediction analyses indicate that a substantial proportion of vacant parcels tend to transform into residential, commercial, and recreational functions. The developed AI-based classification and prediction model provides a data-driven, rapid, and objective tool for urban planning processes. Accordingly, this study establishes a scientific foundation for the sustainable, balanced, and accessible development of cities.

Keywords: Urban Function Classification, Function Prediction, Artificial Intelligence, XGBoost, İstanbul

GİRİŞ

Sanayi devrimiyle hız kazanan şehirleşme hareketi, şehirlerdeki arazi kullanım kalıbı üzerinde derin etkiler bırakmıştır. Bu dönemde nüfus hızla artmış, üretim faaliyetleri çeşitlenmiş ve şehirlerin mekânsal sınırları genişlemiştir. Şehirlerin büyümesiyle birlikte arazi kullanım biçimleri de değişmiş, farklı faaliyet alanları belirgin hale gelmiştir. Bu süreçte şehirlerde konut, ticaret, sanayi, ulaşım, eğitim, sağlık, rekreasyon ve eğlence gibi işlevlerin bir arada bulunduğu bir arazi kullanım yapısını ortaya çıkarmıştır. Yaşanan bu hızlı şehirleşme süreci, şehirlerin mekânsal ve fonksiyonel özelliklerinin daha ayrıntılı biçimde incelenmesini gerekli kılmıştır. Böylece şehir araştırmaları, arazi kullanım biçimlerinin ve şehirsel fonksiyonların analizi üzerine yoğunlaşan önemli bir çalışma alanına dönüşmüştür.

Şehirlerdeki yanlış arazi kullanımları 21. yüzyılın çözülmeyi bekleyen en önemli problemleri arasında yer almaktadır. Plansız büyüme, rant odaklı şehirsel dönüşüm süreçleri ve yetersiz mekânsal planlama araçları sonucunda şehirlerin doğal, ekonomik ve sosyal kaynakları arasındaki denge büyük ölçüde bozulmuştur. Nüfusun sürekli artan baskısı göz önünde bulundurulduğunda, bu dengeyi yeniden kurmak ve şehirlerimizi daha sürdürülebilir bir yapıya kavuşturmak için sahip olduğumuz zaman her zamankinden daha sınırlıdır. Bu bağlamda, sürdürülebilir planlama yaklaşımlarının geliştirilmesi açısından, mevcut arazi kullanım yapısının güncel analiz teknikleriyle doğru biçimde belirlenmesi ve şehirlerin geleceğine ilişkin öngörülerin geliştirilmesi kritik bir önem taşımaktadır.

Şehirlerde arazi kullanım tespiti için geçmişten beri arazi çalışması kayıtları, uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları kullanılmaktadır. Uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) gibi teknikler geniş alanlarda ve sınırlı miktardaki veriyi analiz ederken ciddi çabalar gerektirmektedir. Ancak istatistiksel teknikler ve yapay zekâ algoritmaları arazi kullanım ve değişimi araştırmalarını kolaylaştıran teknolojik yeniliklerdir. Bu yeniliklerin kullanımı sayesinde büyük veriyi işleme, analiz etme, doğrulama, bulguları sunma süreci hızlı, kolay, güvenilir hale gelmiş olup maliyetleri de düşürmüştür. Böylece dinamik ve karmaşık bir yapı olan şehirlerde mekânın doğru bir biçimde analiz edilme ve yorumlanma sürecini hızlandırmıştır. Bu teknikler dar alanlardan geniş alanlara kadar etkili olup çeşitli boyuttaki verinin analizini mümkün

kılmaktadır. Böylece hızlı şehirsel dönüşüme ayak uydurmak için sürekli güncel verilerin anlık işlenmesiyle şehirlerin planlama süreçlerine hızlı şekilde katkı sunulabilmektedir. Bu noktada şehirsel arazi kullanım özelliklerinin ve fonksiyonların mekansal olarak detaylandırılması şehir planlama, sürdürülebilirlik, ekonomik kalkınma ve çevre koruma açısından büyük önem taşımaktadır.

Araştırmanın Konusu

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, şehirlerin dijital dönüşümünü hızlandırarak "mekânsal açık sosyal veri", "veri odaklı şehir yönetimi ve "yapay zekâ destekli şehir analizleri" gibi yeni kavramların ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Bu dönüşümle birlikte, insanların mekân üzerinde bıraktığı dijital ayak izleri - sosyal medya paylaşımları, mobil konum verileri, taksi rotaları, toplu taşıma hareketleri ve POI (Point of Interest – İlgi Çekici Nokta) verileri - günümüzde şehir coğrafyası araştırmalarının en önemli veri kaynaklarından biri haline gelmiştir. Şehirlerin gelecek vizyonlarını yönlendirebilecek nitelikte bilgiler barındıran bu büyük veri setleri, yüksek çeşitlilik ve karmaşıklık düzeyine sahip olup anlamlı sonuçlara ulaşmak için gelişmiş analiz yöntemlerinin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, yapay zekâ (YZ) tekniklerinin kullanımı şehir araştırmalarında hızla yaygınlaşmış ve yöntemsel araçlar haline gelmiştir. YZ, sınıflandırma, modelleme, tahmin etme, kümelenme, örüntü tanıma ve karar destek süreçleri gibi çok çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Bu sayede problemler ve bunlara ait çözümler daha doğru ve nesnel biçimde analiz edilmektedir.
Bu çalışmanın konusu, ülkemizin en büyük fonksiyonel çeşitlilik sahası olan İstanbul'da, şehirsel fonksiyonların mekânsal yapısını ortaya koymak ve bu fonksiyonları tahmin etmek amacıyla, büyük veri ve yapay zekâ algoritmalarının entegrasyonuna dayalı yeni bir analiz yaklaşımı geliştirmektir.
Araştırma konusunun seçilme nedenleri şöyle özetlenebilir:

- Şehirler insan-mekân etkileşiminin en yoğun hissedildiği yerleşmelerdir. Günümüzde hızlı çevresel dönüşümlerin yaşandığı alanlar olması nedeniyle de ilgi çekiciliğini korumaktadır. Şehir alanları mevcut dünya nüfusunun %55'ine ev sahipliği yapmakta ve bu oranın 2050 yılına kadar %68'e çıkacağı tahmin ediliyor (United Nations, 2022). İnsan yaşamının büyük bir bölümünün gelecekte şehirlerde geçeceği gerçeği göz önüne alındığında, sürdürülebilir şehirlerin oluşturulması ve

mevcut şehir alanlarının bilimsel temelde incelenmesi kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir.

- Geleneksel teknik ve yöntemlerin kullanımı gelişmiş çözümlere ulaşma noktasında yetersiz kalmaktadır. Türkiye şehirleri için yapılan genel fonksiyonel sınıflandırma araştırmalarında çoğunlukla geleneksel teknikler kullanılmaktadır. Bu tarz yöntemlerle elde edilen sonuçlar kapsamlı çözümlerin üretilmesi noktasında yetersiz kalmaktadır. Aynı zamanda günümüzdeki şehirsel problemlere, şehir planlama ve yönetimi amaçlarına da hizmet edememektedir. Bu gibi nedenlerle şehir fonksiyonları analizinin güncel teknolojiler kullanılarak yapılması gerekmektedir.
- Sürdürülebilirlik, temel olarak kaynakların etkin kullanımı ile alakalıdır. Yaşadığımız yoğun nüfuslu şehir alanlarında, doğal kaynakların aşırı ve plansız kullanımı ciddi çevresel problemler doğurmaktadır. Gelecek nesillerin ihtiyaç duyacağı kaynaklardan en verimli şekilde yararlanmayı sağlamak bir zorunluluk halini almıştır. Çalışma sonuçlarının sürdürülebilirliğe sağlayacağı katkılar açısından dikkate alındığında, şehirlerde dengeli bir yerleşme planının oluşturulması, fonksiyonlara adil ve eşit erişimin sağlanması ve yaşam kalitesinin artırılması gibi önemli çıktılar ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, şehirsel fonksiyonlar ile insan-mekân etkileşiminin oluşturduğu arazi kullanım kalıpları araştırma konusunun kapsamını oluşturmaktadır. İstanbul şehri ise çalışmanın mekânsal kapsamını oluşturmaktadır. İstanbul, yüksek fonksiyonel çeşitliliği, yoğun nüfus yapısı ve farklı sosyo-ekonomik düzeylere sahip bölgeleriyle araştırma için uygun bir örnek alan niteliğindedir. Şehrin ekonomik, ticari, kültürel ve hizmet odaklı fonksiyonları, yalnızca kendi iç dinamiklerini değil, çevre illeri ve bölgesel gelişim süreçlerini de etkileyen bir yapıya sahiptir.

Büyük veriler ışığında, karmaşık şehirsel fonksiyonların dar alanlarda ve mikro ölçekte nasıl tespit edileceği ve mevcut şehirsel dinamikler çerçevesinde boş parsellerin hangi fonksiyonlara dönüşeceği bu çalışmanın ana araştırma problemini oluşturmaktadır. Bu amaçla İstanbul ölçeğinde aşağıdaki alt araştırma soruları da irdelenecektir.

- Araştırma sahasında hâkim ve karma fonksiyonlar nasıl bir dağılış kalıbı sergilemektedir?
- Şehrin fonksiyonel yapısının doğru biçimde tespit edilmesi ve tahmin edilmesi sürecinde, yapay zekâ tabanlı araçlar etkin bir şekilde kullanılabilir mi?

- Çalışma sahasındaki boş parseller gelecekte hangi fonksiyonlara sahip olacaktır? Bu durum nasıl bir mekânsal büyüme süreci meydana getirecektir?
- Geliştirilen yapay zekâ algoritması ile ülkemizdeki sürdürülebilir şehirlerin inşasına ve şehir politikalarına ne tür katkılar sağlanabilir?

Araştırmanın Amacı

İstanbul, Asya ve Avrupa kıtalarını birbirine bağlayan konumu, ulaşım ağlarının merkezinde yer alan yapısı ve yüksek fonksiyonel çeşitliliği ile ülkemizin en karmaşık mekânsal örüntülerinden birini oluşturmaktadır. Şehir; barınma, ticaret, sanayi, eğitim, sağlık, hizmet ve yeşil alan gibi farklı fonksiyonel bölgelerin iç içe geçtiği dinamik bir mekânsal yapıya sahiptir. Ancak bu çeşitlilik, aynı zamanda fonksiyonel dengesizlikleri ve mekânsal eşitsizlikleri de beraberinde getirmektedir.

Açıklanan problem durumu çerçevesinde, Türkiye'nin en büyük metropolü olan İstanbul'da, şehirsel fonksiyonların mekânsal yapısını ortaya koymak amacıyla sosyal açık verilerden (POI, bina ayak izi, yol ağı) yararlanan yapay zekâ tabanlı bir algoritma geliştirilmesi hedeflenmektedir. Geliştirilen bu yapay zekâ temelli fonksiyon analizi ve tahmin modeli, ülkemizin tüm şehirlerinde uygulanabilen ve mekânsal planlama süreçlerinin daha hızlı, nesnel ve veri temelli biçimde yürütülmesine katkı sağlayacaktır. Geliştirilen bu algoritma kapsamında, araştırmanın hedefleri aşağıda sunulmuştur:

- Şehirsel arazi kullanımı ve fonksiyonlarını sınıflandırma yaklaşımlarına dair değişen trendi yakalayarak coğrafi bilgi sistemleri ve yapay zekâ algoritmaları entegrasyonunu şehirlere uygulamak.
- Fiziki mekânda yaşanan ancak dijital mekânda tutulan büyük sosyal veriyi-insan ayak izini-şehir faydasına işlemek.
- Şehirdeki mobiliteyi, şehrin canlı ve cansız bölgelerini anlamak.
- Dünyadaki teknolojik ilerlemeyi takip etmek ve ülkemizdeki bilimsel altyapının oluşturulmasına katkı yapmak.
- Şehir planlama ve karar verme süreçlerinde, kaynakların dengeli aktarımı ve arazi kullanımı senaryolarının geliştirilmesinde çağdaş yöntemlerden faydalanmak.
- Güncel teknolojik yöntemler ile şehirlerin etkileşimli, bölgesel ve bütünsel kalkınmasını sağlamak.

- Şehirlerin fonksiyonel (sanayi, ticaret, konut vb.) yapısından kaynaklı problemlerin tespit edilmesini ve önlenmesini sağlayacak tedbirler geliştirmek.
- Şehirleri karmaşık ve plansız fonksiyonel yapıdan uzaklaştırarak daha verimli ve yaşanabilir kılmak.

Araştırmanın Önemi

Şehrin en önemli bileşenleri olan aynı türdeki sosyo-ekonomik faaliyetler, kümelenme yoluyla fonksiyonları meydana getirmektedir. Bu sayede ticari bölgeler, konut bölgeleri, sanayi bölgeleri, gecekondu mahalleleri, kampüsler, hastaneler, yeşil alanlar vb. farklı fonksiyonel alanlar oluşturulmaktadır. Şehirleşme süreci, arazi kullanımında tekdüze eğilimi ortadan kaldırmış ve karmaşıklaştırmıştır. Fonksiyonel arazi kullanımı yalnızca şehrin karmaşık mekânsal dağılımını ve sosyo-ekonomik işlevlerini yansıtmamakta aynı zamanda beşerî faaliyetler ile çevresel değişiklikler arasındaki karmaşık etkileşimin anlaşılmasına da yardımcı olmaktadır (Bao vd., 2020). Fonksiyonel arazi kullanım tespit çalışmaları özellikle şehir alanlarında önemini koruyan ve her teknolojik gelişme evresine ayak uyduran bir araştırma alanıdır (Foster vd., 2003; Tu vd., 2017). Çünkü şehrin karmaşık yapısı ve arazi kullanım türleri arasındaki görünmeyen ilişkileri geleneksel teknikler ile ele almak araştırmacılar için oldukça zor ve zahmetli bir hal almıştır. Bu kapsamda günümüz yapay zekâ tabanlı algoritmaları şehirsel problemleri çözme potansiyeline sahip araçlar olarak öne çıkmaktadır. Bilindiği üzere her şehir doğal çevre şartları, tarihi birikimi, kültürel ve sosyal yapısıyla kendine özgü bir fonksiyonel çeşitlilik bütünüdür. Şehirlerin sahip olduğu bu fonksiyonel yapı ve bunun beşerî faaliyetlerle ilişkisinin anlaşılması ve şehirsel gelişim için güncel teknolojilerin kullanımı büyük önem taşımaktadır.

Fonksiyonel arazi sınıflandırması geçmiş dönemlerde geleneksel yöntemler denilen istatistikler, tapu kayıtları, uydu verileri ve arazi çalışmalarıyla yapılmaktaydı. Zamanla uydu ve bilgisayar teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler süreci hızlandırmış, uzaktan algılama ve CBS teknikleri gelişmiştir. Artık geleneksel olarak algılanan bu tekniklere günümüzde yenileri eklenerek istatistiksel teknikler ve yapay zekâ algoritmaları popüler yaklaşımlar halini almıştır. Hâkim, zayıf ve karma fonksiyonların dağılışını güncel yöntemlerle araştırmak bir gereklilik olmuştur. Güncel araçlar

kullanılarak geliştirilen bu çalışma sayesinde şehirlerin fonksiyonel (sanayi, ticaret, konut ve sosyal faaliyetler) yapılanma sürecine katkı sağlanacaktır.

Araştırmanın Literatür Değerlendirmesi

Bu araştırmanın konusu kapsamında şehirsel alanların fonksiyonel sınıflandırılmasına ilişkin ulusal ve uluslararası çalışmalar incelenmiştir. Bu kapsamda, yerli ve yabancı literatürde şehirlerin fonksiyonel yapısını ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilen yöntemler, veri kaynakları ve analiz yaklaşımları değerlendirilmiştir.

Türkiye'de şehir fonksiyonları konulu çalışmaların ilk örneği Tümertekin (1965) tarafından verilmiştir. "Türkiye'deki Şehirlerin Fonksiyonel Sınıflandırılması" adlı doktora tezinde faal nüfusun çalışmakta olduğu faaliyet alanlarına göre 10.000 nüfus kıstası alınarak sınıflandırılmıştır. Buna Harris Metodu da denilmektedir. Çalışmada Türkiye'de 10.000 nüfus üzerindeki yerleşmelerde hâkim fonksiyon esasına göre bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirmeye göre 40.000 nüfuslu yerleşmelerde nüfusun %80'inin ziraat ile uğraştığı tespit edilmiştir. Yazar, Türkiye'de şehir fonksiyonları konusundaki ilk sistematik çalışmayı ortaya koymuş ve şehirleri faal nüfusun çalışma alanlarına göre sınıflandırmıştır. Bu kapsamda yerleşme nüfusları ancak 50.000 eşiğini aştığı zaman ziraatın ikinci fonksiyon halini aldığını belirtmektedir. Bu gibi çalışmalarda fonksiyon kriteri şehri ve kırsalı tanımlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak fonksiyon hakkında bugünkü bakış açısı ise şehir-kır ayrımından ziyade bir yerleşmede çok fonksiyonlu yapının araştırılmasıdır. Çalışma, dönemi için son derece öncü bir nitelik taşımakla birlikte, kullanılan 10.000 nüfus eşiği ve ekonomik faaliyet temelli yaklaşım günümüzün karmaşık şehir yapısını açıklamakta yetersizdir.

Darkot (1967) ise "Şehir Ayırımında Nüfus Sayısı ve Fonksiyon Kriterleri" adlı çalışmasında şehir, kasaba ve köy gibi yerleşmeleri birbirinden ayıran kriterler üzerinde durmaktadır. Darkot, şehirlerin birbirleriyle olan fonksiyonel karşılaştırması için bir tarafa tarımsal fonksiyonu, diğer tarafa ise bütün diğer şehir fonksiyonları almak gerektiğini vurgulamaktadır. Yazar, nüfusun doğrudan doğruya fonksiyonel yapıyı yansıtmadığını ifade etmekte ancak nüfus arttıkça iş bölümünün artmasından kaynaklı tarımsal fonksiyonun geride kaldığını belirtmektedir. Bazı yerleşmelerde ise nüfusu 10.000'in altında kalan yerleşmelerin şehir karakterine sahip olduğunu açıklamaktadır. Darkot'un yaklaşımı dönemi için önemli bir kavramsal çerçeve sunmakla beraber,

şehirlerin fonksiyonel farklılaşmasını yalnızca nüfus büyüklüğü ve ekonomik faaliyet türlerine indirgemesi günümüz şehirsel sistemlerini açıklamada yetersiz kalmaktadır. Günümüzde şehirlerin fonksiyonel yapısı, nüfus miktarının ötesinde; mekânsal dağılım, erişilebilirlik, çok merkezlilik ve fonksiyonel etkileşim ağları gibi daha karmaşık unsurların bir bileşimi olarak ele alınmaktadır.

Tekin (1990) "Çatalca'da Şehirleşme ve Şehirsel Fonksiyonlar" adlı şehir sınıflandırması çalışmasında yerleşmenin tarihini, nüfusun gelişimi ve demografik özelliklerini ele almıştır. Şehrin fonksiyonel sınıflandırmasında ise dönem için tek istatiksel veri kaynağı olan faal nüfus sayılarını dikkate alarak şehir içi arazi kullanımını resmi, sanayi, tarım, ticaret ve eğitim-kültür-sağlık fonksiyonları şeklinde sınıflandırmıştır. Ancak çalışmada kullanılan yöntem, şehir fonksiyonlarının mekânsal dağılımını ve etkileşim düzeyini ortaya koymak yerine, daha çok tanımlayıcı ve sektörel bir sınıflamaya dayanmaktadır. Bu nedenle fonksiyonlar arası ilişkiler, yoğunluk farklılıkları ve mekânsal örüntüler yeterince incelenmemiştir. Günümüzde CBS tabanlı mekânsal analizlerle zenginleştirilebilecek bu tür çalışmalar, dönemin veri kısıtlılığı nedeniyle coğrafi bütünlüğü yansıtmakta sınırlı kalmıştır.

Özçağlar (1994) "Zile'nin Kuruluş, Gelişmesi ve Bugünkü Fonksiyonel Özellikleri" adlı çalışmasında yerleşmenin gelişmesinde etkili olan fonksiyonları, nüfusun çalışma ve faaliyet bulunma oranlarını 1927-1985 yılları arasındaki değişime göre incelemiştir. 1970'li yıllara kadar kasaba özelliği göstermiş olup bu tarihten sonra şehirsel unsurların gelişmeye başladığı aktarılmıştır. Yerleşme tarım, sanayi ve hizmet olmak üzere üç fonksiyona ayrılmıştır. Araştırma, uzun dönemli istatistiksel verileri kullanarak yerleşmenin tarihsel dönüşümünü açıklaması bakımından değerlidir. Fonksiyonel sınıflandırma, yerleşmenin genel yapısını ortaya koymakta başarılı olsa da geleceğe yönelik öngörülerin sınırlı kalması önemli önemli bir eksiklik olarak ifade edilebilir.

Soykan (1997) "Üç Fonksiyonlu Küçük Bir Kıyı Yerleşmesi: Güllük" adlı çalışmasında Güllük yerleşmesinde ön plana çıkan üç (ticaret, balıkçılık ve turizm) fonksiyonun yerleşmenin gelişimi üzerindeki etkilerini ele almaktadır. Bu fonksiyonların birbirleriyle olan olumlu-olumsuz etkileşimleri değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, araştırmada herhangi bir istatistiksel analiz veya sayısal ölçüm yöntemi kullanılmamış; değerlendirmeler gezi-gözlem ve nitel gözlem tekniklerine dayandırılmıştır. Bu yönüyle çalışma, alan deneyimine ve yerel gözleme dayalı özgün bir bakış açısı sunmakta ancak

veri temelli ve mekânsal analiz içeren sistematik bir değerlendirme sunmamaktadır. Dolayısıyla fonksiyonlar arası ilişkiler tanımlayıcı düzeyde kalmış; mekânsal yoğunluk, dağılım ve fonksiyonel etkileşimlerin nicel olarak ortaya konulamaması, yöntemin sınırlılığını oluşturmaktadır. Yine de çalışma, küçük ölçekli kıyı yerleşmelerinde fonksiyonel farklılaşmanın dinamiklerini anlamada değerli bir örnek teşkil etmektedir.

Şahinalp ve arkadaşları (2011) "Şehirlerin Sınıflandırılması ve Tatvan Şehri'nin Bu Sınıflandırmalardaki Yeri" adlı çalışmalarında Tatvan'ın jenetik, morfolojik, biyolojik hiyerarşik ve fonksiyonel sınıflandırma türlerinden hangi gruba ait özellikler taşıdığını araştırmışlardır. Şehrin fonksiyonel sınıflandırmasında Enequist (1943)'in ekonomik sektörlere (tarım, sanayi ve hizmet) göre çalışan nüfusun istihdam durumuna göre sınıflandırma yapmıştır. Buna göre hizmet sektörünün %80'i aşmasıyla bu sektör içinde bulunan fonksiyonların ciddi gelişme içinde olduğu kaydedilmiştir. Çalışma, şehirlerin farklı sınıflandırma ölçütleriyle ele alınması açısından kapsamlı bir çerçeve sunmakta; ancak yöntemsel olarak ekonomik sektör temelli klasik sınıflandırma yaklaşımına dayandığı için, şehirsel fonksiyonların mekânsal örgütlenmesini, yoğunluk farklarını ve fonksiyonlar arası etkileşimleri yansıtmakta yetersiz kalmaktadır.

Demir (2014) "Doğubeyazıt'ın Kentsel Fonksiyonları ve Kent İçi Arazi Kullanımı" adlı yüksek lisans tezinde şehirsel gelişim üzerinde etkili olan faktörleri, şehrin temel fonksiyonlarını, şehir içi arazi kullanımı ve bunların sonuçlarını coğrafi bakış açısıyla incelemiştir. Şehir içi arazi kullanımı belediye bina sayımları, vergi dairesi kayıtları, şehrin geçmiş ve güncel fotoğrafları, esnaf ve diğer kurumlar ile yapılan görüşme ve yerinde gözlemler yoluyla yapılmıştır. Çalışma, şimdiye kadar olan diğer çalışmalardan farklı bir bakış açısı kullanılarak gerçekleştirilmiş olup nitel ve nicel teknikler birlikte değerlendirilmiştir. Kurumlar tarafından temin edilen veriler üzerinde sayısallaştırma teknikleri ile bir veri tabanı oluşturulmuştur. Oysa günümüzde şehirsel fonksiyonların tespit edilmesinde sosyal veriler ön plana çıkmaktadır.

Gürgen ve Arınç (2022) tarafından gerçekleştirilen "Ardeşen İlçe Merkezi'nin Kuruluşu, Gelişmesi ve Kentsel Fonksiyonları" ile Öztemiz (2023)'in "Keşan'ın Kuruluşu, Gelişmesi ve Kentsel Fonksiyonları" adlı çalışmaları, şehirsel fonksiyonların belirlenmesi sürecinde saha verisine dayalı, çok yönlü inceleme yöntemlerini benimsemeleri bakımından benzer niteliktedir. Şehirsel fonksiyonların tespit edilmesi için arazi gözlemleri ve incelemeleri yapılmış, fotoğraf çekimleri gerçekleştirilmiş, resmî

kurumlardan veriler temin edilmiş, özel ve kamuya ait işletmeler ziyaret edilmiştir. Araştırma, saha verisine dayalı olarak çok yönlü bir inceleme sunması bakımından literatürdeki benzer çalışmalara kıyasla özgün bir yer tutmaktadır. Bununla birlikte, çalışmada şehirsel fonksiyonların sınıflandırılmasında yeni bir yöntem veya model önerilmemiş, değerlendirmeler geleneksel gözlem ve betimleme teknikleri çerçevesinde yürütülmüştür. Bu durum, araştırmanın alan gerçekliğini yansıtma gücünü artırsa da fonksiyonel yapıların dinamik değişimlerini ortaya koymada sınırlı kalmasına neden olmuştur. Dolayısıyla çalışma, saha tabanlı gözlem gücü yüksek olsa da analitik ve modelleme boyutu açısından geliştirilmeye açık bir nitelik taşımaktadır.

Uzun yıllardan beri uzaktan algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mekânsal boyut içeren birçok disiplinde olduğu gibi şehirleşme süreçlerinin analizi ve yorumlanmasında önemli araçlar olarak kullanılmaktadır (Aburas vd., 2015; Batur & Maktav, 2012; Ekinci & Pektezel, 2013; Gondwe vd., 2021; S. Hu & Wang, 2013). Benzer biçimde bu teknolojiler çalışma sahasında da şehir-içi arazi kullanımı, arazi değişim tespiti ve gelecekteki büyüme modellerinin ortaya konulmasında kullanılmıştır (Bozkaya Karip, 2024; Döker, 2012; Yıldırım & Ayazlı, 2021). Bunların bazıları ise uzaktan algılama teknikleri ile şehrin öne çıkan fonksiyonları (Avcı, 2014) ele alınmaktadır. Bu kapsamda görüntü işleme uydu verilerine dayalı olarak pratikte devam ediyor olsa da şehre ait sosyal özelliklerin eksikliği kendini göstermektedir. Ticaret, hizmet, eğitim ve rekreasyon alanları için yeterli öznitelik bilgisi barındırmaksızın uydu görüntülerini sınıflandırmak günümüz şehirlerinin sosyo-mekansal yapısını anlamada yeterli değildir. Bu nedenle son birkaç yılda uydu görüntüleri yerini sosyal verilere bırakmış ve özellikle şehirsel fonksiyonların sınıflandırılması araştırmalarında yapay zekâ algoritmaları kullanılır hale gelmiştir (Izzo vd., 2022; H. Luo vd., 2018; N. Xu vd., 2021; Yang vd., 2021). Bu sayede, büyük hacimli uzaktan algılama verileri (Döş & Uysal, 2019), POI noktaları (G. Luo vd., 2023), sosyal medya konum bilgileri (Zhao vd., 2016) ve insan hareketliliği (Gao vd., 2017) gibi çok katmanlı zamansal veriler eşzamanlı olarak işlenebilmekte; şehirlerin fonksiyonel yapıları daha hassas biçimde haritalanabilmekte ve geleceğe dönük arazi kullanım senaryoları üretilebilmektedir.

Farklı çalışmalarda ise kitle kaynaklı verilerden yararlanarak şehirsel fonksiyonların baskınlık ve karma kullanım özelliklerini belirlemede istatistiksel yaklaşımlar (Y. Hu & Han, 2019; S. Liu vd., 2022; Döker vd., 2025) sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yaklaşım ile

parsellerin ya da gridlerin içine düşen nokta verilerinin frekansı ve frekans yoğunluk oranları hesaplanmaktadır. Bu analiz tekniği sayesinde şehirlerin mevcut fonksiyonel arazi kullanım deseni ortaya konulmaktadır. Ancak bu yaklaşımlar, şehirlerin gelecekteki mekânsal ve işlevsel dönüşümlerini öngörmek halen sınırlı bir vizyon sunmaktadır.

Sosyal verilerin kullanılmaya başlandığı geçiş döneminde T. Hu ve arkadaşları (2016) tarafından yapılan bir diğer sınıflandırma çalışmasında da farklı bir yöntem izlenmektedir. Çalışma sahası OSM yol ağı ile bloklara ayrılmaktadır. Landsat uydu görüntüsünden yerleşilmiş ve yerleşilmemiş alanlar NDVI/NDBIA ile sınıflandırılmıştır. POI verilerinin de Quadratic Kernel fonksiyonu ile ayrıştırılarak entegre edilmesi ile eğitim veri seti üretilmiştir. Çalışmada iki veri arasında benzerlik algoritması kurularak bir sınıflandırma süreci yürütülmüştür. Sınıflandırmanın genel doğruluk oranı %81 olarak tespit edilmiştir.

G. Luo ve arkadaşları (2023) tarafından spesifik bir fonksiyonel sınıflandırmada etiketli POI verilerinden edinilen bilgiler ışığında şehir içi arazi kullanım sınıfları altı türe ayrılmıştır. Bunlar; konut, ticari hizmetler, lojistik ve depolama, ulaşım, yeşil alanlar, kamu yönetimi ve kamu hizmetleridir. Çalışmada sınıflara ayrılan noktalardan çekirdek yoğunluk analizi oluşturulmuştur. Farklı türdeki POI verilerinin ortalama çekirdek yoğunluğu değerlerine dayanarak, her bir griddeki işlevsel türlerinin etkisini belirlenmiştir. Çekirdek yoğunluğuna dayalı tahmin Miao ve diğerlerinin (2017) çalışmasında da kullanmıştır. Grid hücrelerindeki toplam yoğunlukları hesaplamak için makine öğrenmesi tabanlı sınıflandırıcı olan Kstar algoritması kullanılmıştır. Sınıflandırmada %86,50 doğruluk oranına ulaşılmıştır.

Hou ve arkadaşları (2020) Çin'deki Shenzhen şehrinde denetimli bir sınıflandırma yaklaşımıyla kentsel işlev bölgesini çıkarmak için Rastgele Orman (RF), Destek Vektör Makinesi (SVM) ve Derin Sinir Ağı (DNN) algoritmalarını kullandılar. Çalışmada önce yol ağları toplanarak çalışma alanı bölümlendirilmiştir. Daha sonra iletişim verileri ve POI verileri toplanarak şehir fonksiyonları etkileyen 5 tür ve 15 faktör seçilmiştir. POI'lerin doğruluk değerlendirmesinde RF %56,67, SVM %62,67 ve DNN ise 83,33 doğruluk oranlarına ulaşılmıştır. Sonuç olarak DNN algoritmasının en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Şehir fonksiyonlarını sınıflandırmak için yapay sinir ağını kullanan bir çalışma ise Izzo ve arkadaşları (2022) tarafından yapılmıştır. Çalışmada yüksek çözünürlük uydu

görüntüsü segmentlere ayrılmaktadır. Ardından OSM verilerinden etiketli eğitim verileri üretilmektedir. Önerilen yaklaşımda, ağırlıklı evrişimsel katmanlardan oluşan bir sinir ağı olan Evrişimli Bir Sinir Ağı (CNN) kullanılmıştır. Bu yaklaşım, CNN'ler şekil ve mekansal ilişkileri tahmin edebildikleri, bunlardan uyarlanabilir bir şekilde öğrenebildikleri ve 2 boyutlu görüntülerin incelenmesinde iyi sonuçlar vermesi nedeniyle seçilmiştir. Çalışmada iki derin öğrenme algoritması olan ResNet50 ve AlexNet karşılaştırılmıştır. Sınıflandırmanın genel doğruluk oranı şöyledir: ResNet50 %85 ve AlexNet ise %81.

Literatür değerlendirildiğinde şehirsel fonksiyonların gezi, gözlem yoluyla ya da istatistik kayıtlarından tespit edilmesi ilk çalışmalarda ve dönemin koşullarında oldukça faydalıdır. İlk çalışmalarda fonksiyon, şehir-kır ayrımının tespit edildiği bir kriter olarak ele alınmaktadır. Buna göre şehirlerin birbirlerine kıyasla sınıflandırıldığı ve sınıflandırılırken hangi ekonomik fonksiyonlarıyla ön plana çıktığı analiz edilmektedir. Ardından daha yakın dönemde şehir-içi fonksiyonları araştıran çalışmalar yapılmış olup çoğunlukla arazi çalışması, sayısallaştırma ve resmî kurumlardan elde edilen veriler ile çeşitli sınıflandırmalar gerçekleştirilmiştir. Ancak günümüz şehirlerinde çok hızlı arazi değişimlerinin yaşandığı bilindiğine göre yapılan bu tarz çalışmalar da güncelliğini hızlıca kaybetmektedir. Bu yöntemlerin veri toplama, düzenleme ve analiz süreci yoğun emek gücü gerektirmektedir ve bir defaya mahsus analizlerden oluşmaktadır. Detaylı haritalamanın gerektiği durumlarda yüksek çözünürlüklü veriye ulaşmak her zaman mümkün değildir veya maliyetlidir. Diğer yandan bu tarz verilerin işleme süreci zaman alıcıdır. Son çalışmalarda sosyal veriler ve yapay zekâ teknolojiler ile ele alınmış olsa da bunlar da çoğunlukla mevcut durumun tespiti ve sınıflandırma çalışmalarından oluşmaktadır. Bu noktada fonksiyon tahminine yönelik bir modelin olmayışı önemli bir eksiklik olarak karşımıza çıkmaktadır. Şehirlerimizin teknolojik gelişmelere uyumlu bir biçimde yeni yöntemlerle araştırılması hem ekonomik kalkınma ve sürdürülebilirliğe hem de ulusal coğrafya bilime önemli katkılar sağlayacaktır.

Araştırmanın Kuramsal Çerçevesi

Bu çalışmada kuramsal çerçeve, araştırma konusu ile doğrudan ilişkili olan başta coğrafya olmak üzere, şehir planlama, peyzaj mimarlığı ve çevre mühendisliği gibi şehir konulu bilim alanları ile istatistik, bilgisayar mühendisliği ve yapay zekâ mühendisliği gibi

bilgisayar ve veri bilimi gibi disiplinler çerçevesinde taranan kitaplar, akademik tezler, indeksli dergi makaleleri aracılığıyla ortaya konulmuştur. Bu kapsamda şehirsel mekânın fonksiyonel yapısına, Türkiye şehirlerinin fonksiyonel yapısına, açık veri kullanımına, istatistiksel-mekânsal tekniklere ve ayrıca yapay zekâ destekli fonksiyonel sınıflandırma tekniklerine yer veren çalışmalar taranmıştır.

Çalışmanın kuramsal yapısını, şehir büyüme teorileri (ör. Burgess, Hoyt, Harris-Ullman), şehirsel sınıflandırma ve işlevsel şehir yapısı gibi klasik yaklaşımlar ile temellendirmek mümkündür. Ancak bu kuramlar modern şehirlerin çok merkezli yapısını, dinamizmini ve dijitalleşen toplumsal süreçlerini açıklamakta sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle kuramsal çerçeve, günümüzde büyük verinin ve teknolojinin sunduğu imkanlar sayesinde yeniden tanımlanmalı ve yorumlanmalıdır. Şimdiye kadar bilinen teknikler ile günümüz yapay zekâ olanaklarının harmanlanması, şehirsel yapının sadece statik görünümünü değil aynı zamanda dinamik süreçlerini de ortaya koyma imkânı sunabilmektedir. Bu bağlamda yapay zekâ, bilimsel yöntemler arasında paradigmatik bir değişimin başlangıcını temsil etmektedir.

Günümüzdeki şehir fonksiyonlarını sınıflandırma çalışmalarında, teknolojinin kısıtlı olduğu dönemlerde geliştirilen ilk modellere kıyasla genellikle bilgisayar tabanlı ve yapay zekâ destekli karmaşık modelleme yöntemleri kullanılmaktadır. Eski modellerin temel sınırlılığı, şehirlerin mekânsal değişimini ve birbirine göre konumsal ilişkilerini yalnızca tek bir ölçüte dayandırarak modellemeleri ve bu nedenle çok sayıda önemli mekânsal ve çevresel dinamiği göz ardı etmeleridir (Tian vd., 2010). Ayrıca o dönemde geliştirilen modellerdeki şehirler, günümüzün yoğun, karmaşık ve çok katmanlı şehir yapılarıyla kıyaslanamayacak ölçüde farklı olduğundan, bu ilk modeller gelecekteki mekânsal örüntülerin tahmini için günümüzde daha az tercih edilmektedir (Tian vd., 2002). Son teknikler ise kullanıcıya, bir bölgenin geleceğini etkileyebilecek farklı mekânsal dinamikleri tanımlama ve bunların şehirsel büyüme veya fonksiyonel değişim modellerini ne ölçüde etkileyebileceğini analiz etme imkânı sunmaktadır.

Literatürdeki mevcut yaklaşımlar incelendiğinde, şehirlerin fonksiyonel yapısının belirlenmesine yönelik çok sayıda yöntem bulunmakta ancak bu yöntemlerin çoğunun mevcut durumun sınıflandırılmasıyla sınırlı kaldığı görülmektedir. Şehirsel fonksiyonların, çok değişkenli tablo verileri üzerinden ve makine öğrenmesi tabanlı yaklaşımlarla sınıflandırılması ve tahmin edilmesi literatürde henüz yeterince gelişmemiş

ve yeni bir araştırma alanıdır. Bu yönüyle çalışma, mevcut literatür içinde eşsiz bir bakış açısı sunmaktadır. Ayrıca, fonksiyonel sınıflandırma konusunun coğrafi bakış açısıyla ele alınmasına katkı sunarak ileride yapılacak araştırmalar için yöntemsel ve kuramsal bir temel oluşturmayı hedeflemektedir.

Sonuç olarak bu kuramsal çerçeve; klasik şehirleşme yaklaşımlarının mekânsal veri bilimiyle yeniden yorumlandığı, büyük veri, yapay zekâ ve coğrafi bilgi sistemlerinin bütünleştiği çağdaş bir perspektif sunmakta ve İstanbul gibi çok merkezli, dinamik şehirlerde fonksiyonların haritalanması ile tahminine yönelik disiplinler arası bir zemin oluşturmaktadır.

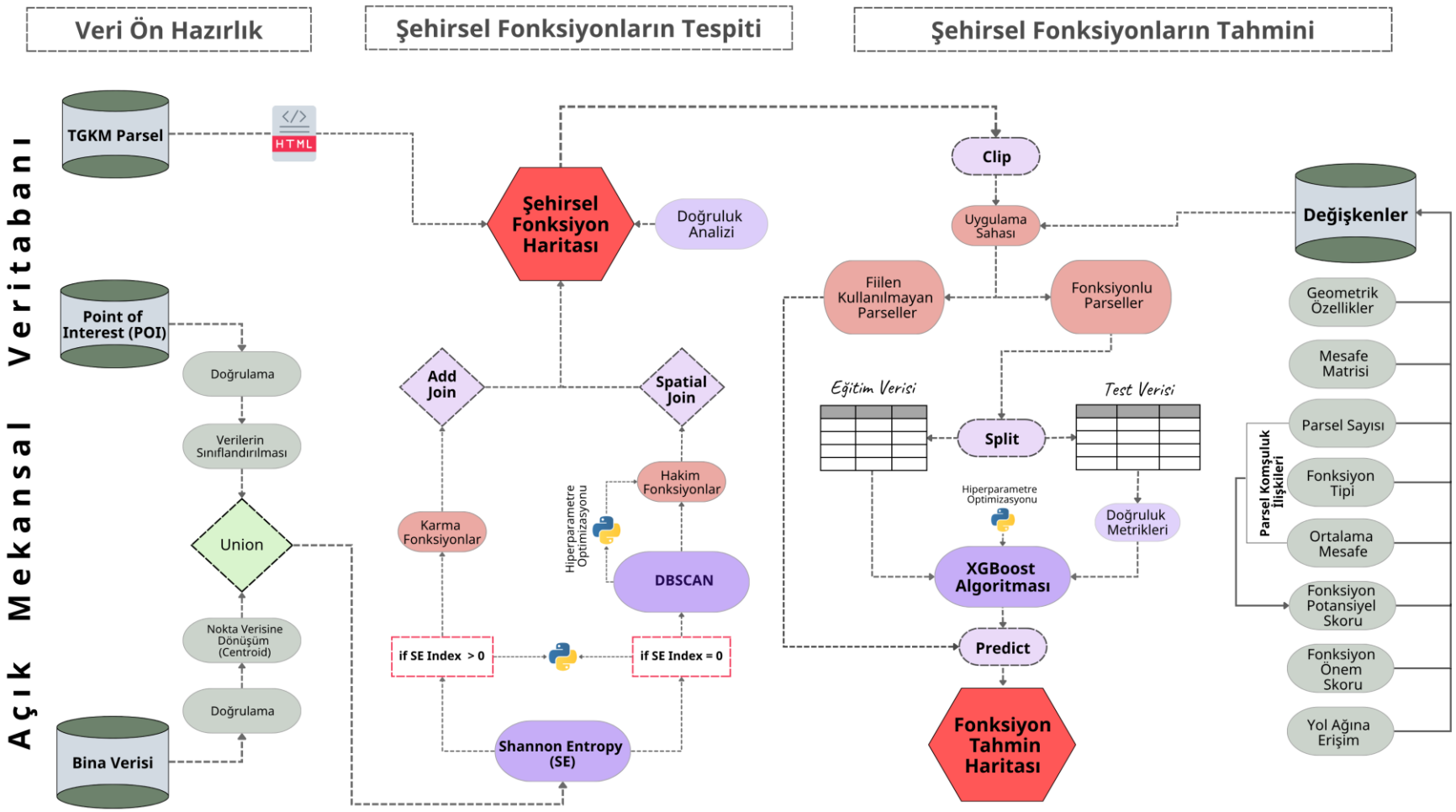
Araştırmanın Yöntemi

Bu çalışmada şehirsel alanlardaki mevcut fonksiyonel yapının belirlenmesi ve boş parsellerin olası işlevlerinin tahmin edilmesi amacıyla üç aşamalı bir yöntemsel yaklaşım benimsenmiştir. Bu aşamalar; veri ön hazırlık, temel şehirsel fonksiyon analizi ve temel şehirsel fonksiyonların tahmini olmak üzere üç temel başlık altında ele alınmıştır (Şekil 1).

Araştırmada kullanılan temel veri setleri açık mekânsal veri tabanlarından elde edilmiştir. Bu kapsamda Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) tarafından sağlanan parsel verileri, OpenStreetMap (OSM) üzerinden temin edilen İlgi Çekici Nokta (POI) verileri ve Microsoft tarafından yayımlanan bina ayak izi verileri temel altlıkları oluşturmuştur.

POI verileri, çalışma alanındaki sosyal, ticari, eğitim, sağlık, inanç, kamu ve eğlence gibi farklı fonksiyonel kategorilere göre sınıflandırılmıştır. Bina verileri, OSM veya Microsoft kaynaklı bina ayak izi alınarak veri eksikliği olan alanlarda tamamlayıcı olarak değerlendirilmiştir. Ardından bu veriler nokta formatına dönüştürülerek POI verilerine dahil edilmiştir. Tüm bu işlemler sonucunda, doğrulanmış, tematik olarak sınıflandırılmış ve mekânsal olarak tutarlı bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanı sonraki aşamalarda yapılacak şehirsel fonksiyon analizlerinin temelini teşkil etmiştir.

Temel şehirsel fonksiyon analizi aşamasında çalışma alanındaki her bir parselin hâkim veya karma fonksiyonunun belirlenmesidir. Bu süreçte POI verileri ile parsel verileri arasındaki mekânsal ilişkiler tablo ve mekânsal birleştirme araçları ile kurulmuştur. Böylece parseller ile hangi işlevlerin ilişkili olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 1: Çalışmanın Metodoloji Şeması

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Aynı parsel içerisinde birden fazla POI tipi bulunması durumunda, bu alanlar karma fonksiyonlu olarak değerlendirilmiştir. Parsellerdeki fonksiyonel çeşitliliği nicel olarak ölçmek amacıyla Shannon Entropi (SE) indeksi kullanılmıştır.

Bu indeksin hesaplanması sonucunda:

- SE = 0 olan parseller tek fonksiyonlu,
- SE > 0 olan parseller ise karma fonksiyonlu olarak sınıflandırılmıştır.

Şehirdeki baskın fonksiyonlu parsellerin mekânsal örüntülerinin belirlenmesi için DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) (Ester vd., 1996) algoritması uygulanmıştır. Bu algoritma, parsellerin mekânsal yakınlıklarına ve yoğunluklarına göre kümelenmesini sağlamaktadır. Uygulama öncesinde, modelin performansını artırmak amacıyla hiperparametre optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu analizde, optimum küme sayısının belirlenmesi için Elbow (Dirsek) yöntemi kullanılmış (Ketchen & Shook, 1996); kümeleme sonuçlarının iç tutarlılığını ölçmek amacıyla Davies–Bouldin İndeksi (DBI) (Davies & Bouldin, 1979) hesaplanmıştır.

DBSCAN çıktıları ile Shannon Entropi sonuçları birlikte değerlendirilerek her bir kümenin hakim ve karma şehirsel fonksiyonları belirlenmiştir. Elde edilen bu bilgilerle şehirsel fonksiyon haritası oluşturulmuş, sonrasında doğruluk analizi yapılarak haritanın güvenilirliği test edilmiştir. Doğruluk analizi sürecinde, fonksiyonel sınıflandırmanın doğruluğunu ölçmek için Google Earth ve Google StreetView birlikte kullanılmıştır.

Temel şehirsel fonksiyonların tahmini aşaması, fiilen kullanılmayan boş parsellerin olası işlevlerini tahmin etmektir. Bu aşamada ilk olarak, boş parseller tahmin edilmek üzere ayrılmıştır. Fonksiyonları tespit edilen parseller ise pilot uygulama sahasına göre maskelenmiştir. Ardından makine öğrenmesi modelini eğitmek amacıyla çeşitli değişkenlerin oluşturulmasında kullanılmıştır.

Her bir parsel için mekânsal ve istatistiksel nitelikte bir dizi değişken üretilmiştir. Bu değişkenler aşağıda özetlenmiştir:

- Geometrik Özellikler: Alan, çevre uzunluğu, kompaktlık indeksi vb.
- Mesafe Matrisi: POI noktalarına ve yol ağına olan mesafeler.
- Komşuluk İlişkileri: Komşu parsel sayısı, komşu parsellerin fonksiyon tipi sayısı ve ortalama mesafeleri.
- Fonksiyon Potansiyel Skoru: Komşuluk ilişkilerinde türetilen parsellerin fonksiyon potansiyeli.

- Fonksiyon Önem Skoru: Bir fonksiyonun ne kadar sık veya seyrek olduğunun hesaplanması.
- Yol ağına erişim: Parsellerin cadde ve sokaklara olan erişim özellikleri.

Değişken setleri oluşturulduktan sonra, XGBoost (Extreme Gradient Boosting) (Chen & Guestrin, 2016) algoritması kullanılarak makine öğrenmesi tabanlı tahmin modeli hazırlanmıştır. Modelin hiperparametre optimizasyonu yapılmış ve farklı varyasyonlar test edilmiştir.

Yapılan testler sonucunda sınıf dengesizliği (class imbalance) önemli bir problem olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle bazı fonksiyon sınıflarının (örneğin inanç, kamu hizmetleri veya sağlık) örnek sayılarının oldukça düşük olması, modelin bu sınıfları tanımlamadaki başarısını sınırlandırmıştır. Chawla vd. (2002) veri dağılımındaki dengesizlikleri gidermek için SMOTE (Synthetic Minority Oversampling Technique) (Chawla vd., 2002) yöntemini geliştirmiştir. Bu sayede az temsil edilen fonksiyon sınıflarının model üzerindeki etkisi sentetik örneklerle artırılmaktadır. Bu sorunu gidermek amacıyla SMOTE (Synthetic Minority Oversampling Technique) yöntemi kullanılmış ve modelin genel doğruluğu artırılmıştır.

Eğitim ve test verileri üzerinde gerçekleştirilen analizler sonucunda, fonksiyonu bilinmeyen parsellerin olası işlevleri tahmin edilmiştir. Modelin başarısı, doğruluk oranı (accuracy), precision (kesinlik), recall (duyarlılık), F1 skoru ve karışıklık matrisi (confusion matrix) analizleri ile gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, şehirsel mekânlarda henüz işlev kazanmamış alanlar için veri temelli fonksiyon önerileri üreterek, şehir planlama süreçlerine öngörüye dayalı katkılar sağlamaktadır.

Bu çalışmada mekânsal veri işleme, analiz, modelleme ve görselleştirme süreçlerinde çeşitli yazılım araçları ve programlama kütüphaneleri kullanılmıştır. Kullanılan yazılımlar ve ilgili sürümleri aşağıda ayrıntılı şekilde belirtilmiştir.

Verilerin hazırlanması ve tablo biçiminde düzenlenmesi, fonksiyonel sınıflandırma analizi, değişkenlerin üretilmesi ve tahmin algoritmasının geliştirilmesi, istatistiksel özetlerin hazırlanması ve sonuç haritaların üretilmesi gibi süreçlerin tamamı ArcGIS Pro yazılımı ve bu yazılımda yerleşik olan *Jupyter Notebook 7.2.2* arayüzünde yürütülmüştür. Hem istatistiksel ve mekânsal analiz hem de makine öğrenme algoritmalarının geliştirilmesinde Python dili kullanılmıştır.

Mekânsal veri işlemleri ve coğrafi veri tabanı yönetimi süreçlerinde ArcPy, Pandas, Numpy kütüphaneleri kullanılmış; parsellerin geometrik özellikleri, yakınlık analizleri, mekânsal birleştirmeler ve mesafe hesaplamaları bu kütüphane aracılığıyla otomatikleştirilmiştir. Modelin hazırlık, geliştirilme ve görselleştirme sürecinde ise SMOTE, LabelEncoder, XGBClassifier, Confusion_matrix, Seaborn ve Matplotlib kütüphanaleri kullanılmıştır.

Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu çalışmada özellikle veri analizi sürecinde bazı teknik konularında çeşitli güçlüklerle karşılaşılmıştır. Çalışmanın temelini oluşturan mekânsal ve istatistiksel veri setlerinin farklı kaynaklardan (TKGM, OSM, Microsoft Global Building Footprints vb.) elde edilmesi, veri yapılarında format, koordinat sistemi, eksik veri ve nitelik tutarsızlıkları gibi uyum sorunlarını beraberinde getirmiştir. Bu durum, analizlerin bütüncül biçimde yürütülmesi için kapsamlı bir ön işleme ve veri standardizasyonu sürecini zorunlu kılmıştır.

Ayrıca, fonksiyonel sınıflandırmada kullanılan değişkenlerin büyük bir kısmının mekânsal bağımlılığa sahip olması ve yüksek boyutlu veri yapısının hesaplama yükünü artırması, Python ortamında bellek yönetimi ve işlem süresi açısından ek zorluklar doğurmuştur. Bu nedenle, analiz süreci boyunca veri setleri bölünerek işlenmiş, optimizasyon amacıyla bellek dostu yöntemler tercih edilmiştir.

Bu çalışmada tahmin algoritmasının geliştirilmesi sürecinde, fonksiyonel sınıflandırma sonuçlarının yanı sıra mesafe, yakınlık ve yoğunluk temelli mekânsal değişkenler temel girdiler olarak kullanılmıştır. Bu değişkenler; parsellerin çevresindeki POI yoğunluğu, yol ağına ve diğer fonksiyonel alanlara olan uzaklıkları, erişim düzeyleri ve mekânsal etkileşimleri dikkate alarak modelin mekânsal bağlamını güçlendirmiştir.

Bununla birlikte, şehirsel fonksiyonların oluşumunu yönlendiren süreçler yalnızca mekânsal değişkenlerle açıklanamayacak kadar karmaşıktır. Arazi kullanım kararlarını etkileyen demografik ve sosyo-ekonomik (örneğin nüfus yoğunluğu, arsa değerleri, gelir düzeyi, öğrenci sayısı, işgücü istatistikleri vb.) fonksiyonel yapının belirlenmesinde önemli bir role sahiptir. Ancak bu tür göstergelerin parsel ölçeğinde tutarlı ve güncel biçimde elde edilmesi mevcut koşullarda mümkün olmadığından, model bu aşamada yalnızca mekânsal değişkenlerle sınırlandırılmıştır. Dolayısıyla geliştirilen tahmin

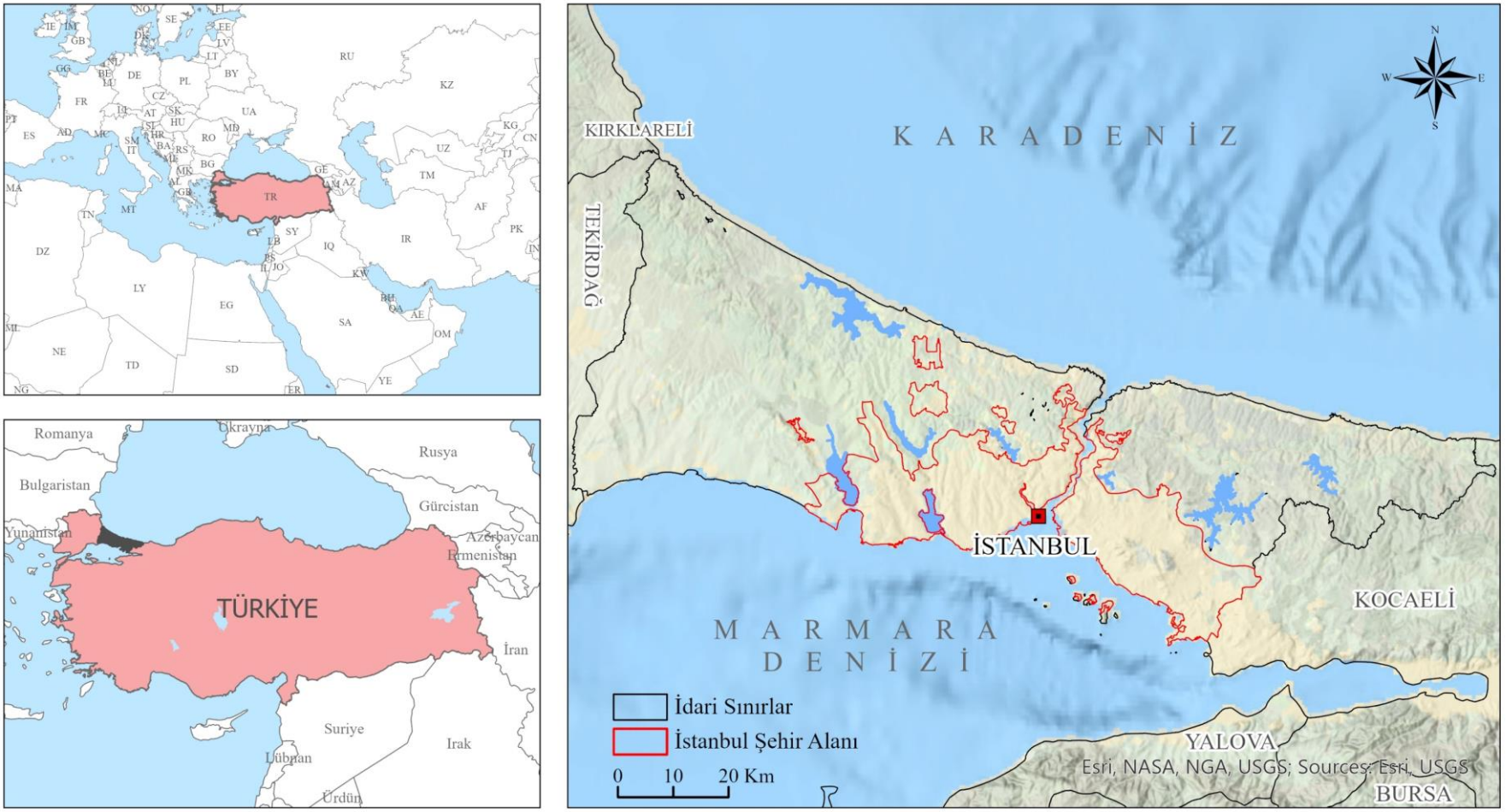
algoritması, mekânsal kriterlere dayalı bir fonksiyonel tahmin modeli olarak değerlendirilmelidir. Gelecekte parsel düzeyinde erişilebilir demografik ve ekonomik verilerin artması, modelin açıklama gücünü ve gerçek mekânsal karar süreçlerine uyumunu önemli ölçüde geliştirecektir.

Araştırma Alanının Yeri ve Sınırları

Bu tez çalışması TR1 kodlu İstanbul Alt Bölgesi'nde, İstanbul il idari birimi sınırları içinde yer alan Türkiye'nin en büyük metropolü İstanbul şehrine odaklanmaktadır (Şekil 2). İstanbul il idari alanı yüzölçümü toplam 5.434 km² olup 988 mahalleden oluşmaktadır. 2024 yılı itibarıyla ilin toplam nüfusu 15.899.360 kişidir (TÜİK, 2025). Şehirsel fonksiyonları belirlemek amacıyla çalışma alanı olarak seçilen şehir alanı 40° 48′ 31″ - 41° 18′ 32″ kuzey paralelleri ile 28° 27′ 58″ - 29° 27′ 3″ doğu meridyenleri arasında yer almakta olup 777 mahalleden oluşmakta ve 1.264 km² alan kaplamakta ve nüfusu 15.699.804'dir. Buna göre İstanbul'da toplam nüfusun %98,7'si, il sınırlarının yalnızca %23'lük bir bölümünde yaşamaktadır. Nüfus yoğunluğu ise 12.420 kişi/km²'dir.

İstanbul, Asya ve Avrupa kıtalarının İstanbul Boğazı ile birleştiği eşsiz bir coğrafyada, iki deniz (Marmara Denizi ve Karadeniz) arasında konumlanmış, dünya metropolleri arasında öne çıkan küresel merkezdir. Bu yönüyle ülkeler arası transit ulaşım kolaylığı ve çeşitliliği İstanbul'un ekonomik ve sosyal gelişimini hızlandırmıştır. Ulusal ölçekte ise Türkiye için adeta bir lokomotif görevi üstlenen İstanbul, yaklaşık 16 milyonluk nüfusuyla ülke nüfusunun yaklaşık %19'unu barındırmaktadır. Finans, ticaret, sanayi, eğitim ve kültür merkezi konumunda olan İstanbul'un incelenmesi ulusal ve bölgesel ölçekle stratejik bir önem taşımaktadır. Bu nedenle İstanbul'un mekânsal ve fonksiyonel yapısının detaylı şekilde ele alınması uygun görülmüştür.

20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren İstanbul'da sanayi, hizmet ve ticaret odaklı büyüme ön plana çıkmış; şehirsel yayılma, mekânın dengeli kullanımıyla değil, hızlı ve çoğu zaman plansız genişlemeyle sonuçlanmıştır. Sanayi ve hizmet alanları yerleşimle iç içe geçmiş; konut alanları, tarım ve orman arazileri parçalanarak şehirsel doku önemli ölçüde değişmiştir. Bu durum şehirsel ölçekte afet riski, aşırı su ve enerji kullanımı, trafik, barınma sorunları gibi pek çok probleme neden olmuştur. Çevresel tahribatın geri dönüşsüz bir noktaya ulaşmaması için İstanbul özelinde mekânsal planlamada yeni yaklaşım ve yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 2: Çalışma Sahasının Lokasyonu

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Literatürde Çin gibi yoğun nüfuslu ülkelerde benzer çalışmaların artış yaşaması, İstanbul için de bilimsel araştırmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Gelecek nesillerin bölgedeki kaynaklar üzerindeki hakları göz önünde bulundurulduğunda, İstanbul'un bilimsel ve teknik olanaklarla detaylı incelenmesi zorunluluk arz etmektedir.

İstanbul, ulusal ve uluslararası ulaşım, sanayi ve hizmet yatırımları açısından Türkiye genelinde öncü bir şehir konumundadır. Bu yönüyle gelecekte de gelişimi sürdüreceğine işaret eden güçlü dinamizme sahiptir. Etkili kalkınma politikalarının geliştirilmesi için İstanbul'un şehirsel potansiyellerinin makro ve mikro ölçekte tespit edilmesi gerekmektedir. Bu potansiyellerin belirlenmesi için şehrin fonksiyonel çeşitliliğinin yeni yöntemlerle incelenmesi gerekmektedir. Zira İstanbul'un sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyi diğer iller ile önemli farklılıklar göstermektedir. Şehrin temel karakterini oluşturan çok sektörlü ekonomik yapının mekânsal dağılımı, heterojen özellikler taşımaktadır. Örneğin, kuzeydeki orman ve su havzaları şehirsel baskıya rağmen doğal alan etkinliğini korurken güneyde ticaret ve hizmet sektörü yoğunlaşmıştır; batıda ise sanayi kümelenmeleriyle öne çıkmaktadır. Tarihi yarımada ve çevresi turizm odaklı gelişme göstermektedir.

Araştırma sahasının seçilmesindeki diğer neden ise geniş ve güncel veriye erişim imkânıdır. İnsan etkinliklerinin mekânsal yansımalarını kullanmak, alınacak kararların daha doğal ve gerçekçi olmasına katkı sağlamaktadır. Bu nedenle araştırmada sosyal ve mekânsal verilerin kullanılması planlanmaktadır. Şehirsel fonksiyonların gelişiminin takibi ve yeni gelişecek fonksiyonların tahmini için İstanbul, sunduğu veri yoğunluğu ve çeşitlilikle hem zengin bir araştırma sahası hem de akademik anlamda yüksek katkı potansiyeli taşımaktadır.

1. BÖLÜM: KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Şehir Kavramı ve Şehirleşme

Şehir kelimesi, etimolojik olarak Farsça *şehr* kelimesinden gelmektedir (Tuna, 1961). Arapça'da *medine*, Eski Türkçe'de *kend*, *kent* olarak ifade edilen terim daha önceleri *balık* sözcüğü ile ifade edilmiştir (Uğur & Aliağaoğlu, 2016). Dickinson (1948)'a göre şehir, nüfusun çoğunluğunun ticaret, sanayi ve yönetim gibi işlerle uğraştığı insan yapımı bir yaşam alanı olarak tarif edilmektedir. Tanoğlu (1969) ise şehri, tarım dışı faaliyetler sürdüren yoğun insan yerleşimleri olarak tanımlamaktadır. Şehirler genellikle ticaret merkezleri ve pazar yerleridir. İktidarın yanı sıra çevresindeki kırsal alanlar için hizmetler sunan sosyal, kültürel ve ekonomik bakımdan örgütlenmiş yerleşim alanlarıdır (Gregory vd., 2011). Bu örgütlenme yönetim, konut, sanayi, imalat, toptan ve perakende satış, ulaşım ve iletişim, eğlence, eğitim, ticari hizmetler ve savunma gibi mekanizmalarla bir bütünlük oluşturmaktadır (Bergman, 1995). Bu yönüyle şehir; tarım dışında kalan faaliyetlerin yakın ilişki içinde yürütüldüğü ve insan-mekân etkileşiminin en yoğun hissedildiği alanları ifade eder. Şehirlerin kır ve kasaba yerleşmelerinden farkı, iki veya daha fazla fonksiyona sahip olmasından ileri gelir. Tolun-Denker (1970)'in tanımına göre *"bünyesinde barındırdığı nüfusun ihtiyaçlarını başka yerleşim merkezlerine muhtaç olmadan yerinde karşılayabilecek fonksiyonlara sahip olan, alt ve üst yapı bakımından fazlaca bir eksiği olmayan, 20.000'in üzerinde veya biraz altında nüfusu bulunan belediye örgütlü yerleşmelerdir".* Şehirler, kasabalardaki ticaret ve konut fonksiyonlarına ek olarak sanayi, sağlık ve eğitim ve benzeri fonksiyonları bir arada barındırır.

Dünya ölçeğinde kabul edilmiş tek bir şehir ölçütü bulunmamaktadır. Coğrafi literatürde bir yerleşmenin şehir olarak tanımlanmasında çeşitli ölçütler esas alınmaktadır. Bunlar idari, nüfus ve fonksiyonel ölçüttür (Uğur & Aliağaoğlu, 2016). İdari merkez olma durumu dünya ölçeğinde en yaygın kullanılan ölçüttür. Nüfus ölçütü ise miktarı ve yoğunluğu bakımından iki türlü kullanılmaktadır (Tanoğlu, 1969). İsveç ve Finlandiya'da 250, Kanada'da 1.000 Arjantin'de 2.000 ABD'de 2.500, Hindistan ve Almanya'da 5.000 nüfusu olan yerleşmeler şehir olarak tanımlanmaktadır. Türkiye'de köy ve belediye kanuna göre nüfusu 2.000'den az olan yerleşmeler köy, 2.000-20.000 arasında kalan yerleşmeler kasaba, 20.000'den fazla yerleşmeler ise şehir olarak kabul edilmektedir. Bilim adamlarımız arasında da farklı dönemlerde farklı nüfus ölçütleri esas alınmıştır.

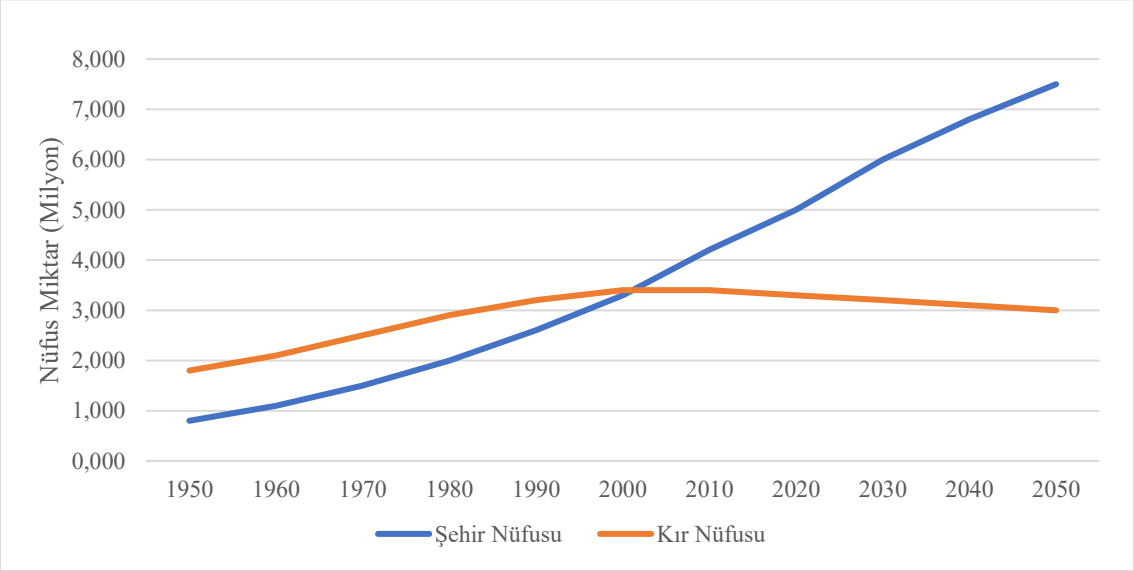
Uğur ve Aliağaoğlu (2016)'nun verdiği bilgiler ışığında Darkot, Selen ve Louis 3.000, Tunçdilek (1965) 5.000, Tümertekin (1965), Reuter (1946) ve Keleş (1962) 10.000 kıstasını esas almışlardır. Ancak günümüz koşullarında bunların yeterli olmadığı konusu Özçağlar (2000) tarafından ortaya konulmuştur. Yoğunluk bakımından ise Fransa'da 500 kişi/km, Amerika'da 800 kişi/km ve Almanya'da 1.000 kişi/km nüfus yoğunluğuna sahip yerleşmelere şehir denilmektedir. Bu ölçütün idari sınırlarla birlikte alınması nedeniyle fonksiyonel sınırlarla uyumu sağlanamaz. Fonksiyonel ölçüt ise sınıflandırmada kullanılan en isabetli ölçüttür (Darkot, 1967). Buna göre fonksiyon kavramı, tarım dışında kalan ticaret, sanayi, yönetim ve hizmetlerle ilgili faaliyetleri ifade eder. Sosyologlar tarafından yapılan bir tanımlama ise köy (cemaat) ve şehirde (cemiyet) yaşayan toplumların farklı yaşam tarzları etrafında şekillendiği sosyolojik ölçüttür.

Şehir coğrafyası, insan ve mekân ilişkilerini şehirsel yaşam üzerinden okuyan coğrafyanın bir alt disiplinidir. Aynı zamanda şehirsel yaşamın mekânı nasıl örgütlediğini, değişikliğe uğrattığını, ekonomik, sosyal ve kültürel birtakım fonksiyonları nasıl geliştiğini ve bunların arasındaki bağlantıları araştırır (Pacione, 2009). Şehir coğrafyası, kendi metotlarının kullanarak şehrin işleyişini, buna bağlı olarak şehirsel sorunları, şehir içi arazi kullanımını, potansiyel gelişme alanlarını ve yönlerini tahmin eder (Uğur & Aliağaoğlu, 2016). Bu yönüyle günümüzde hızlı ve plansız şehirleşme süreçlerinin anlaşılmasına katkıda bulunur.

Birleşmiş Milletler (BM) Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi'ne göre şehirleşme, nüfusun mekânsal dağılımını kırsal alanlardan şehir alanlarına kaydıran karmaşık bir sosyoekonomik süreçtir (UN DESA, 2019). Göney (2017) ise bu süreci toplum yapısında artan oranda örgütlenme, iş bölümü ve uzmanlaşma yaratan, insan davranış ve ilişkilerinde şehirlere özgü değişikliklere yol açan bir nüfus birikimi olarak tanımlar. Şehirleşmeyi etkileyen başlıca faktörler, tarımdaki gelişmeler, sanayileşme, ulaşımdaki gelişmeler, sosyal ve kültürel çekim merkezi, eğitim seviyesi, doğal nüfus artışı, algılama ve siyasi nedenlerdir (Uğur & Aliağaoğlu, 2016). Friedmann (2002), şehirleşmenin üç farklı boyutuna vurgu yapmaktadır. Şehirleşmenin birinci boyutu demografiktir. Şehir yerleşimleri, kendilerini çevreleyen bölgelere göre daha yüksek yoğunluklara varan nüfus barındırır. Şehirleşmenin ikinci boyutu ekonomiktir. Tarım, ormancılık, balıkçılık veya madencilik gibi 'kırsal' faaliyetleri hariç tutarken, Friedmann bize bu faaliyetlerin çoğunun örgütlenme biçimleriyle doğrudan ilişkili olduğunu hatırlatıyor. Şehirleşmenin

üçüncü boyutu sosyo-kültüreldir. Böylece şehirsel yaşam tarzına katılımı ve farklı sosyo-kültürel katkıları ifade eder. Bu boyut, şehirciliğin toplum tarafından bir yaşam biçimi olarak benimsenmesi anlamına geliyor. Jonas ve diğerleri (2015) şehirleşmeyi, sosyo-mekansal süreç olarak görmekte; Gottdiener ve diğerleri (2015) ise toplumsal etkinliklerin mekânda yarattığı toplumsal gelişme ve değişimin birbirine bağımlı süreçleri olarak ifade etmektedir. Yukarıda yapılan tanımlamalara göre şehirleşme; nüfusun zaman içinde giderek büyüyen, yoğunlaşan birikim sürecini ve çeşitlilik gösteren faaliyetlerini ifade eden bir terimdir. Bu terim mekânın yeniden düzenlenmesi ile toplumların ve ekonomilerin karakterindeki değişiklikler arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

Şehirleşme modern çağın en önemli ve ilgi çeken özelliğidir. 1800'lü yıllara kadar tüm dünyada şehirleşme hareketleri yavaş yavaş cereyan etmiştir. Sanayileşme ve teknolojik gelişmeler ile daha fazla insan şehirsel alanlarda yaşamaya başlamıştır. 18. yüzyıla kadar dünya nüfusunun yaklaşık %5,4'ü şehirlerde yaşamaktaydı. 1960 yılında bu oran %33'e erişmiştir (Göney, 2017). Günümüzde ise dünya nüfusun %57'si şu anda şehirsel alanlarda yaşamaktadır. Bu rakamın 2030'da %60'a, 2050'de ise %68'e çıkması bekleniyor (United Nations, 2022) (Şekil 3).



Şekil 3: Dünyanın Şehir ve Kır Nüfusu (1950-2030)

Kaynak: UNDESA,2019'dan yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şehirler hem üretim hem de tüketim merkezleri olarak küresel ekonomide giderek daha baskın bir rol üstlenmektedir. Nüfus yoğunluğunun artması ve şehir alanların genişlemesinin çevre, insan sağlığı ve toplum üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (Upreti vd., 2024). Şehirsel alanlar büyümeye devam ettikçe yeterli konut, ulaşım ve

altyapının sağlanması, temel hizmetlere erişimde rekabet, çevre kirliliğinin gibi zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır (Matsuoka & Kaplan, 2008). Günümüzde şehirleşme pek çok yerde, özellikle de dünyanın yoksul ülkelerinde, ekonomik gelişme olmaksızın gerçekleşmektedir (Bergman, 1995). Bu durum şehirlerin konut, temiz su, kanalizasyon, iç ulaşım ve eğitim altyapılarına aşırı yük bindirmektedir. Şehirleşme, nüfusun kırsal alanlardan şehirsel alanlara taşınarak şehirlerin daha fazla büyümesini meydana getirmektedir. Bu süreç tipik olarak arazi kullanımı değişikliği ihtiyacıyla bağlantılı olarak daha fazla konut ve iş ihtiyacını doğurmaktadır (Cai vd., 2017). Böylelikle süreç, tarımsal veya ormanlık sahaların ticari, konut, sanayi, hastane, yeşil alanlar vb. gibi yeni fonksiyonlara dönüştürülmesiyle sonuçlanır (Heiden vd., 2012). Şehir fonksiyonlarının mekânsal dağılımı şehirsel gelişimi ölçmek için önemli bir yoldur. Bu fonksiyonların incelenmesi bir şehrin yönetimi, ekonomik kalkınma ve yaşanabilirlik açısından büyük önem taşımaktadır. Şehirsel yaşam ortamların iyileştirilmesi ve kaynakların daha iyi tahsis edilmesi için şehirsel işlevlerin karmaşıklığının doğru bir biçimde tespit edilmesi ve haritalanması gerekmektedir.

Şehir üzerine çalışan bilim insanları, şehirlerin yapısını daha iyi anlayabilmek ve gerçekleştirilecek araştırmaları sistematik bir zemine oturtmak amacıyla, şehirleri farklı ölçütlere göre sınıflandırma yoluna gitmişlerdir. Bu çerçevede, literatürde çeşitli sınıflandırma türleri geliştirilmiş olup bu sınıflandırmalar farklı yöntem ve yaklaşımlara dayandırılmıştır.

1.2. Şehir Sınıflandırma Türleri

Bu bölümde, literatürde yer alan şehir sınıflandırma türleri ve bunların oluşturulma yöntemleri ele alınmaktadır. Şehirlerin sınıflandırılması farklı mekânsal, ekonomik, sosyal ve kültürel ölçütlere dayalı olarak geliştirilmiş çeşitli yaklaşımları içermektedir. Dolayısıyla hem tarihsel süreçte ortaya çıkan sınıflandırma anlayışları hem de çağdaş çalışmaların getirdiği yöntemsel farklılıklar değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra, bu çalışma kapsamında benimsenen bakış açısı da kavramsal olarak ortaya konularak araştırmanın teorik çerçevesi netleştirilmektedir.

1.2.1. Jenetik Sınıflandırma

Genellikle şehir merkezlerinin tarihi kökenlerine ve şehirleşme hareketlerinin başlangıç safhalarına veya şehrin fiziksel dokusunda hâkim olunan tarihsel sürece göre yapılan sınıflandırmadır. Göney (2017) bu sınıflandırmayı şöyle sıralar: a) Tarih öncesi, b) Klasik devir, c) Roma şehirleri, d) Orta çağ başındaki şehirler, e) Modern şehirler. Belli dönemlerde ortaya çıkan bu şehirler, o dönemin izlerini yansıtır. Tarih öncesi ve modern çağ şehirleri arasında ciddi farklar bulunmaktadır. İnsanların barınma koşullarındaki farklılık buna en temel örnek teşkil eder. Tarih öncesi devirlerde yeraltı şehirlerini inşa eden insan, günümüz modern şehirlerinde gökdelenlerde yaşamını sürdürmektedir.

1.2.2. Morfolojik Sınıflandırma

Şehirlerin kuşbakışı görünümlere göre veya fiziki mekânda meydana getirdiği dış görünümleriyle yapılan sınıflandırmaya morfolojik sınıflandırma denir. Bu sınıflandırmada yerleşmelerin en ve boy özellikleri dikkate alınır (Özçağlar, 1997). Yerleşme şekillerine göre dört farklı sınıflandırma yapılmıştır. Bunlar; a) Dairevi şekle sahip şehirlerdir. Genellikle ovalarda yer alırlar ve çevreden dışa doğru hiçbir uzantı yer almaz. b) Uzanış biçime göre şehirler veya şerit şekilli şehirler (Göney, 2017). İnce ve uzun bir görünüme sahip olan bu şehirler ise kıyıya, işlek yollara veya nehirlerin iki kenarına paralel gelişim gösterirler. c) Parçalı şekillere sahip şehirler. Bu şehirler, iki veya daha fazla kısımdan oluşur. Bu ayrık vaziyet, doğal ve beşerî nedenlerle ya da planlama şekilleriyle ilişkili olabilir. d) Birleşik şekle sahip şehirler. Bunlar, birleşmiş birkaç nüveden oluşmaktadır.

1.2.3. Biyolojik Sınıflandırma

Şehirlerin doğup geliştiği ve daha sonra yok olduğunu tezinden yol çıkarak şehrin sahip olduğu özelliklere göre hangi evrede olduğunun tespit edilmesi esasına dayanır. Bu sınıflandırmada şehirler her gelişme evresinde farklı özellikler barındırır. Buna bağlı olarak organizmanın hangi evrede olduğu beşerî, ekonomik ve idari fonksiyonların ele alınmasıyla değerlendirilir. Geddes, Taylor ve Mumford gibi yazarlar şehri, yaşayan bir organizma olarak ele alan başlıca düşünürlerdir (Göney, 2017). Buna göre şehirlerin gelişme ve yok olma süreci 6 devrede meydana gelir. Eopolis (köy topluluğu-doğuş), Polis (ilk şehir nüvesi), Metropolis (küçük şehir), Megapolis (büyükşehre evrilme),

Tyrannopolis (şehrin gerileme dönemi) ve Nekropolis (terkedilme veya yok olma) şeklindedir.

1.2.4. Hiyerarşik Sınıflandırma

Çeşitli çalışmalarda şehirler, barındırdıkları nüfus miktarlarına göre sınıflandırılmaktadır. Bunlar; küçük, orta ve büyük şehirlerdir. Şehirleri nüfuslarına göre sınıflandırmak literatürdeki en tartışmalı konular arasındandır. Çünkü bir yerleşmede şehirleri gruplandırmak için kıstas alınacak miktar ülkeden ülkeye değişmektedir. Nüfus büyüklüklerine göre şehirleri sınıflandıran Karabağ ve Şahin (2006), 10.000-25.000 arasındaki şehirleri küçük şehir, 100.000'e kadar olanları orta büyüklükteki şehir, 500.000'e kadar olanları büyük şehir ve 500.000'den fazla olanları ise çok büyük şehir-metropol olarak sınıflandırmaktadır. Özçağlar (1997) ise nüfusu 20.001-100.000 arasında olanlar küçük, 200.000'e kadar olanları orta büyüklükteki şehir, 200.001 ve üzeri nüfus barındıran yerleşmeleri de büyük şehirler olarak sınıflandırmaktadır. Belli nüfus miktarlarına göre, yeryüzündeki şehirleri gruplandırmak pek faydalı bir ölçüt olarak görülmemektedir (Göney, 2017). Nüfus miktarından ziyade halkın kültürel ve ekonomik durumu, yaşama ile çalışma seviyesi ve bütün bunların neticesinde etki alanlarının genişliği şehirleri tanımlamada önem arz etmektedir.

1.2.5. Fonksiyonel Sınıflandırma

Önceki sınıflandırma türlerinin, şehri oluşturan tüm unsurları kapsayıcı olmadığını belirtmek gerekmektedir. Bu nedenle şehirleri sınıflandırmada kullanılan en isabetli ölçüt fonksiyonlarına göre sınıflandırmadır (Göney, 2017). Şehirler, fonksiyonel yapılarına göre çok farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Şehirlerin fonksiyonel yapısı sanayi, ticaret, kültür, rekreasyon ve dinlenme gibi faaliyetler etrafında şekillenmektedir. Hemen her şehrin kuruluş ve gelişmesinde bu fonksiyonların bir veya birkaçı etkilidir. Bir şehrin fonksiyonu şehir sakinleri tarafından yürütülen iktisadi, siyasi ve sosyal faaliyetleri yansıtmaktadır (Karabağ & Şahin, 2006). Çoğu şehirde başlangıçta tek bir fonksiyon hakimdir. Harris (1943) tarafından 1930 verileri kullanılarak yapılan niceliksel sınıflandırmaya göre sanayi şehrini tanımlamak için sanayide çalışanların oranı en az %60 olarak belirlenmiştir. Osmanlı döneminde ise Bursa ve İstanbul gibi şehirler, daha çok idari fonksiyonları ile öne çıkmıştır. Bu tür şehirlerde zaman içerisinde küçük ölçekli

farklı fonksiyonların gelişip birbirleriyle etkileşime girmesi, çok fonksiyonlu şehirlerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Bu bağlamda Cumhuriyet'in başkenti olarak idari fonksiyonuyla ön plana çıkan Ankara, günümüzde aynı zamanda barınma, sanayi, ticaret ve kültürel fonksiyonların yoğun biçimde bir arada bulunduğu, çok yönlü bir şehir kimliğine sahiptir.

Geleneksel şehir sınıflandırma tasnifleri ile çok fonksiyonlu şehirlerin sınıflandırılmasında bazı güçlükler vardır. İlk çalışmalar fonksiyon ölçütünü iki veya daha fazla şehrin birbirleriyle olan kıyaslarına göre kullanmaktadır. Bunun için çalışan nüfusun faaliyet kollarına göre dağılış istatistikleri kullanılmaktadır. Tümertekin (1973)'in çalışması buna bir örnek teşkil etmektedir. Bu tasnife göre Zonguldak'ta madencilik, Eskişehir'de eğitim, Gaziantep ve Kayseri'de ise ticaret ön plana çıkmaktadır. Çünkü bu dönemlerde şehirdeki birden fazla fonksiyonu ve şehirsel yapıyı tasnif etmek için yeterli yöntem ve materyal bulunmamaktadır. Bu çalışmada ise fonksiyonel ölçüt önceki çalışmalardan farklı olarak bir şehrin şehir içi arazi kullanımını ve çok fonksiyonlu şehirsel yapısını anlamaya yönelik olarak yeni bir bakış sunmaktadır.

1.3. Fonksiyon Kavramı ve Şehir İçi Arazi Kullanımı

İş, işlev ve görev anlamına gelen fonksiyon kavramını ilk kez kullanan evrimci sosyolog Herbert Spencer'dir. Coğrafya'da ise bu kavram ilk kez 1871 yılında Frederic Ratzel tarafından kullanılmıştır. Şehir, insana benzetilerek her bireyin bir mesleği veya görevi olduğu gibi şehirlerin de bir görevi ve var oluş amacı bulunduğu ifade edilmektedir (Uğur & Aliağaoğlu, 2016). Şehir coğrafyacıları Beaujeu-Garnier ve Chabot (1969), fonksiyon kavramını "bir şehir yerleşmesinin doğuşunu, büyüme ve gelişimini mümkün kılan faaliyetler" olarak tanımlamaktadır. Bu bağlamda, bir yerleşmede halkın yarıdan fazlası geçimini tarımsal fonksiyondan sağlıyorsa orası kır yerleşmesi, yarıdan fazlası endüstri, ticaret veya hizmet fonksiyonlarından sağlıyorsa şehir yerleşmesi olarak nitelendirilmektedir. Fonksiyon kriteri, bu iki yerleşme türünün ayırt edilmesinde en bilimsel, hatta tek bilimsel ölçüt olarak görülmüştür (Darkot, 1967). Tümertekin (1973)'in aktardığına göre Perpillou (1966) da şehir-kır ayrımında fonksiyonları esas almakta, şehirlerde tarımsal değil, ticari ve sanayi işlevlerinin ön planda olduğunu vurgulamaktadır. Tümertekin ise sınıflandırma çalışmasında ziraatı bir şehirsel fonksiyon olarak sınıflandırmaya dahil etmektedir.

Şehirlerin ekonomik işlevler ve sosyal özellikler açısından farklılık gösterdiği düşüncesi uzun süredir araştırma konusu olmuştur. Şehir yerleşmelerindeki bu farklılıkların tanınması ve daha iyi anlaşılması, bunların sınıflandırılmasını gerekli kılmıştır. Nitekim sınıflandırma, karmaşık bilgilerin sistematik biçimde düzenlenmesiyle süreçlerin ve ilişkilerin daha iyi kavranmasını sağlamaktadır. Şehirleri sınıflandırmanın en basit yolu onu diğerlerinden ayırt eden rolü ve rolleri tanımlamaktır.

Aurousseau (1921) genel gözlemlerden hareketle niteliksel sınıflandırmanın ilk örneklerini vermiştir. Ona göre şehirler baskın ekonomik işlevlerine göre altı tipe ayrılmaktadır; yönetim, savunma, kültür, üretim, iletişim ve rekreasyon şehirleri. Benzer şekilde Harris ve Ullman (1945) da üç genel fonksiyonel şehir tipi belirlemiştir:

(1) Küçük yerleşmeler için geniş bir hizmet yelpazesi sunan merkezi yerler.

(2) Daha büyük bölgelerle karşılıklı alışveriş halinde bulunan ulaşım şehirleri.

(3) İmalat veya rekreasyon gibi tek bir faaliyetin hâkim olduğu ve daha geniş bir ulusal pazara hizmet veren uzmanlaşmış fonksiyonlu şehirler.

Bu ilk dönem çalışmalarında yaygın anlayış, bir şehrin mekânsal organizasyonunda oynadığı ana rolün tespit edilmesi üzerine yoğunlaşmaktadır. Elde edilen sınıflandırmalar haritalandırıldığında, şehir sistemi içindeki fonksiyonel uzmanlaşma kalıpları ortaya çıkarılmaktadır. Ancak Van Meeteren (2005) tasvirlere dayalı yaklaşımların bilimsel sonuçlar çıkarmak için yeterli olmadığını belirtmektedir. Diğer taraftan, istatistiksel verilerden hareket eden araştırmacılar, şehirleri sınıflandırmada resmi kurumlar tarafından toplanan ekonomik verilerden yararlanmaktadır (Harris, 1943; Tümertekin, 1965; Özgür, 1992). Bu yaklaşım, şehirler arası fonksiyonel farklılıkların niceliksel olarak ölçülmesine olanak tanımaktadır. Günümüzde ise şehir içi arazi kullanımını yani fonksiyonel yapılanmayı tespit etmek için bu yöntemler teknolojik gelişmeler ışığında değişikliğe uğrayarak yerini daha yeni yöntemlere bırakmıştır.

Zamanla fonksiyonel sınıflandırma kavramı yalnızca şehirler arası farklılıkların incelenmesiyle sınırlı kalmamış, şehirlerin kendi iç yapılarındaki fonksiyonel çeşitliliğin belirlenmesi yönünde de gelişmiştir. Bu çerçevede, literatürde şehir içi arazi kullanımı ifadesi sıkça kullanılmaktadır. Arazi kullanımı, doğal ortam ile insan arasındaki karşılıklı etkileşim sonucunda insanın yeryüzünden yararlanma biçimi ya da herhangi bir arazi örtüsü üzerinde gerçekleştirilen tüm beşerî faaliyetler olarak tanımlanmaktadır (Gözenç, 1980). Bu faaliyetlerin şehirlerde gerçekleşmesi ise şehir içi arazi kullanımı olarak ifade

edilmektedir. Makro ölçekte arazi kullanımı bir bölgedeki tüm doğal ve beşerî unsurları içerirken, şehir içi arazi kullanımı şehrin fonksiyonel çeşitliliğini mikro düzeyde ortaya koymaktadır. Tolun-Denker (1976)'e göre fonksiyonel yaklaşım, bir yandan şehir içi arazi kullanım kalıplarını ve bu kalıpların nedenlerini, diğer yandan şehir ile çevresi arasındaki ilişkileri anlamayı hedeflemektedir. Dolayısıyla şehirler arası fonksiyonel sınıflandırma ile şehir içi fonksiyonel sınıflandırma, yöntem ve amaç bakımından farklılaşan fakat birbiriyle ilişkili iki ayrı çalışma alanını temsil etmektedir. Bu iki yaklaşımın ortaya koyduğu kavramsal çerçeve, günümüzde teknolojik gelişmelerin sunduğu yeni imkânlarla daha ayrıntılı ve kapsamlı biçimde ele alınabilmektedir. Özellikle mekânsal verilerin çeşitlenmesi ve erişilebilirliğinin artması, fonksiyonel sınıflandırma çalışmalarında kullanılan araçların da dönüşmesini sağlamıştır.

1.4. Fonksiyonel Sınıflandırmada Mevcut Araçlar: Uzaktan Algılama ve CBS

Uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS), geçmişten günümüze arazi sınıflandırmasında kullanılan en temel yöntemler arasında yer almaktadır. Bu iki teknik mekânsal verilerin toplanması, işlenmesi ve analiz edilmesinde en yaygın başvurulan araçlardır. Uzaktan algılama, yeryüzüne doğrudan temas etmeden, sensörler aracılığıyla elektromanyetik enerji kullanarak bilgi elde etme tekniğidir. UA, başlangıçta siyah-beyaz hava fotoğrafları üzerinde yer alan özelliklerin yorumlanması ve ölçülmesi amacıyla kullanılmıştır. Daha sonra bilgisayarların devreye girmesiyle birlikte çok bantlı görüntülerin işlenmesi, daha büyük veri kümelerinin analiz edilmesi ve daha karmaşık analitik yöntemlerin uygulanması mümkün hale gelmiştir. Bu gelişmeler ışığında uzaktan algılama, dünya hakkındaki bilgilerin elde edilmesi ve analizi için geliştirilen çeşitli teknikler olarak ayrı bir bilim dalı haline gelmiştir (Turoğlu, 2008). CBS ise bilgi teknolojine dayalı bir veri toplama, işleme ve sunma aracı olarak yeryüzü hakkındaki karmaşık verilerin daha verimli kullanılmasına olanak tanıyan bir sistemdir (Yomralıoğlu, 2005). Ayrıca elde edilen analiz sonuçlarının görselleştirilmesinde kullanılması da bu sürece önemli katkılar sağlamıştır (Lindgren, 1985). Özellikle beşerî faaliyetlerin doğal ortam üzerinde etkilerini görmek ve çözümler üretmek için uzaktan algılama ve CBS teknikleri sıklıkla birlikte kullanılmaya başlanmıştır (S. Hu & Wang, 2013). Nitekim bunlar şehir coğrafyası araştırmalarını da derinden etkilemiş ve şehirsel sorunları farklı şekillerde analiz edilmesini mümkün hale getirmiştir.

Uydu görüntüleri ve uzaktan algılama (UA) teknikleri, şehirsel alanların yüzey özelliklerinin belirlenmesinde uzun yıllar boyunca hem temel veri kaynağı hem de güçlü bir yöntem olarak kullanılmıştır. Bu sayede mekânsal dağılım, yüzey örtüsü ve fiziksel çevre hakkında ayrıntılı bilgiler elde edilmiştir. Ancak UA verileri, şehirsel fonksiyonların belirlenmesinde belirli sınırlılıklar taşımaktadır (Chang vd., 2021a; Wang vd., 2015). Örneğin, piksel tabanlı veya nesne tabanlı sınıflandırmalar, piksellerin renk değerleri ya da nesnelerin spektral ve biçimsel özelliklerine dayanmaktadır (Cockx vd., 2014; Jia vd., 2018; Gondwe vd., 2021). Ancak bu işlemler binaların konut, eğitim, ticaret ya da sağlık gibi farklı işlevlerini ayırt etmede yetersiz kalmakta (X. Liu vd., 2017) ve şehirdeki fonksiyonel arazi kullanımlarını belirlemek zorluğunu korumaktaydı. Bu nedenle şehirsel fonksiyonların daha hızlı ve etkili biçimde belirlenebilmesi için UA ve CBS'nin yanında ek veri kaynakları ve yöntemlerin kullanılması zorunlu hale gelmiştir.

1.5. Fonksiyonel Sınıflandırmada Yeni Trend: Sosyal Veri Kaynakları, İstatistiksel Teknikler ve Yapay Zekâ

Şehir içi arazi kullanımı ve fonksiyonların doğru biçimde belirlenebilmesi için birden fazla veri kaynağının birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu noktada özellikle insan faaliyetlerine ilişkin kitle kaynaklı veriler (Volunteered Geographic Information – VGI) tamamlayıcı bir rol üstlenmektedir. OpenStreetMap gibi açık kaynaklı haritalar, sosyal medya platformlarındaki konum paylaşımları, mobil cihazlardan elde edilen konum verileri ve hareketlilik uygulamaları (örneğin Baidu, Amap, Foursquare) şehirlerin fonksiyonel çeşitliliğini ve arazi kullanım kalıplarını anlamada araştırmacılara yeni imkânlar sunmaktadır. Geçmişte şehirler daha çok fiziksel ve mekânsal boyutlarıyla incelenirken günümüzde sosyal ve kültürel yönleri öne çıkmaktadır. Bu nedenle, geleneksel uzaktan algılama verileri yanında sosyal verilerin kullanımına yönelik eğilim giderek artmaktadır. Kimi araştırmacılar uzaktan algılamayı artık "geleneksel yöntem" olarak nitelendirirken (B. Liu vd., 2021), kimileri hibrit yaklaşımların önemine işaret etmektedir (Zhang vd., 2017). Özellikle sosyal medya verilerinin (Zhan vd., 2014), cep telefonu konum kayıtlarının (Tu vd., 2017), anlık trafik ve yolculuk taleplerinin (Crooks vd., 2015; Long & Shen, 2015) ve taksi kullanım verilerinin (X. Liu vd., 2020; Pan vd., 2013) yapay zekâ algoritmalarıyla işlenmesi yaygınlaşmıştır. Yapay zekâ, veriler

arasındaki ilişkileri keşfetme, sorunları çözme, sınıflandırma ve kategorize etme noktasında kritik bir düzeye ulaşmıştır.

Teknolojik gelişmeler sayesinde bireyler bilgisayar, cep telefonu ve benzeri cihazlarla faaliyette bulundukları mekânda dijital izler bırakmakta; bu izler hem konum bilgisi hem de insan faaliyetlerini yansıtan davranış kalıplarını içermektedir (Tu vd., 2017). Sosyal veriler olarak adlandırılan bu kayıtlar, mekân kullanımına dair büyük veri setlerinin oluşmasına katkı sağlamaktadır. Günümüzde sosyal medya, cep telefonu, dijital haritalar ve GPS yörüngeleri gibi veri kaynakları, şehirsel arazinin sosyo-ekonomik ve demografik yapısının incelenmesini mümkün kılmaktadır (Cai vd., 2017; Niu vd., 2017). Nitekim 2023 yılı itibarıyla cep telefonu kullanım oranı dünya nüfusunun %68'ine, internet kullanımı %64,4'e, sosyal medya kullanımı ise %59,4'e ulaşmıştır (Meltwater, 2024). Bu oranlar, mekân kullanımına dair anlık ve sürekli veri sağlayan sosyal medya ve konum tabanlı platformların önemini açıkça göstermektedir.

Twitter, Instagram ve Facebook gibi sosyal ağlar; Foursquare, Swarm, Flickr ve Weibo gibi check-in uygulamaları; Baidu, OSM ve Amap gibi açık veri sağlayıcıları, mekânsal araştırmalarda yaygın kullanılan kaynaklardandır (N. Xu vd., 2021). Bu platformlardan elde edilen veriler, veri madenciliği yöntemleriyle işlenebilmekte ve ucuz, güncel, erişilebilir olmaları nedeniyle giderek daha fazla tercih edilmektedir (Chiesa vd., 2023). Çeşitli çalışmalarda cep telefonu sinyalleri (Cao vd., 2017), sosyal medya uygulamaları (Longley vd., 2015), Google Haritalar, OSM yol ağları ve POI verileri (Crooks vd., 2015) kullanılmış; ayrıca taksi ve toplu ulaşım kayıtları da bu kapsamda değerlendirilmiştir (Qian vd., 2020). Böylelikle insanların fiziki mekânda bıraktıkları dijital izler, sanal ortamda okunabilir hale gelmekte ve şehirlerin fonksiyonel yapısının analizinde yeni olanaklar sunmaktadır.

Şehirsel alanlar, sosyo-ekonomik işlevler bakımından görece homojen fonksiyonel bölgelerden oluşan mikro alanları barındırmaktadır (Zhang vd., 2017). Son dönemdeki eğilimler, bu alanların yalnızca piksel boyutu, şekli ya da komşuluk ilişkilerine dayalı olarak sınıflandırılmasının yetersizliğini vurgulamakta; bunun yerine sosyal, ekonomik ve kültürel verilerin analizlere dâhil edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda özellikle coğrafi konum ve nitelik bilgilerini içeren POI (Point of Interest) verileri yaygın şekilde kullanılmaktadır (G. Luo vd., 2023). POI'ler, OSM gibi platformlardan ücretsiz elde edilebildiği gibi ticari olarak da üretilebilmektedir. Bunun

yanında OSM ve Microsoft tarafından küresel ölçekte sağlanan bina ayak izi veri setleri ile OSM yol ağları da fonksiyonel çeşitliliği belirlemede tamamlayıcı ve güvenilir veri kaynakları arasında yer almaktadır (N. Xu vd., 2021).

Sosyal verilerin mekânsal analizlerle bütünleştirilmesi, şehirlerin fonksiyonel sınıflandırmasında güçlü bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Fonksiyonların dağılış ve yoğunluk özelliklerinin incelenmesinde çeşitli istatistiksel teknikler ön plana çıkmaktadır. Şehirsel fonksiyonların yalnızca mekânsal dağılımını değil, aynı zamanda çeşitlilik düzeyini ortaya koyabilmek için bilgi teorisine dayalı iki istatistiksel teknik sıklıkla kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi frekans yoğunluk formülü (FD)'dür. Bu teknik bir alan içine düşen nokta sayısı ve tipinden yola çıkarak eşik tabanlı bir sınıflandırma ortaya koymaktadır. Belirlenen eşik değerinin altında kalanlar baskın, üzerinde kalanlar ise karma fonksiyon olarak tanımlanmaktadır (S. Liu vd., 2022). Diğeri ise *Shannon Entropisi* tekniğidir. Shannon (1948) tarafından geliştirilen bu yaklaşım, bir sistemdeki düzensizlik veya belirsizlik düzeyini sayısal olarak ifade etmektedir. Coğrafi çalışmalar açısından entropi değeri, belirli bir mekânsal birim içerisindeki farklı fonksiyon türlerinin oranlarına bağlı olarak hesaplanmakta ve bu oranların çeşitliliğini ölçmektedir. Entropi değeri düşük olduğunda alan daha homojen bir yapıya, yüksek olduğunda ise daha karma ve fonksiyonel açıdan çeşitli bir yapıya işaret etmektedir.

Yapay zekâ algoritmaları ise bu fonksiyonların hem sınıflandırılmasında hem de tahmin edilmesinde yüksek potansiyel sunarak akıllı ve sürdürülebilir şehirsel gelişim için önemli katkılar sağlamaktadır. Bu noktada özellikle makine öğrenmesi, derin öğrenme ve coğrafi yapay zekâ (GeoAI) gibi yapay zekâ teknikleri, fonksiyonel sınıflandırma süreçlerinde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Yapay zekâ (YZ), insan zekâsına özgü problem çözme, öğrenme ve karar verme yeteneklerini taklit etmeyi amaçlayan disiplinler arası bir alan olarak kullanılmaktadır (Y. Hu vd., 2019). Son on yılda büyük veri, güçlü algoritmalar ve gelişmiş donanım altyapısı sayesinde YZ alanında devrim niteliğinde ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu ilerlemeler içerisinde özellikle makine öğrenmesi (ML), verilerden doğrudan öğrenebilme ve örüntü keşfetme kabiliyeti sayesinde ön plana çıkmıştır. ML, klasik yöntemlerin yakalayamadığı karmaşık ilişkileri açığa çıkararak hem akademik araştırmalarda hem de şehir planlaması, ulaşım, çevre yönetimi ve mekânsal analiz gibi uygulama alanlarında kritik bir rol üstlenmektedir.

Makine öğrenmesi, bilgisayarların istatistiksel yöntemler aracılığıyla verilerdeki desenleri tanımlamasına ve bu desenlerden hareketle sınıflandırma, tahmin veya keşif yapmasına imkân tanımaktadır (Zhou, 2021). Bu süreç temelde altı bileşenden oluşmaktadır.

a) Veri: Veri, makine öğrenmesi modellerinin öğrenme sürecinde kullandığı temel girdidir. Başka bir ifadeyle veri, modelin örüntüleri tanımasını, ilişkileri keşfetmesini ve genelleme yapabilmesini sağlayan büyük miktarda bilgi bütünüdür. Makine öğrenmesinde veri genellikle iki boyutta ele alınır; girdi (özellikler/feature) ve çıktı (etiket/label). Girdi verileri, modelin öğrenmesi için gerekli olan açıklayıcı değişkenleri temsil ederken çıktı verileri modelin tahmin etmeye çalıştığı hedefi göstermektedir.

b) Özellik (Features): Makine öğrenmesi modelinin girdi olarak kullandığı ve verinin anlamlı boyutlarını temsil eden değişkenlerdir. Özellikler, verilerdeki örüntüleri açıklamaya yarayan, modelin öğrenme sürecini yönlendiren temel unsurlardır.

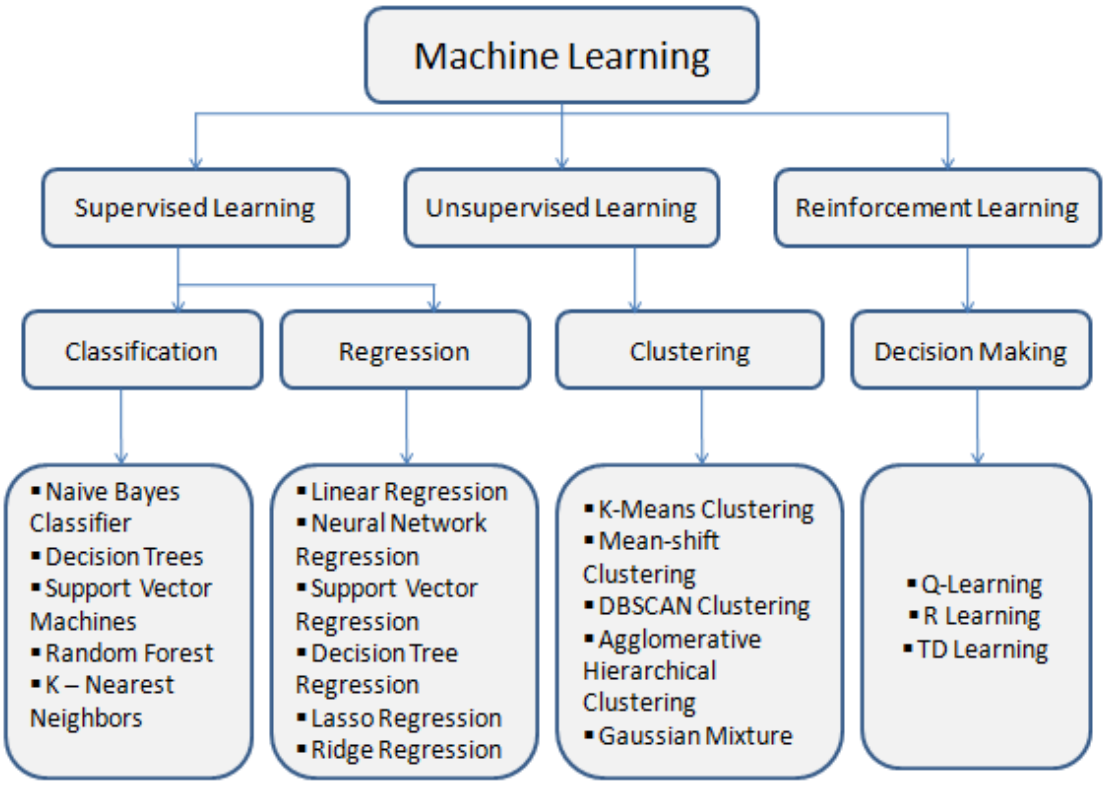
c) Algoritma: Makine öğrenmesi algoritmaları, verilerden öğrenmek için denetimli, denetimsiz ve pekiştirmeli öğrenme gibi tekniklerini kullanır. Denetimli öğrenmede, bir modeli eğitmek için etiketli verilere ihtiyaç duyulurken denetimsiz öğrenme kalıpları keşfetmek için etiketlenmemiş veriler kullanılmaktadır (Şekil 4). Pekiştirmeli öğrenmede ise öğrenme sürecinde ödüller veya cezalar gibi eyleme dayalı geri bildirime ihtiyaç duyulmaktadır.

d) Model: Girdi verilerindeki örüntüleri tanımlayan, bu örüntülerden genellemeler üreten ve yeni veriler üzerinde tahmin, sınıflandırma ya da karar verme süreçlerini yöneten bir yapıdır. Örneğin: Lineer regresyon, Logistic Regresyon, Xgboost, Clustering vb.

e) Eğitim (training): Modelin verilerle etkileşime girdiği ve öğrenme sürecinin gerçekleştiği aşamadır. Bu aşamada model, girdi verilerindeki örüntüleri tanımlayarak parametrelerini interaktif olarak günceller ve en uygun çözümü bulmaya çalışır. Örnek; maliyet optimizasyonu.

f) Doğrulama (validation): Eğitilen modelin performansını ölçmek ve genelleme yeteneğini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen aşamadır. Eğitim verilerinden bağımsız bir doğrulama veri seti kullanılarak, modelin yalnızca ezberleme (overfitting) yapıp yapmadığı test edilmektedir. Bu süreçte farklı değerlendirme ölçütleri (örneğin doğruluk (accuracy), kesinlik (precision), duyarlılık (recall), F1 skoru, AUC-ROC eğrisi) kullanılarak modelin ne kadar başarılı olduğu tespit edilmektedir.

Şekil 4'te verilen yöntemlerin herhangi bir veri üzerinde etkin bir şekilde uygulanabilmesi için güçlü yazılım altyapılarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada Python arayüzü ve açık kaynak kodlu analiz kütüphaneleri, araştırmacılara verilerin işlenmesi, analizi ve modellenmesi konusunda geniş imkânlar sağlamaktadır. Mekânsal verilerin işlenmesi ve algoritmaların uygulanması Python ve CBS tabanlı kütüphaneler aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda makine öğrenmesi ile coğrafya arasındaki entegrasyon, mekânsal büyük verilerin analizinde yeni ufuklar açmıştır.



Şekil 4: Makine Öğrenmesinde Kullanılan Algoritma ve Matematiksel Modeller

Kaynak: (Kumargupta, 2022).

Mekânsal makine öğrenmesi, bilgisayarların yalnızca verilerden değil, aynı zamanda konum bilgisinden öğrenmesini sağlayarak şehirsel fonksiyonların daha doğru biçimde modellenmesine katkı sunmaktadır (Kalisky & Mani, 2019). Python'da GeoPandas, PySAL, Arcpy gibi mekânsal kütüphanelerin yanı sıra Scikit-learn, XGBoost ve TensorFlow gibi makine öğrenmesi kütüphaneleri, mekânsal verilerin işlenmesini, analiz edilmesini ve modellenmesini önemli ölçüde kolaylaştırmaktadır. GeoPandas, coğrafi veri yapılarını pandas tabanlı bir ortamda etkin biçimde işlerken; PySAL mekânsal istatistik ve mekânsal bağımlılık analizlerinde güçlü bir çerçeve sunmaktadır. Arcpy,

ArcGIS Pro ile bütünleşerek karmaşık mekânsal analizlerin otomatikleştirilmesine imkân tanımaktadır. Scikit-learn temel sınıflandırma, regresyon ve kümeleme yöntemlerini kullanmaya olanak verirken; XGBoost, yüksek doğruluklu tahmin ve sınıflandırmalarda öne çıkmaktadır. TensorFlow ve PyTorch ise derin öğrenme tabanlı mekânsal uygulamaların geliştirilmesinde kullanılmaktadır.

Denetimli öğrenme teknikleri içinde, örneğin doğrusal regresyon teknikleri, çoğu zaman doğrusal ilişkilere dayalıdır ve veriler arasındaki karmaşık, çok boyutlu örüntüleri yakalayamamaktadır. Regresyon analizleri belirli bağımlı-bağımsız değişken ilişkilerini açıklamada güçlü olsa da farklı fonksiyonların çok sayıda mekânsal, sosyal ve ekonomik değişkenle etkileşimini aynı anda modellemekte sınırlı kalmaktadır (Gacar & Kocakoç, 2020). Benzer şekilde, geleneksel CBS analizleri (buffer, overlay, yakınlık ölçümleri) mekânsal ilişkileri ortaya koymakta faydalı olmakla birlikte, bu ilişkilerin hangi kombinasyonlarda daha yüksek fonksiyonel anlam taşıdığını genelleştiremez. Bu kapsamda karar ağaçları (Desicion Tree) tabanlı tekniklerin veriler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri, karmaşık örüntüleri ve yüksek boyutlu değişken etkileşimlerini öğrenebilme kapasitesi sayesinde öne çıkmaktadır. Bunlar, yalnızca mevcut ilişkileri açıklamakla kalmaz aynı zamanda sınıflandırma yapmak, bilinmeyen örüntüleri keşfetme ve yeni tahminler üretme kabiliyetleri ile şehir fonksiyonlarının analiz edilmesinde güçlü çözümler sunmaktadır. Özellikle büyük veri çağında POI verileri, yol ağları, bina ayak izleri ve parsel verileri gibi çok kaynaklı ve karmaşık veri setlerinin analizinde makine öğrenmesi tabanlı karar ağaçlarının esnek yapısı önemli bir üstünlük sağlamaktadır.

Literatür taramasında verildiği üzere; güncel araştırmalar, şehir coğrafyasında yapay zekâ destekli yöntemlerin kullanımında dikkate değer bir artışa işaret etmektedir. Yürütülen çalışmalar, POI verileri ve mekânsal girdilerin, istatistiksel teknikler ve ML algoritmalarıyla entegre edilmesiyle şehir fonksiyonlarının daha yüksek doğruluk oranlarıyla sınıflandırılabildiğini göstermektedir. Bu eğilim, fonksiyonel sınıflandırmada yalnızca uzaktan algılama tabanlı yöntemlerin değil, aynı zamanda sosyal verilerle desteklenen ML yaklaşımlarının öne çıktığını ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, şehirsel fonksiyonların çok boyutlu yapısını daha doğru ve bütüncül biçimde ortaya koymak amacıyla üç farklı teknik bir arada kullanılmaktadır: Shannon Entropisi, DBSCAN ve XGBoost. Bu yöntemlerin birlikte kullanılması, şehirsel alanların

fonksiyonel çeşitliliğini hem istatistiksel hem mekânsal hem de tahmin açıdan değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır.

Bu çalışmada Shannon Entropisi, parsellerin veya bölgelerin fonksiyonel çeşitlilik düzeylerini ortaya koymak ve şehirsel alanlardaki homojen–heterojen yapıları tanımlamak amacıyla kullanılmıştır. DBSCAN, yoğunluk temelli bir kümeleme algoritmasıdır ve mekânsal verilerde doğal kümelenmeleri belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmada DBSCAN, benzer fonksiyonlara sahip parsellerin yoğunluk kümelerini belirlemek, fonksiyonların mekânsal yoğunlaşma bölgelerini ortaya koymak ve heterojen alanları ayırt etmek için uygulanmıştır. XGBoost (Extreme Gradient Boosting), gradyan artırmalı karar ağaçlarına dayanan güçlü bir sınıflandırma ve tahmin algoritmasıdır. Büyük hacimli ve çok boyutlu veri setlerinde yüksek doğruluk sağlaması, eksik verilerle başa çıkabilmesi ve hesaplama verimliliği açısından öne çıkmaktadır. Bu çalışmada XGBoost, parsellerin fonksiyonlarının tahmin edilmesinde kullanılmıştır.

2. BÖLÜM: VERİ TEMİNİ VE ÖN İŞLEME

Çalışmanın bu bölümü; veri temini ve veri ön işleme olmak üzere iki adımdan oluşmaktadır. Veri temini adımında, araştırmada kullanılan veri setlerinin kaynakları, içerdiği öznitelikler kapsamlı biçimde tanıtılmış; ayrıca bu verilerin mekânsal kapsamları da ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Veri ön işleme adımı ise çalışmada kullanılan ham veri setlerinin analiz için uygun hale getirilmesine yönelik gerçekleştirilen işlemleri kapsamaktadır.

2.1. Veri Temini

Bu çalışmada şehirsel fonksiyon analizi kapsamında parsel ölçeğinde fonksiyonların belirlenmesi amacıyla ağırlıklı olarak açık kaynaklı veri setlerinden yararlanılmıştır. Çalışmada ihtiyaç duyulan veri setleri Tablo 1'de verilmiştir. Elde edilen veriler içerik, tip ve kullanım alanı açısından çeşitlilik göstermekte olup farklı kaynaklardan temin edilmiştir.

Veriler	Veri Tipi	Veri Kaynağı	Kullanım Alanı
İdari Veriler	Vektör	Harita Genel Müdürlüğü	Çalışmayı Sınırlandırma
İlgi Çekici Nokta (POI)	Vektör	OpenStreetMap	Fonksiyonel Sınıflandırma
Bina Ayak İzi	Vektör	OpenStreetMap	Fonksiyonel Sınıflandırma
	Vektör	Microsoft	Fonksiyonel Sınıflandırma
Parsel Verisi	Vektör	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü	Sınıflandırma-Tahmin
Yol Ağı	Vektör	OpenStreetMap	Tahmin
Sokak Görünümü	Raster	Google Maps	Doğrulama
İmar Planı	Vektör	İstanbul Büyükşehir Belediyesi	Doğrulama-Karşılaştırma

Tablo 1: Çalışmada Kullanılan Temel Veri Setleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

İdari veriler, Harita Genel Müdürlüğü'nün web sitesi olan https://www.harita.gov.tr/urun/turkiye-mulki-idare-sinirlari/232 adresinden edinilmiştir. Bu veri, çalışma alanının sınırlandırılması ve lokasyon haritalarının üretilmesinde kullanılmıştır. Fonksiyonel sınıflandırma sürecinin temelini ise açık veri kaynakları oluşturmaktadır. Bu kapsamda, başta OpenStreetMap (OSM) tarafından sağlanan İlgi Çekici Noktalar (POI) ve bina ayak izi verileri ile Microsoft'un açık veri setleri değerlendirilmiştir. Sınıflandırma analizinin doğruluğu, Google Street View görüntüleri

ve 1/1000 ölçekli İmar Planı verileri üzerinden sınanmıştır. Ayrıca İmar Planı, fonksiyon tahmin analizi sonrasında model çıktılarının karşılaştırılması aşamasında da kullanılmıştır. Fonksiyonel sınıflandırma analizinde parsel verisi temel mekânsal birim olarak değerlendirilirken yol ağı verileri fonksiyon tahmini aşamasında değişken üretimi ve haritalama süreçlerinde önemli bir girdi sağlamaktadır.

2.2.1 İlgi Çekici Noktalar (POI)

Bu çalışmada kullanılan veriler, açık kaynaklı bir coğrafi bilgi sistemi platformu olan OpenStreetMap (OSM) üzerinden sağlanmıştır. OSM, küresel gönüllü katkılara dayanan ve sürekli güncellenen açık kaynaklı bir coğrafi bilgi sistemi platformudur (Bennett, 2010; Haklay & Weber, 2008). OpenStreetMap (OSM) verilerine, Geofabrik resmi dağıtım platformu olan https://download.geofabrik.de/europe/turkey-latest-free.shp.zip adresinden erişilmektedir. Bölgesel ve kategorik olarak indirilebildiği için en güvenilir açık coğrafi veri arşivlerinden biridir. Veri tabanının arşiv uzantısı .shp (esri shapefile)'dir. Geofabric verileri, günlük periyodlarda güncellenmekte olup bu çalışmada 25 Mart 2025 tarihli veri tabanı kullanılmaktadır. Geofabric veri kataloğu nokta katmanında yerler, ilgi çekici noktalar, ibadet alanları, trafik ve ulaştırma ile ilgili detaylara; çizgi katmanında karayolu, demiryolu ve akarsu detaylarına; alan katmanında ise bina ayak izi, arazi kullanımı ve sulak alan detaylarını içermektedir (Tablo 2).

Veri Tipi	Geometri Kodu	Katman	Açıklamalar
Nokta	10xx	Yerler	Şehirler, kasabalar, banliyöler, köyler…
	2xxx	İlgi Çekici Noktalar	İlgi Çekici Noktalar
	20xx		Devlet daireleri, postane, polis gibi kamu tesisleri …
	21xx		Hastaneler, eczaneler
	22xx		Kültürel Aktivitiler, dinlenme, eğlenme...
	23xx		Restoranlar, barlar, kafeler, …
	24xx		Otel, moteller ve gece kalınacak diğer yerler
	25xx		Süpermarketler, fırınlar, …
	26xx		Banka ve ATM'ler
	27xx		Turistik yerler, müzeler…
	29xx		Çeşitli ilgi noktaları…
	3xxx	İbadet Alanları	Kilise, cami gibi ibadet yerleri…
	41xx	Doğal Alanlar	Doğal özellikler
	52xx	Trafik	Trafikle ilgili …
	50xx	Ulaştırma	Otoparklar, benzin istasyonları …
Çizgi	51xx	Karayolu	Yollar, izler, patikalar…

	61xx	Demiryolu	Demiryolu, metrolar, hafif raylı sistem, tramvaylar …
	81xx	Su Yolu	Nehirler, kanallar, akarsular …
Alan	15xx	Bina Ayak İzi	Bina ana hatları
	72xx	Arazi Kullanımı	Ormanlar, yerleşim alanları, endüstriyel alanlar …
	82xx	Sulak Alan	Göl.

Tablo 2: Openstreetmap Veri Kataloğuna Genel Bakış

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Çalışmada kullanılan temel veri türlerinden biri şehirsel analizlerde mekânsal örüntülerin belirlenmesine olanak tanıyan POI verileridir. POI verileri, belirli bir coğrafi alandaki restoran, kafe, mağaza, okul, hastane, park, spor sahası, dini yapı, ulaşım istasyonu gibi mekânsal olarak tanımlanan varlıkları temsil eder. Her bir POI kaydı benzersiz bir kimlik numarası (osm_id), nitelik kodu (code), tanımlayıcı nitelik bilgileri (fclass), isim (name) ve konum bilgisi (x, y koordinatları) içerir. Bu nitelikler, POI'nin türünü, adını, kapasitesini, işlevini ve bazı durumlarda kullanıcılar tarafından sağlanan detaylı açıklamaları içermektedir.

2.2.2. Bina Ayak İzi Verisi

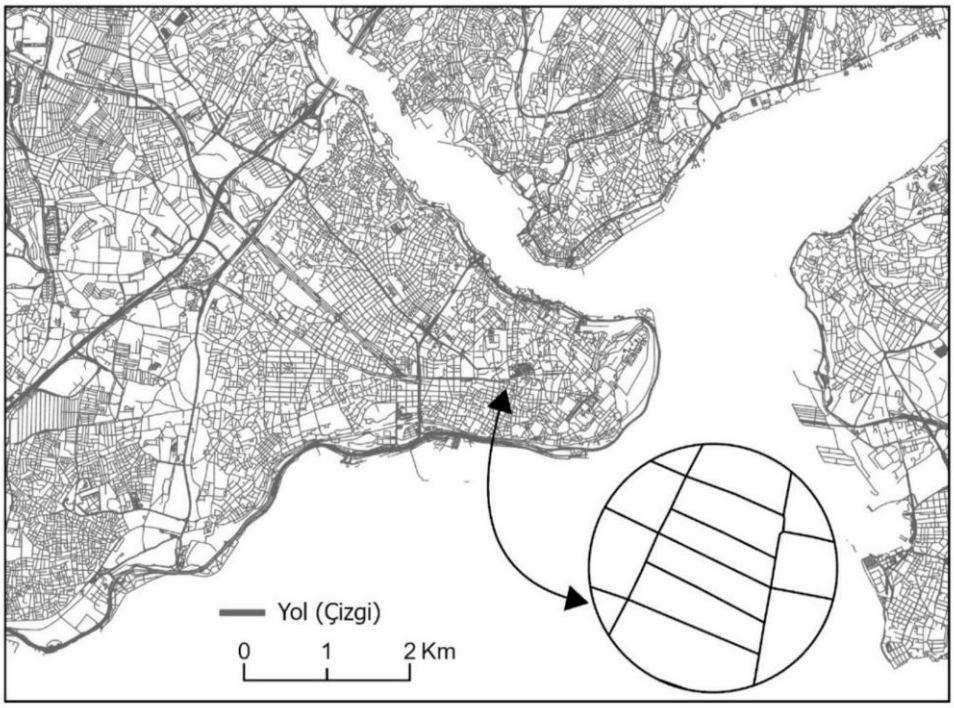
OSM veri tabanı içinde kullanılan diğer önemli veri katmanı ise binaların temel (ayak izi) geometrilerini temsil eden bina ayak izi (Building Footprints) verileridir. Her bir bina objesi, bir çokgen (polygon) biçiminde çizilmekte ve OSM veri tabanında building=* etiketiyle işaretlenmektedir. Bu etiket, bir yapının fiziksel varlığını belirtirken; kimlik numarası (osm_id), osm kodu (code), öznitelikler (fclass), isim (name) ve tip (type) gibi diğer özellikler binanın kullanımı (örneğin konut, ticaret, sanayi, hastane, okul) hakkında farklı detaylar sağlamaktadır. Bu nedenle OSM bina ayak izi verileri, parsel fonksiyonlarının belirlenmesinde önemli bir mekânsal katman olarak değerlendirilmiş, POI verileriyle birlikte kullanılarak veri tabanının daha güçlü hale gelmesine katkı sağlamıştır.

Çalışmada kullanılan açık veri kaynaklarından biri de Microsoft tarafından geliştirilen bina ayak izi verisidir. Bu veri seti, uydu görüntülerinden derin öğrenme teknikleri kullanılarak üretilmiş ve daha sonra küresel ölçekte erişime açılmıştır. Microsoft, bu verileri GitHub platformu aracılığıyla https://github.com/microsoft/GlobalMLBuildingFootprints linki üzerinden açık kaynaklı olarak araştırmacıların ve kamuoyunun kullanımına sunmaktadır. Çalışma kapsamında son güncellemesi 25.02.2025 tarihinde yapılan veri tabanı kullanılmıştır. GeoJSON formatında sunulan

bina ayak izi verileri gerekli dönüşümler sonrasında çalışmaya entegre edilmiştir. Microsoft bina ayak izi verileri yalnızca bina geometrilerini barındırmakta olup öznitelik bilgisi barındırmamaktadır. Bu nedenle veri, doğrudan bir fonksiyon bilgisi sunmamakta ve işlenerek kullanılmaktadır.

2.2.3 Yol Ağı

OSM yol ağı verisi yol, cadde, sokak, bulvar gibi şehir ulaşım bileşenlerini temsil eden çizgi tipinde vektör veri katmanıdır. Veride yol kimlik numarası (osm_id), osm kodu (code), öznitelikler (fclass), yol adı (name) ve yol adı kısaltması (ref), yön bilgisi ve maksimum hız gibi detaylar yer almaktadır. Verideki farklı yol türleri (örneğin primary, secondary, tertiary, service, footway) hiyerarşik bakımdan sınıflandırılmaktadır (Şekil 5).



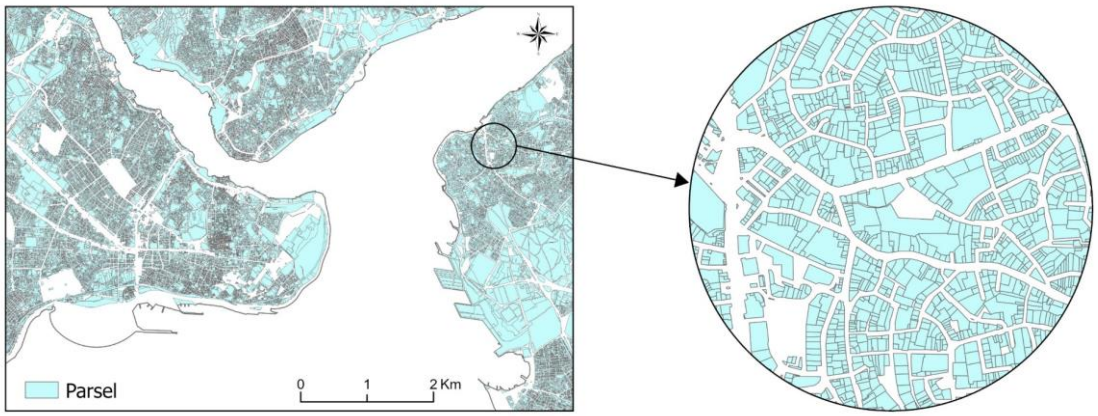
Şekil 5: OSM Yol Ağı Verisi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

2.2.2. Parsel Verisi

Çalışmada kullanılan parsel verileri, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) tarafından sağlanan veri tabanından temin edilmiştir. Bu kapsamda, çalışma alanını kapsayan parseller vektör formatında elde edilmiş ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında analizlere hazır hale getirilmiştir. Verilerin temini sürecinde TKGM'nin resmî

veri paylaşım altyapısı olan https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/ adresinden yararlanılmıştır. Elde edilen veriler, diğer mekânsal veri setleri ile uyumlu hale getirilmiştir. Söz konusu parsel verisi, fonksiyonel sınıflandırma analizinde temel mekânsal birim olarak kullanılmıştır (Şekil 6).

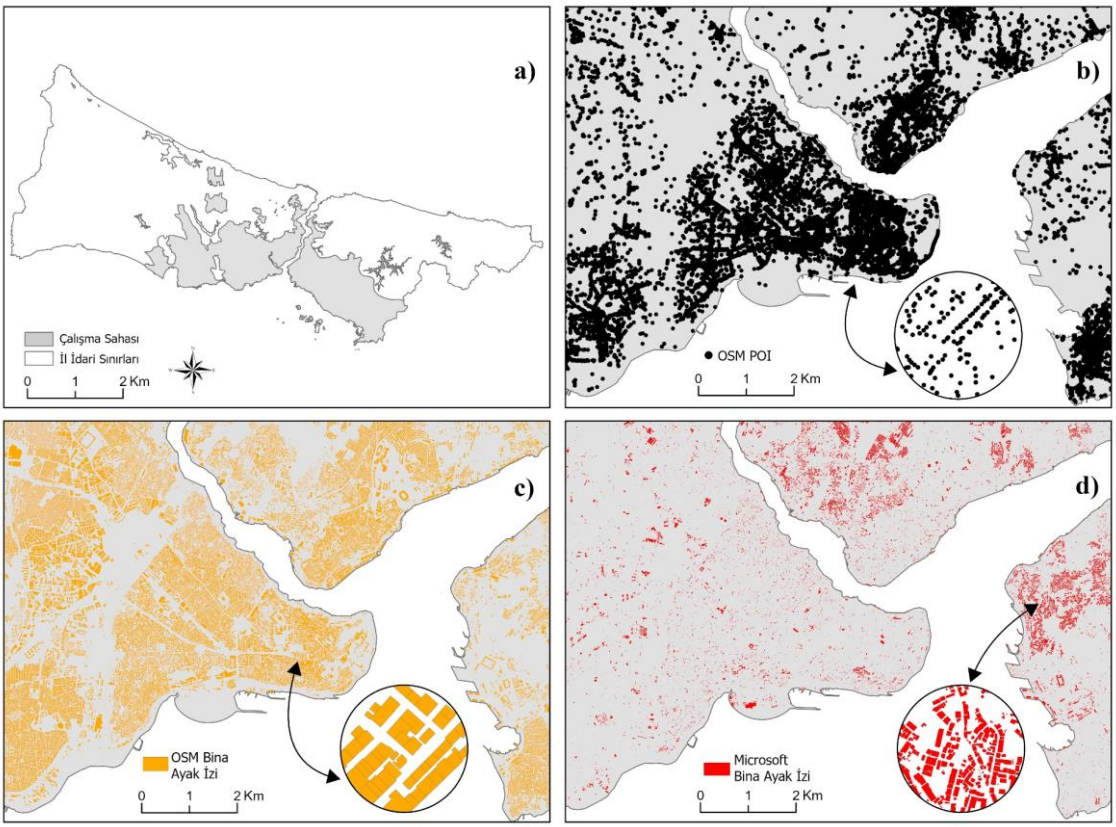


Şekil 6: TKGM Parsel Verisi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

2.2. Veri Ön İşleme

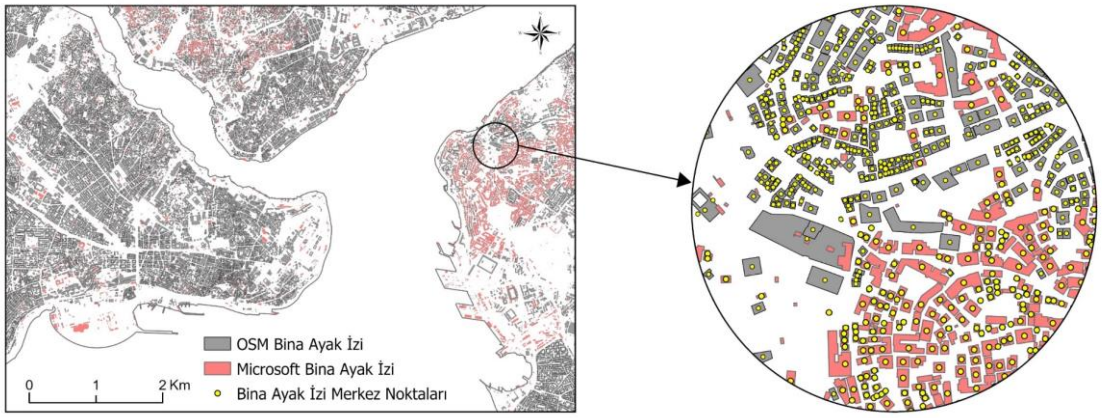
Veri ön hazırlık süreci; projeksiyon dönüştürme, maskeleme, filtreleme, veri tipi dönüştürme, veri ayırma veya birleştirme, yeni sütun ekleme ve öznitelik tanımlama adımlarından oluşmaktadır. OSM veri setleri genellikle küresel WGS84 (EPSG:4326) koordinat sisteminde sağlanmaktadır. Ancak detaylı şehir içi mekânsal analizler için yerel bir projeksiyon ve koordinat kullanmak gerekmektedir. Bu dönüşüm, geometri kaymalarını ve ölçüm hatalarını minimize etmek ve gerekli istatistik sonuçları hazırlamak için kritik bir adımdır. Bu nedenle tüm veri setleri, çalışma alanına uygun bir yerel referans sistemi olan TUREF 30 tercih edilmiştir. Projeksiyonu dönüştürülen veri setleri, belirlenen çalışma alanı sınırı kullanılarak maskelenmiştir. Maskelenen veri setlerinde eksik veya hatalı geometriye sahip kayıtlar tespit edilip düzeltilmiştir. Gereksiz katmanlar ve öznitelik sütunları filtrelenmiştir ve sadece analizde kullanılacak temel öznitelikler korunmuştur. Bu kapsamda gerçekleştirilen işlemler sonucunda çalışma sınırı (a), OSM POI noktaları (b) ve bina ayak izi verileri (c ve d) Şekil 7'de sunulmaktadır.



Şekil 7: Çalışma Sınırına Göre POI, Bina Ayak İzi Verilerinin Koordinat Dönüşümü ve Maskeleme İşlemleri, (a) Çalışma Sahası, (b) OSM POI Verisi, (c) OSM Bina Ayak İzi Verisi, (d) Microsoft Bina Ayak İzi Verisi.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

OSM verilerinin ön işleme sürecinde, İstanbul'un çeşitli alanlarında veri eksikliği olduğu gözlemlenmiştir. Bu kapsamda Microsoft bina ayak izi verisi, özellikle OSM verisinin konut alanlarını tam olarak yansıtmadığı yerlerde tamamlayıcı bir veri olarak kullanılmıştır. Bu aşamada tüm kategorilerdeki POI verileri ile kesişmeyen Microsoft bina ayak izi verileri tespit edilmiştir. Konut alanlarına karşılık gelen bina ayak izi poligon verileri, her bir geometrinin merkezi kullanılarak nokta verisine dönüştürülmüştür (Şekil 8). Dönüştürülen bina verileri mekansal birleştirme aracı kullanılarak POI verilerine dahil edilmiştir. Çalışma alanı kapsamında konut, ticaret, endüstri, eğitim, sağlık, eğlence, spor, kamu hizmetleri, dini yapılar, yeşil alanlar, finans ve konaklama gibi farklı temalara ait toplam 969.209 adet POI verisine elde edilmiştir.



Şekil 8: Bina Ayak İzi Verilerinin Hazırlık Süreci

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Veri ön işleme sürecinin kritik adımlarından biri de öznitelik tablosu güncelleme ve öznitelik tanımlama sürecidir. Bu kapsamda, POI verisi özgün etiketlerine (bakkal, optik, süpermarket, kuaför gibi.) dayalı olarak ilgili oldukları şehirsel fonksiyonlara göre kategorize edilerek yeniden sınıflandırılmıştır. Bu kapsamda barınma fonksiyonu, ticaret fonksiyonu, yeme-içme fonksiyonu, sanayi fonksiyonu, eğitim fonksiyonu, sağlık fonksiyonu, finans fonksiyonu, eğlence-spor fonksiyonu, kamu hizmetleri fonksiyonu, inanç fonksiyonu, turizm fonksiyonu, konaklama fonksiyonu olmak üzere 12 ana fonksiyon oluşturulmuştur (Tablo 3).

OSM Kodlar	**OSM Sınıfları**	**OSM Etiketleri**	**Fonksiyonel Sınıflandırma**
15xx 7203	Residential	Building =in type column, landuse = residential	Barınma Fonksiyonu
7209 25xx	Commercial Shopping	shop=supermarket, shop=gift, shop=stationery, shop=outdoor, shop=outdoor, shop=clothes, shop=greengrocer, shop=books, shop=bakery shop=beauty, amenity=bicycle_rental shop=computer, amenity=car_wash shop=dry_cleaning, amenity=car_sharing shop=laundry,shop=jewelry, shop=optician shop=gift, shop=beverages, shop=butcher shop=jewelry, shop=alcohol, shop=shoe, shop=florist etc.	Ticaret Fonksiyonu
23xx	Catering	amenity=restaurant, amenity=fast_food, amenity=cafe	Yeme-içme Fonksiyonu

		amenity=bar, amenity=food_court, amenity=biergarten	
7204 **2562**	Industrial	landuse=industrial shop=car_repair	Sanayi Fonksiyonu
208x	Education	amenity=school, amenity=university, amenity=college amenity=kindergarten amenity=research_institute	Eğitim Fonksiyonu
21xx	Health	amenity=pharmacy,menity=hospital, amenity=clinic, amenity=doctors, amenity=dentist, amenity=veterinary amenity=pharmacy, amenity=psychotherapist, healthcare=*	Sağlık Fonksiyonu
2600	Money	amenity=bank amenity=atm	Finans Fonksiyonu
7202 **7210** **7211**	Leisure Sport Park	leisure=park, leisure=nature_reserve leisure=recreation_ground, landuse_recreation_ground amenity=theatre, amenity=nightclub, amenity=cinema leisure=park, leisure=sports_centre, leisure=pitch leisure=playground, leisure=swimming_pool, leisure=dog_park, leisure=water_park sport=tennis, leisure=ice rink, leisure=golf_course, leisure=stadium	Eğlence-Spor Fonksiyonu
20xx **7213**	Public	amenity=police, amenity=fire_station, amenity=post_box, amenity=post_office, amenity=telephone, amenity=library, amenity=townhall, amenity=courthouse, amenity=prison, amenity=embass oroffice=diplomatic, amenity=community_centre, landuse=military.	Kamu Hizmetleri Fonksiyonu
3000	Workship	amenity=place_of_worship religion=muslim, religion=christian, religion=jewish, vb. building=mosque, church, synagogue, temple	İnanç Fonksiyonu
2700	Tourism	tourism=museum, historic=monument, historic=memorial tourism=artwork, historic=castle, historic=ruins, historic=archaeological_site, historic=wayside_shrine, historic=battlefield, historic=fort, tourism=picnic_site tourism=viewpoint, tourism=zoo, tourism=theme_park	Turizm Fonksiyonu

24xx	Accomodation	tourism=hotel, motel, guest_house, hostel tourism=camp_site, caravan_site, amenity=shelter tourism=chalet	Konaklama Fonksiyonu

Tablo 3: OSM Etiketlerinin Şehirsel Fonksiyonlara Göre Kategorize Edilmesi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şehirsel fonksiyonlara göre yeniden kategorize edilmiş POI verilerine ait istatistikler Tablo 4'te verilmiştir. Buna göre, toplam 969.209 adet POI'nin çok büyük bir kısmı (836.369 adet) barınma fonksiyonu altında toplanmaktadır. Bu durum, şehir dokusunun konut ağırlıklı gelişim gösterdiğini açıkça ortaya koymaktadır. Ticaret fonksiyonu 66.551 nokta ile ikinci sırada yer almaktadır. Eğlence-spor (15.828) ve yeme-içme (11.293) fonksiyonları ise şehirsel yaşamı destekleyici nitelikte olup, mekânsal çeşitlilik açısından önemli katkılar sunmaktadır. Eğitim (8.355) ve sağlık (6.594) gibi kamusal hizmet fonksiyonları ile inanç (3.605) ve kamu hizmetleri (4.668) fonksiyonları görece daha küçük ölçeklerde dağılım göstermektedir. Konaklama (2.134), finans (3.156) ve turizm (983) fonksiyonları daha düşük sayıda temsil edilse de özellikle merkezi noktalarda ve turistik bölgelerde yoğunlaşmalarıyla dikkat çekmektedir.

Fonksiyon Sınıfları	**POI Sayısı**
Barınma Fonksiyonu	836.369
Ticaret Fonksiyonu	66.551
Sanayi Fonksiyonu	9.673
Eğlence-Spor Fonksiyonu	15.828
Eğitim Fonksiyonu	8.355
İnanç Fonksiyonu	3.605
Sağlık Fonksiyonu	6.594
Kamu Hizmetleri Fonksiyonu	4.668
Yeme-İçme Fonksiyonu	11.293
Konaklama Fonksiyonu	2.134
Finans Fonksiyonu	3.156
Turizm Fonksiyonu	983
Toplam	**969.209**

Tablo 4: Şehirsel Fonksiyonlara Göre Kategorize Edilmiş POI İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

3. BÖLÜM: FONKSİYONEL SINIFLANDIRMA ALGORİTMASININ GELİŞTİRİLMESİ

Fonksiyonel sınıflandırma, şehirsel alanların mekânsal organizasyonunu anlamak ve çeşitli şehirsel süreçleri analiz etmek açısından büyük önem taşımaktadır. Önceki çalışmalarda, mevcut fonksiyonel sınıflandırmayı için farklı teknikler kullanılmıştır (Cui vd., 2020; X. Xu vd., 2021; Döker vd., 2025). Ancak bunları daha hızlı ve tekrarlayan biçimde üretmek bu teknikler ile oldukça zahmetlidir. Bu nedenle çalışmanın bu kısmında, mevcut fonksiyonları sınıflandırmak ve bunu çok daha hızlı şekilde gerçekleştirmek ve otomatikleştirmek için aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir.

Fonksiyonel sınıflandırmanı ilk adımı, şehirsel alanlardaki karma fonksiyonlu parsellerin belirlenmesidir. Bunun için, parsel ve POI (Point of Interest) noktalarına kesişim analizi uygulanmaktadır. Analiz kapsamında, her bir parselin sınırları içerisine düşen POI noktaları tespit edilmektedir. Daha sonra, bu noktasal verilerin fonksiyon çeşitliliğini nicel olarak ölçmek amacıyla Entropi analizi uygulanmaktadır. Böylece yüksek entropi değerine sahip olan parseller, karma fonksiyonlu parseller olarak sınıflandırılmaktadır.

3.1. Shannon Entropisi İndeksi ile Karma Fonksiyonların Tespit Edilmesi

Bu bölümde parsellerin çevresindeki işlevsel çeşitliliği hesaplamak ve karma (çok işlevli) kullanımları belirlemek amacıyla Shannon entropisi (SE) temelli bir yöntem kullanılmaktadır. Yöntem, Parsel–POI (Point of Interest) ilişkisini sayısallaştırarak, fonksiyon tiplerinin parsel içindeki dağılımını matris haline getirir ve bu dağılımın homojenliğini/çeşitliliğini SE ile ölçmektedir (Denklem 1). SE değeri sıfır olduğunda tek fonksiyon ya da hâkim fonksiyon SE büyüdükçe çok fonksiyonlu (karma) şeklinde yorumlanmaktadır.

Her bir parsel için parsel sınırları içinde kalan POI'ler kesişim analizi ile hesaplanmakta ve her bir fonksiyon tipi için POI noktalarının frekansı elde edilmektedir. Bu noktada her parselde hangi işlev tiplerinin ne sıklıkta görüldüğüne ilişkin özet bir kesişim tablosu oluşturulmaktadır. Örneğin, Tablo 5'te Parsel_Id sütunundaki 4 numaralı örnek parsel, ticaret, yeme-içme ve sağlık olmak üzere 3 farklı POI tipi barındırmakta olup, bu parsel toplamda 5 adet POI noktası içermektedir. Bu durum, parselin üç işlevli bir kullanım yapısına sahip olduğunu göstermektedir.

Entropi yani çeşitlilik indeksinin hesaplamak için Tablo 5'te verilen kesişim tablosu, her satırı bir parseli, sütunları işlev tiplerini, hücreleri ise ilgili POI sayısını gösterecek şekilde matrisleştirilmiştir. İşlevin bulunmadığı hücreler 0 değerini almaktadır. Oluşturulan matriste her parselde aynı fonksiyon tipine sahip birden fazla POI varsa, bunların sayısı toplanmaktadır. Böylece her parsel-fonksiyon tipi kombinasyonu için toplam POI sayısı elde edilmektedir. Tablo 6'da verilen parsel-fonksiyon matrisi incelendiğinde 4 numaralı örnek parsel barındırdığı 1 sağlık, 3 ticaret ve 1 yeme-içme fonksiyonu ile entropi analizi için sütunlar haline dönüştürülmektedir.

Oid	Parsel_Id	Fonksiyon	POI_Frekansi
1	1	Eğitim	1
2	2	İnanç	1
3	3	Barınma	5
4	3	Sağlık	1
5	**4**	Ticaret	3
6	**4**	Yeme-İçme	1
7	**4**	Sağlık	1
8	5	Barınma	12
9	6	Sağlık	1

Tablo 5: Parsel ve POI Kesişim İşleminden Üretilen Tablo Özeti

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Parsel_Id	Egitim	Inanc	Barinma	Saglik	Ticaret	Yeme-Icme
1	1	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0
3	0	0	5	1	0	0
4	0	0	0	1	3	1
5	0	0	12	0	0	0
6	0	0	0	1	0	0

Tablo 6: Fonksiyon Matrisi Tablosu

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Buna göre parseldeki işlev dağılımının çeşitliliği Shannon entropisi (SE) ile ölçülür. Bir parselde n farklı fonksiyon tipi olduğunu varsayalım. Her bir fonksiyon tipinin oranı p_i ile gösterilmektedir. Entropi (SE), Denklem 1'de gösterilen formül ile hesaplanmaktadır:

$$SE = -\sum_{i=1}^{n} p_i \,.\, log_2 (p_i) \qquad (1)$$

n: Parselde bulunan farklı fonksiyon tipi sayısı.

p_i: i fonksiyon tipinin, toplam POI sayısına oranı.

log_2: Entropi ölçmek için kullanılan taban.

Formül 1'de önce her bir parselde farklı fonksiyon tiplerine ait POI sayıları (*n*) belirlenmektedir. Ardından her fonksiyon tipi için, o fonksiyonun toplam POI sayısına oranı (*pi*) bulunmaktadır. Bu oranlar, entropi formülünde yerine konularak parseldeki fonksiyon çeşitliliğinin sayısal değeri elde edilmektedir. Birden fazla fonksiyon varsa ve bunlar arasında dağılıma göre entropi (SE>0); sıfırdan büyük değer almaktadır. Eğer bir parselde yalnızca bir fonksiyon tipi varsa entropi sıfır olur (SE=0); yani çeşitlilik yoktur. SE = 0 değeri bir parselin hâkim fonksiyonlu olduğu anlamına gelmektedir. Entropi tablosuna (Tablo 7) göre, 4 numaralı parselin 1.45 değerini alarak karma fonksiyon içerdiği tespit edilmektedir.

Parsel_Id	SE	Karma
1	0.0	-
2	0.0	-
3	0.65	Barınma, Sağlık
4	1.45	Sağlık, Ticaret, Yeme-içme
5	0.0	-
6	0.0	-

Tablo 7: Örneklendirilen Parsellerin Entropi Oranları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Entropi indeksi 0 olan parsellerde çeşitlilik bulunmaması nedeniyle hâkim fonksiyon olarak ele alınmakta olup parsellerin dağılış özelliklerinin hesaplanması için kümeleme algoritması uygulanmak üzere filtrelenerek yeni bir veri kümesi olarak dışa aktarılmaktadır.

Çalışma sahası için oluşturulan tüm POI verileri (Bölüm 2.2. – Tablo 4) kullanılarak karma fonksiyonlu parseller tespit edilmiş ve bu analiz sonucunda toplam 121.561 POI'nin birden fazla fonksiyon tipini temsil eden parsellerde yer aldığı belirlenmiştir (Tablo 8). Aynı parsel içinde birden fazla POI sınıfının bulunması, mekânın birden çok işleve hizmet ettiğini göstermekte; bu durum, söz konusu alanların karma fonksiyonlu parseller olarak tanımlanmasını sağlamaktadır.

Fonksiyon Sınıfları	POI Sayısı
Barınma Fonksiyonu	53.704
Ticaret Fonksiyonu	26.621
Eğlence-Spor Fonksiyonu	11.124
Yeme-İçme Fonksiyonu	9.991
Sağlık Fonksiyonu	4.711

Eğitim Fonksiyonu	3.409
Finans Fonksiyonu	2.821
Kamu Hizmetleri Fonksiyonu	2.718
Sanayi Fonksiyonu	2.629
Konaklama Fonksiyonu	1.661
İnanç Fonksiyonu	1.353
Turizm Fonksiyonu	819
Toplam	**121.561**

Tablo 8: Karma Fonksiyonların Tespiti İçin Kullanılan POI İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Karma fonksiyon dağılımına göre en yüksek değer barınma (53.704) ve ticaret (26.621) fonksiyonlarında gözlenmiştir. Bu iki sınıf, konut alanlarıyla ticari birimlerin iç içe geçtiği, zemin kat–üst kat ilişkisi biçiminde gelişen karma kullanımlı dokuların en belirgin örneklerini oluşturmaktadır. Eğlence–spor (11.124) ve yeme-içme (9.991) fonksiyonları, konut–ticaret karışımına eklemlenerek özellikle merkezî akslarda ve yaya odaklı alanlarda sosyal yoğunluk üreten karma mekânlar oluşmaktadır.

Sağlık (4.711), eğitim (3.409) ve kamu hizmetleri (2.718) fonksiyonları ise konut ve ticaret işlevleriyle aynı parsellerde veya yakın çevrelerinde yer alarak günlük yaşamın sürekliliğini sağlayan destekleyici karma kullanımlar şeklinde ortaya çıkmaktadır. Finans (2.821) ve sanayi (2.629) fonksiyonları, daha çok üretim-hizmet etkileşiminin bulunduğu karma ekonomik koridorlarda kümelenmekte; bu bölgelerde işlevsel çeşitlilik, iş gücü ve erişim ağlarıyla doğrudan ilişkilendirilmektedir.

Konaklama (1.661) ve inanç (1.353) fonksiyonları, turizm ve kültürel çekim alanlarında konumlanarak çevrelerinde gelişen yeme–içme, eğlence ve ticaret birimleriyle çok yönlü karma kullanımların odaklarını oluşturmaktadır. Son olarak, turizm fonksiyonu (819), sayıca az olmasına karşın, turistik alanlarda ve sahil kuşağında diğer fonksiyonlarla birlikte yer alarak yüksek entropili, çok işlevli merkezlerin şekillenmesinde rol oynamaktadır.

3.2. Kümeleme Analizi ile Hâkim Fonksiyonların Tespit Edilmesi

Bu bölümde, hâkim parsellerin İstanbul'un şehir dokusu içindeki mekânsal örgütlenmesi ve gruplaşma eğilimleri analiz edilmektedir. Parsellerin hâkim fonksiyonlarının belirlenebilmesi için öncelikle tekil işlev gösteren POI noktaları üzerinden bir kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz kapsamında kullanılan POI'ler, karma fonksiyon

oluşturmayan yani aynı parsel içerisinde farklı tür bir POI ile bulunmayan, tek başına belirli bir fonksiyonu temsil eden noktalardır (Tablo 9). Bölüm 3.1'de SE=0 olarak belirlenen parseller ise yalnızca tek bir fonksiyon tipine sahip oldukları için "hâkim fonksiyon potansiyeli" taşımaktadır. Bu parsellerin hangi fonksiyon kümeleri ile örtüştüğünü belirlemek üzere, Tablo 9'da verilen POI (Point of Interest) noktalarına DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) kümeleme algoritması uygulanmıştır.

Fonksiyon Sınıfları	**POI Sayısı**
Barınma Fonksiyonu	782.665
Ticaret Fonksiyonu	39.930
Eğlence-Spor Fonksiyonu	4.704
Yeme-İçme Fonksiyonu	1.302
Sağlık Fonksiyonu	1.883
Eğitim Fonksiyonu	4.946
Finans Fonksiyonu	335
Kamu Hizmetleri Fonksiyonu	1.950
Sanayi Fonksiyonu	7.044
Konaklama Fonksiyonu	473
İnanç Fonksiyonu	2.252
Turizm Fonksiyonu	164
Toplam	**847.648**

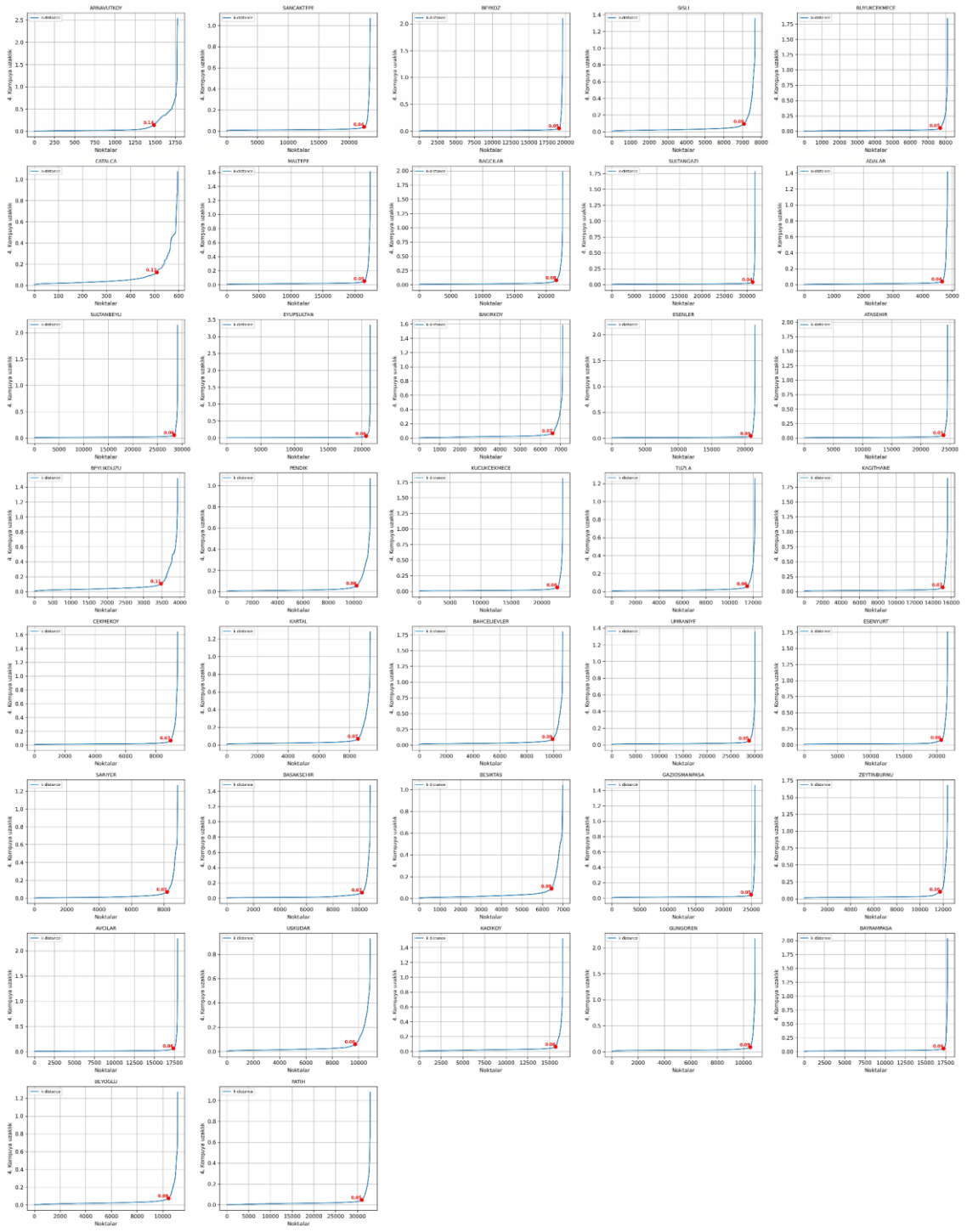
Tablo 9: Hâkim Fonksiyonların Tespiti İçin Kullanılan POI İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Yapılan deneme çalışmaları neticesinde kümeleme analizinin ilçe ölçeğinde yürütülmesi uygun görülmüştür. Bunun iki nedeni vardır. Birincisi, kümeleme sonuçlarının mekânsal olarak daha kontrol edilebilir şekilde gerçekleştirilmesidir. Diğeri ise POI yoğunluğu ve mekânsal dağılım desenlerinin farklılık göstermesidir. Tüm şehir için tek bir hiperparametre kullanmak, ilçeler arası yoğunluk uçurumlarına ve gürültülerin artmasına yol açmaktadır. Bu durum kümeleri ya aşırı bölme ya da aşırı birleştirme gibi hatalara yol açmaktadır. İlçeye özel parametre kullanımı, kümelerin yerel yoğunluk yapısına uyarlanarak daha doğru sonuçlar ortaya koymaktadır.

Kümeleme analizinin hazırlık aşamasında POI verileri, ilçe bazında ayrı katmanlar olarak organize edilmiştir. Üretilecek kümelerin, hem mekânsal yakınlığı (X-Y) hem de fonksiyon kimliğini birlikte yansıtması hedeflenmiştir. Bu nedenle her ilçedeki POI noktaları için X, Y koordinatları ve fonksiyon tipi kümeleme algoritmasına dahil

edilmiştir. Ardından her ilçe için epsilon (EPS) parametresinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bunu tespit etmek için K-Mesafe Dirsek (Elbow) yöntemi kullanılmıştır. Elbow yöntemi, yoğunluk kırılmasının en belirgin olduğu eşiği eğri grafiğinde otomatikleştirmektedir (Şekil 9). Elbow değerinin elde edilmesi için her ilçedeki POI noktaları için en az 5 nokta varsa kümeleyecek şekilde (min_samples=5) k-en yakın komşu mesafe vektörü (k-distance) hesaplanmıştır. Oluşturulan mesafe eğrisinin başından sonuna bir doğru çizilmiş ve bu doğruya en uzak olan nokta bulunmaktadır. Söz konusu nokta, kümelerin belirgin şekilde ayrıştığı, yani DBSCAN algoritmasında EPS parametresi için optimum değerin belirlendiği noktadır. Böylece, her ilçe için ideal komşuluk yarıçapı nesnel bir biçimde ortaya konulmuştur.



Şekil 9: Tüm İlçeler İçin Oluşturulan Elbow Noktası Grafiği

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

İlçe bazında *EPS* ve *min_samples* parametreleri kullanılarak DBSCAN çalıştırılmış, her POI noktasına bir küme etiketi atanmıştır. Algoritmanın "gürültü" olarak işaretlediği noktalar –1 etiketlidir ve kümelere dahil edilmemektedir.

Üretilen kümeleme analizinin kalitesi Davies–Bouldin İndeksi (DBI) ile ölçülmüştür. DBI, kümelerin iç tutarlılığı ve kümeler arası ayrışmayı birlikte değerlendiren bir tekniktir ve Formül 2'de verilen denklem ile ölçülmektedir.

$$DBI = \frac{1}{K}\sum_{i=1}^{K} \underset{j \neq i}{max} \frac{s_i + s_j}{d(c_{i,}\, c_j)} \qquad (2)$$

K: küme sayısını,

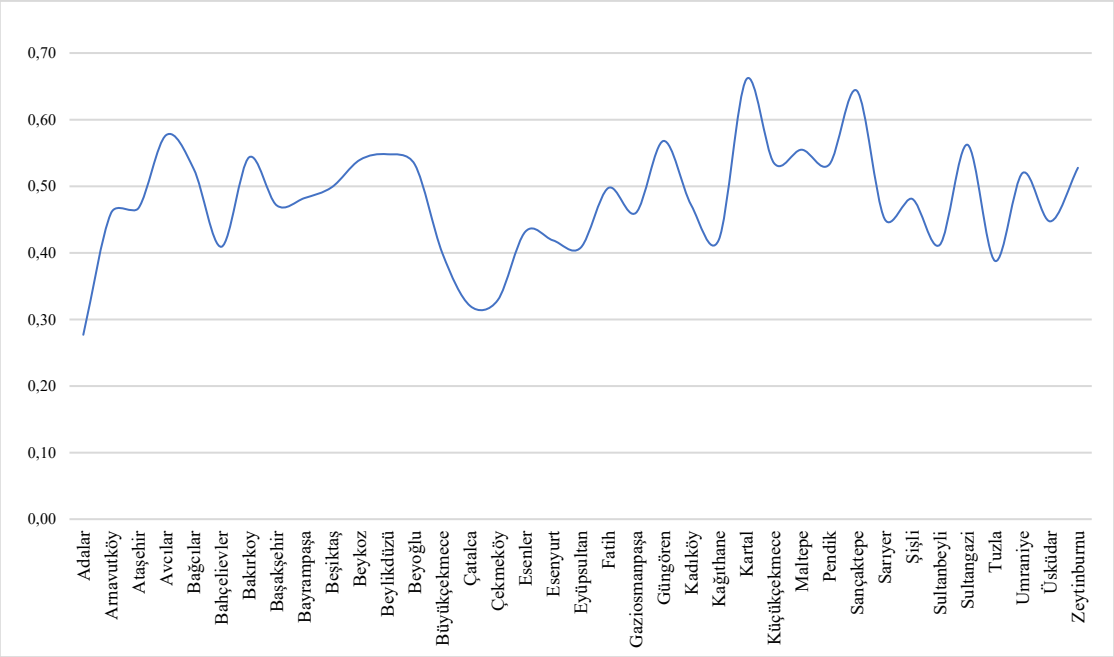
s_i: i'inci kümenin iç yayılımını (üyelerin merkeze ortalama öklid uzaklığı),

c_i: i'inci kümenin merkezi;

$d(c_{i,}\, c_j)$: iki küme merkezi arasındaki uzaklıktır.

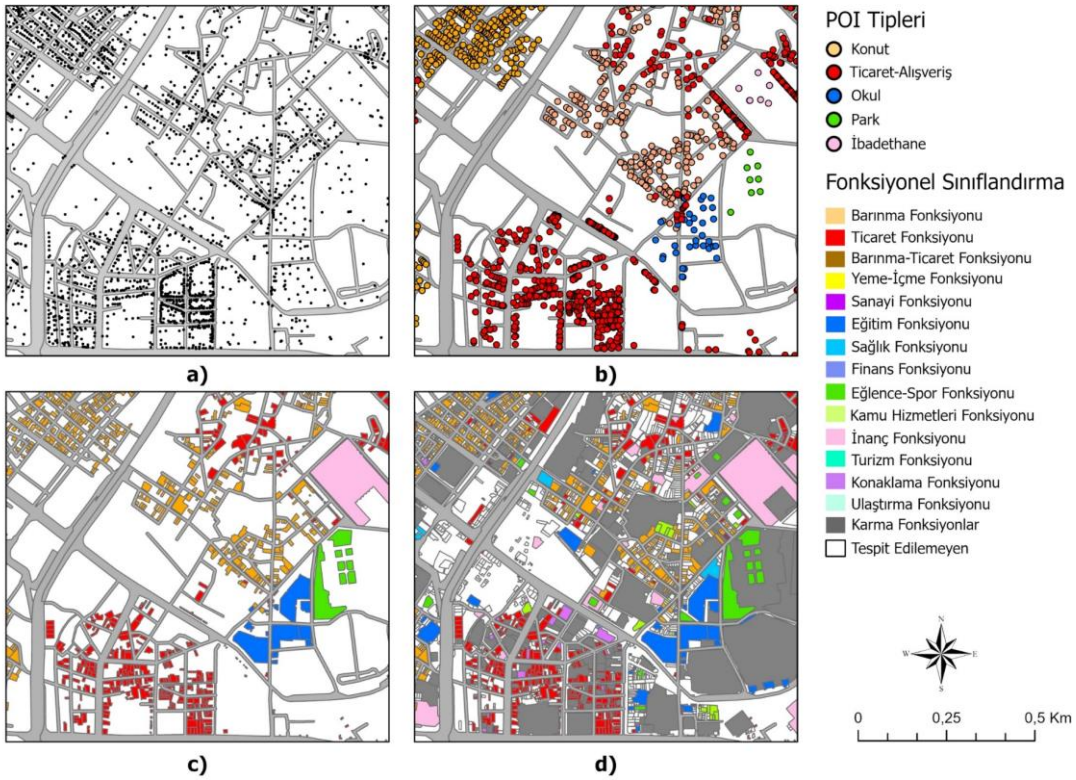
Formüle göre, s_i ile her kümenin "dağınıklığı" ölçülmektedir. Değer küçükse küme kompakt, büyükse dağınık anlamına gelmektedir. Bu, kümenin iç kalitesini temsil etmektedir. $s_i + s_j$ kümelerin toplam dağınıklığını, $d(c_{i,}\, c_j)$ ise merkezler arası ayrışma özelliklerini hesaplamaktadır. Buna göre $\frac{s_i+s_j}{d(c_{i,}\, c_j)}$ denkleminde dağınıklık arttıkça oran büyümekte yani kötüleşmekte, ayrışma arttıkça oran küçülmektedir yani iyileşmektedir. $\underset{j \neq i}{max}$ terimi, her küme için "en benzer/en problemli komşu"ya göre bir oran üretilmektedir; DBI bu en kötü değerlerin ortalamasıdır. DBI ne kadar küçükse, kümeler o kadar kompakt ve birbirinden iyi ayrışmış demektir. Buna göre Şekil 10, İstanbul'da gerçekleştirilen DBSCAN analizi için ilçeler ölçeğinde DBI sonuçlarını göstermektedir. DBI sonuçları için en ideal eşik sıfırdır (Davies & Bouldin, 1979). Buna göre uç sonuçlar 0.60 bandının üzerinde yalnızca iki ilçede meydana gelmiş olup, genel sonuçlar hakim fonksiyon kümelerinin şehir genelinde kabul edilebilir düzeyde kümelendiğini göstermektedir.

DBSCAN yöntemi, özellikle şehirlerde aynı fonksiyon tipine sahip parsellerin yoğunlaştığı bölgeleri tespit etmek ve mekânsal süreklilik gösteren fonksiyon kümelerini belirlemek açısından etkili bir yöntem sunmaktadır. Analizde POI noktalarının fonksiyonel yoğunluğu kümeleme analizi ile tespit edilerek parsellerin hakim fonksiyon tipleri tanımlanmaktadır. Böylece, şehirdeki barınma, ticaret, eğitim gibi ana işlevlerin mekânsal dağılımı ve yoğunluk alanları tespit edilmektedir.



Şekil 10: İstanbul İlçesinde Hâkim Fonksiyonların Küme Kalitesinin DBI Sonuçları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 11: Fonksiyonel Sınıflandırma Analiz Süreci

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 11, POI verilerine dayalı olarak gerçekleştirilen kümeleme analizinin işlem sürecini göstermektedir. Buna göre a haritasında, çalışmada kullanılan POI verilerinin (siyah noktalar) mekânsal dağılımı sunulmaktadır. b haritası, POI verileri içerdiği fonksiyon tipine göre kümelere ayrılarak farklı renk ve sembollerle temsil edilmektedir. Konut, ticaret, yeme-içme, park ve ibadethane gibi işlevler görselleştirilmektedir. c haritası, kümeleme analizi sonucunda her bir parselin kategorize edildiği süreci kapsamaktadır. Entropi analizi sonucunda elde edilen karma parseller ile kümeleme algoritması sonucunda elde edilen hâkim fonksiyonların birleştirildiği nihai fonksiyonel sınıflandırma sonucu ise d haritasında verilmektedir. Hâkim fonksiyonlu parseller barınma, ticaret, sağlık, eğitim, yeme-içme gibi işlevlere göre renklendirilmiş; birden fazla fonksiyona sahip olan parseller ise "karma fonksiyon" olarak adlandırılmıştır. POI içermeyen parseller yani fonksiyonu tespit edilemeyen parseller ise beyaz renkle gösterilmiştir.

Bu süreç, parsel tabanlı fonksiyonel sınıflandırmanın nasıl uygulandığını, ham veriden analiz sonucuna kadar olan gerçekleştirilen işlemleri sıralı bir biçimde ortaya koymakta; şehirsel alanların mekânsal işlevselliğinin değerlendirilmesi açısından görsel ve kavramsal bir çerçeve sunmaktadır.

Yapılan sınıflandırma analizi sonucunda İstanbul'da parselasyonu gerçekleştirilmiş olup ancak henüz bir fonksiyon içermeyen 198.923 adet boş parsel tespit edilmiştir. Bu alan 23.117 hektar ile toplamın %28,69'unu oluşturmakta, bu da İstanbul'un önemli bir gelişim ve dönüşüm potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmanın 4. Bölümü'nde, fonksiyonel sınıflandırma analizi sonuçları ve çeşitli mekansal değişkenler kullanılarak boş parsellerin ne olabileceğine dair makine öğrenmesi tabanlı bir tahmin algoritması geliştirmiştir.

3.3. Fonksiyonel Sınıflandırma Doğruluk Analizi

Fonksiyonel sınıflandırma sonuçlarının güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla, sınıflandırılmış veriler üzerinde doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir. Doğruluk analizi, uzaktan algılama, CBS ve yapay zeka temelli sınıflandırma çalışmalarında modelin ürettiği sınıf etiketleri ile referans veriler arasındaki uyuşma düzeyini ölçmeyi amaçlayan istatistiksel bir yaklaşımdır (Congalton & Green, 2019). Bu analiz, sınıflandırma

sonucunun ne derece gerçeği yansıttığını ve hangi sınıflar arasında karışma meydana geldiğini ortaya koymaktadır.

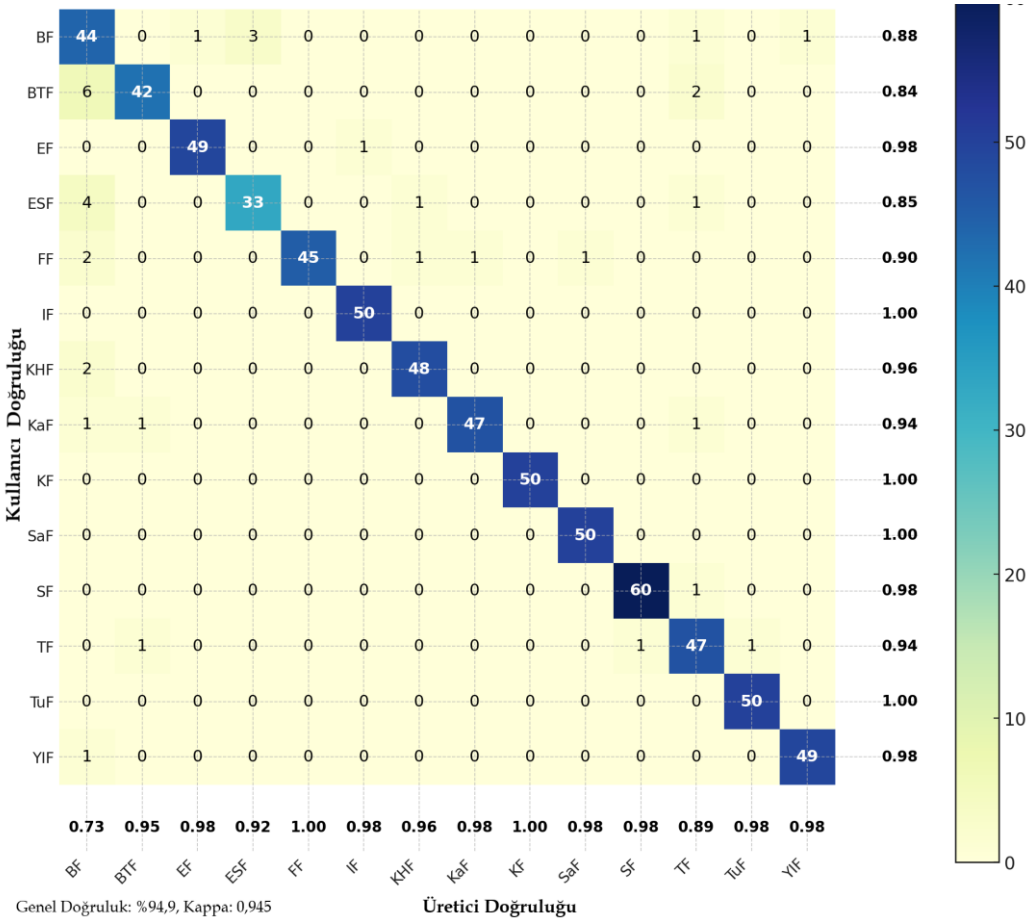
Bu çalışmada doğruluk analizi, karışıklık matrisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Matris, her satırda sınıflandırmanın sonuçlarını, her sütunda ise referans veriye ait gerçek sınıfları göstermektedir. Kesişim ekseni, doğru sınıflandırılmış örnekleri, köşegen hücreler ise yanlış sınıflandırılan örnekleri ifade etmektedir. Her sınıf için üretici doğruluğu, kullanıcı doğruluğu, genel doğruluk ve Kappa katsayısı hesaplanmıştır. Üretici Doğruluğu, bir sınıfa ait referans örneklerinin ne kadarının doğru sınıflandırıldığını göstermektedir. Kullanıcı Doğruluğu, modelin o sınıfa ait olarak tahmin ettiği örneklerin ne kadarının doğru olduğunu belirtmektedir. Genel doğruluk oranı, tüm sınıflar üzerinden doğru sınıflandırılan toplam örnek oranını vermektedir. Kappa katsayısı ise sınıflandırmanın tutarlılığını ölçmektedir (Cohen, 1960). Kappa değeri 1'e yaklaştıkça sınıflandırmanın güvenilirliği artar. Bu çalışmada, her sınıf için 50 rastgele doğrulama noktası atanmış, toplamda 700 örnek üzerinden değerlendirme yapılmıştır.

3.3.1. Doğruluk Analizi Bulgularının Yorumlanması

Yapılan doğruluk analizi sonucunda, sınıflandırmanın genel doğruluk oranı %94,8, Kappa katsayısı ise 0,94 olarak hesaplanmıştır (Şekil 12). Bu değerler, Shannon Entropi ve DBSCAN teknikleriyle gerçekleştirilen sınıflandırma analizinin mekânsal örüntüleri doğru biçimde yakaladığını ve İstanbul'daki fonksiyonel sınıflandırmanın yüksek güvenilirliğe sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 13).

Buna karşılık barınma sınıfı %73 ile en düşük üretici doğruluğa sahiptir. Bu durum, konut alanlarının sıklıkla ticaret veya karma fonksiyonlarla iç içe geçmesi ve sınıflandırmanın bu sınıfı ayırt etmede zorlanmasıyla açıklanabilir. Diğer yandan bazı barınma alanlarının zemin katında ticari işlevlerin de yer alması ve bunun sınıflandırmada tanımlanma eksikliği, barınma örneklerinin bazılarının barınma-ticaret fonksiyonuna geçmesine neden olmuştur.

Üretici doğruluğu, referans veriye göre her sınıfın ne ölçüde doğru tanımlandığını, kullanıcı doğruluğu ise sınıflandırma sonucunda o sınıfa atanan örneklerin gerçekten o sınıfa ait olma oranını göstermektedir. Her iki doğruluk değeri birlikte değerlendirildiğinde, sınıflar arasındaki ayrım gücü, karışma düzeyi ve sınıflandırmanın istatistiksel başarısı ortaya konulmaktadır.



Şekil 12: Fonksiyonel Sınıflandırma Doğruluk Matrisi[1]

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Üretici doğruluğu değerleri incelendiğinde, fonksiyonel sınıfların büyük bir kısmının yüksek doğruluk düzeyine sahip olduğu görülmektedir. En yüksek üretici doğruluk oranları inanç, konaklama, sağlık ve turizm fonksiyonlarında %100 olarak gerçekleşmiştir. Bu sınıflar, kendine özgü mekânsal ve öznitelik bilgileri sayesinde model tarafından güçlü biçimde ayırt edilmiştir. Eğitim fonksiyonunun üretici doğruluğu %98, kamu hizmetleri %96, karma %97,9, sanayi %98 ve yeme-İçme %98 olarak hesaplanmıştır.

[1] Kısaltmalar: BF: Barınma Fonksiyonu, BTF: Barınma Ticaret Fonksiyonu, EF: Eğitim Fonksiyonu, ESF: Eğlence–Spor Fonksiyonu, FF: Finans Fonksiyonu, IF: İnanç Fonksiyonu, KHF: Kamu Hizmetleri Fonksiyonu, KaF: Karma Fonksiyon, KF: Konaklama Fonksiyonu, SaF: Sağlık Fonksiyonu, SF: Sanayi Fonksiyonu, TF: Ticaret Fonksiyonu, TuF: Turizm Fonksiyonu, YIF: Yeme–İçme Fonksiyonu

Şekil 13: Fonksiyonel Sınıflandırma Sonuçlarının Google Earth ve Street View Görüntüleri ile Doğrulanma Süreci

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kullanıcı doğruluğu değerleri da genel olarak yüksek seviyededir. İnanç, konaklama, sağlık ve turizm fonksiyonları %100 doğrulukla sınıflandırılmıştır. Eğitim ve yeme-içme sınıflarında %98, karma sınıfında %94, sanayi sınıfında %98, ticaret sınıfında %94, finans sınıfında %90 ve kamu hizmetleri sınıfında %96 doğruluk elde edilmiştir. Buna karşın barınma %88 ve barınma–ticaret %84 doğruluk oranlarıyla görece daha düşük düzeydedir.

Eğlence–spor fonksiyonunun üretici doğruluğu %91,6, kullanıcı doğruluğu %84,6'dır. Bu fark, bu sınıfın sıklıkla barınma ve eğitim sınıflarıyla komşu alanlarda bulunmasından kaynaklanmaktadır. Finans fonksiyonunda üretici doğruluğu %100, kullanıcı doğruluğu %90 olup, bazı örneklerin kamu hizmetleri veya yeme–içme sınıflarına karıştığı gözlenmiştir.

Genel olarak üretici doğruluğu ile kullanıcı doğruluğu değerlerinin aynı olmaması beklenen bir durumdur. Örneğin barınma sınıfında üretici doğruluğu %73,3 iken, kullanıcı doğruluğu %88'dir. Bu durumda sınıflandırma modeli, bazı gerçek konut alanlarını gözden kaçırmış ancak barınma fonksiyonu olarak sınıflandırdığı parsellerin çoğu gerçekten konut alanı çıkmıştır. Genel değerlendirme en fazla hata, barınma ve eğlence–spor sınıflarında görülmektedir. Doğruluk analizi sürecinde gözlenen sınıf karışmalarının başlıca nedeni, POI verilerinin mekânsal konum hatalarından kaynaklanmaktadır. Bazı POI noktaları, temsil ettikleri işlevsel alanın tam merkezine değil, parsel sınırına veya komşu parsele düşmekte; bu durum sınıflandırma sürecinde yanlış atamalara yol açmaktadır.

4. BÖLÜM: FONKSİYON TAHMİN ALGORİTMASININ GELİŞTİRİLMESİ

Şehir işlevselliğinin çözümlenmesi, şehir planlaması, arazi yönetimi ve sürdürülebilir gelişim stratejilerinin oluşturulması açısından kritik bir öneme sahiptir. Geleneksel yaklaşımlar, parsel fonksiyonlarını çoğunlukla plan dokümanları, resmi mevzuatlar ya da saha gözlemleri yoluyla belirlemektedir. Ancak bu yöntemler zaman alıcı, maliyetli ve mekânsal dinamiklere yeterince duyarlı değildir.

Günümüz çalışmalarında ise bu süreç daha ileri bir aşamaya taşınarak mekânsal verilerin bütüncül analizi yoluyla şehirlerin fonksiyonel desenleri algoritmik yöntemlerle sınıflandırılmakta; mekânsal ilişkiler, POI verileri ve arazi kullanım örüntüleri gibi çok kaynaklı veriler üzerinden şehir içi yapılar anlaşılmaya çalışılmaktadır. Ancak bugüne kadar şehir coğrafyası ve şehir planlama çalışmaları içerisinde fonksiyonel çeşitlilik ve mekânsal dinamikler kullanılarak bir parselin hangi fonksiyona sahip olabileceğini tahmin etmeye yönelik doğrudan bir model geliştirilmemiştir.

Bu çalışmada parsellerin fonksiyon tipleri ve çeşitliliği, komşuluk ilişkileri gibi mekânsal bilgileri ve yapay zekâ algoritmaları kullanılarak boş olan parsellerin potansiyel fonksiyonlarını tahmin edebilen bir model önermektedir. Geliştirilen yaklaşım, mekânsal bağlamı anlamaya yönelik bir fonksiyonel tahmin algoritması olup şehir içindeki parsellerin çevresel özelliklerini analiz etmekte ve bu özelliklerden öğrenen bir makine öğrenme modeli ile karar üretmektedir.

Modelin temel varsayımı, bir parselin fonksiyonunun çevresindeki parsellerin kendi işlevsel yapısı diğer parsellere yani fonksiyonlara erişilebilirlik durumu ve yakın çevresindeki parsellerin fonksiyonel çeşitliliği ile yakından bağlantılı olduğudur. Bu nedenle model yalnızca parsel fonksiyonlarına ait nitelikleri değil, onun mekânsal bağlamını oluşturan komşuluk ilişkileri ve nicelik özelliklerini de dikkate almaktadır.

Fonksiyon tahmini algoritmasının geliştirilme süreci dört aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, modele girdi sağlayacak değişkenler tespit edilmektedir. Bunlar; parsellere ilişkin çevresel özellikler kapsamında alan, şekil ve geometrik özellikler, fonksiyonel çeşitlilik, mesafe analizleri, erişilebilirlik, fonksiyon potansiyelleri ve fonksiyon önem skorları gibi mekânsal göstergelerden oluşmaktadır. İkinci aşama, veri ön işleme süredir. Veri dağılımındaki dengesizliklerin giderildiği çeşitli yöntem ve teknikleri

kapsamaktadır. Üçüncü aşamada, pilot uygulama sahasında fonksiyon tahminine yönelik makine öğrenmesi algoritması yapılandırılmakta ve uygun model seçilerek model eğitimi için hiperparametre işlemleri gerçekleştirilmektedir. Buna ek olarak Confusion Matrix, Precision, Recall ve F1 gibi metrikler ile hesaplanarak modelin performansı değerlendirilmektedir. Dördüncü aşamada ise pilot uygulama sahasında tahmin analizi yapılarak tahmin sonuçları değerlendirilmektedir.

4.1. Değişkenlerin Hazırlanması

Fonksiyon tahmin algoritmasının başarısı, kullanılan değişkenlerin çeşitliliği ve bu değişkenlerin mekânsal, istatistiksel ve işlevsel boyutları doğru şekilde temsil edebilmesine bağlıdır. Çalışmada, parsel ölçeğinde geliştirilen algoritmanın temelini hem kategorik hem de sayısal değişkenler oluşturmaktadır. Bu kapsamda, parselin yalnızca fiziksel özellikleri değil aynı zamanda çevresindeki mekânsal ilişkiler, erişilebilirlik göstergeleri ve fonksiyonel çeşitlilik düzeyi de dikkate alınmaktadır. Buna göre çalışmada geliştirilen fonksiyon tahmin algoritmasının temelini Tablo 10'da verilen kategorik ve sayısal değişkenler oluşturmaktadır.

Tipi	Değişken Adı	Birim	Tanım
Kategorik Değişkenler	Barınma Fonksiyonu	1/2/3…	Label Encoding
	Ticaret Fonksiyonu		
	Barınma-Ticaret Fonksiyonu		
	Yeme-İçme Fonksiyonu		
	Finans Fonksiyonu		
	Sanayi Fonksiyonu		
	Eğitim Fonksiyonu		
	Sağlık Fonksiyonu		
	Eğlence-Spor Fonksiyonu		
	Kamu Hizmetleri Fonksiyonu		
	Turizm Fonksiyonu		
	Konaklama Fonksiyonu		
	İnanç Fonksiyonu		
	Karma Fonksiyonlar		
Sayısal Değişkenler	Geometrik Özellikler	m^2	Parselin alanı ve şekilsel yapısı
	Fonksiyon Mesafe Matrisi	metre	En yakın fonksiyona mesafe
	Komşu Parsel Sayısı	adet	Belirli yarıçap içindeki komşu parsel adedi
	Komşu Fonksiyon Tipi Sayısı	adet	Komşulardaki farklı fonksiyon türlerinin adedi
	Komşu Ortalama Mesafe	metre	Komşu parsellerin ortalama mesafesi
	Fonksiyon Potansiyel Skoru	-	Komşu fonksiyon sayısı ve tipinin mesafeye oranı

Fonksiyon Önem Skoru	-	Aynı tip fonksiyonların mesafeye bağlı yoğunluk oranı
Yola Ağına Erişim Özellikleri	metre	Cadde ve sokaklara olan mesafe

Tablo 10: Fonksiyon Tahmin Algoritması İçin Oluşturulan Kategorik ve Sayısal Değişkenler

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kategorik değişkenler, her bir parselin sahip olduğu fonksiyonel sınıfı temsil etmektedir. Bu çalışmada fonksiyon tipleri (örneğin; barınma, ticaret, sanayi, eğitim, sağlık, kamu hizmetleri, turizm, konaklama, inanç, yeme-içme, finans, eğlence-spor ve barınma-ticaret) kategorik değişkenler olarak tanımlanmıştır. Modelde bu değişkenler doğrudan metin (string) biçiminde kullanılamadığı için, Label Encoding yöntemi uygulanmıştır. Her bir fonksiyon türü, benzersiz bir tam sayı değeri ile temsil edilmiştir. Örneğin, "Barınma Fonksiyonu = 0", "Ticaret Fonksiyonu = 1", "Sanayi Fonksiyonu = 2" … gibi. Bu yöntem, sınıflandırma algoritmasının fonksiyon türlerini sayısal olarak ayırt etmesini sağlamaktadır.

Sayısal değişkenler ise parselin fiziksel ve mekânsal özelliklerini temsil eden çok boyutlu öznitelik kümesini oluşturmaktadır. Bunlar içinde parsel alanı (m^2), kompaktlık/şekil özellikleri gibi geometrik bilgiler ve komşu parsel sayısı, komşu fonksiyon tipi çeşitliliği ve bu komşulara olan ortalama mesafe gibi komşuluk göstergeleri yer almaktadır. Ayrıca, parsellerin komşuluk ilişkilerinden türetilmiş fonksiyon potansiyel skoru ve fonksiyon önem skoru gibi metrikler de modele dahil edilmiştir. Bunlara ek olarak yol ağına erişim özellikleri de parselin ulaşım altyapısıyla olan ilişkisini mesafe temelli olarak ifade etmektedir. Bu işlemlerin tümüne yapay zeka literatüründe etiketleme işlemleri de denilmektedir. Modelin bu çok boyutlu değişken yapısı, bir sahada ihtiyaç duyulan fonksiyonların topolojik düzeyde yakalanmasına imkân sağlayarak, fonksiyon tahmin algoritmasının doğruluğunu artıran temel veri zeminini oluşturmaktadır. Bu değişkenler aracılığıyla, yalnızca parselin kendi fiziksel ve işlevsel özellikleri değil, aynı zamanda çevresiyle kurduğu mekânsal ilişkiler de analiz kapsamına alınmaktadır.

İstatistiksel ve mekânsal değişkenlerin birlikte modele dahil edilmesi, arazi kullanım yapısının bütüncül bir şekilde anlaşılmasına, şehirsel planlama sürecinde mevcut ve gelecekteki ihtiyaçların doğru bir şekilde belirlenmesine ve eksik ya da yetersiz planlama unsurlarının ortaya çıkarılmasına olanak sağlamaktadır. Bu yaklaşım, tahmin modelinin

doğruluğunu artırarak hem karar vericilere hem de şehir plancılara daha sağlam ve veriye dayalı öngörüler sunmaktadır.

4.1.1. Geometrik Özellikler

Parsellerin mekânsal analizinde geometrik ölçütleri temelde ikiye ayırabiliriz. Bunlar; yüzölçüm ve kompaktlıktır. Parselin yüzölçümü, işlevsel kapasitenin ve kullanım yoğunluğunun belirlenmesinde doğrudan rol oynamaktadır. Örneğin, konut fonksiyonları genellikle küçük ve düzenli parseller üzerinde yoğunlaşırken, sanayi veya ticaret alanları daha büyük yüzölçümüne sahip parsellerde gelişme eğilimi göstermektedir. Bu nedenle, yüz ölçüm özniteliği şehirsel fonksiyonların mekânsal dağılımında belirleyici bir değişken olarak ele alınmaktadır.

Kompaktlık, parselin şekilsel görünümünü ifade etmektedir. Bunu ölçmek için kompaktlık indeksi hesaplanmakta ve bir alanın geometrik formunun ne ölçüde düzgün, köşegen ya da dairesel olduğu nicel ortaya konulmaktadır. Başka bir deyişle kompaktlık, bir poligonun sahip olduğu alan ile çevresi arasındaki ilişkiyi temel alarak şeklin daireye olan benzerliğini ölçmektedir. Çünkü aynı alan büyüklüğüne sahip şekiller arasında, en kısa çevreye sahip olan şekil dairedir. Bu nedenle daire en yüksek kompaktlık değerine sahiptir ve bu değer 1'e eşittir. Kompaktlık indeksi Formül 3'te verilen denklem ile hesaplanmaktadır:

$$CI = \frac{4\pi \; x \; Alan}{(Çevre)^2} \qquad (3)$$

Alan: Poligonun yüzölçümü (m^2),

Çevre: Poligonun sınır uzunluğu (m),

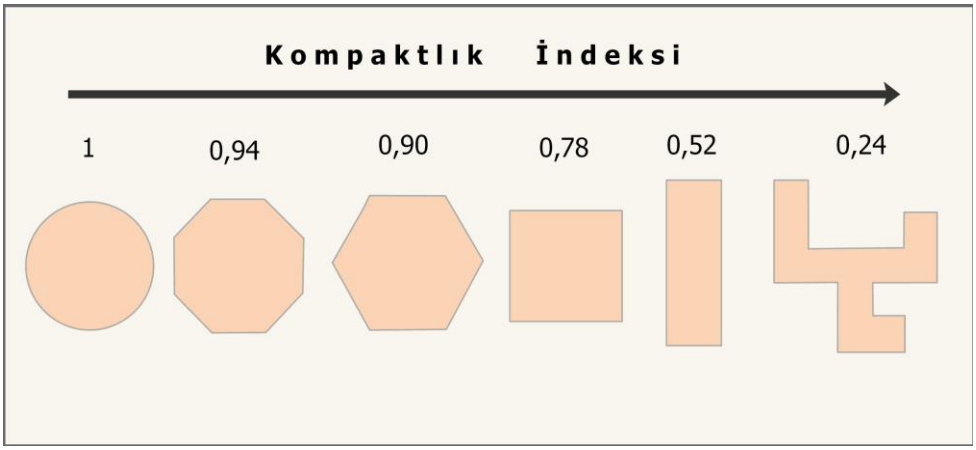
π: Pi sayısı (≈3,1416).

Şekil 14, parsel geometrilerinin kompaktlık (şekil bütünlüğü) düzeylerinin daireden karmaşık formlara doğru azaldığını göstermektedir. İndeksin değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir.

CI = 1 → Maksimum kompaktlık.

CI ≈ 0,785 → Kare şeklindeki bir poligon.

CI <0,5 → Uzunlamasına, düzensiz veya girintili çıkıntılı formlar.



Şekil 14: Parsellerin Kompaktlık Özellikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şehirsel fonksiyonların mekânsal analizi, yalnızca konum ve komşuluk ilişkileriyle sınırlı değildir; aynı zamanda parsel ve alanların geometrik özellikleri de işlevsellik hakkında önemli ipuçları verir. Kompaktlık indeksi bu noktada kritik bir rol oynamaktadır. Barınma fonksiyonları genellikle kompakt ve düzenli parseller üzerinde yoğunlaşmaktadır. Sanayi veya ticaret alanları, büyük ama daha düzensiz ve kompaktlık değeri düşük parsellerde bulunma eğilimindedir. Parklar ve yeşil alanlar ise düzensiz sınırları nedeniyle genellikle düşük kompaktlık değerlerine sahiptir. Dolayısıyla kompaktlık, parselin morfolojik niteliğindeki bir göstergedir.

4.1.2. Mesafe Matrisleri

Bu analiz, şehirsel mekân içerisinde yer alan parsellerin temel fonksiyonlara (eğlence-spor, eğitim, ticaret, sağlık, inanç ve yeme-içme) erişim düzeylerini mesafe bazlı olarak ölçmeyi amaçlamaktadır. Her parsel için, söz konusu fonksiyon türlerinden en yakına olan öklid mesafe hesaplanarak tabloya kaydedilmektedir (Formül 4). Böylelikle, her bir parselin erişilebilirlik profili çıkarılmaktadır (Tablo 11).

$$ED = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_{2i} - x_{1i})^2} \quad (4)$$

ED : iki nokta arası Euclidean mesafe

n: boyut sayısı

x_{2i}, x_{1i}: i'nci boyuttaki koordinatlar

Fonksiyonlar	Barinma	Ticaret	Sanayi	Egitim	Saglik	EglenceSpor
Barinma	0	956	1048	212	873	337
Ticaret	956	0	606	660	520	317
Sanayi	1048	606	0	476	365	730
Egitim	212	660	476	0	989	1029
Saglik	873	520	365	989	0	963
EglenceSpor	337	317	730	1029	963	0

Tablo 11: Mesafe Matrisinin Hesaplanması

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Elde edilen bu mesafe matrisi, mekânsal düzeninin ve fonksiyonel dağılımının analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Özellikle, parsellerin hangi temel ihtiyaçlara ne ölçüde yakın oldukları belirlenerek şehirdeki temel ihtiyaçlara erişebilirlik bir gösterge olarak kullanılabilmektedir.

Şekil 15, seçilen bir referans parselin çevresindeki farklı fonksiyonlara olan en kısa doğrusal (Öklidyen) mesafeleri göstererek, parselin mekânsal erişilebilirliğini ve fonksiyonel etkileşim düzeyini ortaya koymaktadır. Haritadaki oklar uzaklık ilişkilerini, renkler ise çevredeki parsellerin kullanım türlerini temsil etmektedir.

Şekil 15: Parsellerin Fonksiyon Mesafe Matrisi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

4.1.3. Komşuluk İlişkileri

Çalışmanın bu bölümünde, parsellerin komşuluk ilişkilerini, türlerini ve ortalama mesafelerinin hesaplanması amaçlanmaktadır. Komşuluk ilişkilerinin analize dâhil edilmesi, bir parselin kendi özelliklerinin ötesinde yakın çevresindeki mekânsal bağlamı da dikkate almayı sağlamaktadır. Çünkü şehir içindeki fonksiyonlar sadece bulunduğu parselin değil, aynı zamanda etrafındaki diğer kullanımların da etkisiyle şekillenmektedir. Bu nedenle komşuluk değişkenleri, parsellerin işlevsel potansiyelini daha gerçekçi bir biçimde modellemeye yardımcı olmaktadır.

Komşuluk analizinde her bir parselin 250 metrelik yarıçap içinde, komşu sayısı, farklı fonksiyonel tipi sayısı ve mekânsal yakınlığı sırasıyla Formül 5, 6, 7 ve 8'de verilen matematiksel ifadelerle tanımlanmıştır.

$$N_i = \{p_i \in P \mid j \neq i,\ ED \leq \delta\} \quad (5)$$

$$KOMSAYI_i = |N_i| \quad (6)$$

$$FONKTIPISAY_i = \left|\left\{ f_j \mid p_j \in N_i \right\}\right| \quad (7)$$

$$KOMORTMES_i = \frac{1}{|N_i|} \sum_{p_j \in N_i} ED \quad (8)$$

p_i: Parsek kümesindeki i tipi komşu parsel

P: Parsel kümesi

$j \neq i$: Kendisi dışındakiler

ED: iki parsel arasındaki Öklidyen mesafe (Formül 4),

δ: Komşuluk mesafe eşiği.

$|N_i|$: Komşuluk kümesinin eleman sayısı

f_j: Her bir komşu parselin fonksiyon tipi

Komşu parsel sayısı, çevredeki yoğunluğu gösterir; çok sayıda komşusu olan bir parselin şehirsel dokuyla bütünleşme ihtimali yüksektir. Komşu fonksiyon çeşitliliği, farklı kullanım türlerinin yan yana gelme düzeyini ortaya koymaktadır; bu da karma fonksiyonların tespit edilmesinde güçlü bir ipucu vermektedir. Ortalama mesafe ise

parselin çevresindeki kullanım noktalarına erişim kolaylığını ölçer; erişimi yüksek olan parseller, fonksiyonel açıdan daha cazip ve merkezi konumda olabilmektedir (Şekil 16).

Şekil 16: Parsel Komşuluk İlişkilerinin Hesaplanması

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bu değişken sayesinde parsellerin, şehir içinde bulunduğu bağlam da hesaba katılmaktadır. Ayrıca, şehir planlaması açısından da bu göstergeler, bir bölgenin fonksiyonel çeşitliliğini, yoğunluk yapısını ve mekânsal etkileşim düzeyini ölçmeye imkân tanımaktadır.

4.1.4. Fonksiyon Potansiyeli Skoru

Komşu parsel sayısı, farklı fonksiyon tipi sayısı ve ortalama mesafe gibi değişkenler, parselin çevresel potansiyelini belirlemede önemli rol oynamaktadır. Bu değişkenlerin birlikte değerlendirilmesiyle, parselin bulunduğu mekânsal bağlamın merkezî, doygun ya da dönüşüm fırsatlarına açık olup olmadığı anlaşılabilmektedir. Bu işlemler Denklem 4'de gösterilen orantı formülü esas alınarak hesaplanmaktadır.

$$\mathcal{P}_{FPS} = \begin{cases} \dfrac{KOMORTMES}{KOMSAYI + FONKTIPISAYISI}, & if\ \mathcal{P} \to 0, potansiyel\ yüksek \\ if\ \mathcal{P} \to \infty, potansiyel\ düşük \end{cases} \quad (9)$$

KOMORTMES: Komşu parsellerin merkezine olan ortalama mesafe

KOMSAYI: Komşu parsel sayısı

$FONKTIPISAYISI$: Komşu fonksiyon çeşitliliği

Elde edilen FPS değerleri farklı ölçeklerde çıkabileceği için, karşılaştırılabilir hale getirilmesi amacıyla Parsel Potansiyeli Normalizasyonu (FPN) yapılmaktadır. Bu işlem, Min-Max normalizasyon yöntemiyle gerçekleştirilmekte ve değerler 1 ile 9 arasında yeniden ölçeklenmektedir. Normalizasyon, Denklem 5'te gösterilen min-max normalizasyon formülü esas alınarak hesaplanmaktadır.

$$N_{FPN} = 1 + 8 \times \frac{Değer - Min}{Max - Min} \quad (10)$$

1+8 : FPN skorunun ölçeklenmek istenildiği aralık

Değer: İlgili parselin potansiyel skoru

Min: Veri kümesindeki en küçük potansiyel skor

Max: Veri kümesindeki en büyük potansiyel skor

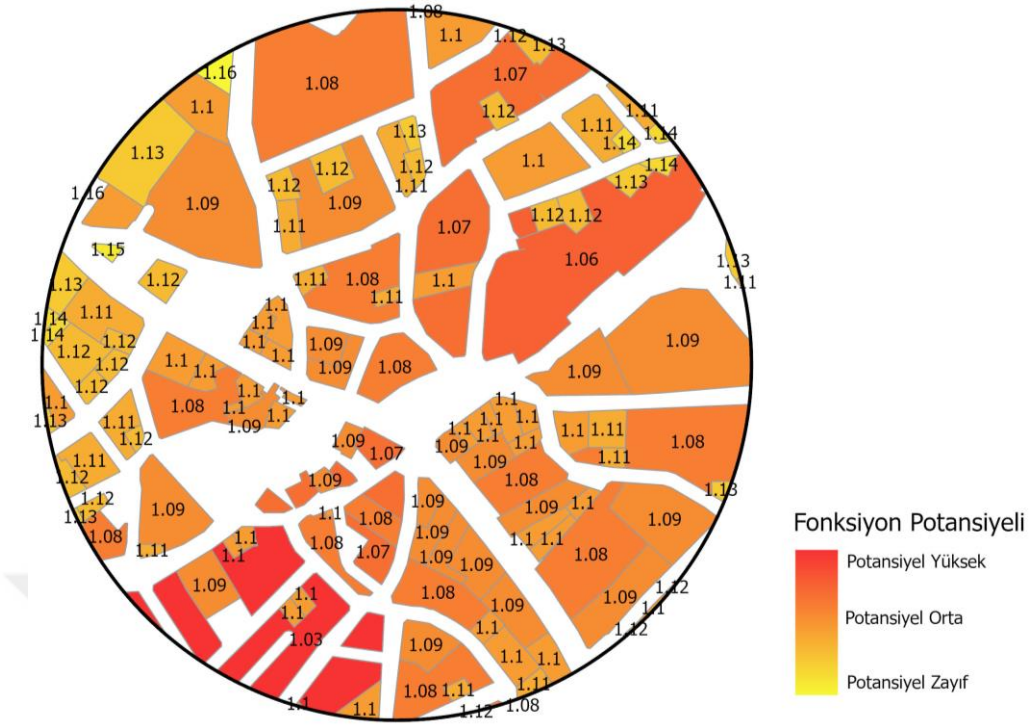
Min-Max normalizasyonu, farklı aralıklarda ve dağılımlarda olan değerleri, karşılaştırılabilir bir aralığa dönüştürmeyi sağlamaktadır. Böylece her bir parselin potansiyel değeri, aynı ölçek üzerinden karşılaştırılmaktadır.

Değişkenler			**Sonuçların Yorumu**
Komşu Sayısı	**Farklı Fonk Tipi Sayısı**	**Ortalama Mesafe**	
Yüksek	Yüksek	Düşük	Merkezî, Doygun, Potansiyel Düşük
Düşük	Düşük	Yüksek	Boşluk Var, Potansiyel Yüksek

Tablo 12: Parsel Potansiyeli Olası Sonuçların Yorumu

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 12, komşu parsel sayısı, komşu çeşitliliği ve ortalama mesafe değişkenlerinin birlikte değerlendirilmesiyle parsel potansiyelinin nasıl yorumlanabileceğini özetlemektedir. Tabloya göre; yüksek komşu sayısı ve çeşitliliğine karşılık düşük ortalama mesafe, parselin merkezî ve doygun bir şehirsel alanda konumlandığını, bu nedenle yeni fonksiyon üretme fırsatlarının kısıtlı olduğunu göstermektedir. Tersine, düşük komşu sayısı ve çeşitliliği ile yüksek ortalama mesafe, çevresel boşlukların fazla olduğunu ve parselin şehirsel dönüşüme daha açık bir potansiyele sahip olduğunu ifade etmektedir. Bu yorumlardan hareketle, parsel fonksiyon potansiyellerini tanımlamak için Fonksiyon Potansiyeli tüm parseller için hesaplanmıştır.



Şekil 17: Fonksiyon Potansiyellerinin Hesaplanması

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 17'de parsellerin komşuluk ilişkilerine göre belirlenen fonksiyon potansiyelleri gösterilmektedir. Kırmızı tonlar yüksek potansiyeli, sarı tonlar ise daha zayıf fonksiyonel etki alanlarını temsil etmekte olup, alanın merkezinde fonksiyonel yoğunlaşmanın ve erişilebilirliğin arttığı görülmektedir.

4.1.5. Fonksiyon Önem Skoru

Bu analiz, parsellerin fonksiyonel dağılımları üzerinden mekânsal erişim ve yakınlık düzeylerini değerlendirerek, belirli bir fonksiyonun şehirsel dokuda ne ölçüde yaygın veya seyrek olduğunu belirlemeyi amaçlamaktadır. Her bir parselin, aynı fonksiyona sahip diğer parsellerle olan mesafesi esas alınarak parselin bulunduğu bölgedeki fonksiyonel önem düzeyi değerlendirilmektedir. Böylece veride, sayıca fazla ve daha yakın fonksiyonların daha düşük değerler alması; sayıca daha az ve uzak konumdaki fonksiyonların daha yüksek önem değeri alması sağlanmaktadır. Örneğin, bir veri setinde çok büyük oranda konut parselleri bulunduğunda, bu yoğunlaşma makine öğrenmesi algoritmalarının eğitim sürecinde aşırı uyum riskini ortaya çıkarmaktadır. Bu problemi gidermek amacıyla, fonksiyonu aynı tip parseller ve bunların konumsal yakınlığı esas

alınarak bir “fonksiyon önem skoru” atanmaktadır. Böylelikle fonksiyon tiplerinin dağılımındaki dengesizlik azaltılmakta ve mekânsal çeşitlilik daha nesnel bir biçimde temsil edilmektedir.

Bu bağlamda üretilen fonksiyon önem skoru, herhangi bir fonksiyonun belirlenen çalışma sahası içinde ne derece temsil edildiğini gösteren normalize edilmiş bir değerdir. Böylece, mevcut fonksiyonların mekânsal dağılımı daha dengeli bir şekilde yorumlanabilmektedir. Denklem 6, her bir parselin aynı fonksiyona sahip diğer parsellerle olan konumsal bağlarını ölçmek için kullanılmaktadır.

$$d_i = \min_{j \in G_f \setminus \{i\}} ED\ (i, j) \qquad (11)$$

d_i: i numaralı parselin, kendiyle aynı fonksiyona sahip diğer parseller içindeki en yakın parsele olan mesafesi

G_f: i'nin ait olduğu fonksiyon tipindeki parseller kümesi

$ED(i, j)$: i ve j parselleri arasındaki mesafe (Formül 4)

Ardından her parselin, kendisiyle aynı fonksiyona sahip en yakın diğer parsele olan mesafesi normalize edilerek 0–1 aralığına indirgenmektedir. Bu işlem Formül 7’de verilen denklem ile gerçekleştirilmektedir.

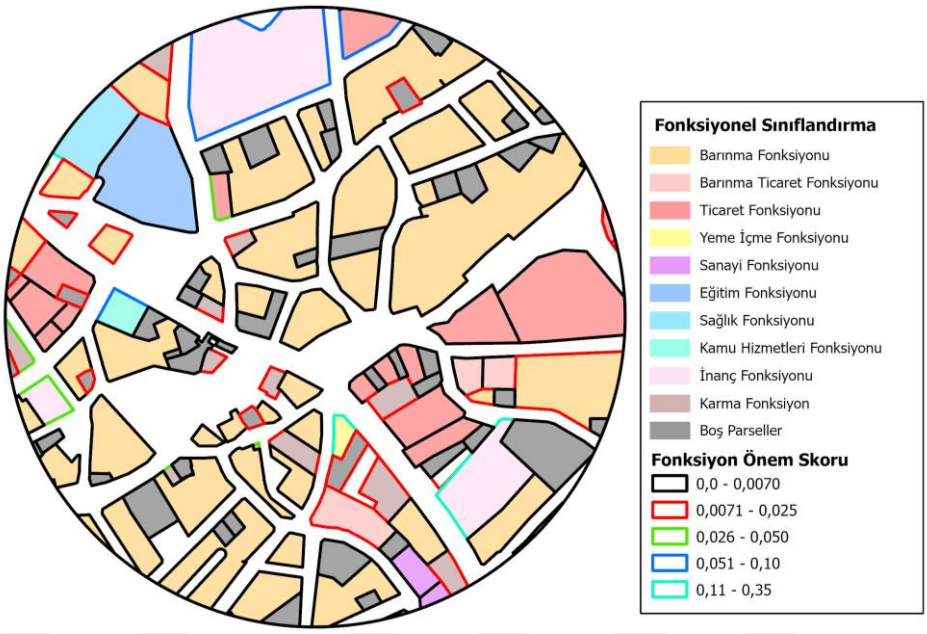
$$s_i = \frac{d_i}{max_{(d)}} \qquad (12)$$

s_i: i numaralı parselin fonksiyon önem skoru

d_i: i numaralı parselin, aynı türdeki en yakın parsele olan gerçek mesafe

$max_{(d)}$: Tüm parseller için bulunan en yüksek d_i değeri, yani maksimum mesafe

Yapılan analiz ile en uzak mesafeye sahip parsellerden başlayarak daha yakın olanlara doğru 0’dan 1’e kadar değerler atanmaktadır (Şekil 18).



Şekil 18: Fonksiyon Önem Skoru Dağılımı

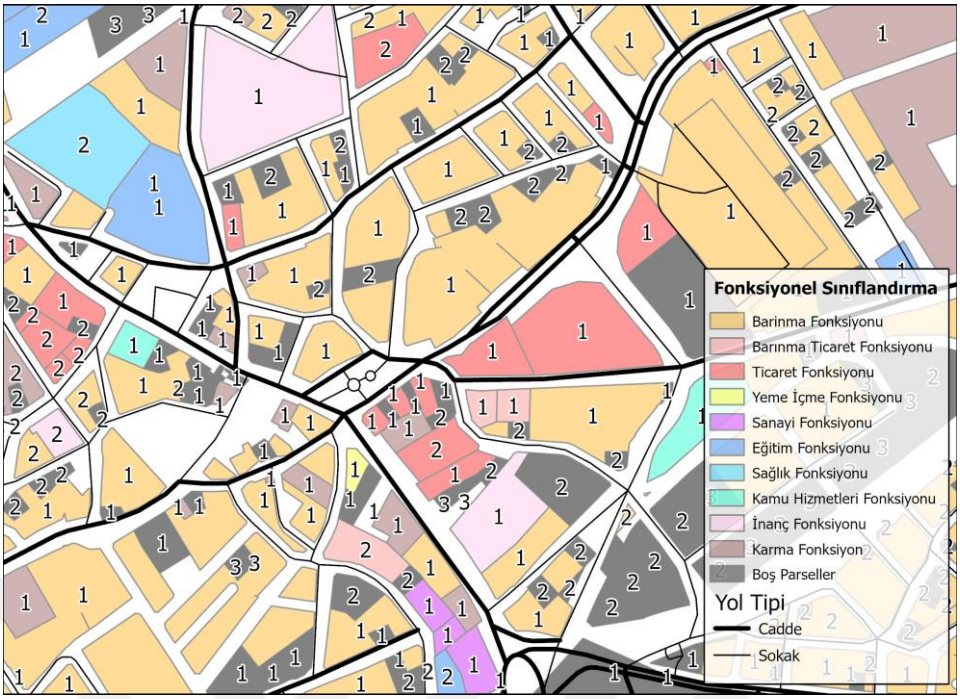
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Büyük önem değeri, fonksiyonun seyrekleştiğini ifade etmektedir. Zayıf fonksiyonların geliştirilmesi için az bulunan fonksiyonlar yüksek önem değeri almaktadır. Küçük önem değeri ise fonksiyonun yoğunlaştığını ve daha az ihtiyaç olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. Sonuç olarak fonksiyon önem skoru, fonksiyonun ne kadar sık veya seyrek olduğunu da veri setine ekleyerek öğrenme sürecine katkıda bulunmaktadır.

4.1.6. Yol Ağına Erişim Özellikleri

Fonksiyonların mekânsal erişilebilirlik düzeylerinin belirlenebilmesi için farklı yol türlerine olan mesafeleri hesaplanmış ve bu değerler parsel veri tabanına öznitelik olarak eklenmiştir. Çünkü bir fonksiyonun caddeye veya sokağa olan yakınlığı, onun ulaşılabilirliğini ve dolayısıyla potansiyel kullanım değerini doğrudan etkilemektedir.

Yapılan analiz, parselin hangi ölçüde erişilebilir bir konumda olduğunu mesafe cinsinden ortaya koymaktır. Buna göre 15 metre eşik değerinde olan ve caddelere cephesi olan parsellere 1, sokaklara cephesi olan parsellere 2, yol ağına 15 metreden uzak olan parsellere ise 3 değeri atanmıştır (Şekil 19). Ulaşım ağlarına yakınlık, özellikle barınma, ticaret ve kamu hizmeti fonksiyonlarının dağılımını anlamada kritik bir faktördür.



Şekil 19: Parsellerin Yol Ağına Erişim Özellikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Caddelere yakın parseller genellikle daha yüksek erişilebilirlik avantajına sahipken, sokaklara yakınlık ise yerel erişim düzeyini temsil etmektedir. Bu sayede ticaret ve kamu hizmeti gibi fonksiyonların caddelere yakın, konut fonksiyonlarının ise sokak ölçeğinde yoğunlaştığı daha net ortaya konabilmektedir. Yeni fonksiyonların tahmini sürecinde yola erişim ölçütünün kullanılması, daha uygun ve isabetli fonksiyon tahmini için önem arz etmektedir.

4.2. Veri Ön İşleme

Makine öğrenmesi tabanlı sınıflandırma modellerinin başarısı, yalnızca algoritma seçiminden değil, aynı zamanda kullanılan verinin kalitesinden ve dengeli yapısından da doğrudan etkilenmektedir. Gerçek yaşam verilerinde sıklıkla görülen sınıf dengesizlikleri, özellikle az temsil edilen kategorilerin öğrenilmesini zorlaştırmakta ve modelin çoğunluk sınıflara yönelmesine neden olmaktadır. Bu durum, özellikle şehirsel fonksiyon tahmininde kritik öneme sahip küçük sınıfların doğru şekilde temsil edilmesini engelleyebilmektedir. Bu nedenle çalışmada, verilerin model için daha uygun hale getirilmesi amacıyla çeşitli ön işleme adımları uygulanmıştır.

Veri dağılımındaki dengesizliğin model performansını olumsuz etkilememesi için SMOTE tabanlı örnekleme yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem sayesinde, azınlık

sınıfların dağılımı daha gerçekçi biçimde temsil edilmektedir. Ancak gereğinden fazla örnek üretilmesi, modelin aşırı öğrenme (overfitting) eğilimini artırabileceğinden, tüm sınıfları eşit seviyeye çıkarmak yerine, sınıflar için özel ağırlıklandırma stratejisi tercih edilmiştir.

Buna göre daha küçük sınıflar, şehrin doğal büyüme sürecini bozmayacak şekilde belirli çarpanlarla artırılmıştır. Böylece küçük ama kritik fonksiyonların modelde daha iyi temsil edilmesi sağlanmıştır. Diğer yandan, tüm sınıfların eşitlenmesinden doğabilecek aşırı öğrenme riski de ortadan kaldırılmıştır.

4.3. Pilot Uygulama Sahasının Seçilmesi

İstanbul'un bütününe yönelik gerçekleştirilen fonksiyonel sınıflandırma çalışmasının ardından, fonksiyon tahmini metodolojisinin uygulanabilirliğini test etmek amacıyla Avrupa ve Anadolu Yakası'ndan birer ilçe pilot uygulama sahası olarak seçilmiştir. Bu kapsamda seçilen Başakşehir (Avrupa Yakası) ve Sancaktepe (Anadolu Yakası) ilçeleri örneklem alanları olarak değerlendirilmiştir. İlçelerin seçilmesinde hem fonksiyonel çeşitliliğin yüksek olması hem de mekânsal büyüme eğilimlerinin dikkat çekici düzeyde bulunması belirleyici olmaktadır.

Bu iki pilot ilçe üzerinden yürütülen uygulamalar, modelin gerçek mekânsal veriler üzerinde sınanmasına imkân tanımış ve sonraki aşamalarda gerçekleştirilecek model kurulumu ve tahmin adımları için somut bir zemin oluşturmuştur. Ele alınan ilçelerin fonksiyonel dağılımı incelendiğinde, sınıf sayılarının yeterince dengeli olmaması şehirsel yaşamın doğal bir sonucudur. Barınma fonksiyonuna sahip parseller her iki ilçede de sayıca en yüksek sınıfı oluşturmaktadır. Sınıf dengesizliğini azaltmak için ilk olarak barınma fonksiyonlu tüm parseller ada ölçeğinde mekânsal olarak birleştirilmiş ve barınma fonksiyonlu adalar şeklinde ele alınmıştır. Bu kapsamda Tablo 12, Başakşehir ve Sancaktepe İlçelerinin fonksiyonel dağılım istatistiklerini göstermektedir. Barınma Fonksiyonlu ada sayısı Başakşehir'de 1885 ve Sancaktepe'de 2488 olup diğer sınıflara göre en yüksek sınıf sayısını oluşturmaktadır. Diğer sınıflarda, ticaret, eğitim, sağlık ve eğlence-spor gibi kritik işlevler az sayıdadır ama stratejik önemdedir. Bu sınıflardaki sınıf dengesizliğini gidermek için literatürde yaygın şekilde kullanılan (Chang vd., 2021b; Douzas vd., 2019; Elreedy & Atiya, 2019; Maldonado vd., 2019) SMOTE tekniği uygulanmıştır. Bu işlem sınıf dengesizliğinin meydana geldiği sınıfları, min-max

değerleri arasında enterpole ederek sentetik örnekler üretmektedir. Her iki ilçede de diğer fonksiyonlar sınıflara özel çarpanlar ile artırılarak makine öğrenmesi ile yapılacak tahmin analizinde yeterince temsil edilmeleri sağlanmıştır.

Fonksiyonel Sınıflar	Başakşehir İlçesi			Sancaktepe İlçesi		
	Sınıf Sayıları	Artış Oranı	Sentetik Örnekleme	Sınıf Sayıları	Artış Oranı	Sentetik Örnekleme
Barınma Fonksiyonu	1885	–	1885	2488	–	2488
Sanayi Fonksiyonu	548	×2	1096	222	×2	444
Ticaret Fonksiyonu	190	×3	570	321	×3	963
Karma Fonksiyon	212	×3	636	275	×2	550
Eğlence-Spor Fonksiyonu	105	×3	315	86	×3	258
Eğitim Fonksiyonu	73	×4	292	77	×3	231
İnanç Fonksiyonu	57	×3	171	63	×3	189
Kamu Hizmetleri Fonksiyonu	30	×5	150	50	×3	150
Yeme-İçme Fonksiyonu	15	×5	75	15	×5	75
Barınma Ticaret Fonksiyonu	31	×4	124	115	×3	345
Sağlık Fonksiyonu	18	×5	90	43	×3	129
Finans Fonksiyonu	14	×5	70	–	–	–
Toplam	**3178**	–	**5487**	**3755**	**–**	**5822**

Tablo 13: Başakşehir ve Sancaktepe İlçeleri Sınıf Dengelenmesi için SMOTE Uygulama Sonuçları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

4.4. Model Kurulumu ve Doğruluk Analizi

Fonksiyon tahmin sürecinin model eğitimi aşaması XGBoost (Extreme Gradient Boosting) algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. XGBoost, karar ağaçları tabanlı topluluk yöntemleri arasında yüksek doğruluk ve esneklik sunması nedeniyle tercih edilmiştir. Özellikle çok sınıflı ve dengesiz veri setlerinde, sınıf ayrımlarını güçlü biçimde öğrenebilmesi bu çalışmadaki amaçlarla uyum göstermektedir.

Modelin kurulumu için öncelikle bağımlı değişken sütunu (Fonksiyon Tipi) LabelEncoder yardımıyla sayısal forma dönüştürülmüştür. Veri kümesi, modelin performansını ölçmek üzere %80 eğitim ve %20 test olarak ikiye ayrılmıştır.

Kurulan XGBoost modelinde aşağıdaki temel hiperparametreler kullanılmıştır:

- **n_estimators = 300:** Modelde toplam 300 karar ağacı oluşturulmuştur. Ağaç sayısının fazla tutulması, karmaşık örüntülerin öğrenilmesini sağlamış fakat aynı zamanda aşırı öğrenme riskine karşı diğer parametreler (ör. max_depth, learning_rate) ile dengelenmiştir.
- **learning_rate = 0.1:** Öğrenme oranı, her iterasyondaki güncelleme adımlarını kontrol eden parametredir. Görece düşük bir öğrenme oranı tercih edilerek, modelin daha temkinli öğrenmesi ve küçük adımlarla ilerlemesi sağlanmıştır. Bu yaklaşım, modelin ani dalgalanmalar göstermesini önleyerek aşırı öğrenme riskini azaltmıştır.
- **max_depth = 6:** Karar ağaçlarının derinliği 6 ile sınırlandırılmıştır. Derinlik fazla olursa model çok dallanarak örnekleri ezberleme eğilimi gösterebilir; derinlik az olursa da karmaşık örüntüler yeterince öğrenilemeyebilir. Burada seçilen değer hem esneklik hem de genellenebilirlik açısından optimal bir denge kurmaktadır.
- **objective = multi:softmax:** Problem çok sınıflı bir sınıflandırma problemi olduğu için uygun amaç fonksiyonu seçilmiştir. "multi:softmax" fonksiyonu, her bir gözlemin yalnızca tek bir sınıfa atanmasını sağlayarak, fonksiyon tiplerinin net bir şekilde ayrılmasına olanak tanımaktadır.
- **eval_metric = mlogloss:** Modelin hata ölçütü olarak çok sınıflı log-loss metriği kullanılmıştır. Log-loss, yalnızca doğru sınıf tahminini değil, aynı zamanda yanlış sınıflara verilen olasılık dağılımlarını da dikkate aldığı için daha hassas bir değerlendirme imkânı sunmaktadır.
- **random_state = 42:** Rastgelelik, kontrol altına alınarak yapılan analizlerin tekrarlandığında aynı sonuçların elde edilmesi sağlanmıştır. Bu durum, özellikle bilimsel çalışmaların güvenilirliği açısından kritik bir unsurdur.
- **n_jobs = -1:** Tüm işlemcilerin eşzamanlı olarak çalıştırılması sağlanmış ve böylece modelin eğitilme süresi önemli ölçüde kısaltılmıştır. Bu, özellikle büyük ölçekli veri setlerinde hesaplama verimliliğini artıran bir tercihtir.

Yukarıda verilen hiperparemetreler kullanılarak Başakşehir ve Sancaktepe ilçelerine ait test verileri üzerinde yürütülen sınıflandırma analizinde, XGBoost modeli %93 doğruluk (accuracy) oranı ile yüksek performans sergilemiştir. Buna ek olarak sınıfların doğruluk değerlendirilmesi, Precision, Recall ve F1-score gibi metrikler incelendiğinde hem baskın

sınıflarda hem de azınlık sınıflarda modelin güçlü bir performans gösterdiği görülmektedir.

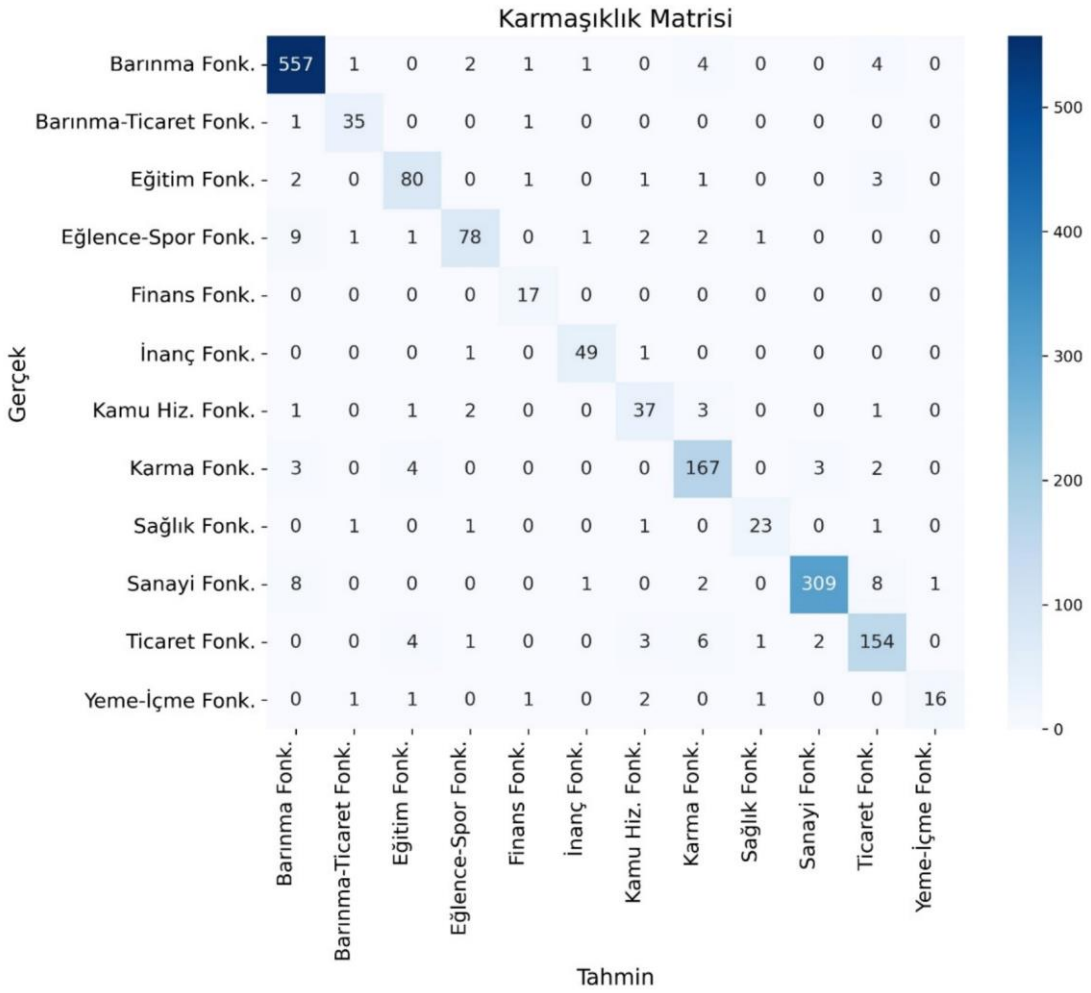
Başakşehir ilçesinin sınıflandırma sonuçları ve karmaşıklık matrisi aşağıda detaylı şekilde incelenmiştir (Tablo 14 ve Şekil 20).

Başarılı sınıflar: Barınma fonksiyonu (F1 = 0.97) ve sanayi fonksiyonu (F1 = 0.96) en yüksek başarıya ulaşan sınıflardır. Bu durum, bu fonksiyonların veri setinde yüksek gözlem sayısına sahip olmaları ve mekânsal özelliklerinin belirgin olmasıyla ilişkilendirilmektedir. İnanç fonksiyonu (F1 = 0.95) ve karma fonksiyon (F1 = 0.92) da yüksek doğrulukla tahmin edilmiştir.

Sınıflar	**Precision**	**Recall**	**F1-score**	**Support**
Barınma Fonksiyonu	0.96	0.98	0.97	570
Barınma-Ticaret Fonksiyonu	0.90	0.95	0.92	37
Eğitim Fonksiyonu	0.88	0.91	0.89	88
Eğlence-Spor Fonksiyonu	0.92	0.82	0.87	95
Finans Fonksiyonu	0.81	1.00	0.89	17
İnanç Fonksiyonu	0.94	0.96	0.95	51
Kamu Hizmetleri Fonksiyonu	0.79	0.82	0.80	45
Karma Fonksiyon	0.90	0.93	0.92	179
Sağlık Fonksiyonu	0.88	0.85	0.87	27
Sanayi Fonksiyonu	0.98	0.94	0.96	329
Ticaret Fonksiyonu	0.89	0.90	0.90	171
Yeme-İçme Fonksiyonu	0.94	0.73	0.82	22
accuracy			0.93	1631
macro avg	0.90	0.90	0.90	1631
weighted avg	0.93	0.93	0.93	1631

Tablo 14: Başakşehir İlçesi Test Verisi İçin Sınıflandırma Sonuçları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 20: Başakşehir İlçesi Test Verisi Üzerindeki Karmaşıklık Matrisi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Orta düzey performans gösteren sınıflar: Eğitim (F1 = 0.89) ve ticaret (F1 = 0.90) fonksiyonları güçlü bir başarı sergilemiştir. Bu sınıflarda precision ve recall dengeli seviyelerde seyretmiştir. Eğlence-spor (F1 = 0.87) ve sağlık (F1 = 0.87) fonksiyonlarında ise recall değerinin precision'dan düşük olması, bu fonksiyonların bazılarının yanlış sınıflara atandığını göstermektedir.

Görece zayıf sınıflar: Yeme-içme fonksiyonu (F1 = 0.82) ve kamu hizmetleri fonksiyonu (F1 = 0.80), daha düşük başarıya sahip sınıflar arasında yer almaktadır. Bu sınıflarda özellikle düşük örnek sayısı modelin öğrenme kapasitesini sınırlamaktadır. Finans fonksiyonu (precision = 0.81, recall = 1.00, F1 = 0.89) için model bu sınıfa ait örneklerin neredeyse tamamını doğru tahmin etmiş ancak precision görece düşük kaldığı için başka sınıflardan bazı örnekler yanlışlıkla "Finans" sınıfına atanmıştır.

Macro average (0.90 precision, 0.90 recall, 0.90 f1-score) tüm sınıflar eşit ağırlıkta değerlendirildiğinde dahi modelin istikrarlı bir performans sergilediğini göstermektedir. Weighted average (0.93 precision, 0.93 recall, 0.93 f1-score) sınıf büyüklüklerine göre ağırlıklandırıldığında genel başarının daha da yüksek olduğu görülmektedir.

Sancaktepe ilçesinin sınıflandırma sonuçları da detaylı şekilde incelenmiştir (Tablo 15 ve Şekil 21). Başarılı sınıflar: Barınma fonksiyonu (F1 = 0.97), sanayi fonksiyonu (F1 = 0.92) ve ticaret fonksiyonu (F1 = 0.94) modelin en yüksek başarıya ulaştığı sınıflardır. Bu durum, söz konusu fonksiyonların hem veri setinde yüksek gözlem sayısına sahip olmaları hem de mekânsal özelliklerinin belirgin olmasıyla ilişkilendirilebilir. Kamu hizmetleri fonksiyonu (F1 = 0.90) da yüksek doğrulukla tahmin edilen bir diğer sınıf olmuştur.

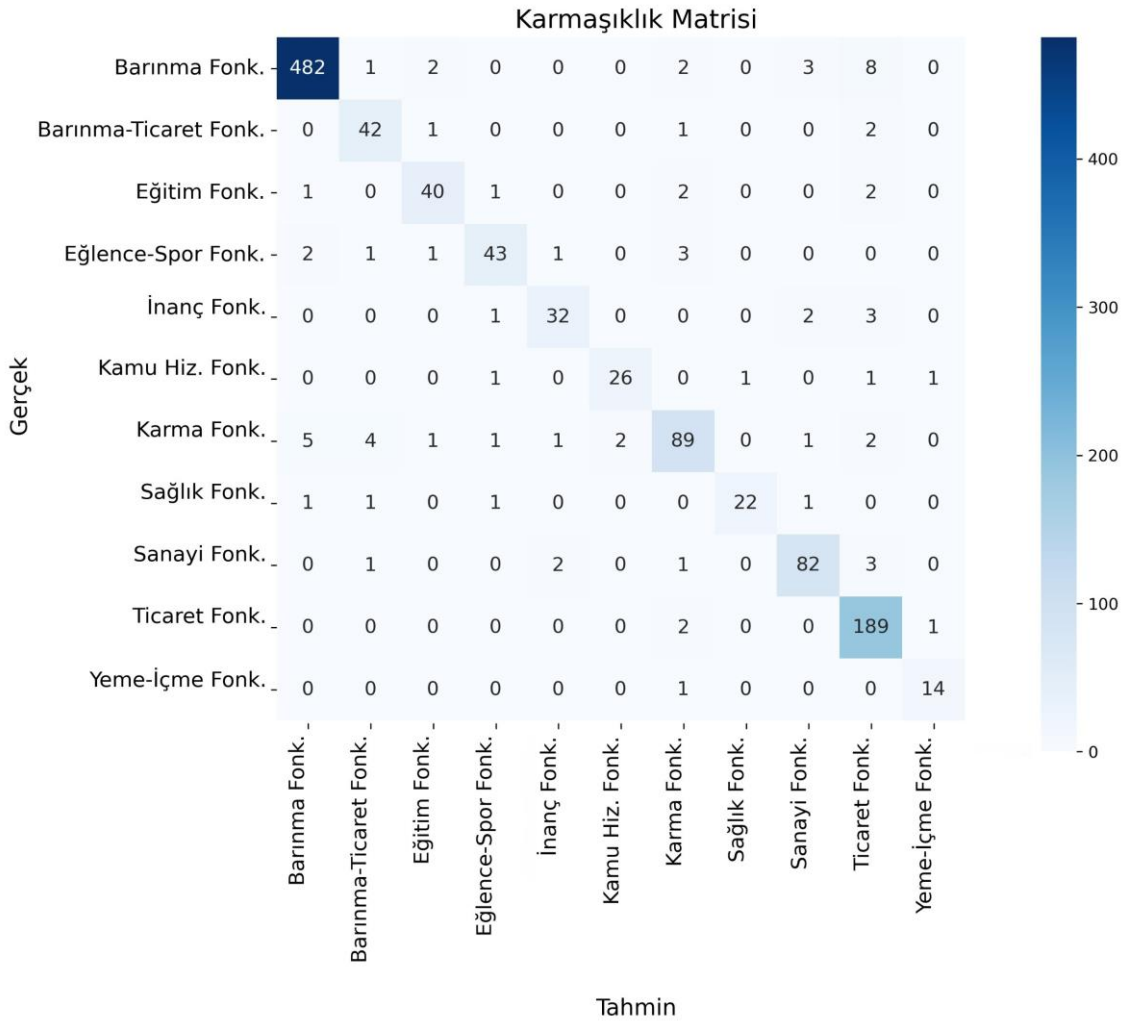
Sınıflar	**Precision**	**Recall**	**F1-score**	**Support**
Barınma Fonksiyonu	0.98	0.97	0.97	498
Barınma-Ticaret Fonksiyonu	0.84	0.91	0.88	46
Eğitim Fonksiyonu	0.89	0.87	0.88	46
Eğlence Spor Fonksiyonu	0.9	0.84	0.87	51
İnanç Fonksiyonu	0.89	0.84	0.86	38
Kamu Hizmetleri Fonksiyonu	0.93	0.87	0.90	30
Karma Fonksiyon	0.88	0.84	0.86	106
Sağlık Fonksiyonu	0.96	0.85	0.9	26
Sanayi Fonksiyonu	0.92	0.92	0.92	89
Ticaret Fonksiyonu	0.9	0.98	0.94	192
Yeme-İçme Fonksiyonu	0.88	0.93	0.90	15
accuracy			0.93	1137
macro avg	0.91	0.89	0.90	1137
weighted avg	0.93	0.93	0.93	1137

Tablo 15: Sancaktepe İlçesi Test Verisi İçin Sınıflandırma Sonuçları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Orta düzey performans gösteren sınıflar: Sağlık fonksiyonu (F1 = 0.90) ve Yeme-içme fonksiyonu (F1 = 0.90) güçlü bir başarı sergilemiştir. Bu sınıflarda precision değerleri yüksek olmasına rağmen recall görece daha düşük kalmış yani bazı örnekler atlanmıştır. Barınma-ticaret fonksiyonu (F1 = 0.88) ve eğitim fonksiyonu (F1 = 0.88) ise dengeli precision-recall değerleriyle modelin bu fonksiyonları büyük ölçüde doğru ayırt ettiğini göstermektedir.

Görece zayıf sınıflar: Eğlence-spor fonksiyonu (F1 = 0.87), inanç fonksiyonu (F1 = 0.86) ve karma fonksiyon (F1 = 0.86) diğer sınıflara göre daha düşük başarıya sahip olmuştur. Bu sınıflarda özellikle sınırlı gözlem sayısı ve mekânsal benzerlikler modelin ayırt etme kapasitesini sınırlamaktadır. Bu sonuçlar, modelin yalnızca baskın sınıflarda değil, görece küçük sınıflarda da tatmin edici düzeyde tahmin yapabildiğini ortaya koymaktadır. SMOTE tabanlı örnekleme ile desteklenen veri dengelenmesi, küçük sınıfların modelde temsilini güçlendirmiştir. Buna göre XGBoost, genel doğrulamada %93 ile en tutarlı sonuçları vermekte ve F1-skorları ise hem baskın hem de azınlık sınıflarda güçlü tahminler yapılabildiğini göstermektedir. Bu durum araştırma problemlerimizden biri olan, YZ tabanlı araçların hem mevcut fonksiyonları doğru tespit etmede hem de geleceğe ilişkin tahmin üretmede etkin biçimde kullanılabildiğini göstermektedir.



Şekil 21: Sancaktepe İlçesi Test Verisi İçin Karmaşıklık Matrisi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

5. BÖLÜM: BULGULAR

Çalışmada kullanılan verilerin analizi ile elde edilen sonuçların değerlendirildiği bu bölüm, üç temel kısımdan meydana gelmektedir. Bunlar; entropi analizi sonuçları, kümeleme analizi sonuçları ve pilot uygulama sahasında sınıflandırma, tahmin ve imar planı karşılaştırması bölümleridir.

Bulgular bölümünün ilk kısmı olan entropi analizi sonuçları, Shannon Entropisi İndeksi kullanılarak İstanbul genelinde üretilen karma fonksiyon dağılımlarını ve bu dağılımlara ilişkin istatistiksel sonuçları ortaya koymaktadır. Bu kısımda, fonksiyonel çeşitliliğin şehirsel alanlardaki genel eğilimi, farklı fonksiyon kombinasyonlarının mekânsal dağılımı ve şehir ölçeğinde fonksiyonel yoğunluk farklılıkları ayrıntılı biçimde değerlendirilmiştir. Bu başlığın altında ise ilçe düzeyinde entropi analizleri daha detaylı şekilde ele alınmıştır. Her bir ilçe için minimum, maksimum ve ortalama entropi değerleri hesaplanmış; elde edilen sonuçlar mahalle ölçeğinde mekânsal olarak yorumlanmıştır. Bu kapsamda, ilçeler arası fonksiyonel çeşitlilik farkları, şehirsel dokunun karma kullanım düzeyleri, mekânsal yapılanma ve örüntüleri karşılaştırmalı biçimde analiz edilmiştir.

İkinci kısım olan kümeleme analizi sonuçları bölümünde, şehir genelinde hakim fonksiyonların tespit edilmesi amacıyla gerçekleştirilen DBSCAN tabanlı kümeleme analizi bulguları sunulmuştur. Bu aşamada, POI kümeleri üzerinden belirlenen baskın fonksiyon alanları ve bu alanların mekânsal dağılımları değerlendirilmiştir. Aynı zamanda kümeleme ve entropi analizleri sonucunda elde edilen veriler bir araya getirilerek, parsel bazında gerçekleştirilen fonksiyonel sınıflandırmanın istatistikleri bu başlığın altında verilerek şehirde kapladıkları alanlar ve oranları açıklanmıştır.

Üçüncü kısımda ise geliştirilen makine öğrenmesi modeli, seçilen iki pilot ilçe üzerinde test edilmiştir. Bu analizde modelin tahmin başarısı, fonksiyon bazlı doğruluk oranları ve mekânsal örüntülerin gerçek verilerle uyumu detaylı biçimde ortaya konulmuştur.

Bu üç aşamalı bulgular dizisi, İstanbul'un fonksiyonel yapısını hem çeşitlilik (entropi tabanlı) hem yoğunluk (kümeleme) hem de öngörü (makine öğrenmesi tahmini) boyutlarıyla değerlendirmektedir. Bu kapsamda şehirsel fonksiyonların mekânsal organizasyonu dair elde edilen sonuçlar, şehir planlama çalışmalarına ve sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sunan bütüncül bir yaklaşımla ele alınmaktadır.

5.1. Entropi Analizi Sonuçları

İstanbul şehrine uygulanan Shannon Entropisi analiz sonuçları, Tablo 16'da verilmiştir. Tabloda parsellerin fonksiyonel çeşitlilik düzeyleri düşük, orta ve yüksek entropi kategorilerine ayrılmış; her bir grubun parsel sayısı, kapladığı alan ve toplam içindeki oranları verilmiştir.

SE İndeksi	Parsel Sayısı	Area(ha)	Oran(%)
Düşük Entropi (≤1)	21.077	6.329	72,40
Orta Düzey Entropi (≤2)	2.706	2.124	24,30
Yüksek Entropi (≤3)	59	293	3,40
Toplam	**23.842**	**8.745**	**100**

Tablo 16: Shannon Entropisi İndeksi ile Üretilen İstanbul'un Karma Fonksiyonların İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 16'da elde edilen bulgulara göre İstanbul'da 23.842 parselin karma fonksiyondan meydana geldiği ortaya konulmuştur. Tablo 17 incelendiğinde 3 farklı fonksiyon tipine sahip parseller hem düşük entropi (≤1) düzeyinde (106 parsel) hem de orta düzey entropi (≤2) sınıfında (2.284 parsel) yer almaktadır. Bu örtüşme, entropi ile fonksiyon sayısı arasındaki ilişkinin keskin eşiklerle ayrılmadığını göstermektedir. Aynı fonksiyon tipi sayısına sahip iki parselin farklı entropi düzeylerine sahip olmasının temel nedeni, bu fonksiyonların parsel içindeki oranlarının ve baskınlık düzeylerinin farklı olmasıdır.

	Farklı Fonksiyon Tipi Sayısı							
SE İndeksi	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Düşük Entropi (≤1)	20.966	106	4	1	0	0	0	0
Orta Düzey Entropi (≤2)	0	2.284	371	43	3	4	1	0
Yüksek Entropi (≤3)	0	0	0	34	12	7	4	2

Tablo 17: Shannon Entropisi İndeksi ile Üretilen İstanbul'un Karma Fonksiyon Kombinasyonları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

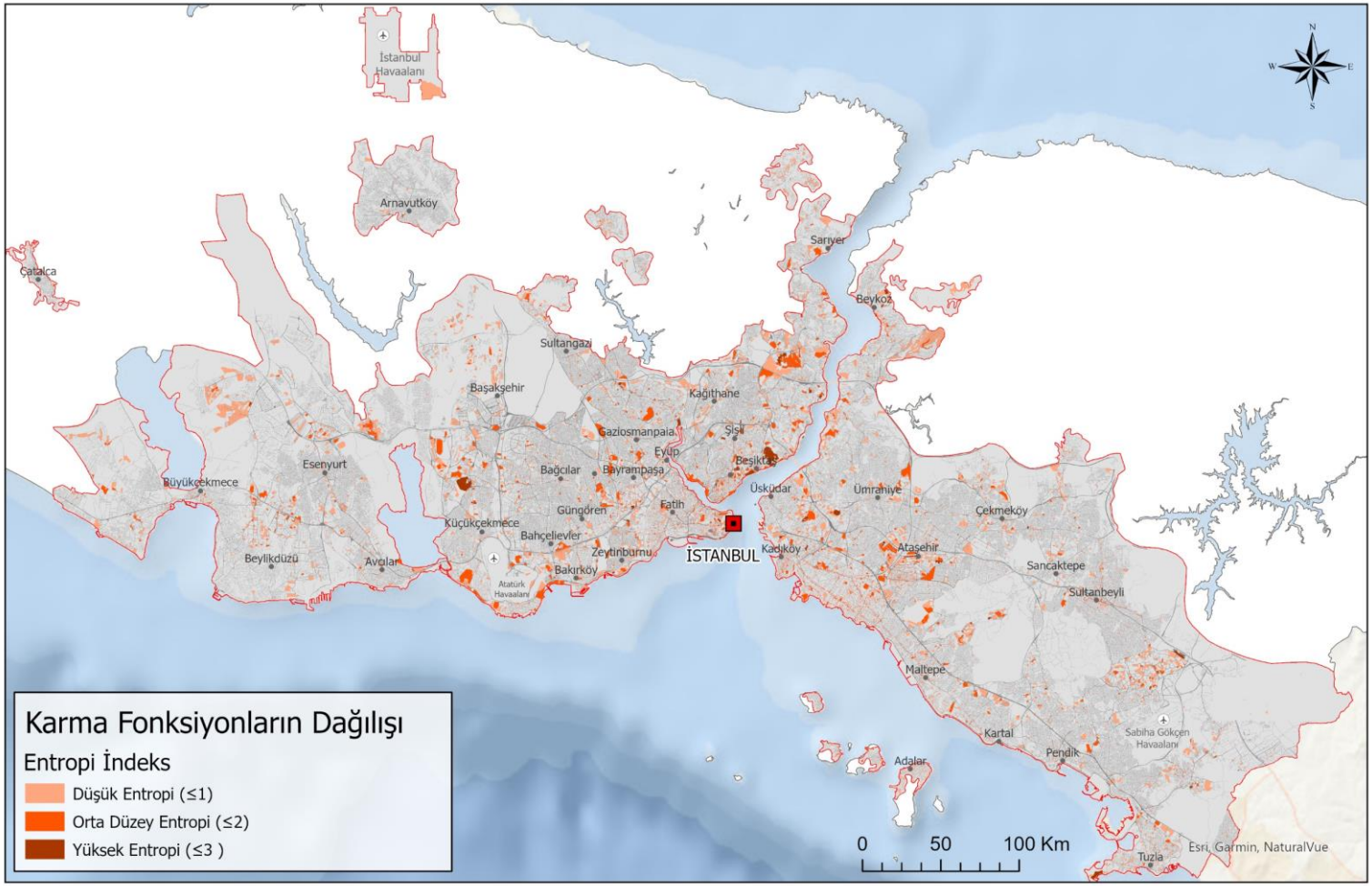
Parsellerin büyük bir kısmı düşük Shannon Entropisi değerine sahiptir. Burada düşük entropi fonksiyonel çeşitliliğin çoğunlukla iki ve üç fonksiyondan meydana geldiğini ifade etmektedir. Buna göre düşük entropi indeksine sahip parsel sayısı 21.077 olup 6.329 hektarlık bir alan kaplamakta ve toplam alanın %72,4'üne karşılık gelmektedir. Bu oran,

İstanbul'daki karma fonksiyonlu parsellerin çok büyük kısmının aslında oldukça sınırlı bir fonksiyon çeşitliliğine sahip olduğunu göstermektedir.

Şekil 22'de verilen dağılış haritası incelendiğinde, düşük entropi özelliği gösteren parseller, İstanbul'un geniş konut dokuları barındıran kısımlarında çoğunlukla konuta ek olarak küçük ölçekli ticaret, yeme içme alanları, rekreasyon, eğitim ve aile sağlık merkezi gibi temel fonksiyonların bir ya da birkaçını birlikte barındırmaktadır. Özellikle bu grup içinde barınma-ticaret fonksiyonu 8.046 parselde ortaya çıkmış olup fonksiyonel sınıflandırma analizinde ayrı bir kategori olarak ele alınmıştır (Ek 1). Bu da İstanbul'da konut dokusunun ticaret ile birlikte en çok tekrar eden fonksiyonel birlikteliği temsil ettiğini göstermektedir.

Orta düzey entropiye sahip parsellerin sayısı 2.706 olup, bu grup 2.124 hektar alanla toplamın %24,3'ünü oluşturmaktadır. Buradaki en büyük grubu üç fonksiyonlu parseller (2.284 adet) oluşturmaktadır. Bu sonuç, İstanbul'da fonksiyon çeşitliliğinin barınma-ticaret-yeme-içme veya barınma-eğitim-sağlık gibi üçlü kombinasyonlarla yoğunlaştığını göstermektedir. Dört ve beş fonksiyonlu parsellerin de belirgin sayılara ulaşması, bu grubu çok fonksiyonlu merkezi bölgelerinin temsilcisi haline getirmektedir. Özellikle ulaşım arterleri çevresi, ticaretin ve hizmetlerin yoğunlaştığı ilçe merkezleri bu grupta öne çıkmaktadır.

Yüksek entropi değerine sahip, çeşitliliğin beş ve üzeri fonksiyondan oluştuğu parseller ise yalnızca 59 adet olup 293 hektarlık bir alanla toplamın %3,4'ünü oluşturmaktadır. Bu sınırlı sayı, İstanbul'da yüksek fonksiyon çeşitliliğe sahip parsellerin az bir alan kapladığını göstermektedir. Ancak bu küçük grup, fonksiyonel çeşitliliğin en zengin olduğu ve şehrin en dinamik merkezlerini barındırmaktadır. Avrupa Yakası'ndaki Tarihi Yarımada, Beyoğlu, Şişli ve Levent-Maslak hattı, Anadolu Yakası'nda ise Kadıköy, Üsküdar ve Ataşehir çevresi bu gruba örnektir. Bu bölgeler; barınma, ticaret, finans, eğitim, sağlık ve eğlence fonksiyonlarının birlikte bulunduğu, İstanbul'un çok fonksiyonlu merkezlerini oluşturmaktadır.



Şekil 22: Shannon Entropi İndeks ile Karma Fonksiyonların Tespiti

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

5.1.1. Karma Fonksiyonlarının İlçe Ölçeğinde Değerlendirilmesi

İstanbul'un mekânsal yapısı, tarihsel gelişimi ve sosyoekonomik dinamikleri çok katmanlı bir fonksiyonel örgütlenme sergilemektedir. Barınma, ticaret, sanayi, eğitim, sağlık, kamusal hizmet, eğlence ve rekreasyon gibi fonksiyonlar, her ilçede farklı yoğunluk ve bileşimlerle bir araya gelerek karma kullanımlı dokuları oluşturmaktadır. Karma kullanımlı alanların anlaşılması, şehirdeki fonksiyonel çeşitliliğin mekânsal dağılımını ve etkileşim düzeyini ortaya koyarak, sürdürülebilirlik, erişilebilirlik ve arazi kullanım planlaması açısından önemli veriler sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında, İstanbul'un ilçe düzeyinde fonksiyonel çeşitliliği entropi analizi ile ölçülmüş; her bir ilçedeki fonksiyon çeşitliliği mahalle bazında ortalama, minimum ve maksimum değerleri alınarak aşağıda ele alınmıştır.

İstanbul'un ilçeleri, ortalama entropi değerleri esas alınarak üç temel fonksiyonel çeşitlilik düzeyine ayrılmıştır (Tablo 18). Bu sınıflandırma, ilçelerin arazi kullanımı içindeki fonksiyonel çeşitliliği ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Buna göre parseller ilçeler ölçeğinde genelleştirilerek, yüksek (≥1,00), orta (0,95–0,99) ve düşük (≤0,95) olmak üzere üç grupta değerlendirilmiştir.

1) Yüksek fonksiyonel çeşitlilik grubundaki ilçelerde parseller çoğunlukla 5 ve daha fazla sayıda fonksiyonel çeşitlilik barındırmaktadır.
2) Orta düzeyde fonksiyonel çeşitliliğe sahip ilçelerde parseller 3, 4 ve nadiren 5 farklı fonksiyon içermektedir.
3) Düşük fonksiyonel çeşitlilik grubundaki ilçelerde ise fonksiyonel çeşitlilik oranı daha sınırlı olup çoğunlukla iki ve üç fonksiyon aynı parselde bir arada bulunmaktadır.

İlçe Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi İndeksi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi	Fonksiyonel Çeşitlilik Düzeyi
Kadıköy	2909	1,06	2,37	0,32	Yüksek
Şişli	813	1,05	2,37	0,3	Yüksek
Bağcılar	913	1,02	2,13	0,47	Yüksek
Bayrampaşa	368	1,02	1,84	0,16	Yüksek
Beşiktaş	477	1,02	2,59	0,11	Yüksek
Beyoğlu	1290	1,02	2,25	0,28	Yüksek
Fatih	3981	1,02	2,25	0,26	Yüksek
Kartal	468	1,02	2,52	0,37	Yüksek

Bakırköy	509	1,01	2	0,39	Yüksek
Gaziosmanpaşa	398	1,01	2,35	0,09	Yüksek
Güngören	208	1,01	2	0,32	Yüksek
Maltepe	897	1,01	2,6	0,25	Yüksek
Zeytinburnu	940	1,01	2,29	0,3	Yüksek
Bahçelievler	280	1	2	0,44	Yüksek
Beylikdüzü	168	1	2	0,2	Yüksek
Esenler	156	1	2	0,34	Yüksek
Eyüpsultan	551	1	2,33	0,19	Yüksek
Ataşehir	989	0,99	2,64	0,24	Orta
Küçükçekmece	411	0,99	2,65	0,23	Orta
Sultanbeyli	1238	0,99	1,92	0,29	Orta
Avcılar	283	0,98	2	0,22	Orta
Pendik	659	0,97	2,2	0,1	Orta
Çekmeköy	307	0,96	2	0,11	Orta
Esenyurt	343	0,96	1,94	0,21	Orta
Kağıthane	204	0,96	1,75	0,5	Orta
Ümraniye	623	0,96	2	0,24	Orta
Üsküdar	578	0,96	2,52	0,13	Orta
Arnavutköy	63	0,95	1,92	0,21	Düşük
Çatalca	50	0,95	1,58	0,39	Düşük
Sancaktepe	275	0,95	2,02	0,04	Düşük
Tuzla	662	0,95	2,41	0,21	Düşük
Sultangazi	423	0,94	2	0,16	Düşük
Başakşehir	212	0,93	1,91	0,24	Düşük
Büyükçekmece	317	0,93	2,16	0,11	Düşük
Beykoz	402	0,91	2,33	0,09	Düşük
Sarıyer	477	0,87	2,87	0,1	Düşük

Tablo 18: İstanbul İlçeleri Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bu sınıflandırma sonucunda İstanbul genelinde ortalama entropi değeri 0,99 olarak hesaplanmıştır. Genel değerlendirme olarak, şehrin merkezi noktalarında yüksek düzeyde fonksiyonel çeşitliliğin hâkim olduğunu ancak merkezden çeperlere doğru gidildikçe fonksiyonel çeşitliliğin azaldığını görülmektedir.

Bu çalışma kapsamında, İstanbul'un ilçe düzeyinde fonksiyonel çeşitliliği entropi analizi ile ölçülmüş; her bir ilçedeki fonksiyon çeşitliği mahalle bazında ortalama, maksimum ve minimum değerleri ele alınarak değerlendirilmiştir.

Büyükçekmece İlçesi

Büyükçekmece, İstanbul'un batısında, Marmara Denizi kıyısından kuzeydeki plato yüzeylerine kadar uzanan geniş bir yerleşim alanıdır. İlçede merkezî alanlarda dört ve üzeri fonksiyonun birlikte yer aldığı karma bir yapı gözlenirken, çevresel kuşaklarda iki ya da üç fonksiyonun bir araya geldiği daha sade bir doku hâkimdir (Şekil 23). İlçe genelinde ortalama entropi değeri 0,93 olup (Tablo 19), düşük fonksiyonel çeşitlilik şeklinde yorumlanmaktadır. Karma fonksiyonlar özellikle merkezi alanlarda ve güneydeki sahil kuşağında ve kuzeyde yoğunlaşmaktadır.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Ekinoba	15	1,22	1,92	0,47
Cumhuriyet	16	1,21	1,92	0,65
Fatih	56	1,13	2,00	0,72
Mimaroba	22	1,08	1,94	0,44
Dizdariye	37	1,08	1,58	0,72
Atatürk	14	1,05	1,58	0,81
Çakmaklı	4	1,01	1,50	0,72
Mimar Sinan	16	0,99	1,46	0,65
19 Mayıs	11	0,96	1,00	0,72
Alkent 2000	27	0,93	2,16	0,17
Ulus	1	0,92	0,92	0,92
Hürriyet	3	0,86	0,95	0,72
Pınartepe	11	0,81	1,25	0,35
Sinanoba	10	0,80	1,22	0,28
Güzelce	15	0,77	1,00	0,26
Karaağaç	24	0,74	1,25	0,11
Türkoba	28	0,73	1,84	0,22
Bahçelievler	7	0,51	0,81	0,37

Tablo 19: Büyükçekmece İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Alkent 2000 (max 2,16), Fatih (max 2,00), Ekinoba (max 1,92), Cumhuriyet (max 1,92) ve Mimaroba (max 1,94) mahalleleridir. Bu beş mahalle, ilçenin yüksek entropili alanlarını temsil etmektedir.

Alkent 2000 Mahallesi, planlı yüksek gelir grubu konut alanlarının yoğunlaştığı, Çamlıca Bulvarı çevresinde gelişen çok işlevli bir merkezdir. Bu bulvar boyunca barınma, eğlence-spor, ticaret, eğitim, inanç ve kamu hizmetleri gibi farklı fonksiyonların bir arada bulunması mahalleyi Büyükçekmece'nin en karma işlevli alanı hâline getirmiştir. 2,16 maksimum entropi değeriyle ilçe genelinde en yüksek fonksiyonel çeşitlilik bu mahallede gözlenmiştir. Site içi sosyal donatılar, spor tesisleri, eğitim kurumları ve ticari alanlar ile

kendi içinde güçlü bir bütünlük oluşturan mahalle, dış çevreyle sınırlı etkileşim göstermektedir.

Şekil 23: Büyükçekmece İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fatih Mahallesi (max 2,00), ilçenin merkezî ve ulaşım avantajı yüksek bölgelerinden biridir. Turgut Özal Bulvarı ve E-5 bağlantı yolları boyunca ticaret, eğitim, sağlık ve yeme-içme işlevlerinin iç içe geçtiği karma bir yapı ortaya çıkmıştır. Ulaşım kolaylığı ve yoğun yaya akışı, karma fonksiyonel ilişkileri desteklemektedir. Bu alan, konut-ticaret bileşimleriyle yüksek entropili bir şehir dokusu sergilemektedir.

Ekinoba Mahallesi (max 1,92), Büyükçekmece-Silivri Sahil Yolu ve Fevzi Çakmak Caddesi çevresinde gelişen barınma, ticaret ve rekreasyon işlevlerinin dağılımı yüksek entropi düzeyine ulaşmıştır. Yazlık konut dokularının kalıcı yerleşimlere dönüşmesi ve sahil boyunca gelişen yeme–içme birimleri, karma kullanımı güçlendiren temel

etmenlerdir. Cumhuriyet Mahallesi (max 1,92), Turgut Özal Bulvarı ve Beylikdüzü sınır hattı boyunca barınma, ticaret, eğitim ve yeme–içme fonksiyonlarının yoğunlaştığı bir alandır. Buradaki fonksiyonel çeşitlilik, D-100 Karayolu bağlantısının getirdiği hareketlilikle desteklenmektedir. Mimaroba Mahallesi (max 1,94), kıyı kuşağının doğu kesiminde, Mustafa Kemal Bulvarı ve sahil hattı boyunca gelişen ticaret, konut ve rekreasyon işlevleriyle orta–yüksek düzeyde karma bir yapı sergilemektedir. Kıyı rekreasyon alanları ve sahil boyunca uzanan ticari birimler bu çeşitliliği pekiştirmektedir. Buna karşılık, kuzey ve batı kesimlerde yer alan Türkoba (max 1,84), Karaağaç (max 1,25), Pınartepe (max 1,25), Güzelce (max 1,00) ve Bahçelievler (max 0,81) mahallelerinde ortalama entropi değerleri 0,6–0,8 aralığındadır.

Türkoba Mahallesi'nde, D-100 hattı çevresindeki küçük ölçekli sanayi ve lojistik birimlerinin yanı sıra barınma ve eğitim işlevleri kısmi karma bir yapı oluşturmaktadır. Pınartepe Mahallesi ise sahile yakın olmasına rağmen ağırlıklı olarak barınma fonksiyonunun baskın olduğu, düşük entropili alanlardır. Bu bölgelerde geniş parseller, düşük yoğunluklu konut dokusu ve sınırlı ticaret alanları fonksiyonel çeşitliliği kısıtlamaktadır. Güzelce'de Kiptaş Tepecik Konutları çevresinde ise barınma, eğitim ve küçük ölçekli ticaret işlevleriyle yerel ölçekte orta düzey bir karma yapı gözlenmektedir. Doğu sınırında İstanbul Arel Üniversitesi, batı sınırında Beykent Üniversitesi ve TÜYAP Fuar Merkezi çevresi, eğitim, ticaret ve fuar–organizasyon gibi etkileşimlerin iç içe geçtiği alanlarını oluşturmakta; bu alanlar ilçenin mekânsal fonksiyon çeşitliliğini artıran odaklar arasında yer almaktadır.

Beylikdüzü İlçesi

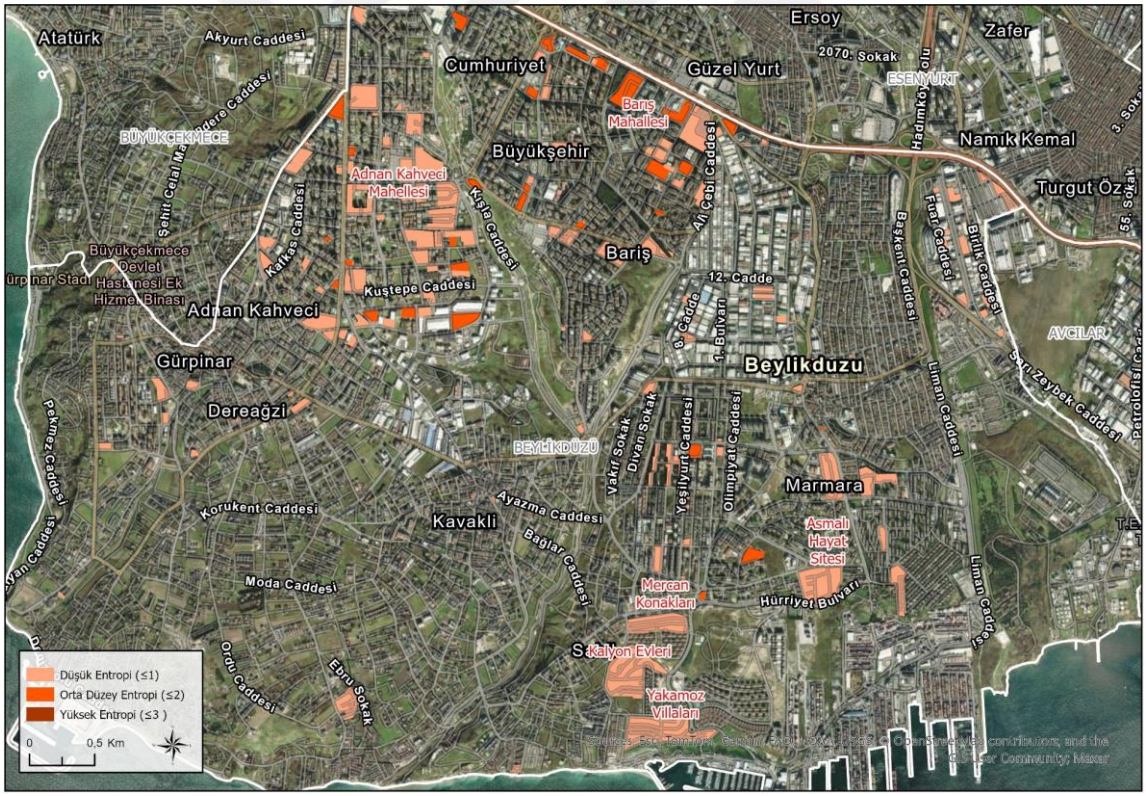
Beylikdüzü, İstanbul'un batısında, Marmara kıyısı ile E-5 (D100) karayolu arasında uzanan ve planlı şehirsel gelişimin örneklerini sergileyen ilçelerden biridir (Şekil 24). İlçede morfolojik yapı, kuzeyde ticaret ve kamu hizmetleri merkezleri, güneyde ise barınma ve rekreasyon alanlarıyla iki ana fonksiyonel zon meydana getirmektedir. Bu yapısal farklılaşma, fonksiyonel entropi dağılımına da doğrudan yansımaktadır. İlçe genelinde ortalama entropi değeri 0,99 olup (Tablo 20), orta düzeyde fonksiyonel çeşitliliği sahip olan planlı ilçelerden biri olarak öne çıkmaktadır.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Adnan Kahveci (max 2,00), Barış (max 1,96), Cumhuriyet (max 1,92), Büyükşehir (max 1,92) ve Kavaklı (max

1,92) mahalleleridir. Bu beş mahalle, ilçenin yüksek entropili çekirdek alanlarını oluşturmaktadır. Bu mahallelerde eğitim, yeme-içme, ticaret, sağlık ve kamu hizmetleri işlevleri iç içe geçmiş; planlı konut dokuları ile bütünleşen sosyal donatılar, fonksiyonel çeşitliliği desteklemiştir.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Cumhuriyet	6	1,41	1,92	0,59
Büyükşehir	9	1,10	1,92	0,39
Barış	21	1,09	1,96	0,62
Yakuplu	30	1,03	1,75	0,76
Kavaklı	13	1,00	1,92	0,41
Sahil	2	0,96	1,00	0,92
Adnan Kahveci	62	0,89	2,00	0,39
Dereağzı	7	0,85	1,00	0,44
Gürpınar	7	0,84	1,00	0,59
Marmara	11	0,80	1,58	0,20

Tablo 20: Beylikdüzü İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri



Şekil 24: Beylikdüzü İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Adnan Kahveci Mahallesi (max 2,00), ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanıdır. Entropi değerleri 0,39–2,00 aralığında değişmekte olup, Yavuz Sultan Selim

Bulvarı çevresinde barınma, ticaret, eğitim, sağlık ve yeme-içme işlevleri güçlü biçimde iç içe geçmiştir. Alışveriş merkezleri, özel hastaneler, eğitim kurumları ve restoranların varlığı, mahalleyi Beylikdüzü'nün planlı çok işlevli merkezlerinden biri haline getirmiştir. Barış Mahallesi (max 1,96), entropi değerlerinin 0,62–1,96 aralığında değiştiği, ticaret, barınma, kamu hizmetleri ve sağlık işlevlerinin yoğunlaştığı bir geçiş alanı niteliğindedir. Atatürk Bulvarı ve Kavaklı Bulvarı çevresinde yer alan Migros AVM ve küçük ölçekli diğer ticaret birimleri ve sağlık merkezleri, konut alanlarıyla bütünleşerek mahallede orta–yüksek düzeyde bir fonksiyonel karma yapı oluşturmuştur.
Cumhuriyet Mahallesi (max 1,92), ilçenin kuzeyinde yer almakta olup entropi değerleri 0,59–1,92 aralığında değişmektedir. Atatürk Bulvarı, İstiklal Caddesi ve Ali Talip Özdemir Caddesi boyunca ticaret, eğitim, kamu hizmetleri, inanç ve yeme-içme işlevleri dağılmıştır. E-5 hattına yakın konumu, mahalleyi ulaşım ve ekonomik etkinlik bakımından avantajlı kılmakta; bu durum fonksiyonel çeşitliliği artırmaktadır.
Büyükşehir Mahallesi (max 1,92), entropi değerlerinin 0,39–1,92 arasında değiştiği, Beylikdüzü Belediyesi, 19 Mayıs Caddesi ve Çamlık Caddesi çevresinde kamu hizmetleri, finans, eğitim, eğlence-spor ve yeme-içme işlevlerinin bir arada bulunduğu bir merkezdir. Bu unsurlar, mahallede çok yönlü bir fonksiyonel bütünlük yaratmıştır.
Kavaklı Mahallesi (max 1,92), Marmara Denizi kıyısında yer almakta olup entropi değerleri 0,41–1,92 arasında değişmektedir. Batı Trakya Bulvarı, İstanbul Caddesi, Gençlik Caddesi, Ayasofya Caddesi ve Yeşilyurt Caddesi boyunca gelişen barınma, rekreasyon, yeme-içme, turizm ve ticaret işlevleri mahallede sahil boyunca uzanan çizgisel bir karma yapı meydana getirmektedir. Yaz aylarında artan rekreatif faaliyetler, fonksiyonel çeşitliliği mevsimsel olarak da güçlendirmektedir. Orta düzey fonksiyonel çeşitlilik, Yakuplu (max 1,75) ve Marmara (max 1,58) mahallelerinde gözlenmektedir.
Yakuplu Mahallesi'nde entropi değerleri 0,76–1,75 aralığında olup Hürriyet Bulvarı, Kumcular Yolu Caddesi ve Osmangazi Caddesi eksenlerinde barınma, ticaret, sağlık ve yeme-içme işlevleri dengeli bir biçimde yer almaktadır. Yakuplu Caddesi çevresinde görülen kamu hizmetleri birimleri, mahallede orta düzey karma bir yapının sürekliliğini sağlamaktadır. Marmara Mahallesinde ise entropi 0,20–1,58 aralığında değişmektedir. Kıyı boyunca gelişen barınma, ticaret, park ve inanç işlevlerinin bir arada bulunduğu sade bir doku, düşük yoğunluklu ancak fonksiyonel sürekliliğini koruyan bir yapı ortaya koymaktadır.

Fonksiyonel çeşitliliğin en düşük olduğu mahalleler Dereağzı (max 1,00), Gürpınar (max 1,00) ve Sahil (max 1,00) mahalleleridir. Dereağzı'nda entropi değerleri 0,44–1,00; Gürpınar'da 0,59–1,00 aralığında değişmektedir. Bu mahallelerde barınma ve eğitim işlevleri baskın olup, ticaret ve kamu hizmetleri alanları sınırlıdır. Sahil Mahallesi ise entropinin 0,92–1,00 aralığında değiştiği, ilçenin en düşük fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanıdır. Burada barınma, park ve rekreasyon işlevleri sınırlı biçimde yer almakta; ticaret ve kamusal hizmet birimleri neredeyse hiç bulunmamaktadır. Kavaklı–Gürpınar sahil hattı, bu mahalleler boyunca kesintisiz biçimde süren konut–rekreasyon kuşağını temsil etmektedir.

Beylikdüzü ilçesinde fonksiyonel çeşitlilik kuzeyden güneye doğru azalan bir eğilim göstermektedir. Yüksek entropili mahalleler (Adnan Kahveci, Barış, Cumhuriyet, Büyükşehir, Kavaklı) ilçenin ekonomik ve sosyal çekim odaklarını oluştururken, orta düzey mahalleler (Yakuplu, Marmara) fonksiyonel zonları temsil etmektedir. Güneydeki düşük entropili mahallelerde (Dereağzı, Gürpınar, Sahil) barınma ve rekreasyon işlevleri baskın olup fonksiyonel çeşitlilik sınırlıdır. Bu mekânsal desen, Beylikdüzü'nün planlı gelişim anlayışı içinde çok fonksiyonlu yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Esenyurt İlçesi

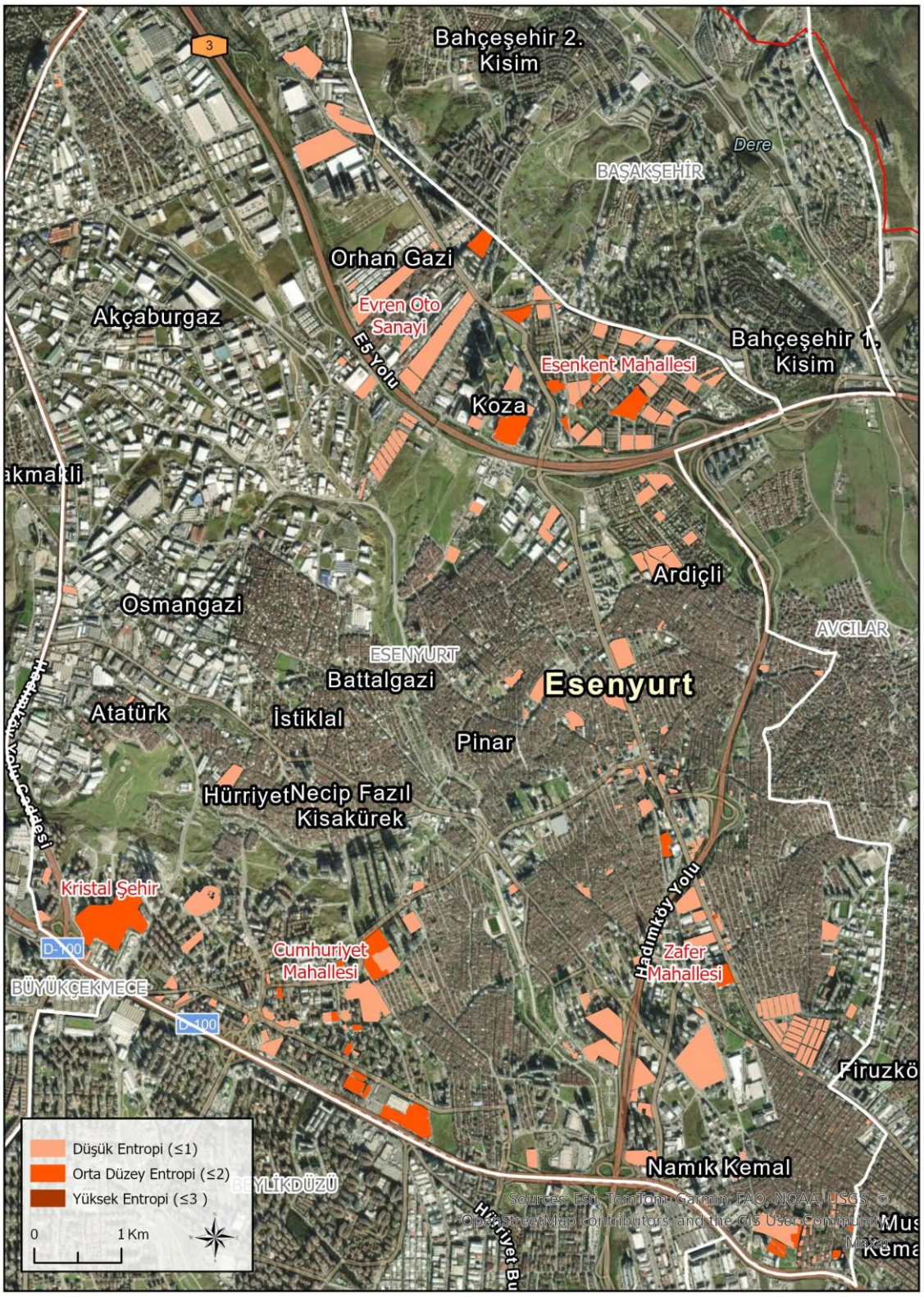
Esenyurt, İstanbul'un batısında, D-100 (E-5) karayolu ile TEM otoyolu arasında yer alan ve son otuz yılda hızlı bir biçimde şehirleşen, çok fonksiyon yapıya sahip bir ilçedir (Şekil 25). İlçe, sanayi, ticaret, eğitim ve konut alanlarının yoğunlaştığı karma bir gelişim dokusu sergiler. İlçede ortalama entropi değeri 1,02 olup (Tablo 21) bu değer, Esenyurt'un yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip ilçelerden biri olduğunu göstermektedir. Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Mevlana, Gökevler, Piri Reis, Yeşilkent ve Aşık Veysel mahallelerinde belirginleşmektedir. Mevlana Mahallesi (maks. 1,94), ilçenin en yüksek entropi değerine sahiptir. Yıldırım Beyazıt Caddesi boyunca konut, ticaret, eğitim ve kamu hizmetleri işlevleri iç içe geçmiş durumdadır. Gökevler Mahallesi (1,92), E-5 Karayolu ve Adnan Kahveci Bulvarı çevresinde ticaret, konaklama ve barınma fonksiyonlarının yoğunlaştığı bir bölgedir; Kristalşehir konutları ve çevresindeki hizmet birimleri mahalleye eğitim–ticaret ağırlıklı bir karakter kazandırmaktadır.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Mevlana	9	1,35	1,94	0,92

Gökevler	4	1,16	1,92	0,81
Piri Reis	7	1,14	1,50	1,00
Yeşilkent	6	1,12	1,84	0,72
Aşık Veysel	20	1,06	1,91	0,47
Turgut Özal	49	1,06	1,75	0,59
İnönü	12	1,02	1,58	0,72
Üçevler	7	1,01	1,15	0,92
Bağlarçeşme	13	1,00	1,46	0,81
Cumhuriyet	10	1,00	1,50	0,50
Atatürk	1	1,00	1,00	1,00
Namık Kemal	9	1,00	1,00	1,00
Osmangazi	1	1,00	1,00	1,00
Pınar	4	1,00	1,00	1,00
Saadetdere	3	1,00	1,00	1,00
Süleymaniye	9	1,00	1,00	1,00
Talatpaşa	4	1,00	1,00	1,00
Yunus Emre	2	1,00	1,00	1,00
Koza	17	1,00	1,83	0,22
Akşemseddin	28	0,99	1,00	0,72
Yenikent	7	0,99	1,00	0,92
Balıkyolu	6	0,98	1,00	0,92
Akçaburgaz	6	0,97	1,00	0,92
Güzelyurt	9	0,96	1,00	0,92
Sultaniye	4	0,96	1,00	0,81
Barbaros Hayrettin Paşa	7	0,94	1,00	0,72
Selahaddin Eyyubi	6	0,93	1,00	0,50
Orhan Gazi	20	0,93	1,25	0,65
Fatih	49	0,90	1,00	0,50
İncirtepe	12	0,90	1,00	0,59
Çınar	7	0,88	0,92	0,81
Zafer	13	0,85	1,57	0,21
Akevler	10	0,85	1,00	0,65
Örnek	1	0,81	0,81	0,81
Esenkent	9	0,80	1,75	0,54
Ardıçlı	1	0,67	1,00	0,31
Hürriyet	4	0,28	0,28	0,28

Tablo 21: Esenyurt İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 25: Esenyurt İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Piri Reis Mahallesi (1,50) daha çok barınma odaklı olmakla birlikte, çevresindeki eğitim kurumları ve küçük ölçekli ticaret birimleriyle öne çıkmaktadır. Yeşilkent Mahallesi (1,84) D-100 koridoruna yakınlığı nedeniyle karma fonksiyonlu bir yapı sunmaktadır. Konut, yeme-içme ve eğlence-spor fonksiyonları mahalle genelinde dağılış göstermektedir. Aşık Veysel Mahallesi (1,91) Hoşdere Esenyurt Caddesi ve Süleyman Demirel Caddesi çevresinde eğlence-spor, ticaret ve barınma fonksiyonlarının kesiştiği, yüksek fonksiyonel karışımın gözlendiği bir diğer yoğun alandır.

Orta düzeyde entropi değerleri (1,00 – 1,25) Turgut Özal, İnönü, Bağlarçeşme, Cumhuriyet ve Koza mahallelerinde görülür. Bu mahallelerde fonksiyonel yapı, barınma işlevine ek olarak ticaret, eğitim veya kamu hizmeti unsurlarıyla desteklenmektedir. Düşük entropi değerine sahip mahalleler (1'in altında) ise en az iki veya üç farklı fonksiyonun bir arada görüldüğü alanlardır. Bu bölgelerde fonksiyonel çeşitlilik sınırlı olmakla birlikte, konut–ticaret, eğitim–kamu hizmeti veya sanayi–depolama gibi ikili ve üçlü kombinasyonlar hâkimdir. Ardıçlı, Zafer ve Esenkent mahallelerinde gözlenen daha düşük entropi değerleri, bu tür ikili ve üçlü fonksiyon birlikteliklerinin yaygın olduğu bölgeleri temsil etmektedir.

Genel olarak Esenyurt'ta fonksiyonel çeşitlilik Doğan Araslı Bulvarı ve E-5 Karayolu çevresinde yoğunlaşırken, kuzey ve batı mahallelerinde (Ardıçlı, Hürriyet, Zafer, Pınar vb.) işlev sayısı azalan, ancak yine de iki ya da üç farklı fonksiyonun birlikte görüldüğü karma kullanımlar bulunmaktadır. Bu dağılım, ilçenin güneyinde gelişen barınma, ticaret ve eğlence sağlık fonksiyonları, kuzeyde ise daha sakin barınma–ticaret odaklı alanlarla temsil edilmektedir.

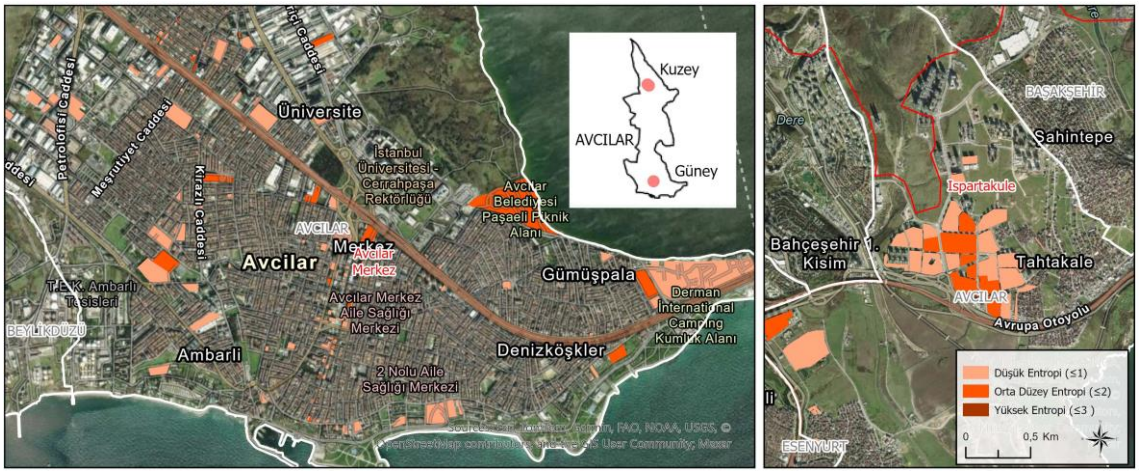
Esenyurt'un mekânsal yapısı, yüksek nüfus yoğunluğu ve dinamik inşaat sektörü ile şekillenen çok merkezli, ancak dengesiz bir fonksiyonel dağılım sergilemektedir. Güneydeki ana ulaşım koridorları çevresinde karma fonksiyonlu yüksek entropi alanları gelişirken, kuzey ve batı kesimlerde iki ve üç fonksiyonun bir arada bulunduğu orta düzeyde karışık alanlar yaygındır. Bu durum, ilçenin planlamasında fonksiyonel çeşitliliğin artırılmasına ve mekânsal dengenin güçlendirilmesine yönelik politikaların önemini ortaya koymaktadır.

Avcılar İlçesi

Avcılar, İstanbul'un batı yakasında, Marmara Denizi kıyısı ile kuzeydeki plato yüzeyleri arasında uzanan geçiş kuşağında yer almakta olup, coğrafi farklılıkların fonksiyonel çeşitliliğe doğrudan yansıdığı yerleşim alanlarından biridir (Şekil 26). İlçe genelinde ortalama entropi değeri 0,97 fonksiyonel çeşitlilik orta düzeyindedir (Tablo 22). Güneyde kıyı boyunca rekreasyonel ve turizm işlevleri, kuzeyde ise planlı konut, eğitim ve ticaret odaklı karma alanlar hâkimdir.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Üniversite	34	1,1	1,58	0,81
Ambarlı	34	1,04	1,58	0,86
Merkez	44	1,04	2,0	0,72
Mustafa Kemalpaşa	27	1,02	1,58	0,72
Tahtakale	33	1	1,91	0,34
Firuzköy	23	0,99	1,58	0,72
Gümüşpala	14	0,99	1,52	0,7
Cihangir	41	0,97	1,33	0,5
Denizköşkler	14	0,87	1,58	0,25
Yeşilkent	19	0,76	1,62	0,22

Tablo 22: Avcılar İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri



Şekil 26: Avcılar İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Merkez (max 2,00), Tahtakale (max 1,91), Yeşilkent (max 1,62), Ambarlı (max 1,58) ve Üniversite (max 1,58) mahalleleridir. Bu beş mahalle, Avcılar'ın önemli fonksiyonel zonunu

oluşturmakta; ticaret, eğitim, kamu hizmetleri ve barınma işlevlerinin iç içe geçtiği karma bir yapıyı temsil etmektedir.

Merkez Mahallesi (maks. 2,00), ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanıdır. Çiğdem Caddesi boyunca ticaret, yeme-içme, finans, sağlık ve eğitim birimleri yoğunlaşmaktadır. Bu akslar, Meşrutiyet Caddesi ve çevresindeki küçük ölçekli işletmeler ile birlikte yüksek entropili bir merkezî yapı oluşturmaktadır. Bu bölge, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Avcılar Kampüsü ve çevresindeki eğitim-ticaret etkileşimiyle ilçenin en yoğun fonksiyonel alanlarından biridir. Tahtakale Mahallesi (maks. 1,91), Avrupa Otoyolu (TEM), Ispartakule Bulvarı ve Fırat Caddesi çevresinde gelişen karma yapısıyla dikkat çekmektedir. Barınma, yeme-içme, eğlence-spor, sağlık ve ticaret işlevlerinin birlikte bulunduğu bu bölge, planlı konut alanlarının çevresinde modern ve çok işlevli bir gelişim karakteri sergilemektedir.

Ambarlı Mahallesi (maks. 1,58), Cumhuriyet Caddesi, Balaban Caddesi, Öğretmenler Caddesi ve Denizköşkler Caddesi boyunca uzanan ticaret-kamu hizmeti odaklı karma fonksiyonlarıyla öne çıkar. Lojistik tesisler ve küçük ölçekli üretim birimlerinin kıyı bandındaki barınma ve ticaret işlevleriyle birleşmesi, mahalledeki entropi değerlerini yükseltmiştir. Üniversite Mahallesi (maks. 1,58), D-100 Karayolu çevresinde yer almakta olup İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Kampüsü etkisiyle eğitim, barınma ve ticaret fonksiyonlarının iç içe geçtiği bir yapıya sahiptir. Kampüs çevresinde yoğunlaşan yeme-içme, kafe-restoran ve perakende birimleri, mahalleyi üniversite odaklı karma kullanım alanı hâline getirmiştir. Yeşilkent Mahallesi (maks. 1,62), kuzeyde Ispartakule ve Bahçeşehir geçiş zonu üzerinde konumlanmakta olup, planlı konut alanları, özel okul ve ticari birimlerle çevrili orta-yüksek düzeyde karma bir yapıya sahiptir. Bu bölgede konut-eğitim-kamu hizmeti fonksiyonları birlikte bulunmakta, mahalle mekânsal olarak Esenyurt ve Başakşehir yönlü gelişimin etkisi altındadır.

Orta düzey entropi değerleri Gümüşpala, Firuzköy ve Mustafa Kemalpaşa mahallelerinde görülmektedir. Bu bölgelerde barınma-ticaret-kamu hizmeti işlevleri hâkimdir. Özellikle Petrol Ofisi Caddesi ve Beyoğlu Caddesi çevresinde yoğunlaşan küçük işletmeler, fonksiyonel karmaşayı desteklemektedir. Daha düşük entropili alanlar Cihangir ve Firuzköy mahallelerinin bazı bölümlerinde görülmektedir. Bu alanlarda işlev çeşitliliği iki veya üç fonksiyonla sınırlı olup, genellikle konut-eğitim veya konut-ticaret kombinasyonları hâkimdir.

Genel olarak Avcılar'da fonksiyonel çeşitlilik D-100 Karayolu ve kıyı aksı boyunca yoğunlaşmakta, kuzeydeki plato yüzeylerinde ise planlı konut-eğitim alanları ile daha sakin bir fonksiyonel yapı gözlenmektedir. İlçenin mekânsal formu, kuzeydeki yeni gelişim alanları ile güneydeki eski şehir dokusu arasında belirgin bir fonksiyonel geçiş zonu karakteri taşımaktadır.

Küçükçekmece İlçesi

Küçükçekmece, İstanbul'un batısında Marmara Denizi kıyısından kuzeydeki TEM Otoyolu'na kadar uzanan geniş bir yerleşim kuşağında konumlanmaktadır (Şekil 27). İlçe, hem Küçükçekmece Gölü çevresindeki doğal sınırlara, hem de Basın Ekspres koridoru gibi yüksek erişimli ulaşım eksenlerine yakınlığı sayesinde güçlü bir ulaşım ve mekânsal erişilebilirlik avantajına sahiptir. Bu durum, ilçedeki fonksiyonel çeşitliliğin kuzey–güney doğrultusunda belirgin bir farklılaşma göstermesine neden olmuştur. İlçe genelinde ortalama entropi değeri 0,98 olup fonksiyonel çeşitlilik orta düzeydedir (Tablo 23).

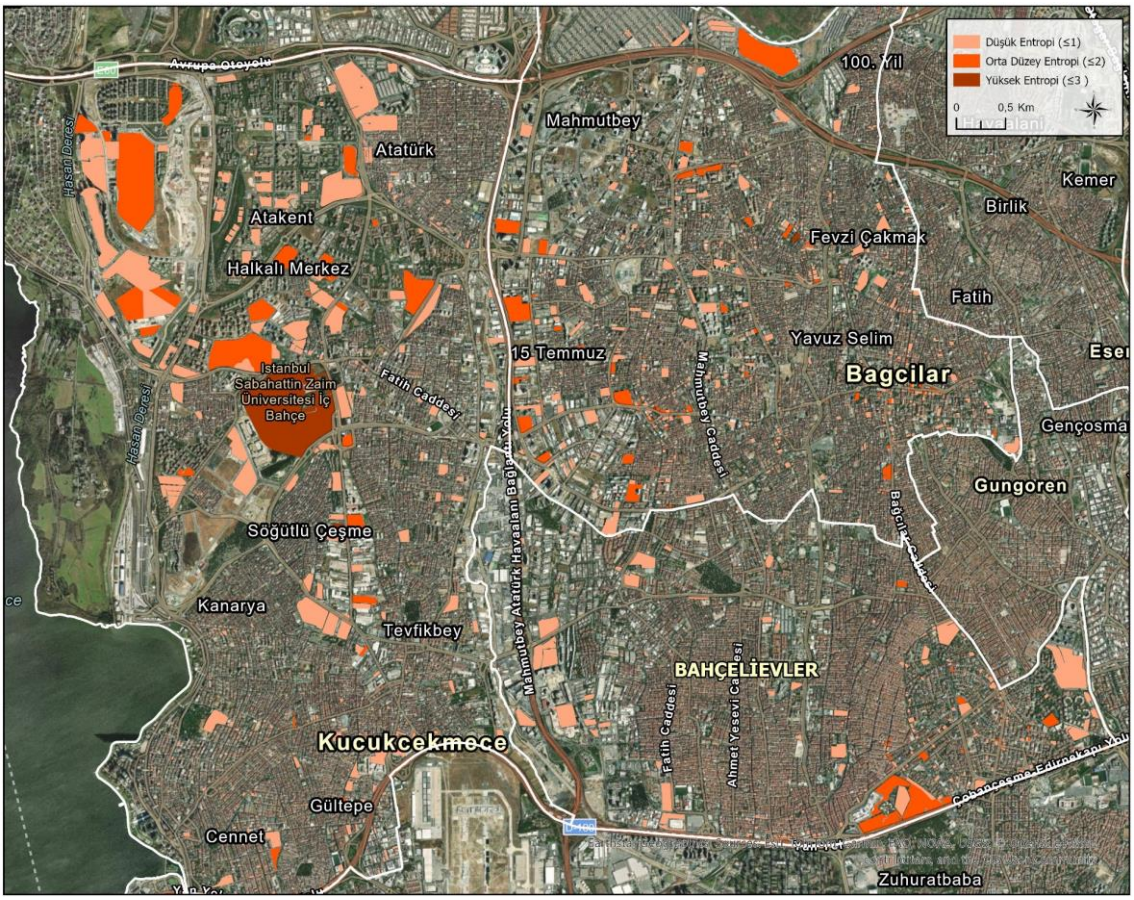
Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
İnönü	15	1,07	2,06	0,72
Sultan Murat	6	1,04	1,25	1,00
Yeşilova	8	1,04	1,58	0,81
Tevfikbey	20	1,02	1,58	0,72
Cennet	28	1,02	1,58	0,72
Halkalı Merkez	45	1,01	2,65	0,31
Fevzi Çakmak	16	1,00	1,58	0,23
Kartaltepe	31	1,00	1,58	0,81
Yeni Mahalle	13	0,99	1,00	0,92
Beşyol	12	0,99	1,00	0,92
Kanarya	12	0,99	1,00	0,92
Kemalpaşa	16	0,98	1,00	0,81
Söğütlü Çeşme	19	0,98	2,02	0,59
Mehmet Akif	16	0,98	1,00	0,81
Gültepe	16	0,98	1,92	0,54
Cumhuriyet	23	0,97	1,25	0,44
Yarımburgaz	2	0,96	1,00	0,92
Atakent	65	0,95	1,98	0,35
İstasyon	16	0,95	1,50	0,54
Atatürk	32	0,83	1,50	0,35

Tablo 23: Küçükçekmece İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Halkalı Merkez (max 2,65), İnönü (max 2,06), Söğütlüçeşme (max 2,02), Atakent (max 1,98) ve Gültepe (max

1,92) mahalleleridir. Bu beş mahalle, ilçenin yüksek entropili zonunu oluşturmakta; eğitim, ticaret, sağlık ve konut işlevlerinin iç içe geçtiği, planlı karma kullanım alanlarını temsil etmektedir.



Şekil 27: Küçükçekmece, Bağcılar ve Bahçelievler İlçelerinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Halkalı Merkez Mahallesi (max 2,65), Küçükçekmece'nin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanıdır. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi ve çevresinde yer alan Fatih Caddesi, Halkalı 1. Caddesi ve Atatürk Caddesi boyunca uzanan özel eğitim kurumları, klinikler, yurtlar ve ticari birimler, mahallede 2,6 düzeyine ulaşan entropiyi oluşturmuştur. Bu bölge, ilçenin en yoğun mekânsal etkileşim alanıdır. İnönü Mahallesi (max 2,06), İkitelli–Olimpiyat aksı üzerinde yer almakta olup, sanayi, lojistik, ve konut işlevlerinin aynı mekânda yer aldığı bir karma alan örneğidir. Özellikle İkitelli Organize Sanayi Bölgesi'ne yakın konumu, mahalledeki işlevsel çeşitliliği artırmaktadır. Söğütlüçeşme Mahallesi (max 2,02), Atakent–Kanarya hattında yer almakta ve barınma, ticaret, eğitim ve park alanlarının dağılımıyla orta–yüksek düzeyde karma bir doku

sergilemektedir. Bu bölgedeki Halkalı Caddesi boyunca uzanan yerel konut, ticaret, sanayi ve eğitim birimleri mahalle ölçeğinde fonksiyonel süreklilik sağlar. Atakent Mahallesi (max 1,98), planlı konut alanlarının çevresinde konumlanmış ticari merkezler, alışveriş birimleri ve eğitim kurumlarıyla dikkat çeker. Turgut Özal Bulvarı ve Halkalı Caddesi çevresi, kuzey–güney yönlü fonksiyonel özelliklerin öne çıktığı caddelerdir. Gültepe Mahallesi (max 1,92), E-5 Karayolu geçişinde ilçenin Florya ve sahil kuşağına açılan kapısı nitelindedir. Bu eksen, ilçede ekonomik canlılığı ve fonksiyonel çeşitliliği belirgin biçimde artırmaktadır.

Orta düzey entropi değerleri (1,0–1,5 aralığı) Yeşilova, Tevfikbey, Cennet, Fevzi Çakmak ve Sultan Murat mahallelerinde görülmektedir. Bu mahallelerin ortak özelliklerinden biri de E-5 Karayolu hattına yakın olmalarıdır. Tevfikbey ve Fevzi Çakmak mahalleleri Halkalı Caddesi ile ayrılmakta olup bu hatta yer alan otomotiv sanayi tesisleri konut alanları arasında kalmaktadır. Ayrıca çevresinde eğitim ve sağlık tesisleriyle desteklenen karma bir yapı gözlenmektedir.

Fonksiyonel çeşitliliğin düşük olduğu mahalleler ise Cumhuriyet, Yarımburgaz, Mehmet Akif ve Beşyol mahalleleridir. Bu bölgelerde konut dokusu küçük ölçekli ticari birimleri eğitim, sağlık tesisleri birlikte öner çıkar ve ortalama entropi değerleri 0,7–0,9 aralığındadır.

Bağcılar İlçesi

Bağcılar, İstanbul'un batısında, TEM Otoyolu'nun güneyinde yer alan ve yüksek nüfus yoğunluğu, çok işlevli şehir dokusu ve ulaşım avantajlarıyla öne çıkan bir ilçedir (Şekil 24). İlçe genelinde ortalama entropi değeri 1,02 olup (Tablo 23), İstanbul'un en yüksek fonksiyonel çeşitlilik düzeylerinden birine ulaşmaktadır. Bu durum, yoğun nüfus, ulaşım omurgaları ve sokak düzeyinde örgütlenmiş ticari faaliyetlerin etkisini açık biçimde göstermektedir.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Güneşli (max 2,13), Demirkapı (max 2,06), 100. Yıl (max 2,00), 15 Temmuz (max 1,91) ve Bağlar (max 1,86) mahalleleridir. Bu mahalleler, Güneşli–Demirkapı–Mahmutbey koridoru boyunca uzanan kuzeydoğu yönlü yüksek entropi alanlarında toplanmaktadır. Güneşli Mahallesi (max 2,13) Koçman Caddesi ve Mahmutbey Caddesi çevresinde yoğunlaşan ofis, sağlık, eğitim ve ticaret işlevleriyle ilçenin en karma mahallelerinden biridir. Caddeler boyunca

sıralanan banka şubeleri, özel hastaneler, diş klinikleri, özel okullar ve mağazalar, çevredeki çok katlı konut dokusuyla bütünleşerek karma kullanımın en güçlü mekânsal örneğini oluşturmaktadır. Bu alan, Basın Ekspres Yolu'na yakınlığı nedeniyle lojistik, iş merkezleri ve ticaret fonksiyonlarının baskınlaştığı, ilçe ölçeğinde aktif bir merkez niteliğindedir.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Güneşli	63	1,11	2,13	0,59
Bağlar	25	1,09	1,86	0,92
Demirkapı	95	1,07	2,06	0,50
Merkez	76	1,07	1,66	0,81
Yıldıztepe	28	1,06	1,58	0,81
Hürriyet	35	1,06	1,79	0,54
İnönü	29	1,06	1,58	0,72
Kemalpaşa	16	1,05	1,50	0,92
Kirazlı	69	1,04	1,58	0,72
15 Temmuz	58	1,04	1,91	0,59
Fatih	43	1,02	1,58	0,81
Yenimahalle	40	1,02	1,66	0,65
Çınar	39	1,00	1,58	0,81
100. Yıl	105	1,00	2,00	0,54
Kazım Karabekir	28	1,00	1,58	0,81
Fevzi Çakmak	82	0,99	1,58	0,50
Sancaktepe	8	0,99	1,00	0,92
Yenigün	4	0,98	1,00	0,92
Barbaros	3	0,97	1,00	0,92
Göztepe	13	0,97	1,50	0,47
Mahmutbey	44	0,96	1,73	0,65
Yavuz Selim	10	0,95	1,00	0,72

Tablo 24: Bağcılar İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Demirkapı Mahallesi (max 2,06), Mahmutbey Caddesi, Maslak Caddesi ve Velioğlu Caddesi çevresinde yer almakta; konut, eğitim, küçük ölçekli sanayi ve sağlık hizmetleri dağılış göstermektedir. Tekstil atölyeleri, özel eğitim kurumları ve eczaneler, konut alanlarıyla aynı aks üzerinde yer alarak günlük yaşamla iç içe bir fonksiyonel çeşitlilik yaratır. 100. Yıl Mahallesi (max 2,00), Avrupa Otoyolu üzerinde konumlanmakta ve lojistik, ofis, konut ve ticaret fonksiyonlarının bir arada bulunduğu geçiş zonu özelliği taşımaktadır. Nakliye firmaları, depo alanları, matbaacılar sitesi ve otomotiv sanayi ile

birlikte yerleşik apartman konutları, burada fonksiyonel geçişin en belirgin örneğini oluşturmaktadır.

15 Temmuz Mahallesi (max 1,91), Fevzi Çakmak Caddesi, Koçman Caddesi ve Gülbahar Caddesi çevresinde gelişen ticaret–konut–sağlık hizmetleri bileşimiyle orta–yüksek entropili bir merkezdir. Özellikle Basın Ekspren hattı boyunca yüksek entropi değerleri görülmektedir. Caddeler boyunca yer alan mağazalar, yerel esnaf, eğitim merkezleri, özel klinikler ve kamu hizmet binaları, mahallede sürekli insan hareketliliği ve canlı bir ticaret dokusu yaratmaktadır. Bağlar Mahallesi (max 1,86), Mimar Sinan Caddesi ve Koçman Caddesi üzerinde perakende sanayi, ticaret ve sağlık birimlerinin konut dokusuyla iç içe geçtiği alanlardır. Küçük esnaf, market, berber, fırın, eczane ve sanayi tesisleri mahalle ölçeğinde yer almaktadır.

Orta düzey entropi değerleri (1,0–1,6 aralığı), Bağcılar Merkez, Hürriyet, İnönü, Kirazlı, Kemalpaşa ve Yıldıztepe mahallelerinde görülmektedir. Bu mahallelerde barınma, yeme-içme, kafe-restoran ve perakende çeşitliliği göze çarpmaktadır. Bağcılar Merkez Camii çevresi, Bağcılar Meydanı, Yavuz Selim Parkı ve Fevzi Çakmak Caddesi boyunca yer alan ticari akslar, ilçenin merkezî entropi alanlarını oluşturmaktadır.

Düşük entropi değerleri (0,8–1,0 aralığı), Kazım Karabekir, Yenigün, Sancaktepe ve Yavuz Selim mahallelerinde görülmektedir. Bu alanlarda konut dokusu, yer yer okul, park ve küçük ölçekli ticaret birimleriyle desteklenmektedir.

Bahçelievler İlçesi

Bahçelievler, İstanbul'un batı yakasında E-5 Karayolu'nun kuzeyinde yer alan, konut ağırlıklı ancak ulaşım ve ticaret aksları boyunca karma işlevli bir yapıya sahip ilçelerden biridir (Şekil 21). İlçe genelinde ortalama entropi değeri 0,99 olup (Tablo 25), bu değer Bahçelievler'in orta düzey fonksiyonel çeşitliliğe sahip bir yerleşim dokusu sergilediğini göstermektedir. Fonksiyonel çeşitlilik, özellikle doğu–batı yönünde uzanan E-5 koridoru ve Hürriyet Caddesi çevresinde artmakta; kuzeye doğru gidildikçe homojen konut alanlarıyla birlikte entropi değerleri azalmaktadır.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Bahçelievler Merkez (max 2,00), Şirinevler (max 1,92), Siyavuşpaşa (max 1,58), Hürriyet (max 1,58) ve Cumhuriyet (max 1,37) mahalleleridir. Bu mahalleler merkezi karma kullanım zonlarını oluşturmakta;

eğitim, sağlık, ticaret ve konut işlevlerinin iç içe geçtiği çok yönlü bir şehir dokusu sergilemektedir.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Cumhuriyet	2	1,185	1,37	1,00
Bahçelievler	121	1,051	2,00	0,50
Şirinevler	40	1,047	1,92	0,81
Siyavuşpaşa	33	1,016	1,58	0,44
Hürriyet	21	1,003	1,58	0,65
Soğanlı	10	0,992	1,00	0,92
Çobançeşme	6	0,964	1,00	0,86
Zafer	13	0,962	1,00	0,59
Fevzi Çakmak	5	0,962	1,00	0,81
Kocasinan Merkez	11	0,919	1,00	0,54
Yenibosna Merkez	18	0,867	1,00	0,54

Tablo 25: Bahçelievler İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Bahçelievler Merkez Mahallesi (max 2,00), ilçenin en yoğun entropili merkezidir. Adnan Kahveci Caddesi, Ambarlı Caddesi ve Talaştpaşa Bulvarı üzerinde uzanan finans, ticaret, sağlık, eğitim ve yeme-içme birimleri, barınma dokusunun zemin katlarıyla bütünleşerek yoğun karma kullanım koridoru oluşturmaktadır. Bu alan, yaya hareketliliği ve kamu hizmetleri çeşitliliğiyle ilçenin ekonomik ve toplumsal merkezidir.

Şirinevler Mahallesi (max 1,92), E-5 Karayolu'na doğrudan bağlantısı ve Şirinevler Meydanı, metrobüs durağı, Kuyumcukent ve Eski Londra Asfaltı aksı üzerindeki ticaret yoğunluğu sayesinde yüksek entropi değerine sahiptir. Ofis, perakende, finans, eğitim ve ulaşım işlevlerinin kesişimi bu mahalleyi önemli bir konuma getirmiştir.

Siyavuşpaşa Mahallesi (max 1,58), iç kesimlerde yer almasına rağmen atölyeler, teknik servisler, küçük ticaret birimleri ve barınma birlikteliği sayesinde orta-yüksek düzeyde fonksiyonel çeşitlilik sergilemektedir. Özellikle Mustafa Kemalpaşa Caddesi ve çevresi, mikro ölçekte karma fonksiyonların gözlendiği mahalle kesimidir. Hürriyet Mahallesi (max 1,58), barınma, eğitim ve küçük ölçekli ticaret faaliyetlerinin bir arada bulunduğu, günlük kamu hizmeti alanlarının dar biçimde yer aldığı bir mahalledir. Cumhuriyet Mahallesi (max 1,37), belediye tesisleri, kamu kurumları, özel eğitim kurumları ve park alanlarıyla birlikte barınma-kamu hizmeti etkileşimini dengeleyen fonksiyonel merkezlerden biridir. Bu bölgede kamu hizmetleri ve eğitim kullanımları, konut alanlarının ortasında yer almaktadır.

Orta düzey entropi değerleri (0,9–1,2 aralığı), Fevzi Çakmak, Soğanlı, Zafer ve Çobançeşme mahallelerinde gözlenmektedir. Bu mahallelerde konut dokusu hâkim olmakla birlikte, bölgesel yollar ve ulaşım bağlantıları boyunca küçük-büyük ticaret birimleri ve çeşitli atölyeler yer alır. Fevzi Çakmak ve Çobançeşme mahallelerinde, Basın Ekspres Yolu ve E-5 bağlantı kollarına yakın konum fonksiyonel geçiş zonu oluşturmakta; lojistik, teknik servis ve konut kullanımlarının birleşimiyle orta düzey entropi meydana gelmektedir.

Düşük entropi değerleri (0,8–1,0 aralığı), Kocasinan Merkez, Yenibosna Merkez ve bazı kuzey mahallelerinde görülmektedir. Kocasinan Merkez (0,92) ve Soğanlı (0,99) mahalleleri, E-5'e yakın olmalarına rağmen konut alanlarının baskınlığı nedeniyle fonksiyonel çeşitlilik sınırlıdır. Yenibosna Merkez (0,87), ilçenin en düşük entropili mahallesidir. Burada otel, depolama, lojistik ve atölye işlevleri, konut alanlarından keskin biçimde ayrılmış; bu da karma kullanımın zayıflamasına yol açmıştır.

Güngören İlçesi

Güngören, İstanbul'un batısında, E-5 Karayolu'nun kuzeyinde yer almakta olup, konut, küçük sanayi, ticaret ve eğitim işlevlerinin bir arada bulunduğu kompakt bir şehirsel dokuya sahiptir (Şekil 28). İlçede ortalama entropi değeri 1,00 düzeyindedir (Tablo 26). İlçe genelinde fonksiyonel çeşitlilik yüksek olup doğu–batı yönlü ana ulaşım aksları (E-5, Davutpaşa, Sulhi Garan ve Eski Londra Asfaltı caddeleri) boyunca artmakta, kuzey ve batıya doğru gidildikçe azalmaktadır.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Mehmet Nesih Özmen (max 2,00), Gençosman (max 1,85), Mareşal Çakmak (max 1,58), Tozkoparan (max 1,58) ve Merkez (max 1,37) mahalleleridir. Bu mahalleler, Güngören'in doğu–güney koridorunu oluşturan Sulhi Garan Caddesi – Savaş Caddesi – Davutpaşa Caddesi – Bayrampaşa Caddesi çevresinde kümelenmiş olup, sanayi, eğitim, ticaret ve konut fonksiyonlarının kesiştiği yüksek entropili alanları temsil etmektedir.

Mehmet Nesih Özmen Mahallesi (max 2,00), ilçenin en yüksek entropi değerine sahip merkezidir. Mahallede Sulhi Garan Caddesi, Savaş Caddesi ve Fatih Caddesi boyunca küçük sanayi tesisleri, özel eğitim kurumları, perakende işletmeler ve konut alanları iç içe geçmiştir. Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü'nün yakın konumu, bölgeye eğitim, ticaret, konaklama ve yeme-içme fonksiyonlarıyla çeşitlilenen bir karakter

kazandırmıştır. Sulhi Garan Caddesi çevresindeki ticaret–üretim yoğunluğu, ilçenin entropik omurgasını oluşturmaktadır.

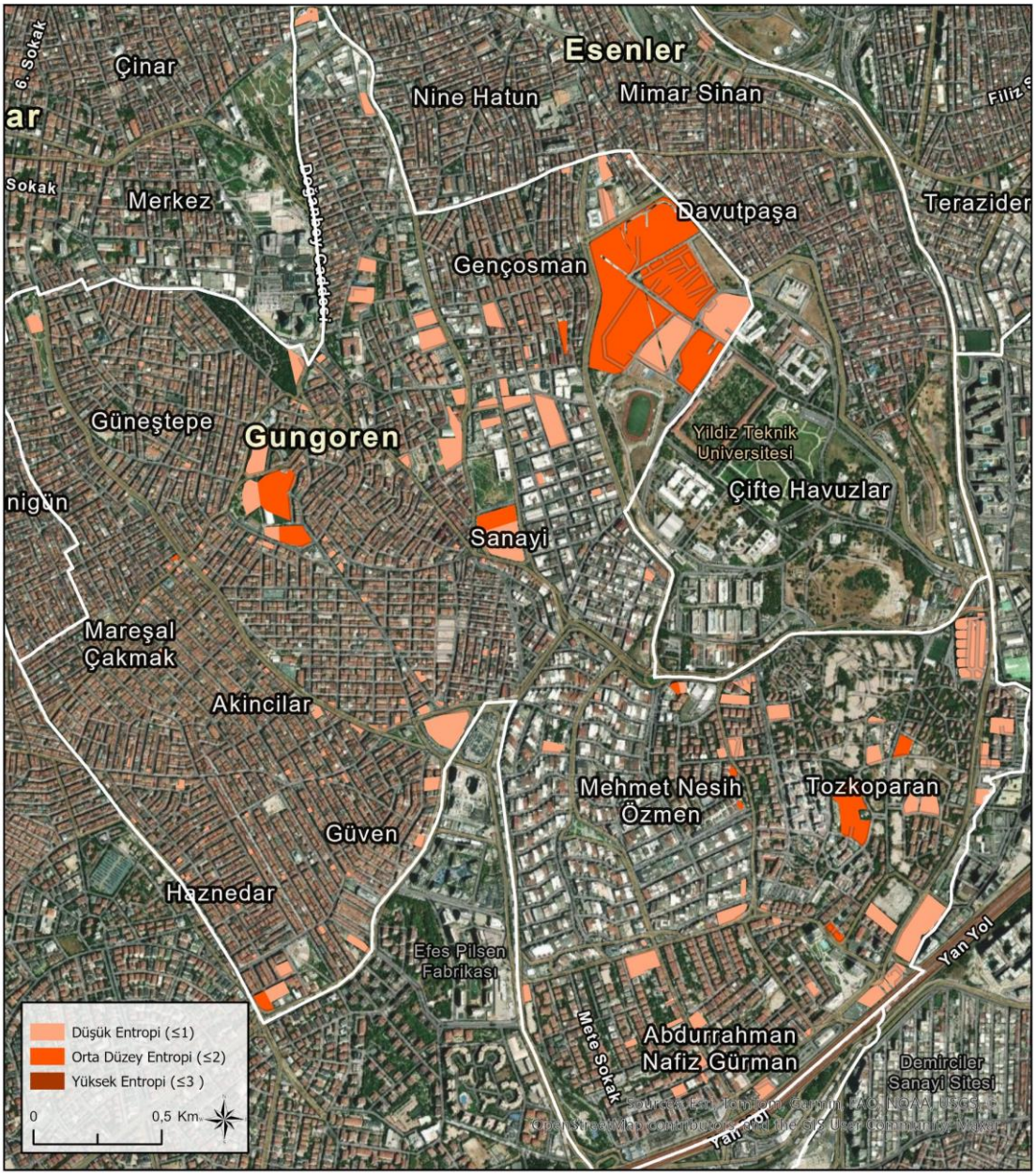
Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Gençosman	24	1,075	1,85	0,72
Mareşal Çakmak	7	1,072	1,58	0,92
Mehmet Nesih Özmen	14	1,068	2,00	0,59
Tozkoparan	25	1,010	1,58	0,32
Merkez	35	1,004	1,37	0,92
Güneştepe	7	0,988	1,00	0,92
Sanayi	33	0,988	1,50	0,76
Haznedar	18	0,987	1,46	0,59
Akıncılar	13	0,981	1,00	0,92
Abdurrahman Nafiz Gürman	19	0,966	1,00	0,81
Güven	13	0,960	1,00	0,81

Tablo 26: Güngören İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Gençosman Mahallesi (max 1,85), ilçenin doğu kesiminde sanayi, kamu hizmetleri park ve rekreasyon odaklı karma kullanımın en belirgin örneklerinden biridir. Eşref Bitlis Caddesi ve Davutpaşa Caddesi boyunca barınma, ticaret ve küçük ölçekli sanayi işlevleri dağılış göstermektedir. Bu aks, Güngören–Bayrampaşa sınırındaki sanayi–eğitim etkileşim koridorunu oluşturmakta; fonksiyonel çeşitliliği artıran bir bölgesel bağlantı rolü üstlenmektedir. Mareşal Çakmak Mahallesi (max 1,58), Soğanlı Caddesi ve Orta Caddesi çevresinde gelişen küçük ölçekli ticaret birimleri, atölyeler ve barınma alanları ile karma kullanım yapısı sergilemektedir. Bu bölgede yerel kamu hizmeti ve eğitim fonksiyonları, konut dokusuna entegre biçimde gelişmiştir.

Tozkoparan Mahallesi (max 1,58), Eski Londra Asfaltı Caddesi ve Tozkoparan Caddesi çevresinde kentsel dönüşüm süreciyle yeniden biçimlenen bir yapıya sahiptir. Bu süreçte konut ve ticaret fonksiyonları giderek çeşitlenmiş, mahallede gelişmekte olan bir karma kullanım karakteri ortaya çıkmıştır. Yeni yapı stoğunda zemin kat ticaret – üst kat konut birlikteliği, entropi artışını desteklemiştir. Merkez Mahallesi (max 1,37), Bayrampaşa Caddesi ve Fevzi Çakmak Caddesi ekseninde finans, kamu hizmetleri, eğitim birimleri ve yeme-içme tesisleriyle desteklenmiş yerel ticaret koridorlarını barındırmaktadır. Bu yapı, mahalleyi idari ve kamu hizmeti odaklı orta düzey karma kullanım alanı konumuna taşımaktadır.



Şekil 28: Güngören İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Orta düzey entropi değerleri (0,9–1,2 aralığı) Haznedar ve Akıncılar çevresinde görülmektedir. Haznedar Mahallesi, Kınalı Caddesi boyunca zemin kat ticaret birimleri ve konut üstü ticaret alanlarıyla tipik bir mahalle ölçeği karma doku örneği sergiler. Akıncılar Mahallesi, Orhan Caddesi çevresindeki küçük ticaret birimleri sayesinde sınırlı da olsa karma işlevli bir geçiş zonu niteliğindedir.

Düşük entropi değerleri (0,8–1,0 aralığı), Güven, Abdurrahman Nafiz Gürman ve Güneştepe mahallelerinde yoğunlaşmaktadır. Bu mahallelerde barınma dokusu baskın,

ticaret ve kamu hizmeti faaliyetleri ise Posta Caddesi, Şair Ahmet Kutsi Tecer Caddesi ve Mehmet Akif Caddesi çevresinde seyrek biçimde yer almaktadır. Özellikle Güneştepe Mahallesi, barınma ağırlıklı, düşük entropili doku karakteri taşır.

Bakırköy İlçesi

Bakırköy, İstanbul'un batı yakasında, Marmara Denizi kıyısında ve E-5 Karayolu'nun güneyinde konumlanan, konut, ticaret, turizm ve kamu hizmetleri işlevlerinin bir araya geldiği köklü bir yerleşim alanıdır (Şekil 29). İlçe genelinde ortalama entropi değeri 1,01 olup (Tablo 27), sahil hattı ve ana ulaşım koridorlarında yüksek, iç mahallelerde ise düşük fonksiyonel çeşitlilik gözlenmektedir. Fonksiyonel yoğunluk özellikle Rauf Orbay Caddesi, Adnan Kahveci Bulvarı ve Kennedy Caddesi çevresinde artmakta; bu koridorlar, Bakırköy'ün karma kullanımlı mekânsal omurgasını oluşturmaktadır.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entrop
Ataköy 2-5-6. Kısım	11	1,27	1,89	0,81
Kartaltepe	76	1,05	2,00	0,44
Ataköy 1. Kısım	9	1,04	1,79	0,92
Zuhuratbaba	48	1,04	1,58	0,81
Yeşilköy	82	1,03	1,91	0,44
Zeytinlik	37	1,02	1,58	0,72
Yeşilyurt	15	1,00	1,50	0,54
Basınköy	14	1,00	1,58	0,44
Şenlikköy	65	0,99	1,75	0,59
Cevizlik	69	0,98	1,58	0,54
Sakızağacı	21	0,95	1,00	0,81
Ataköy 7-8-9-10. Kısım	21	0,95	1,58	0,43
Yenimahalle	12	0,95	1,00	0,81
Ataköy 3-4-11. Kısım	12	0,94	1,46	0,44
Osmaniye	17	0,93	1,74	0,39

Tablo 27: Bakırköy İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Ataköy 2–5–6. Kısım (max 1,89), Kartaltepe (max 2,00), Yeşilköy (max 1,91), Ataköy 1. Kısım (max 1,79) ve Zuhuratbaba (max 1,58) mahalleleridir. Bu mahalleler, Rauf Orbay – Adnan Kahveci – Kennedy Caddesi hattı boyunca uzanan deniz kıyısı ve ana arter odaklı karma fonksiyonel kuşağı temsil etmektedir.

Şekil 29: Bakırköy İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kartaltepe Mahallesi (max 2,00), İncirli Caddesi, Terakki Caddesi ve Kartaltepe Caddesi boyunca uzanan küçük ölçekli ticaret birimleri, mağazalar, eğitim kurumları ve ofislerin konut dokusu içine dağılmasıyla sokak ölçeğinde yüksek entropi göstermektedir. Bu alan, yaya hareketliliği ve esnaf yoğunluğun görüldüğü önemli akslardır. Yeşilköy Mahallesi (max 1,91), Marmara Denizi kıyısında yer alan ve konut, turizm, rekreasyon ve hizmet işlevlerinin dağıldığı bir diğer karma kullanım alanıdır. 14 Nisan Caddesi ve Mahmut Şevket Paşa Caddesi çevresinde restoranlar, oteller, eğitim kurumları ve rekreatif tesisler fonksiyonel çeşitliliği desteklemektedir. İç kesimlerde konut baskın olmakla birlikte, sahil bandındaki ticari ve rekreatif kullanımlar, entropiyi yüksek tutmaktadır.

Ataköy 2–5–6. Kısım Mahallesi (max 1,89), ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanıdır. Adnan Kahveci Bulvarı, Rauf Orbay Caddesi, Strasburg Caddesi ve Conkbayırı Caddesi boyunca alışveriş merkezleri, marina, yeme–içme ve eğlence birimleri konut alanlarıyla bütünleşmiştir. Özellikle Ataköy Marina ve sahil hattındaki rekreatif alanlar, Bakırköy'ü sadece bir yerleşim değil, bölgesel hizmet ve rekreasyon merkezi haline getirmiştir.

Ataköy 1. Kısım Mahallesi (max 1,79), Rauf Orbay Caddesi, Yeni Fişekhane Caddesi ve Strasburg Caddesi çevresinde gelişen ticaret, yeme–içme, eğitim ve rekreasyon etkisiyle karma kullanım örneklerinden biridir. Yeni konut bloklarının zemin katlarında yer alan kafe ve mağazalar, mikro ölçekte fonksiyonel geçiş alanları oluşturmuştur.

Zuhuratbaba Mahallesi (max 1,58), Dr. Tevfik Sağlam Caddesi ve Fahri Korutürk Caddesi ve İncirli Caddesi çevresinde yoğunlaşan sağlık eğitim, ticaret ve eğlence işlevleri ile öne çıkmaktadır. Bu alanlarda hastaneler, özel eğitim kurumları ve kamu hizmet binaları, konut dokusuyla iç içe geçmiş durumdadır. Mahalle, orta düzey karma kullanımı temsil eder. Orta entropi düzeyine sahip diğer mahalleler (1,00–1,20 aralığı) arasında Zeytinlik, Yeşilyurt, Basınköy ve Şenlikköy yer almaktadır. Bu mahallelerde konut ağırlıklı dokular, sınırlı yeme–içme ve eğitim işlevleriyle desteklenmiştir. Özellikle Yeşilyurt Mahallesi, Yeşilyurt ve Rauf Orbay caddeleri ve Ataköy Sahil Parkı çevresinde konut–rekreasyon geçiş zonu niteliği taşır.

Düşük entropi değerleri (0,8–1,0 aralığı), Osmaniye, Cevizlik, Ataköy 7–8–9–10. Kısım ve Sakızağacı mahallelerinde görülmektedir. Bu mahallelerde konut alanları baskın, ticaret faaliyetleri ise E-5 bağlantı yolları ve çevre caddelerle sınırlıdır. Özellikle Osmaniye (max 1,74) ve Cevizlik (max 1,58) mahallelerinde, Küçük sanayi birimleri ve depolama alanlarının varlığı karma yapıyı zayıflatmaktadır.

Başakşehir İlçesi

Başakşehir, İstanbul'un batısında, TEM Otoyolu ile Kuzey Marmara Otoyolu arasında konumlanan, planlı gelişim alanları, kamusal yatırımlar ve büyük ölçekli projeleriyle öne çıkan bir ilçedir (Şekil 30). İlçe genelinde ortalama entropi değeri 0,92 olup (Tablo 28), konut, sanayi, ticaret, sağlık ve kamusal fonksiyonların bir arada bulunduğu düşük entropili karma şehirsel yapı hâkimdir. Fonksiyonel çeşitlilik, özellikle Başakşehir Bulvarı, Atatürk Bulvarı, Kayaşehir Bulvarı ve Ertuğrul Gazi Caddesi gibi ulaşılabilirliği yüksek koridorlar boyunca artmakta, batıya ve merkezdeki konut alanlarına doğru gidildikçe azalmaktadır. Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Başakşehir (max 1,91), Başak (max 1,90), Kayabaşı (max 1,66), Ziya Gökalp (max 1,58) ve Şahintepe (max 1,50) mahalleleridir.

Başakşehir Mahallesi (max 1,91), ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanıdır. Entropi değerlerinin 0,29 ile 1,91 arasında değiştiği bu mahallede, İstiklal Caddesi, Ahmet Yesevi Caddesi, Anafartalar Caddesi ve Hürriyet Caddesi boyunca ticaret, ofis, eğitim, sağlık ve kamu hizmeti fonksiyonları barınma alanlarıyla bütünleşmiştir.

Başakşehir Millet Bahçesi ve Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi çevresinde gelişen kafe, restoran, medikal ofis ve ulaşım birimleri, mahalleyi hem kamusal hem de ekonomik açıdan çok yönlü bir çekim merkezi hâline getirmiştir. Bu odaklar, ilçedeki entropik yoğunlaşmanın merkezini oluşturmaktadır.

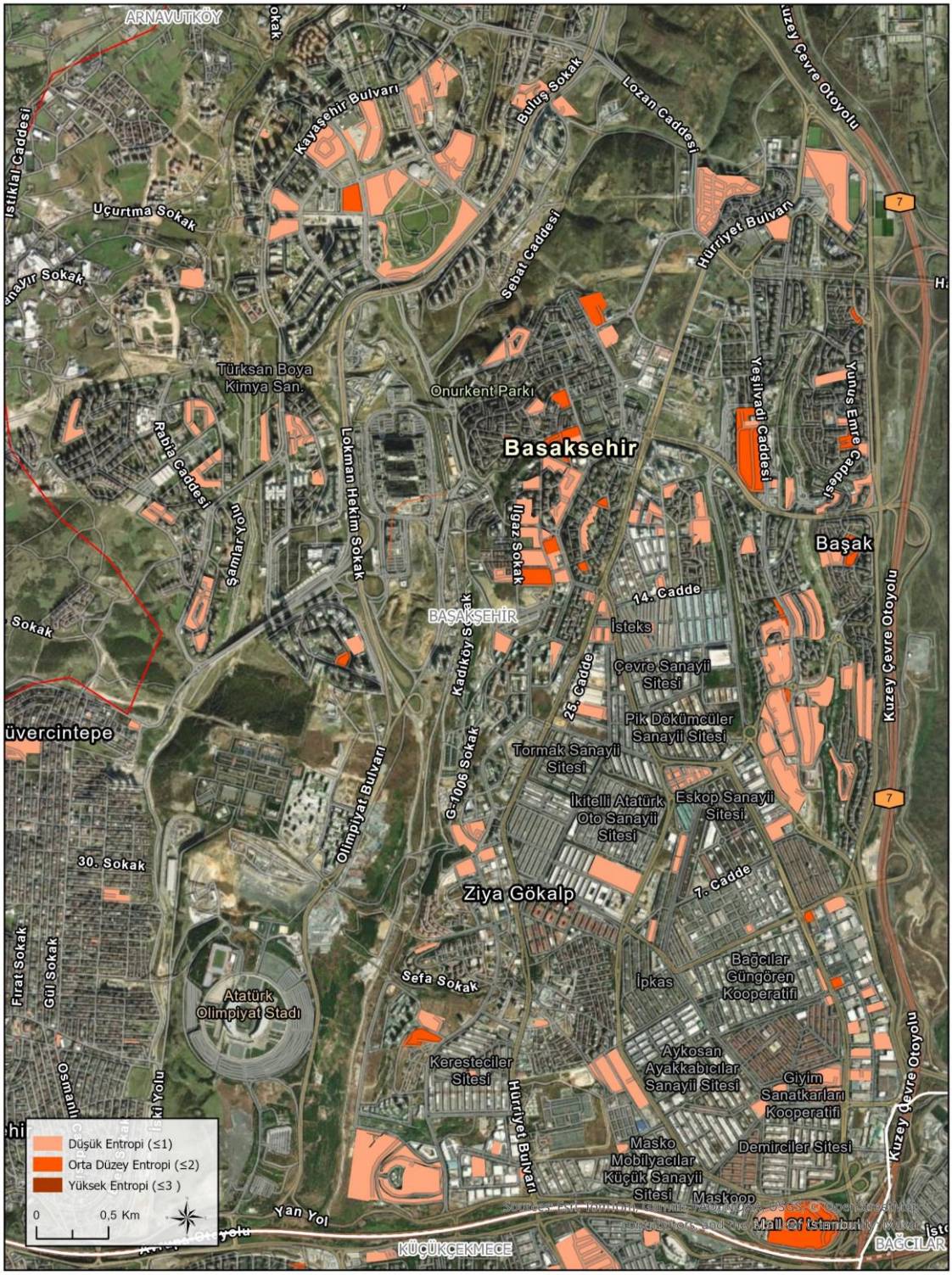
Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Başakşehir	35	1,03	1,91	0,29
Altınşehir	4	1,00	1,00	1,00
Ziya Gökalp	66	0,99	1,58	0,28
Bahçeşehir 1. Kısım	2	0,99	1,00	0,97
Başak	47	0,97	1,90	0,24
Bahçeşehir 2. Kısım	3	0,91	1,00	0,81
Güvercintepe	16	0,88	1,00	0,28
Kayabaşı	34	0,82	1,66	0,48
Şahintepe	5	0,78	1,50	0,47

Tablo 28: Başakşehir İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Başak Mahallesi (max 1,90), fonksiyonel çeşitliliğin sağlık ve kamu hizmeti odaklı olarak en belirgin şekilde hissedildiği alanlardan biridir. 13 ve 14. Cadde, Şeyh Şamil Caddesi, Ertuğrul Gazi Caddesi çevresinde eczaneler, medikal merkezler, konaklama tesisleri ve küçük ölçekli ticaret birimleri, Çam ve Sakura Şehir Hastanesi'nin doğrudan etki alanında konumlanmıştır.

Kayabaşı Mahallesi (max 1,66), Kayaşehşir Bulvarı ve Rıfat Ilga Caddesi ekseninde barınma, ticaret ve sanayi fonksiyonlarının dağılmasıyla orta–yüksek düzeyde karma bir alan görünümündedir. Yeni konut projeleri, Başakşehir Botanik Parkı ve çevresindeki kamu kurumları ile sosyal donatılar tarafından desteklenmiş, mahallede fonksiyonel dönüşüm ve mekânsal çeşitlenme süreci başlamıştır.



Şekil 30: Başakşehir İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Ziya Gökalp Mahallesi (max 1,58), sanayi, ticaret ve kamusal işlevlerin yoğun biçimde iç içe geçtiği bir diğer önemli karma bölgedir. Mahallede yer alan Mall of İstanbul Alışveriş Merkezi bölgesel ölçekte bir ticaret merkezi oluşturmuştur. Ayrıca İkitelli

Organize Sanayi Bölgesi'ne yakınlığı, mahalleye üretim, depolama ve ofis fonksiyonlarını birleştiren geçiş kuşağı karakteri kazandırmaktadır.

Şahintepe Mahallesi (max 1,50), Eski İstanbul Caddesi ve Sazlıdere deresi arasında plansız konut tarzı, ticari dükkânlar, ilk ve orta derece eğitim birimleri sadece bir kaç parselde ortaya çıkmıştır. Özellikle Atatürk Olimpiyat Stadı ve çevresindeki ulaşım altyapısı, bu mahallede mekânsal etkileşimi artıran temel unsur olmuştur.

Bahçeşehir 1. Kısım, Bahçeşehir 2. Kısım, Altınşehir ve Güvercintepe mahallelerinde çok sınırlı sayıda parselde karma fonksiyon gözlenmektedir. Özellikle Bahçeşehir 1. Kısım (max 1,00) ve Altınşehir (1,00) mahallelerinde, planlı yerleşim ve sosyal tesislerin sınırlı çeşitliliği, entropinin değerleri düşük çıkmıştır. Bu nedenle haritada merkezi alana odaklanılmaktadır.

Arnavutköy İlçesi

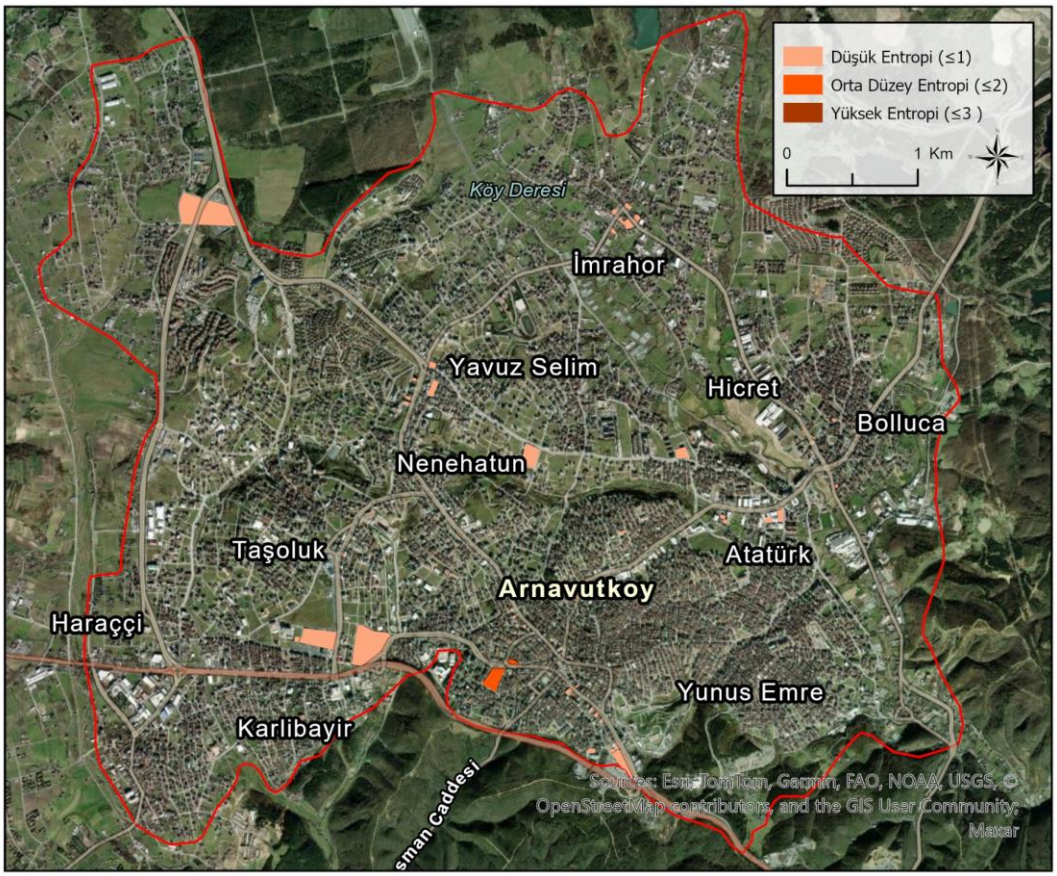
Arnavutköy, İstanbul'un kuzeybatısında yer alan ve son yıllarda hızlı mekânsal dönüşüm süreciyle öne çıkan bir ilçedir. Yerleşim dokusu, ağırlıklı olarak düşük katlı konut alanları ile yeni gelişen karma kullanımlı merkezlerden oluşmaktadır (Şekil 31). İlçede ortalama entropi değeri 0,96 olup, genel olarak düşük düzey bir fonksiyonel çeşitlilik gözlenmektedir (Tablo 29). Fonksiyonel karmaşıklık, ilçe merkezindeki ticaret ve kamu alanlarının yoğunlaştığı Arnavutköy Merkez çevresinde artmakta; kırsal karakterdeki mahallelerde ise çeşitlilik oldukça sınırlı kalmaktadır.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalle Arnavutköy Merkez (max 1,92) olup, ortalama entropi değeri 1,07'dir. Bu mahalledeki yüksek çeşitlilik, özellikle Fatih Caddesi, Eski Edirne Asfaltı, Hükümet Caddesi ve Küçük Sanayi Sitesi çevresinde yoğunlaşmaktadır. Bu alanlar, barınma, ticaret, kamusal hizmet ve ulaşım işlevlerinin iç içe geçtiği çok işlevli bir merkez çekirdeği oluşturmaktadır.

Buna karşılık, Mustafa Kemal Paşa (max 1,58) ve İmrahor (max 1,00) mahallelerinde orta düzeyde, Nenehatun (max 1,00), Atatürk (max 1,00) ve İslambey (max 1,00) mahallelerinde ise düşük-orta düzeyde bir fonksiyonel çeşitlilik bulunmaktadır. Bu bölgelerde konut ve kısmen ticaret işlevleri ön planda olup, mekânsal yapı daha homojen bir karakter sergilemektedir.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Arnavutköy Merkez	19	1,07	1,92	0,76
Adnan Menderes	1	1,00	1,00	1,00
Anadolu	1	1,00	1,00	1,00
Bolluca	1	1,00	1,00	1,00
Deliklikaya	1	1,00	1,00	1,00
Hicret	1	1,00	1,00	1,00
Mareşal Fevzi Çakmak	4	1,00	1,00	1,00
Mavigöl	2	1,00	1,00	1,00
Mehmet Akif Ersoy	1	1,00	1,00	1,00
Yavuz Selim	1	1,00	1,00	1,00
Mustafa Kemal Paşa	6	0,97	1,58	0,21
İmrahor	7	0,95	1,00	0,72
İslambey	6	0,94	1,00	0,72
Atatürk	4	0,93	1,00	0,72
Nenehatun	5	0,90	1,00	0,65
Taşoluk	1	0,72	0,72	0,72
Ömerli	2	0,65	1,00	0,30

Tablo 29: Arnavutköy İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri



Şekil 31: Arnavutköy İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

İlçenin çevresinde yer alan Bolluca, Deliklikaya, Mavigöl, Hicret, Taşoluk ve Ömerli mahallelerinde entropi değerleri 1,00 ve altı seviyesindedir. Bu mahalleler, genellikle düşük yoğunluklu konut alanları, kırsal yerleşmeler ve sanayi–lojistik bölgeleri ile temsil edilmekte, fonksiyonel çeşitlilik bakımından sınırlı bir yapıya sahiptir.

Genel olarak Arnavutköy'de fonksiyonel çeşitliliğin merkezde kümelendiği, çevre mahallelerde ise azaldığı gözlenmektedir. Bu durum, ilçenin şehirsel gelişim ekseninin hâlen çekirdek alan etrafında yoğunlaştığını; çevresel mahallelerin ise kısmen kırsal özelliklerini sürdürdüğünü göstermektedir. Gelecekte planlanan ulaşım ve sanayi yatırımlarının bu yapıyı dönüştürmesi ve entropi seviyesini artırabilir.

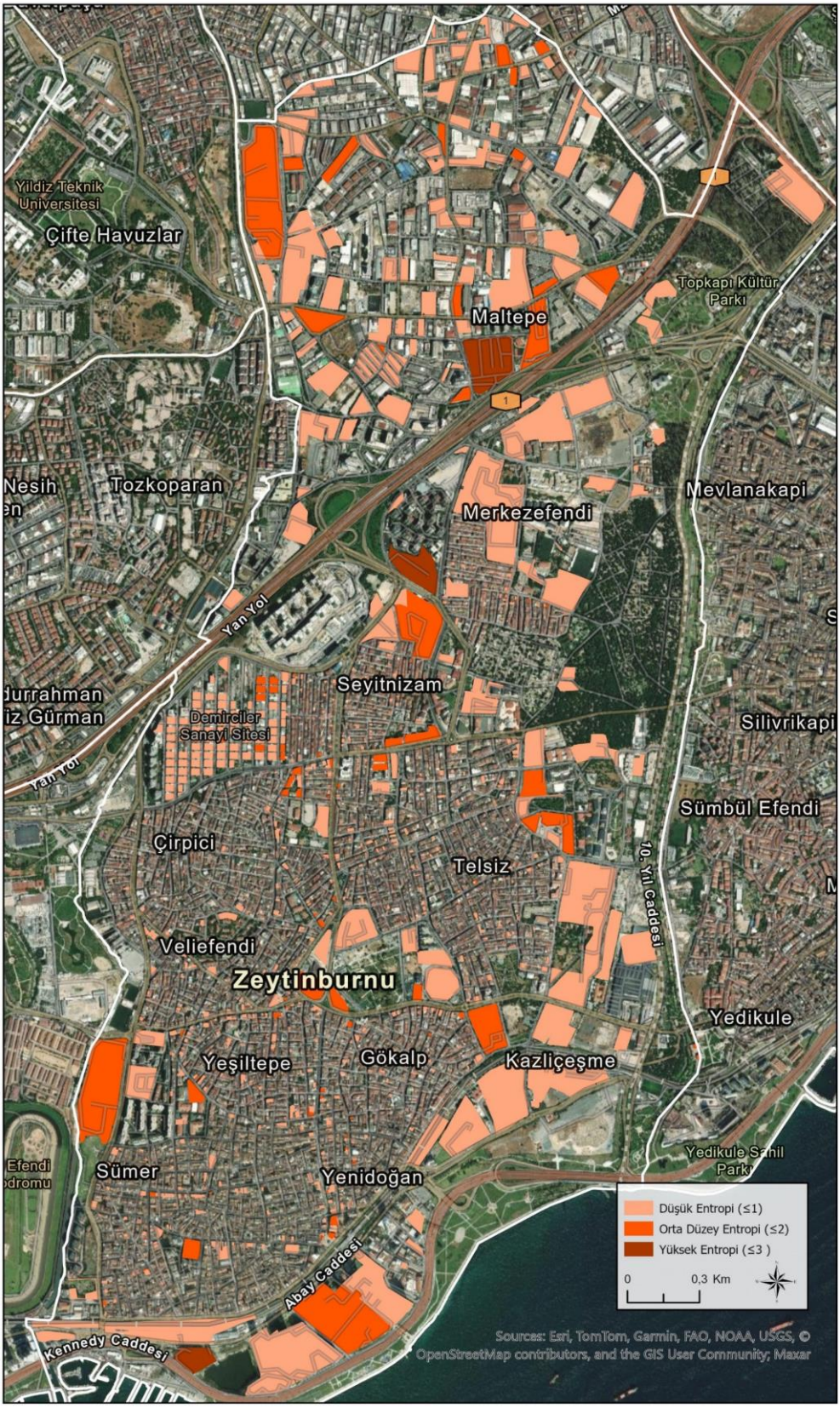
Zeytinburnu İlçesi

Zeytinburnu, İstanbul'un batı yakasında, Marmara Denizi kıyısında ve E-5 Karayolu'nun çevresinde konumlanan, sanayi, ticaret ve konut işlevlerinin tarihsel olarak iç içe geliştiği karma bir şehir dokusuna sahiptir (Şekil 32). İlçede ortalama entropi değeri 1 olup (Tablo 30), yüksek çeşitlilik barındıran sahil şeridi (Kazlıçeşme–Merter hattı) ile yeni dönüşüm alanları arasındaki işlevsel farklılaşma, entropi dağılımını doğrudan yansımıştır. Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Topkapı, Kazlıçeşme, Merter ve Veliefendi çevresinde, ana ulaşım koridorları (E-5, Davutpaşa, Kennedy ve 58. Bulvar) boyunca belirgin biçimde artmaktadır.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Gökalp	49	1,05	1,81	0,81
Yenidoğan	58	1,04	1,58	0,65
Beştelsiz	133	1,04	2,00	0,39
Sümer	97	1,04	1,91	0,72
Yeşiltepe	77	1,02	1,92	0,72
Merkezefendi	37	1,01	2,11	0,39
Seyitnizam	156	1,01	1,58	0,54
Maltepe	114	0,99	2,29	0,47
Telsiz	91	0,99	1,92	0,72
Kazlıçeşme	37	0,98	2,13	0,30
Nuripaşa	33	0,98	1,58	0,59
Veliefendi	48	0,97	1,50	0,72
Çırpıcı	10	0,96	1,00	0,72

Tablo 30: Zeytinburnu İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 32: Zeytinburnu İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Maltepe (max 2,29), Kazlıçeşme (max 2,13), Merkezefendi (max 2,11), Beştelsiz (max 2,00) ve Yeşiltepe–Telsiz (max 1,91–1,92) mahalleleridir. Bu mahalleler, ilçenin önemli çeşitlilik akslarını oluşturan Kennedy Caddesi – Davutpaşa Caddesi – Topkapı – Merter aksı boyunca uzanmakta olup, sanayi, ticaret, eğitim, sağlık ve konut işlevlerinin kesiştiği yüksek entropili bölgeleri temsil etmektedir.

Maltepe Mahallesi (max 2,29), ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip bölgesidir. Davutpaşa Caddesi, Topkapı Caddesi ve E5 çevresinde sanayi, ticaret, eğitim ve kamusal işlevler yoğunlaşmıştır. Topkapı Kültür Parkı ve Merter Sanayi Bölgesi'nin yakınlığı, mahalledeki çeşitliliği artırmakta; tekstil atölyeleri, depolar, ofisler ve konutların aynı mekânsal bütünlükte yer alması çok yönlü bir şehirsel doku yaratmaktadır. Maltepe, Zeytinburnu'nun sanayi-ticaret-konut geçiş kuşağında en karma yapılı merkez konumundadır.

Kazlıçeşme Mahallesi (max 2,13), Kennedy Caddesi, Zübeyde Hanım Caddesi ve 10. Yıl Caddesi boyunca ticaret, konaklama, eğlence ve rekreasyonu işlevlerinin bir arada bulunduğu bir alandır. Sahil hattındaki Kazlıçeşme Sahil Parkı, Zeytinburnu Fuar Alanı ve Yenikapı Etkinlik Alanı'na uzanan rekreatif kuşak, son yıllarda yapılan dönüşüm projeleriyle birlikte konut–turizm–ticaret bileşenlerini güçlendirmiştir. Bu dönüşüm, mahalledeki entropi yüksekliğinin temel nedenidir.

Merkezefendi Mahallesi (max 2,11), Mevlevihane Caddesi, Mevlana Caddesi ve E-5 karayolu çevresinde gelişen ticaret, yeme içme ve finans etkileşimleri ile dikkat çekmektedir. Topkapı Kültür Parkı'nın doğusunda konumlanan bu mahalle, sanayi–ticaret–konut geçiş alanı niteliğinde olup, tarihi doku ile modern alanları arasında önemli bir bağlantı sahasıdır.

Beştelsiz Mahallesi (max 2,00), Rauf Denktaş Caddesi ve Prof. Muammer Aksoy Caddesi çevresinde ticaret, sağlık, eğitim ve rekreasyon işlevlerinin bir araya geldiği orta–yüksek entropili bir mahalledir. Özellikle Zeytinburnu Devlet Belediyesi ve çevresindeki Olivium AVM, millet bahçesi ve Zeyitnizam Caddesi üzerinde konumlanan Avrasya Hastanesi fonksiyonel çeşitliliği güçlendirmektedir.

Sümer (max 1,91) Yeşiltepe (max 1,91) ve Telsiz mahalleleri 1,92), ilçenin orta ve batısındaki en yoğun ticari ve rekreasyon alanlarını oluşturmaktadır. 58. Bulvar, Balıklı Yolu ve Prof. Dr. Turan Güneş Caddesi boyunca gelişen küçük ölçekli ticaret, yeme-içme

ve kamusal işlevlerle tanımlanmaktadır. Bu alanlar, Veliefendi Hipodromu ve çevresindeki rekreatif alanlarla etkileşim hâlindedir.

Gökalp, Nuripaşa ve Seyitnizam mahalleleri orta düzey entropi değerlerine (1,5 civarı) sahip olup, Mevlana, Seyitnizam ve Merv Caddeleri çevresinde ticaret, barınma ve kamusal bileşenleriyle karma bir yapı sunmaktadır. Özellikle Seyitnizam Camii ve çevresi, mahalle ölçeğinde canlı bir ticaret aksı işlevi görülmektedir.

Düşük entropi değerleri (0,8–1,0 aralığı), Çırpıcı, Veliefendi ve Yenidoğan mahallelerinde gözlenmektedir. Bu mahallelerde barınma dokusu büyük oranda ticaret fonksiyonu karma dokuyu oluşturarak ise sokak ve bazı caddelerde toplanmıştır.

Esenler İlçesi

Esenler, İstanbul'un batı kesiminde, TEM Otoyolu ile D-100 Karayolu arasında konumlanan ve yoğun konut dokusu barındıran bir ilçedir (Şekil 33). İlçede ortalama entropi değeri 0,99 olup (Tablo 31), fonksiyonel çeşitlilik orta düzeydedir. İlçede karma dokulu parsel sayısı az olup sanayi, ulaşım ve ticaret fonksiyonlarının barınma fonksiyonu kesiştiği alanlarda ortaya çıkmaktadır.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Davutpaşa (max 2,00), Çifte Havuzlar (max 1,92), Mimar Sinan (max 1,58), Namık Kemal (max 1,50) ve Fevzi Çakmak (max 1,50) mahalleleridir. Bu mahalleler, Namık Kemal Caddesi – İstanbul Caddesi – Dumlupınar Caddesi – Davutpaşa Caddesi ekseninde uzanan ulaşım–barınma–ticaret–saayi kuşağını oluşturmaktadır. Davutpaşa Mahallesi (max 2,00), ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanı olsa da parsel sayısı bakımından oldukça sınırlıdır. Entropi değerlerinin 1,00–2,00 aralığında değiştiği mahallede, İstanbul Caddesi, Atatürk Caddesi ve Davutpaşa Caddesi boyunca sanayi tesisleri, lojistik depolar, ticari birimler, üniversite alanları ve idari yapılar iç içe konumlanmıştır.

Çifte Havuzlar Mahallesi (max 1,92), Dumlupınar Caddesi ve Org. Eşref Bitlis Caddesi boyunca gelişen ticaret, yeme-içme, barınma ve küçük ölçekli sanayi işlevleriyle öne çıkmaktadır. Bu akslar, Esenler'in en dinamik ticaret koridorunu oluşturmaktadır. Atölyeler, imalathaneler, dükkânlar ve kafe-restoran türü kullanımlar, barınma dokusu içinde dağılmış şekilde yer almakta; bu durum mikro ölçekte entropiyi artıran bir karma doku yaratmaktadır. Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü çevresi, eğitim, ticari, kültür ve ulaşım işlevlerinin birleştiği gelişmiş bir merkez niteliğindedir. Bu yapı,

hem eğitim, hem üretim, hem de ulaşım ekseninde yüksek düzeyli mekânsal etkileşim üretmektedir.

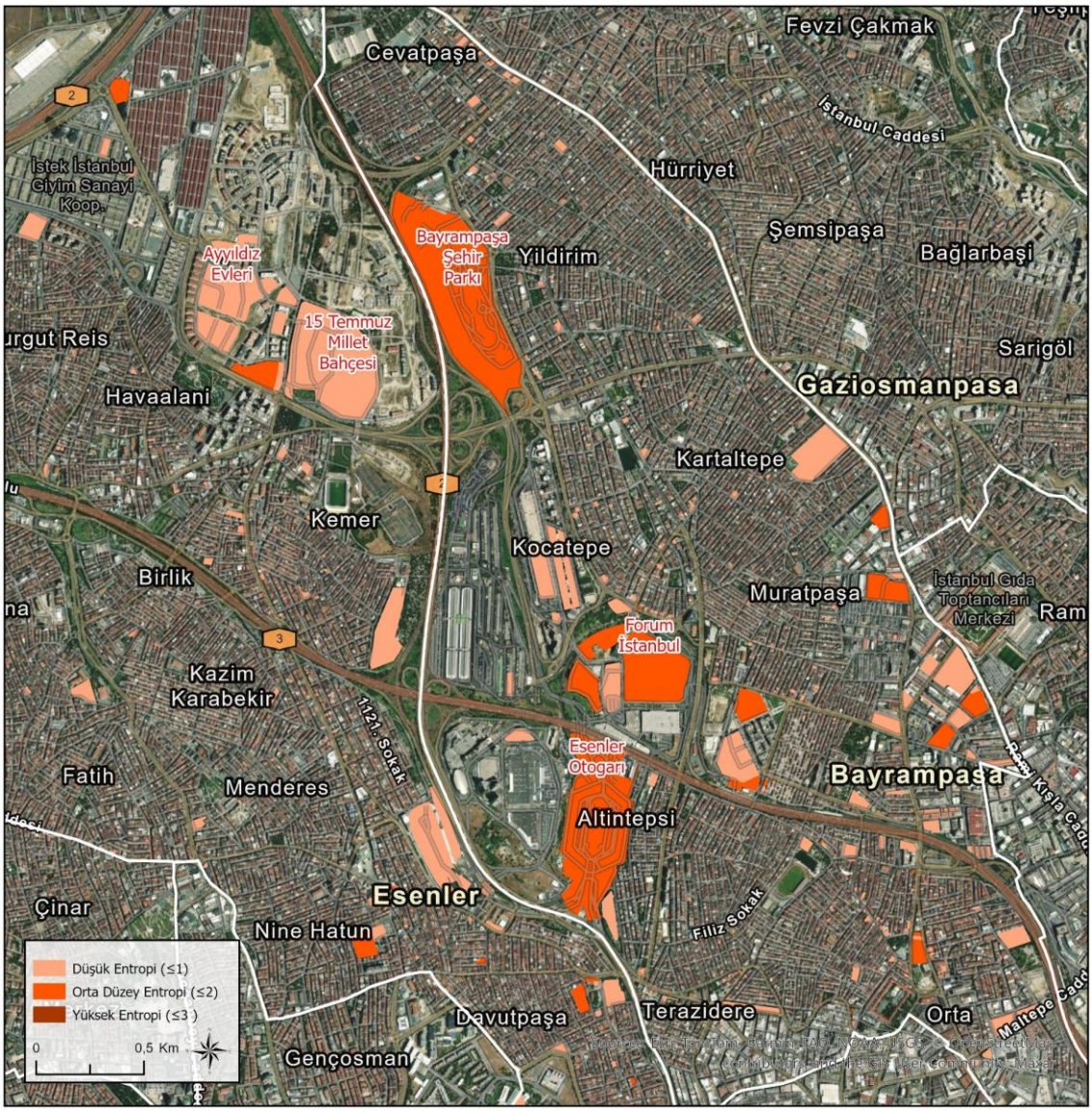
Mimar Sinan Mahallesi (max 1,58), İstanbul Caddesi ve Atatürk Caddesi arasında barınma-inanç fonkiyonuna sahip parsellerden dışında barınma yoğun bir mahalledir. Özellikle bu iki cadde üzerinde yerel ticaret birimleri fonksiyonel çeşitliliği sağlamaktadır.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Davutpaşa	5	1,23	2,00	1,00
Mimar Sinan	8	1,09	1,58	0,72
Namık Kemal	6	1,08	1,50	0,97
Çifte Havuzlar	15	1,05	1,92	0,65
Nine Hatun	13	1,02	1,37	0,92
Kazım Karabekir	6	1,00	1,00	1,00
Fevzi Çakmak	12	1,00	1,50	0,52
Atışalanı	12	0,99	1,00	0,92
Fatih	7	0,99	1,00	0,92
Menderes	7	0,99	1,00	0,92
Oruçreis	8	0,97	1,15	0,86
Birlik	14	0,96	1,00	0,81
Tuna	8	0,96	1,00	0,72
Yavuz Selim	7	0,95	1,00	0,92
Turgut Reis	6	0,94	1,00	0,72
Kemer	13	0,93	1,00	0,52
15 Temmuz	9	0,77	1,16	0,34

Tablo 31: Esenler İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Namık Kemal Mahallesi (max 1,50), Namık Kemal Caddesi ve Dumlupınar Caddesi üzerinde yer alan perakende birimleri ve küçük işletmeler ile tanımlanmaktadır. Bu mahalle, Mimar Sinan ile Çifte Havuzlar arasındaki geçiş kuşağı niteliğinde olup, orta düzey karma kullanımlı bir yapı sergilemektedir. Fevzi Çakmak Mahallesi (max 1,50), Atışalanı Caddesi ve çevresindeki küçük ticaret aksları boyunca şekillenmiş, konut, ticaret ve perakende birimlerinin karışımıyla orta entropili bir yapı göstermektedir.



Şekil 33: Esenler ve Bayrampaşa İlçelerinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Orta–düşük entropi değerleri (0,8–1,0 aralığı) Menderes, Kazım Karabekir, Birlik, Oruçreis, Fatih ve Atışalanı mahallelerinde gözlenmektedir. Bu mahallelerde konut dokusu baskın, fonksiyonel çeşitlilik ise okul, park, küçük ölçekli market ve ibadethane gibi kullanımlarla az sayıda parselde yer alımaktadır. Kazım Karabekir Mahallesi (1,00), çok sınırlı fonksiyonel çeşitlilik ile tam anlamıyla konut alanı karakteri taşımaktadır. 15 Temmuz Mahallesi (max 1,15), entropi aralığı 0,33–1,15 arasında değişen, kentsel dönüşüm projeleriyle hızla yeniden biçimlenen bir alandır. Esenler Otogarı ve 15

Temmuz Millet Bahçesi çevresinde ulaşım, konaklama, ticaret ve kamusal hizmet işlevleri bir arada bulunmaktadır.

Bayrampaşa İlçesi

Bayrampaşa, İstanbul'un batısında, E-5 Karayolu ile TEM Otoyolu arasında yer alan, yoğun konut, ticaret ve sanayi alanlarının kesişiminde konumlanmış bir ilçedir (Şekil 33). İlçe genelinde ortalama entropi değeri 1,01 olup (Tablo 32) yüksek fonksiyonel çeşitlilik hakimdir. İlçede konut, eğitim ticaret ve rekreasyon işlevlerinin bir arada bulunduğu karma bir doku görülmektedir. Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Kocatepe, Altıntepsi, Yıldırım ve Orta mahalleleri çevresinde belirginleşmekte; kuzeye ve iç mahallelere doğru gidildikçe azalmaktadır.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Altıntepsi (max 1,84), Kocatepe (max 1,70), Yıldırım (max 1,79), Yenidoğan (max 1,75) ve Orta (max 1,75) mahalleleridir. Bu mahalleler, 50. Yıl Caddesi-Abdi İpekçi Caddesi-Atatürk Bulvarı-100. Yıl Caddesi aksı boyunca uzanan ticaret–ulaşım–rekreasyon odaklı karma koridoru oluşturmaktadır.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Vatan	6	1,08	1,58	0,92
Altıntepsi	32	1,05	1,84	0,59
Kocatepe	34	1,02	1,70	0,16
Yıldırım	29	1,02	1,79	0,50
Yenidoğan	90	1,02	1,75	0,68
Orta	33	1,02	1,75	0,92
İsmet Paşa	30	1,02	1,58	0,59
Muratpaşa	41	1,01	1,50	0,92
Cevatpaşa	21	1,01	1,58	0,81
Kartaltepe	28	0,98	1,00	0,65
Terazidere	24	0,97	1,00	0,81

Tablo 32: Bayrampaşa İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Altıntepsi Mahallesi (max 1,84), ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanıdır. Entropi değerlerinin 0,59 ile 1,84 arasında değiştiği mahallede, Esenler Otogarı ve Forum İstanbul Alışveriş Merkezi gibi iki güçlü çekim merkezinin etkisi belirleyicidir. 50. Yıl Caddesi, Abdi İpekçi Caddesi ve Atatürk Caddesi boyunca ticaret, ulaşım, konaklama ve

ve benzeri işlevler yoğunlaşmış, bu durum mahallede çok işlevli bir merkezleşme eğilimi yaratmıştır. Özellikle Forum İstanbul çevresi, Bayrampaşa'nın bölgesel ölçekli ticaret ve sosyo-ekonomik odak alanını temsil etmektedir.

Yıldırım Mahallesi (max 1,79), 100. Yıl Caddesi ve Bayrampaşa Şehir Parkı çevresinde ticaret, kafe, kamu hizmetleri ve rekreatif kullanımların bir arada yer aldığı yüksek entropili bir mahalledir. 15 Temmuz Millet Bahçesi'ne komşu olan bu bölge, yeşil alan bütünleşmesi ile ticari ve toplumsal işlevlerin kesiştiği çok yönlü bir şehir parçası niteliğindedir. Kocatepe Mahallesi (max 1,70), ilçede ticaret ve eğlence fonksiyonlarının en yoğunlaştığı alandır. Forum İstanbul AVM ve çevresi, mahalleyi bölgesel ölçekte bir alışveriş, kültür ve rekreasyon merkezi hâline getirmiştir. Oruç Reis Caddesi, Kocatepe Metro İstasyonu ve Atatürk Bulvarı çevresinde ticaret, konaklama ve ulaşım işlevleri iç içe geçmiştir. Bu durum mahallede mekânsal erişilebilirliğin yüksek olduğu karma bir merkez oluşturmaktadır. Yenidoğan (max 1,75) ve Orta Mahalle (max 1,75), Esenler ve Gaziosmanpaşa sınırındaki geçiş alanları olarak dikkat çeker. Bu mahallelerde konut, küçük ticaret, okul ve ibadethane işlevleri birlikte yer almakta; 60. Yıl Caddesi ve Şehit Kamil Balkan Caddesi gibi yerel akslar, sınırlı da olsa karma kullanımı desteklemektedir. Orta–düşük entropi değerleri (0,9–1,0 aralığı), Muratpaşa, Cevatpaşa, İsmet Paşa, Kartaltepe ve Terazidere mahallelerinde gözlenmektedir. Bu mahallelerde konut dokusu baskın, fonksiyonel çeşitlilik ise mahalle ölçeğinde ticaret birimleri, okul ve park alanlarıyla sınırlıdır. Kartaltepe ve Terazidere mahalleleri (max 1,00), ilçenin en tekdüze alanları olup, fonksiyonel etkileşim düşük düzeydedir.

Sultangazi İlçesi

Sultangazi, İstanbul'un kuzeybatısında, TEM Otoyolu'nun kuzeyinde ve Eski Edirne Asfaltı aksı boyunca gelişmiş, karma fonksiyonlu şehirsel gelişim örüntülerine sahip bir ilçedir (Şekil 34). İlçe genelinde ortalama entropi değeri 0,94 olup düşük çeşitliliğe sahiptir (Tablo 33). Bu ilçede konut, sanayi, eğitim, eğlence ve rekreasyon işlevleri farklı mahallelerde yoğunluk kazanmaktadır. Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Eski Edirne Asfaltı, Cebeci Caddesi, Atatürk Bulvarı ve Mimar Sinan Bulvarı çevresinde belirginleşmekte; kuzeydeki yerleşim sınırlarına doğru gidildikçe azalmaktadır.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Cebeci (max 2,00), Yunus Emre (max 1,58), 50. Yıl (max 1,58), Sultançiftliği (max 1,58) ve Uğur Mumcu (max

1,58) mahalleleridir. Bu mahalleler, Eski Edirne Asfaltı – Atatürk Bulvarı – Cebeci Yolu boyunca uzanan ticaret–iş merkezi–yeme içme ve inanç fonksiyonlarla çeşitlenen aksı oluşturmaktadır. Cebeci Mahallesi (max 2,00), ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip merkezidir. Entropi değerlerinin 0,65–2,00 aralığında değiştiği mahallede, 1. ve 2. Cebeci Caddesi, Cebeci Yolu ve Atatürk Bulvarı çevresinde ticaret, sanayi, eğitim ve konut fonksiyonları birlikte yer almaktadır. İBB Spor Kompleksi, Cebeci Kültür Merkezi ve çevresindeki kafe–restoran–hizmet birimleri, mahallede sosyal ve ekonomik etkileşimi artırmakta; TEM bağlantı yolları üzerindeki lojistik alanlar ise üretim ve hizmet işlevlerini bir araya getirerek yüksek entropi yaratmaktadır.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Yunus Emre	27	1,06	1,58	0,87
Cumhuriyet	10	1,04	1,35	1,00
75. Yıl	22	1,01	1,58	0,92
Sultançiftliği	22	1,01	1,58	0,59
Cebeci	69	0,99	2,00	0,65
İsmetpaşa	35	0,98	1,00	0,81
50. Yıl	42	0,98	1,58	0,50
Uğur Mumcu	66	0,98	1,58	0,47
Gazi	9	0,98	1,00	0,92
Malkoçoğlu	12	0,96	1,00	0,72
Eski Habipler	29	0,95	1,58	0,65
Esentepe	23	0,89	1,52	0,41
Zübeyde Hanım	8	0,86	1,58	0,20
Habibler	34	0,84	1,58	0,16
Yayla	14	0,81	1,58	0,37
Askeri Bölge	1	0,72	0,72	0,72

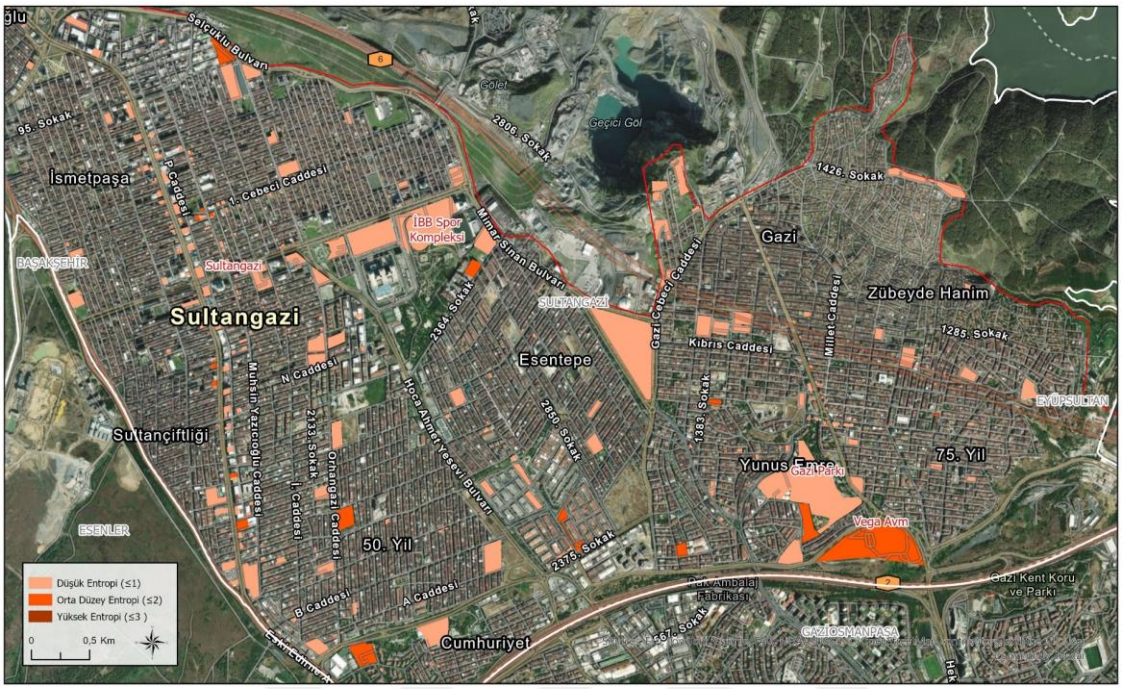
Tablo 33: Sultangazi İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Yunus Emre Mahallesi (max 1,58), Vega AVM ve Yunus Emre Millet Parkı çevresinde gelişen ticaret, rekreasyon ve kamusal bileşimiyle öne çıkar. Cebeci ve Kazım Karabekir Caddeleri boyunca uzanan ticari birimler, mahalle ölçeğinde canlı bir karma fonksiyonel yapı oluşturmaktadır. Rekreatif alanlar, çevresindeki sosyal donatı yoğunluğuyla birlikte mekânsal etkileşim ağını güçlendirmektedir.

50. Yıl Mahallesi (max 1,58), Orhangazi Caddesi çevresinde yoğunlaşan barınma, ticaret ve küçük ölçekli sağlık birimleriyle dikkat çeker. Sokak ölçeğinde gelişen mahalle içi

marketler, eczaneler ve yerel ticaret noktaları, mikro düzeyde entropiyi artıran işlevsel örüntüler üretmektedir.



Şekil 34: Sultangazi İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Esentepe Mahallesi (max 1,52), Mimar Sinan Bulvarı, Hoca Ahmet Yesevi Bulvarı ve 2845. Sokak çevresinde kamu, eğitim ve sağlık fonksiyonlarının yoğunlaştığı orta düzey entropili bir alandır. Sultangazi Hükümet Konağı ve İBB Spor Kompleksi, çevredeki kamusal ve idari odaklı yeni bir merkezleşme eğilimi yaratmıştır.

Gazi Mahallesi (max 1,00), Kıbrıs Caddesi ve Gazi Cebeci Caddesi çevresinde kültürel tesisler, eğitim kurumları ve sosyal alanların bir arada bulunduğu sosyal-kültürel merkez niteliğindedir. Gazi Parkı ve çevresi, rekreatif alanlarla fonksiyonel çeşitliliğin bütünleştiği bir odak noktası oluşturmaktadır.

Orta düzey entropi değerleri (0,9–1,2 aralığı), Cumhuriyet, 75. Yıl, İsmetpaşa, Malkoçoğlu, Eski Habipler ve Zübeyde Hanım mahallelerinde görülmektedir. Bu mahallelerde konut, kamu hizmetleri, küçük ölçekli ticaret ve eğitim birimleri bir arada yer alır. Özellikle Zübeyde Hanım ve Habipler mahallelerinde (max 1,58), Eski Edirne Asfaltı ve Kazım Karabekir Caddesi boyunca çizgisel karma kullanımlar dikkat çeker.

Düşük entropi değerleri (0,7–0,9 aralığı), Yayla, Habipler ve Askeri Bölge çevresinde gözlenmektedir. Bu bölgeler, konut alanları ve sınırlı kamusal donatılar ile tanımlanır.

Askeri Bölge ise fonksiyonel olarak kapalı bir alan olduğundan entropik etkileşim göstermemektedir.

Gaziosmanpaşa İlçesi

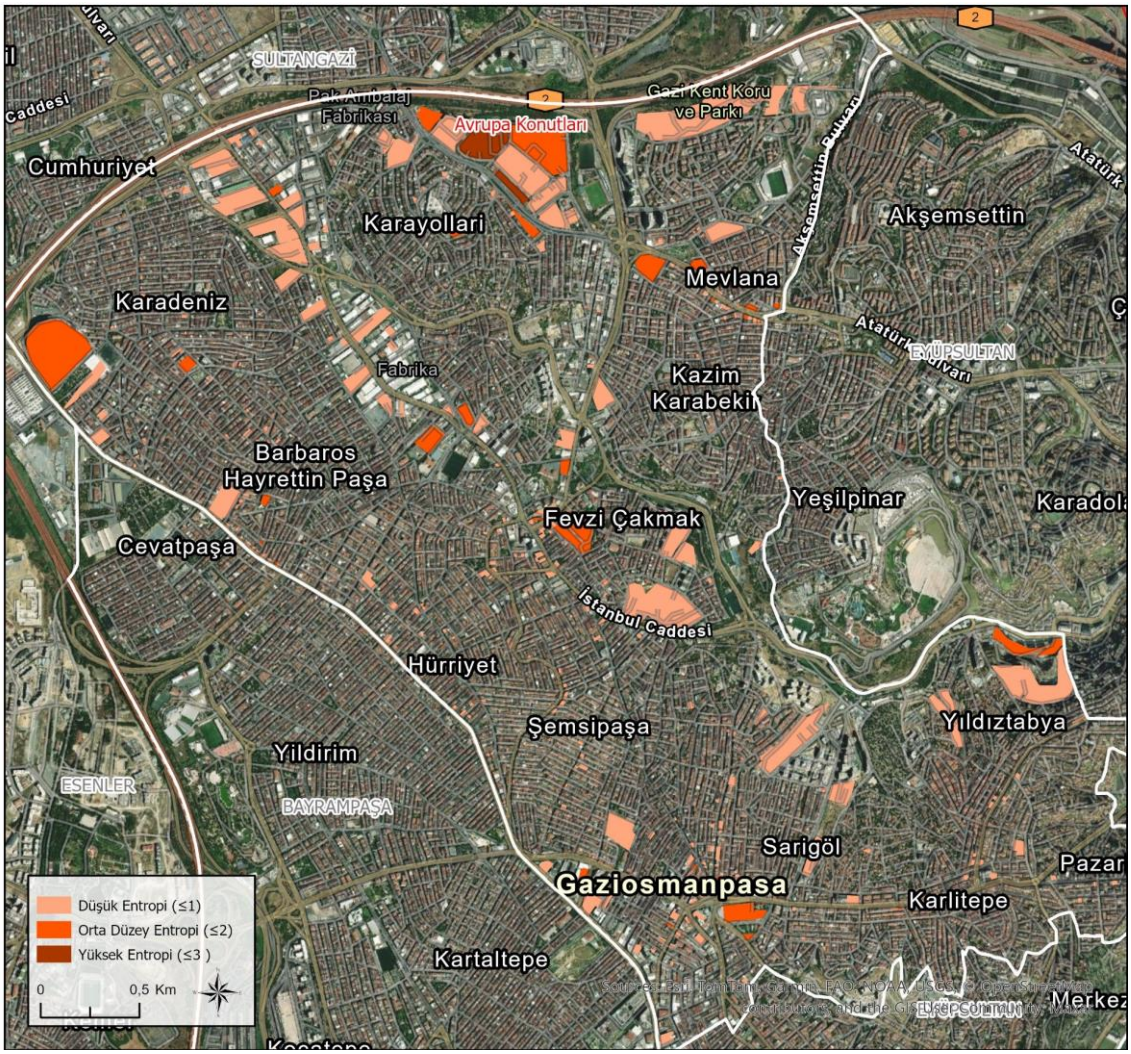
Gaziosmanpaşa, İstanbul'un Avrupa yakasında, TEM Otoyolu ile Haliç arasındaki geçiş kuşağında konumlanmış olup, yoğun barınma dokusu içinde ticaret, sanayi, eğlence ve kamusal işlevlerin iç içe geçtiği karma bir doku sergilemektedir (Şekil 35). İlçede ortalama entropi değeri 1,00 olup (Tablo 34) fonksiyonel çeşitlilik ana ulaşım aksları boyunca belirgin biçimde yükselmekte; kuzey ve doğu kesimlerdeki barınma odaklı mahallelere doğru gidildikçe azalmaktadır.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Karayolları	39	1,09	2,35	0,72
Mevlana	16	1,09	1,66	0,59
Merkez	62	1,05	2,00	0,81
Yenidoğan	5	1,05	1,58	0,65
Kazım Karabekir	32	1,05	1,58	0,88
Barbaros Hayrettin Paşa	44	1,02	1,58	0,65
Karadeniz	40	1,01	1,80	0,65
Yeni Mahalle	23	1,01	1,58	0,54
Bağlarbaşı	28	1,00	1,58	0,65
Hürriyet	21	0,99	1,00	0,92
Şemsipaşa	18	0,99	1,00	0,92
Sarıgöl	18	0,98	1,58	0,65
Pazariçi	7	0,97	1,00	0,81
Fevzi Çakmak	26	0,97	1,20	0,54
Karlıtepe	9	0,93	1,00	0,72
Yıldıztabya	10	0,90	1,79	0,09

Tablo 34: Gaziosmanpaşa İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Karayolları (max 2,35), Merkez (max 2,00), Karadeniz (max 1,80), Yıldıztabya (max 1,79) ve Mevlana (max 1,66) mahalleleridir. Bu mahalleler, TEM Otoyolu – İstanbul Caddesi – Ordu Caddesi – İslambey Caddesi ekseni boyunca uzanan karma ticaret, sanayi ve ulaşım koridorunu temsil etmektedir.



Şekil 35: Gaziosmanpaşa İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Karayolları Mahallesi (max 2,35), ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanıdır. Entropi değerlerinin 0,72–2,35 aralığında değiştiği bu mahalle de 39 parsel karma nitelik taşımaktadır. TEM Otoyolu, İstanbul Çevre Yolu ve Karadeniz Mahallesi bağlantı yollarının kesişiminde yer almaktadır. Forum İstanbul AVM, Avrupa Konutları projeleri ve çevresindeki ticaret alanları, Karayolları'nı barınma–alışveriş–eğlence odaklı bir merkez hâline getirmiştir. Bu alan, ulaşım erişilebilirliği yüksek, yeme-içme, perakende, eğlence-spor ve konut işlevlerinin bir arada bulunduğu çok işlevli akslar olarak öne çıkmaktadır.

Merkez Mahallesi (max 2,00), İslambey Caddesi, Ali Galip Caddesi ve Bağlar Caddesi çevresinde gelişen ticaret, eğitim, sağlık, finans ve kamusal fonksiyonları 62 parselde gelişme göstermiş olup orta–yüksek düzey entropili bir merkezdir. Gaziosmanpaşa

Belediyesi yerleşkesi ve çevresindeki idari kurumlar, bankalar, kültürel tesisler ve sosyal donatılar, mahallede kamusal etkileşimi artıran çok yönlü bir fonksiyonel yoğunluk yaratmaktadır.

Karadeniz Mahallesi (max 1,80), İstanbul Çevre Yolu ve Ordu Caddesi boyunca sanayi, depolama, barınma ve ticaret alanlarının iç içe geçtiği bir geçiş zonu niteliğindedir. Gaziosmanpaşa Kent Ormanı ve Parkı yakınındaki bu bölge, açık-yeşil alanlar ile üretim, lojistik ve konut ilişkisini dengeleyen karma bir yapı sunar. Bu durum, mahallede doğal alan, sanayi, konut ve yeşil altyapı fonksiyonlarının karşılıklı etkileşim içinde olduğunu göstermektedir.

Yıldıztabya Mahallesi (max 1,79), İnkılap ve Yıldıztabya caddeleri çevresinde gelişen küçük ölçekli ticaret, barınma, eğitim ve sosyal donatı kullanımlarıyla orta düzey karma bir doku sergiler. Yıldıztabya Parkı, kültürel tesisler ve okulların bulunduğu bu mahalle, kültürel-eğitim-ticaret odaklı karma bir yerleşim modeli ortaya koymaktadır. Mevlana Mahallesi (max 1,66), Gaziosmanpaşa Stadyumu ve çevresindeki spor, ticaret, yeme-içme ve kültürel fonksiyonlarıyla dikkat çekmketedir. Spor tesisleri çevresinde gelişen ticari işletmeler, eğlence-spor ve perakende alanları, mahallede tematik bir karma yapı meydana getirmiştir. Mahalle, Kazım Karabekir ve Fevzi Çakmak mahalleleriyle birlikte ilçenin güneydoğu kesiminde ticaret odaklı bir sahayı oluşturmaktadır.

Kazım Karabekir Mahallesi (max 1,58), Ş. Sezer Önder ve İmam Hatip Lisesi caddeleri eğitim, ticaret, yeme-içme, barınma, kamu hizmeti ve finans işlevleriyle öne çıkmaktadır. Bağlarbaşı, Barbaros Hayrettin Paşa, Sarıgöl ve Yenidoğan mahallelerinde entropi değerleri 1,00–1,05 aralığında olup, bu mahalleler barınma ağırlıklı ancak ana caddeler boyunca küçük ölçekli ticaret, eğitim ve yeme-içme birimlerinin bulunduğu orta düzey karma kullanımları temsil etmektedir. Özellikle Bağlarbaşı ve Sarıgöl mahallelerinde çeşitlilik yerel perakende, okul alanları, ibadethaneler ve kamusal donatılar etrafında şekillenmektedir. Hürriyet, Şemsipaşa ve Pazariçi mahallelerinde (max 1,00), ise çeşitlilik 50 parseli geçmemekte düşük entropili barınma odaklı konut-ticaret alanlarıdır. Bu mahallelerde karma kullanım, yalnızca Eski Edirne Asfaltı ve Ordu caddeleri çevresinde sınırlı biçimde ticaret ve yeme-içme birimleriyle gözlenmektedir.

Eyüpsultan İlçesi

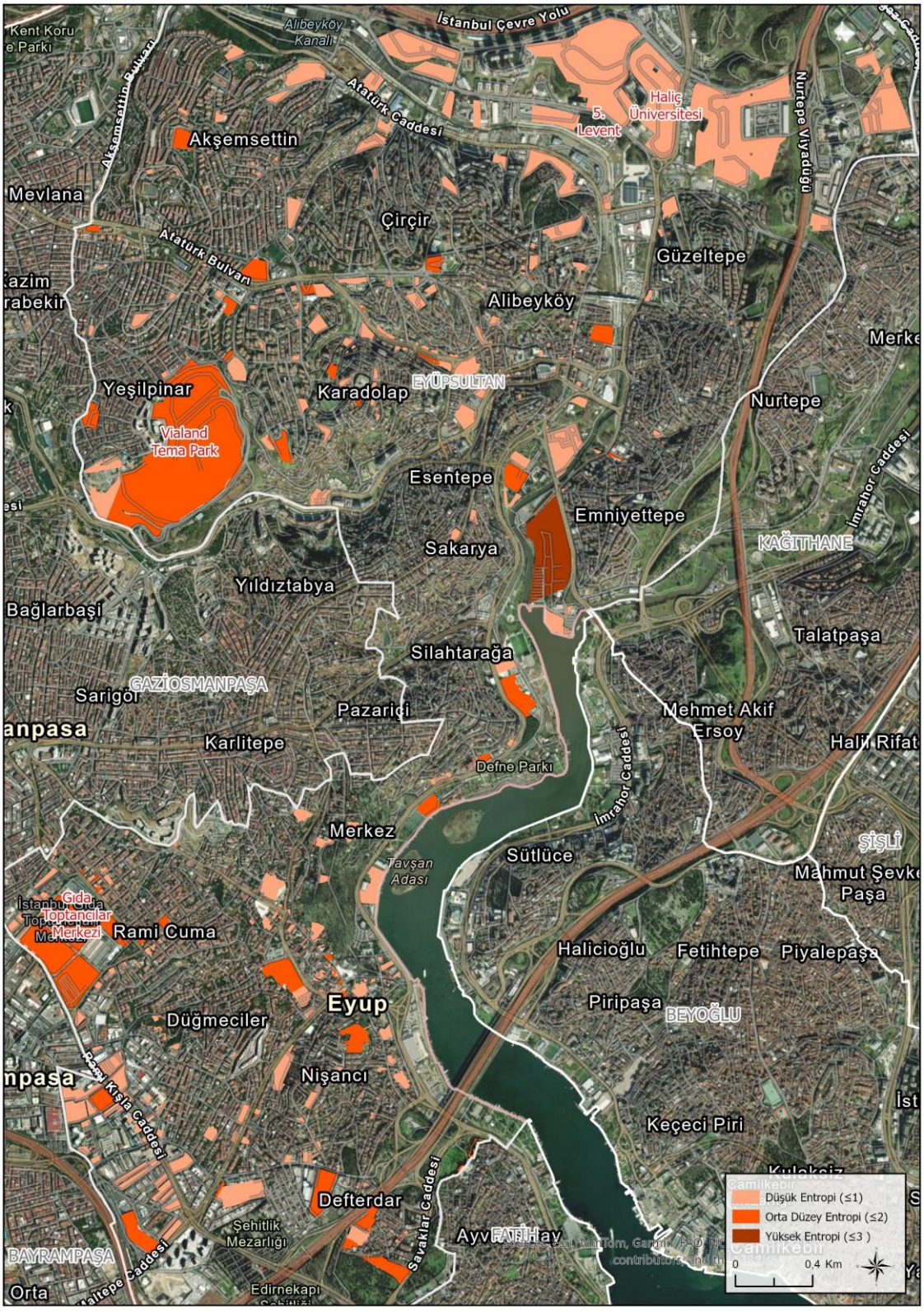
Eyüpsultan, İstanbul'un Haliç kıyısında yer alan, tarihî merkezden kuzeye doğru genişleyen bir yapıya sahiptir (Şekil 36). İlçede ortalama entropi değeri 1 olup (Tablo 35), fonksiyonel çeşitlilik Haliç kıyısı, Vialand çevresi ve Alibeyköy aksı boyunca belirgin şekilde artmakta, kuzeyde Güzeltepe ve Akşemsettin mahallerine doğru azalmaktadır.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Emniyettepe	8	1,34	2,33	0,81
Defterdar	21	1,19	1,92	0,81
Silahtarağa	3	1,17	1,52	1
Rami Yeni	45	1,1	1,7	0,92
Karadolap	7	1,05	1,84	0,59
Sakarya	49	1,05	1,52	0,92
İslambey	49	1,04	1,58	0,59
Rami Cuma	24	1,03	1,5	1
Merkez	29	1,01	1,75	0,5
Yeşilpınar	32	1,01	1,79	0,47
Mithatpaşa	21	0,99	1,58	0,65
Çırçır	39	0,97	1,58	0,39
Nişancı	33	0,96	1,92	0,54
Pirinççi	17	0,96	1,54	0,5
Topçular	44	0,95	1,5	0,29
Akşemsettin	18	0,94	1,52	0,32
Alibeyköy	36	0,93	1,58	0,31
Düğmeciler	3	0,91	1	0,72
Esentepe	7	0,89	1	0,23
Mimar Sinan	12	0,86	1	0,41
Göktürk Merkez	33	0,84	1,58	0,19
Güzeltepe	21	0,82	1	0,34

Tablo 35: Eyüpsultan İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Emniyettepe (max 2,33), Defterdar (max 1,92), Karadolap (max 1,84), Yeşilpınar (max 1,79) ve Rami Yeni (max 1,70) mahalleleridir. Bu mahalleler, Haliç kıyısından Alibeyköy ve Rami'ye uzanan koridor boyunca yer almakta; tarihî merkez, turizm ve kültür işlevleri ile modern ticaret, eğitim ve rekreasyon alanlarını bütünleştirmektedir.



Şekil 36: Eyüpsultan İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Emniyettepe Mahallesi (max 2,33), ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip bölgesidir. Entropi değerlerinin 0,81–2,33 aralığında değiştiği mahalle, Eyüp–Kağıthane aksında yer almakta olup Bilgi Üniversitesi, İmrahor Caddesi ve Kazımkarabekir Caddesi çevresinde eğitim, sağlık, ofis, hizmet sektörleri ve konut işlevlerinin iç içe geçtiği merkez niteliğindedir. Bu bölge, Haliç kıyısındaki tarihî dokuyla modern işlevleri birleştiren çok yönlü bir etkileşim alanı oluşturmuştur.

Defterdar Mahallesi (max 1,92), İstanbul Çevre Yolunun iki yakasında yer alan yoğunlaşan mobilyacılar çarşısı, iş merkezleri ve ticaret işlevleri ilçenin ekonomik alanını oluşturmaktadır. Karadolap Mahallesi (max 1,84), Kazım Karabekir Caddesi, Karadolap Caddesi ve Yeşilpınar bağlantısı boyunca ticaret ve eğitim eğlence alanlarının yoğunlaştığı orta–yüksek entropili bir bölgedir. Yeşilpınar–Vialand hattı üzerindeki konumu sayesinde mahalle, rekreatif ve ticari işlevlerle desteklenmektedir.

Yeşilpınar Mahallesi (max 1,79), Vialand Tema Parkı, Eyüp Park AVM ve çevresindeki ticaret, eğlence-spor ve yeme-içme birimleriyle şekillenen karma kullanım odaklı bir alandır. Eğlence, perakende ve barınma işlevlerinin bir arada bulunduğu bu bölge, Eyüpsultan'ın kuzeybatısında gelişen dokuyu göstermektedir.

Rami Yeni (max 1,70) ve Rami Cuma (max 1,50) mahalleleri, Rami Kışlası çevresinde yeniden işlevlendirme süreciyle dönüşen kültürel merkez alanlardır. Rami Kütüphanesi ve çevresindeki ticari akslar, kültür–ticaret–kamusal etkileşimi bir arada sunmakta; bu durum mahallelerde yüksek entropili kültürel merkezleşmeyi desteklemektedir. Alibeyköy Mahallesi (max 1,58), Atatürk Caddesi ticaret, ulaşım ve lojistik işlevlerinin bir arada bulunduğu orta düzey karma kullanımlı bir alandır. Alibeyköy Cep Otogarı ve Alibeyköy Metro İstasyonu, bu bölgede erişilebilirliği artırarak fonksiyonel erişimi desteklemektedir.

İslambey, Sakarya ve Karadolap mahalleleri (1,04–1,05), barınma, eğitim, kamu hizmeti ve ticaret işlevlerinin bir arada bulunduğu karma kullanımları temsil etmektedir. İslambey Caddesi, Silahtarağa Caddesi ve Vardar Bulvarı bu mahallelerde fonksiyonel sürekliliği sağlamaktadır. Akşemsettin, Çırçır, Mithatpaşa ve Topçular mahallelerinde entropi değerleri 0,90–1,00 aralığında olup, barınma dokusu baskın; ancak mahalle ölçeğinde eğitim, sağlık, yeme-içme ve perakende birimleriyle desteklenmiştir. Göktürk Merkez (max 1,58) ve Güzeltepe (max 1,00) mahalleleri, ilçenin kuzey sınırındaki düşük entropili yeni yerleşim alanlarını temsil eder. Bu bölgelerde barınma alanları ve sınırlı ticari ya da

rekreasyon birimler bulunur; buna karşın doğal çevreyle bütünleşmiş, rekreatif nitelikli şehirsel yerleşim karakteri dikkat çekmektedir.

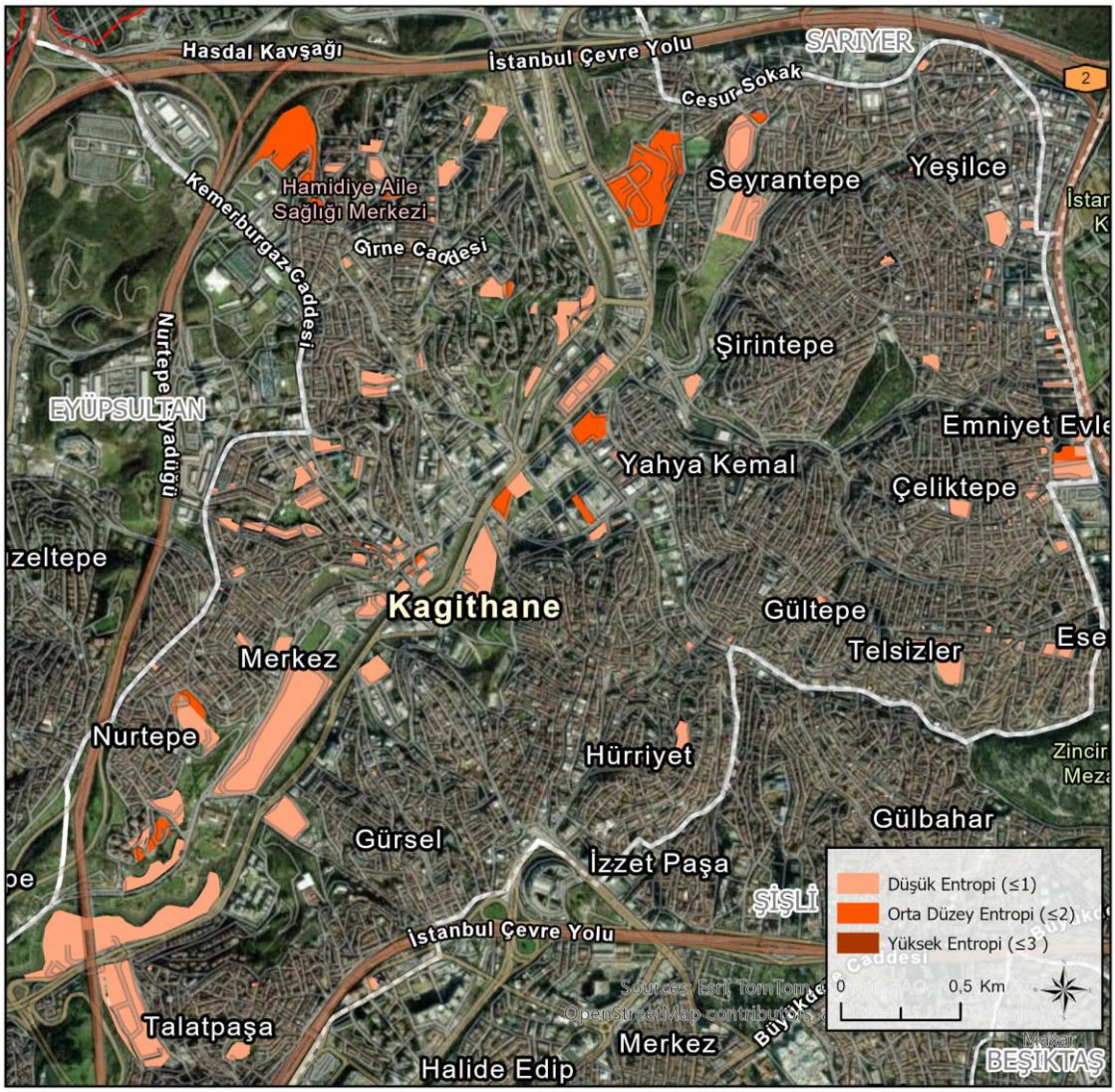
Kağıthane İlçesi

Kağıthane, İstanbul'un kuzeybatısında, E-5 ile TEM Otoyolu arasında kalan vadi boyunca gelişmiş, barınma, ticaret, kamu hizmeti ve ofis işlevlerinin dengeli şekilde örgütlendiği bir yerleşimdir (Şekil 37). İlçede ortalama entropi değeri 0,96 olup (Tablo 36), konut, ticaret, sanayi, eğitim, yeme-içme ve finans işlevlerinin bir arada bulunduğu orta düzeyde karma bir mekânsal yapı gözlenmektedir. Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Cendere Caddesi, İmrahor Caddesi, Kemerburgaz Caddesi, Kağıthane Caddesi ve Piyalepaşa Bulvarı çevresinde yoğunlaşmakta; yüksek erişilebilirliğe sahip vadi tabanında artmakta, kenar mahallelerde ise azalmaktadır.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Seyrantepe	13	1,02	1,58	0,65
Emniyet Evleri	10	1,01	1,58	0,72
Merkez	61	1,01	1,75	0,50
Hürriyet	1	1,00	1,00	1,00
Mehmet Akif Ersoy	1	1,00	1,00	1,00
Yeşilce	4	1,00	1,00	1,00
Hamidiye	26	0,99	1,52	0,59
Gürsel	5	0,98	1,00	0,92
Nurtepe	13	0,98	1,58	0,72
Ortabayır	11	0,98	1,00	0,81
Harmantepe	3	0,97	1,00	0,92
Sultan Selim	21	0,97	1,00	0,81
Çağlayan	4	0,96	1,00	0,92
Gültepe	4	0,95	1,00	0,81
Çeliktepe	15	0,95	1,00	0,65
Telsizler	5	0,87	1,00	0,63
Talatpaşa	5	0,86	1,00	0,50
Şirintepe	2	0,83	1,00	0,65

Tablo 36: Kağıthane İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 37: Kağıthane İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Merkez (max 1,75), Seyrantepe (max 1,58), Emniyet Evleri (max 1,58), Nurtepe (max 1,58) ve Hamidiye (max 1,52) mahalleleridir. Bu mahalleler, Cendere Vadisi ve Kağıthane Merkez aksı boyunca uzanan karma kullanım kuşağını temsil etmektedir. Merkez Mahallesi (max 1,75), ilçenin idari, ticari ve ulaşım odaklı fonksiyonlarının yoğunlaştığı alandır. Entropi değerlerinin 0,50–1,75 arasında değiştiği bu mahallede, Kağıthane Belediyesi, Axis AVM, Kağıthane Metro İstasyonu ve Kağıthane Merkez Camii çevresinde ticaret, inanç, ulaşım ve konut işlevleri güçlü biçimde iç içe geçmiştir. İmrahor Caddesi ve Alibeyköy Caddesi üzerindeki kaymakamlık binas, ofis, restoran ve kafe yoğunluğu, Merkez Mahallesi'ni ilçenin idari-ekonomik kalbi hâline getirmektedir.

Seyrantepe Mahallesi (max 1,58), İbrahim Karaoğlanoğlu Caddesi ve Cendere Caddesi çevresinde yer alan yeni iş–konut–eğlence alanlarıyla yüksek entropili bir merkezdir. Mahalle, Türk Telekom Arena (Rams Park) ve çevresindeki ofis, otel ve ticaret projeleriyle birlikte, Kağıthane'nin kuzeyinde gelişen modern karma koridor karakteri kazanmıştır. Emniyet Evleri Mahallesi (max 1,58), Akarsu Caddesi ve Büyükdere Caddesi çevresinde konut, yeme-içme alanları, parklar işlevlerinin birleştiği bir orta-yüksek entropili alandır. 4. Levent metro bağlantıları ve ana ulaşım arterlerine yakınlık, mahallede fonksiyonel etkileşimi güçlendirmektedir. Nurtepe Mahallesi (max 1,58), Eyüp Sultan Caddesi ve Sokullu Caddesi çevresinde gelişen küçük ölçekli ticaret, pazar yeri, aile sağlık merkezi, eğitim ve sosyal tesis alanlarının oluşturduğu yerel merkez niteliğindedir. Hamidiye Mahallesi (max 1,52), Tem Otoyolu, Girne Caddesi ve Hasdal Kavşağı kesişiminde sağlık, barınma, spor-eğlence ve kamu hizmetlerinin bir arada bulunduğu bir alandır.

Gültepe, Çeliktepe, Sultan Selim, Ortabayır, Harmantepe ve Çağlayan mahalleleri, entropi değerlerinin 0,95–1,00 aralığında seyrettiği, orta düzey fonksiyonel çeşitliliğe sahip yerleşimlerdir. Bu mahallelerde konut kullanımı baskın olmakla birlikte, Talatpaşa Caddesi, Ortabayır ve Büyükdere bağlantıları çevresinde ticaret, sağlık, eğitim ve rekreasyon en yoğun fonksiyonel dokuları oluşturmaktadır.

Telsizler (max 1,00) ve Talatpaşa (max 1,00) mahallelerinde entropi değerleri daha düşük olup, konut ağırlıklı dokuların hakim olduğu görülür. Bu bölgelerde karma yapı, yalnızca ana arter üzerindeki sınırlı ticari birimlerle sınırlıdır.

Sarıyer İlçesi

Sarıyer, İstanbul'un kuzeyinde, Boğaz hattı boyunca ve kuzey ormanlarının eteklerinde uzanan geniş bir coğrafi alana sahip olup, doğal çevre ile şehirsel işlevlerin iç içe geçtiği özgün bir mekânsal yapıya sahiptir (Şekil 38). Ortalama entropi değeri 0,87 olan (Tablo 37) ilçenin genelinde fonksiyonel çeşitlilik zayıf olup Boğaziçi kıyısı, Maslak–Ayazağa aksı ve Reşitpaşa çevresinde bazı parsellerde yoğunlaşmakta; kuzeye doğru gidildikçe entropi değerleri düşmekte ve yerleşim dokusu barınma baskın bir karakter kazanmaktadır.

Fonksiyonel çeşitliliğin en yüksek olduğu mahalleler sırasıyla Reşitpaşa (max 2,87), Rumeli Hisarı (max 2,48), Maslak (max 2,00), Ayazağa (max 1,89) ve Cumhuriyet (max

1,58) mahalleleridir. Bu mahalleler, Boğaz–Maslak–Ayazağa koridoru boyunca uzanan, şehrin akademik, finansal, kültürel ve rekreatif işlevlerinin bir arada yoğunlaştığı karma kullanım kuşağını temsil etmektedir.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Rumeli Hisarı	13	1,23	2,48	0,65
Cumhuriyet	3	1,19	1,58	1
Ayazağa	14	1,09	1,89	0,72
Maslak	20	1,07	2	0,35
Reşitpaşa	48	1,05	2,87	0,26
Çayırbaşı	9	1,04	1,58	0,68
Kazım Karabekir Paşa	12	1,03	1,45	0,72
Sarıyer Merkez	3	1,03	1,41	1
Sarıyer Yenimahalle	2	1	1	1
Emirgan	16	0,99	1,46	0,3
Kireçburnu	10	0,96	1	0,81
Yeniköy	6	0,96	1,06	0,81
Maden	21	0,92	1,5	0,27
PTT Evleri	2	0,92	0,92	0,92
Huzur	10	0,88	1	0,59
Darüşşafaka	20	0,87	1	0,72
İstinye	8	0,87	1,5	0,29
Tarabya	45	0,86	1,58	0,3
Zekeriyaköy	101	0,86	1,58	0,15
Büyükdere	15	0,83	1,41	0,2
Ferahevler	3	0,77	0,92	0,47
Uskumruköy	59	0,77	1	0,14
Baltalimanı	2	0,73	1	0,47
Pınar	5	0,71	0,92	0,58
Poligon	8	0,67	1	0,41
Çamlıtepe	2	0,64	0,92	0,37
Fatih Sultan Mehmet	17	0,58	1,25	0,15
Rumeli Kavağı	2	0,55	1	0,1
Kocataş	1	0,2	0,2	0,2

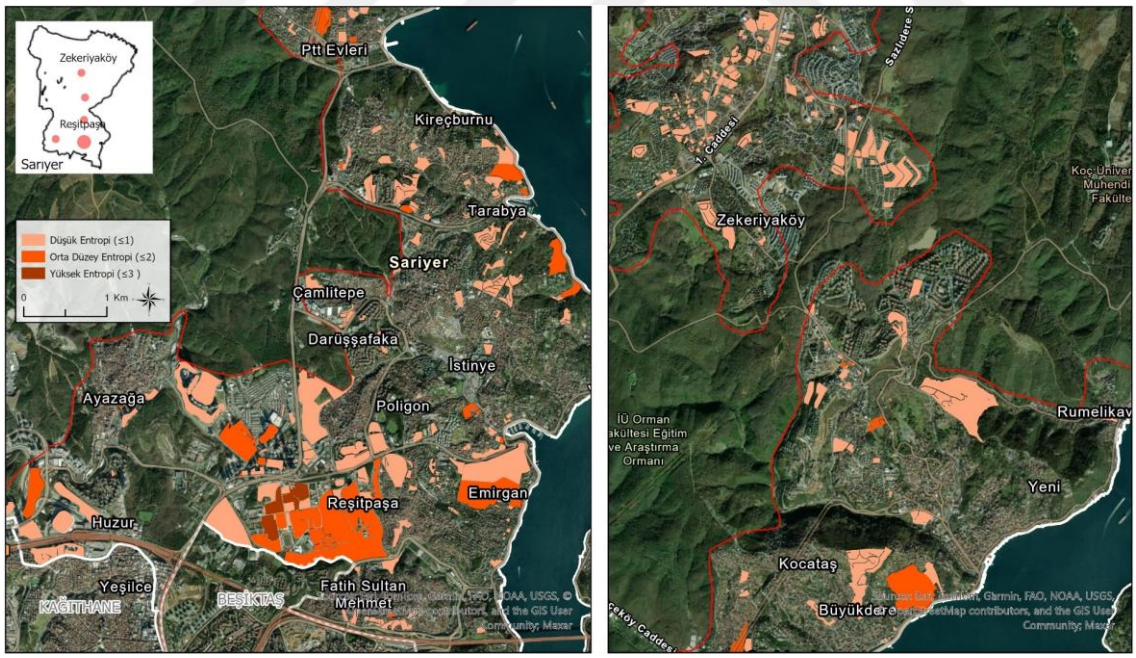
Tablo 37: Sarıyer İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Reşitpaşa Mahallesi (max 2,87), Sarıyer'in en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip bölgesidir. Entropi değerlerinin 0,26–2,87 aralığında değiştiği mahalle, Maslak–Ayazağa aksı üzerinde, İTÜ Ayazağa Kampüsü, Reşitpaşa Caddesi ve Fatih Sultan Mehmet Köprüsü bağlantı yolları çevresinde eğitim, ticaret, teknoloji, finans ve barınma

işlevlerinin iç içe geçtiği yoğun karma yapılı bir alandır. Bu bölge, İTÜ Teknokent ve Vadi İstanbul bağlantısı sayesinde, Sarıyer'in bilgi, alışveriş, finans ve eğitim odaklı yeni merkezlerinden biri hâline gelmiştir. Rumeli Hisarı Mahallesi (max 2,48), Hisarüstü Caddesi, Aşiyan Parkı ve Rumeli Hisarı Sahil Yolu çevresinde eğitim, kültür, turizm, yeme-içme ve rekreasyon işlevlerinin bütünleştiği yüksek entropili bir bölgedir. Boğaziçi Üniversitesi'nin akademik etkisi ve sahil bandındaki kafe-restoran kullanımları, mahallede kültürel ve sosyal etkileşimin en yoğun olduğu alanlardan birini oluşturmaktadır.

Maslak Mahallesi (max 2,00), Büyükdere Caddesi ve Ahi Evran Caddesi çevresinde gelişen ofis, finans, alışveriş, yeme-içme ve teknoloji odaklı işlevleriyle Sarıyer'in modern iş merkezi karakterini temsil etmektedir. Mahallenin güney kesiminde yer alan Atatürk Oto Sanayi Bölgesi, sanayi kökenli alanların dönüşümüyle ofis ve hizmet sektörünün yoğunlaştığı bir alt zon hâline gelmiştir. Maslak 1453, İTÜ Teknokent ve çevresindeki ofis kompleksleri, mahallede yüksek entropili bir fonksiyonel örüntü oluşturmuştur. Bu alan, Avrupa Yakası'nın kuzeyinde bölgesel ölçekte bir iş-yaşam-teknoloji merkezi olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 38: Sarıyer İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Ayazağa Mahallesi (max 1,89), Hadım Koruyolu Caddesi, Dereboyu Caddesi boyunca ticaret, eğitim, ofis ve kamusal donatı birimlerinin dağıldığı orta–yüksek düzeyde karma

bir mahalledir. Vadi İstanbul AVM ve Ramspark Stadı çevresindeki yeni gelişim alanları, Ayazağa'nın fonksiyonel yapısına ticari, finansal ve rekreatif bir yoğunluk kazandırmıştır. İstinye (max 1,50) ve Emirgan (max 1,46) mahalleleri, Boğaz kıyısında yeme-içme, ticaret, kültürel ve rekreasyonel işlevlerin barınma alanlarıyla bütünleştiği sahil kuşağı yerleşimleridir. İstinye Park AVM, İstinye Marina ve Emirgan Korusu, bu mahallelerde fonksiyonel çeşitliliği artıran başlıca unsurlar arasında yer almaktadır.

Tarabya, Yeniköy, Kireçburnu ve Cumhuriyet mahalleleri (max 1,58), Boğaz hattında yer alan sahil yerleşimleri olup, fonksiyonel yapı yeme-içme, konaklama, turizm ve rekreasyon işlevleri etrafında şekillenmektedir. Tarabya Oteller Bölgesi ve Kireçburnu Balıkçıları, bu mahallelerde turizm temelli karma kullanımı temsil etmektedir.

Kuzeydeki Zekeriyaköy, Rumelikavağı ve Uskumruköy mahallelerinde (max 1,58) entropi değerleri 0,10–1,58 aralığında olup, fonksiyonel yapı sınırlı çeşitlilikte olup konut, ticaret, eğlence-spor ve inan fonksiyonlarının ikili kombinasyonlarına dayalıdır. Bu alanlarda karma işlevler, yalnızca 1. Cadde, 2. Cadde ve Kilyos Sarıyer Yolu çevresinde görülmektedir. Koç Üniversitesi, Orman Fakültesi Araştırma Alanı ve Sarıyer Kent Ormanı, kuzeydeki bu mahallelerin rekreasyon–yerleşim dengesi üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Çayırbaşı (max 1,58) ve Kazım Karabekir Paşa (max 1,45) mahalleleri, Maden–Ferahevler geçiş hattında, konut-ticaret ve konut-turizm işlevlerinin dengelendiği orta düzey karma alanları temsil etmektedir.

Beşiktaş İlçesi

Beşiktaş, İstanbul'un Avrupa yakasında Boğaziçi kıyısından kuzeyde Levent ve Etiler'e kadar uzanan geniş bir alanı kapsayan; tarihî, kültürel, ticari ve finansal işlevleri birlikte barındıran çok yönlü bir ilçedir (Şekil 39). İlçede ortalama entropi değeri 1,01'dir (Tablo 38). Bu değer, Beşiktaş genelinde yüksek düzeyde fonksiyonel çeşitlilik bulunduğunu göstermektedir. Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Boğaz hattındaki sahil mahallelerinde (Bebek, Arnavutköy, Ortaköy, Kuruçeşme) ve tarihî merkez çevresinde (Yıldız, Vişnezade, Sinanpaşa) belirgin biçimde artmakta; kuzeye doğru gidildikçe finans–ofis ağırlıklı karma kullanım alanlarına, iç kesimlerde ise konut–ticaret dengeli çift fonksiyonlu parsellerine dönüşmektedir.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Yıldız	29	1,21	2,13	0,59

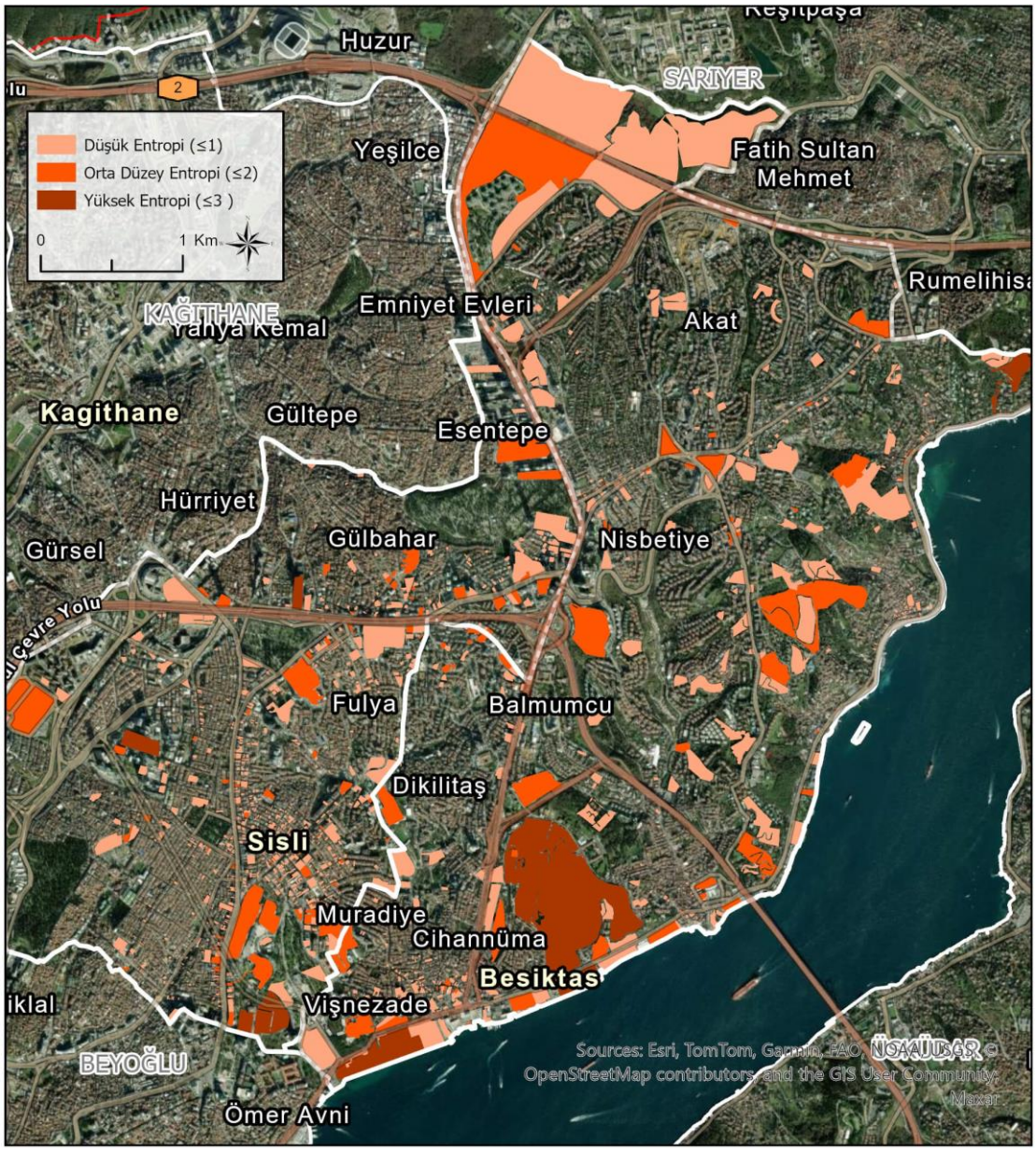
Gayrettepe	22	1,17	1,66	1,00
Bebek	30	1,10	2,59	0,65
Nisbetiye	22	1,09	1,92	0,72
Etiler	19	1,07	1,92	0,87
Dikilitaş	9	1,07	1,69	0,92
Akat	14	1,07	1,92	0,65
Cihannüma	19	1,06	1,58	0,72
Kuruçeşme	14	1,06	1,58	0,65
Vişnezade	29	1,06	2,06	0,35
Ortaköy	19	1,03	1,58	0,23
Kültür	15	1,01	1,97	0,44
Sinanpaşa	67	1,01	1,84	0,50
Levent	15	1,00	1,58	0,72
Muradiye	6	1,00	1,00	1,00
Mecidiye	37	0,99	1,50	0,47
Balmumcu	9	0,99	1,25	0,47
Türkali	16	0,98	1,00	0,76
Arnavutköy	54	0,97	1,58	0,59
Abbasağa	2	0,96	1,00	0,92
Konaklar	18	0,87	1,69	0,11
Ulus	8	0,84	1,00	0,35
Levazım	4	0,75	1,06	0,47

Tablo 38: Beşiktaş İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Beşiktaş'ın en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip mahalleleri Bebek (max 2,59), Yıldız (max 2,13) ve Vişnezade (max 2,06) olarak öne çıkmaktadır. Bebek Mahallesi, Boğaz kıyısında yeme-içme, ticaret, konaklama ve rekreasyon işlevlerinin barınma alanlarıyla bütünleştiği, fonksiyonel çeşitliliğin en yoğun biçimde gözlendiği alandır. Bebek Caddesi, Cevdet Paşa Caddesi ve sahil aksı boyunca konut, kafe–restoran, butik otel ve kültürel mekânlar iç içe geçmiş; mahalle karma kullanımın en karakteristik örneklerinden birini oluşturmuştur. Yıldız Mahallesi, Yıldız Sarayı, Yıldız Teknik Üniversitesi ve Yıldız Parkı çevresindeki turizm, eğitim, kültür ve idari işlevlerin birleşimiyle yüksek entropili bir merkez yapısına sahiptir. Yeşil alanların ve tarihi mirasın bu alanla bütünleşmesi, mahallede çok yönlü bir mekânsal örüntü ortaya çıkarmıştır. Vişnezade Mahallesi ise Dolmabahçe Sarayı, Tüpraş Park (İnönü Stadyumu) ve Beşiktaş İskelesi çevresinde kamu hizmeti, turizm ve ticaret işlevlerinin yoğunlaştığı, şehir hareketliliğinin en fazla hissedildiği merkezlerden biridir.

Sinanpaşa, Cihannüma ve Ortaköy mahalleleri, merkez ile kıyı arasında yer alarak ticaret, kamu hizmeti ve rekreatif işlevlerin dengelendiği karma dokulu alanları temsil etmektedir. Beşiktaş Çarşısı bu mahallelerin kesişiminde yer almakta ve ilçenin sosyal, kültürel ve ekonomik çekim noktasını oluşturmaktadır. Ortaköy Meydanı ve Muallim Naci Caddesi çevresinde turizm, el sanatları ve yeme–içme işlevlerinin yoğunlaşması, Boğaz hattında yüksek entropili bir sahil kuşağı yaratmıştır.



Şekil 39: Beşiktaş ve Şişli İlçelerinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

İlçenin kuzeyinde Gayrettepe (max 1,66), Etiler (max 1,92), Nisbetiye (max 1,92) ve Akatlar (max 1,92) mahalleleri, finans, ticaret ve ofis fonksiyonlarının yoğunlaştığı

modern iş merkezleri olarak dikkat çekmektedir. Büyükdere Caddesi, Barbaros Bulvarı, Nispetiye Caddesi ve Ahmet Adnan Saygun Caddesi boyunca uzanan bu mahallelerde alışveriş merkezleri, özel eğitim kurumları, ofis kompleksleri ve konut alanları iç içe geçmiştir. Akmerkez, Kanyon ve ÖzdilekPark gibi büyük ölçekli projeler kuzey Beşiktaş'ın mekânsal dönüşümünü hızlandırmış ve fonksiyonel çeşitliliği desteklemiştir. Balmumcu, Levazım, Konaklar ve Dikilitaş mahallelerinde entropi değerleri 1,0–1,7 aralığında olup, Barbaros Bulvarı, Levazım Yolu, Emirhan Caddesi ve Dereboyu Caddesi çevresinde konut, eğitim ve diplomatik temsilcilik işlevleriyle desteklenen orta düzey karma alanlar görülmektedir. Zorlu Center ve çevresindeki yeni gelişmeler, kuzey Beşiktaş'ın kentsel dönüşüm sürecini güçlendirmiştir. Abbasağa, Türkali ve Muradiye mahallelerinde ise daha düşük entropi değerleri, geleneksel konut dokusunun baskınlığını yansıtmaktadır. Ancak Abbasağa Parkı çevresinde yer alan küçük ölçekli ticaret birimleri ve kültürel tesisler, bu alanlarda sınırlı da olsa karma fonksiyon potansiyelini korumaktadır.

Beşiktaş'ta fonksiyonel çeşitlilik üç ana eksen boyunca şekillenmektedir. Kıyı ekseni (Ortaköy–Bebek–Arnavutköy) konut, turizm ve yeme–içme odaklı karma kullanım alanlarını; merkezi eksen (Beşiktaş Çarşısı–Yıldız–Abbasağa) kültür, eğitim ve kamusal hizmet yoğunluklarını; kuzey eksen (Gayrettepe–Levent–Etiler) ise finans, ofis ve ticaret işlevlerinin baskın olduğu alanları içermektedir. Bu genel yapı, Beşiktaş'ın hem tarihî hem de çağdaş kimliğini koruyarak İstanbul'un en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip ilçelerinden biri olduğunu ortaya koymaktadır.

Şişli İlçesi

Şişli, İstanbul'un Avrupa yakasında, şehrin merkezi iş alanı içerisinde konumlanmış; ticaret, ulaşım, kültür, eğitim ve finansal işlevlerin en yoğun biçimde kesiştiği çok katmanlı bir yerleşimdir (Şekil 39). İlçede ortalama entropi değeri 1,05 olup (Tablo 39), bu değer Şişli genelinde şehirsel fonksiyonların yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip olduğunu göstermektedir. İlçenin mekânsal yapısı, geleneksel konut dokusu ile modern ofis, alışveriş, sağlık ve eğitim işlevlerinin birleşiminden oluşmaktadır.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
İzzet Paşa	2	1,54	1,58	1,50
Kuştepe	5	1,21	2,06	1,00

Gülbahar	18	1,16	1,92	0,92
Harbiye	75	1,11	2,37	0,59
Duatepe	12	1,10	1,84	0,92
Kaptanpaşa	3	1,09	1,53	0,81
İnönü	50	1,07	1,92	0,86
Merkez	32	1,06	2,37	0,92
Mecidiyeköy	34	1,06	1,92	0,44
Teşvikiye	103	1,06	2,00	0,44
Meşrutiyet	107	1,04	2,00	0,81
Ergenekon	37	1,03	1,58	0,64
Esentepe	58	1,03	1,58	0,30
Fulya	67	1,03	1,92	0,81
Cumhuriyet	35	1,01	1,58	0,81
Halaskargazi	61	1,01	1,58	0,92
Bozkurt	28	1,01	1,50	0,92
19 Mayıs M	42	1,00	1,58	0,72
Halide Edip Adıvar	6	1,00	1,00	1,00
Eskişehir	27	0,99	1,58	0,72
Halil Rıfat Paşa	3	0,90	1,53	0,35
Feriköy	5	0,89	1,00	0,72
Paşa	3	0,77	1,00	0,65

Tablo 39: Şişli İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fonksiyonel çeşitlilik en yüksek düzeyde Harbiye (max 2,37), Merkez (max 2,37), Kuştepe (max 2,06), Teşvikiye (max 2,00) ve Meşrutiyet (max 2,00) mahallelerinde görülmektedir. Bu mahalleler, Nişantaşı–Maçka–Mecidiyeköy ekseninde uzanan yüksek erişilebilirlik kuşağında yer almakta olup, moda, kültür, ticaret, eğitim ve ofis işlevlerinin barınma alanlarıyla bütünleştiği yoğun karma kullanımlı merkezleri temsil etmektedir.

Harbiye Mahallesi (max 2,37), ilçenin en yüksek entropi değerine sahip mahallesidir. Entropi değerlerinin 0,59–2,37 aralığında değiştiği mahallede, Cumhuriyet Caddesi, Asker Ocağı Caddesi, Maçka Caddesi ve Abdi İpekçi Caddesi çevresinde kültür, moda, eğitim, turizm, yeme-içme ve konut işlevleri güçlü biçimde iç içe geçmiştir. Maçka Parkı, İstanbul Kongre Merkezi, Lütfi Kırdar Kongre Sarayı ve Harbiye Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu, bu bölgeyi Şişli'nin kültürel çekim merkezi hâline getirmiştir. Merkez Mahallesi (max 2,37), Halaskargazi Caddesi, Ergenekon Caddesi ve Abide-i Hürriyet Caddesi çevresinde ticaret, ulaşım, eğitim ve kamu kurumları ile desteklenen

yüksek entropili bir alandır. Şişli Camii, Şişli Etfal Hastanesi ve Şişli Metro İstasyonu çevresinde konut–ticaret–kamusal kullanım dengesi güçlü biçimde korunmaktadır. Kuştepe Mahallesi (max 2,06), Mecidiyeköy ve Çağlayan aksları arasında, Darülaceze Caddesi, Kuştepe Caddesi ve Cemal Kamacı Spor Kompleksi çevresinde yoğunlaşan eğitim, sosyal donatı, ticaret, sağlık ve konut işlevleriyle dikkat çeker. İstanbul Bilgi Üniversitesi Kuştepe Kampüsü bu mahalledeki fonksiyonel çeşitliliği artırmakta; eğitim–kültür–barınma etkileşimi sayesinde entropi değerleri yükselmektedir.

Teşvikiye Mahallesi (max 2,00), Vali Konağı, Abdi İpekçi, Rumeli ve Maçka Caddeleri çevresinde moda, kültür, barınma ve yeme–içme işlevlerinin bir araya geldiği yüksek profilli karma kullanımlı bir bölgedir. Mahalle, Nişantaşı Üniversitesi, lüks perakende mağazaları ve kültürel etkinlik işlevleriyle öne çıkan merkez hâline gelmiştir.

Meşrutiyet Mahallesi (max 2,00), Halaskargazi–Rumeli Caddesi bağlantısında yer alan orta–yüksek düzeyde karma bir alandır. Zemin katlarda yer alan mağazalar, klinikler ve küçük ticari birimler, konut üstü kullanımlarla yoğun fonksiyonel etkileşim oluşturmaktadır. Mecidiyeköy (max 1,92), Büyükdere Caddesi, Mecidiyeköy Meydanı ve Şehit Ertuğrul Kabataş Caddesi çevresinde ofis, ticaret, ulaşım ve finans işlevlerinin yoğunlaştığı bir merkezdir, Trump Towers bu mahallede entropiyi artıran başlıca odak noktalarıdır.

Fulya (max 1,92) ve Gülbahar (max 1,92) mahalleleri, Ortaklar Caddesi, Zincirlidere, Hakkı Yeten ve Şehit Ertuğrul Kabatal Caddeleri çevresinde sağlık, eğitim ve konut fonksiyonlarının dağıldığı alanlardır. Acıbadem Fulya Hastanesi ve özel sağlık merkezleri, bu mahallelerde tıbbi hizmet temelli karma bir yapı oluşturmuştur. Duatepe (max 1,84), Piyalepaşa Bulvarı ve Kaptanpaşa bağlantısı boyunca ticaret–konut-sağlık geçiş dokusu özelliği taşımakta; Gülbahar ve Halide Edip Adıvar mahalleleriyle birlikte Şişli'nin yüksek yoğunluklu aksını oluşturmaktadır. Ergenekon, 19 Mayıs, Esentepe, Halaskargazi, Cumhuriyet ve İzzet Paşa mahalleleri, entropi değerlerinin 1,00–1,60 aralığında değiştiği, konut–ticaret–kamu dengesinin korunduğu orta düzey karma kullanımlı alanlardır. Özellikle Abide-i Hürriyet, Piyalepaşa ve Büyükdere caddeleri çevresinde bankalar, kamu kurumları ve eğitim birimleri, mahalle ölçeğinde işlevsel çeşitlilik yaratmaktadır.

Feriköy, Halil Rıfat Paşa, Bozkurt ve Kaptanpaşa mahallelerinde entropi değerleri 0,90–1,53 aralığındadır. Bu mahallelerde Darülaceze Caddesi, Baruthane Caddesi ve Halide

Edip Adıvar çevresinde küçük ölçekli ticaret birimleri, atölyeler ve sağlık tesisleri konut dokusuyla bütünleşmektedir. Özellikle Halide Edip Adıvar Mahallesi, kentsel dönüşüm projeleriyle yeni sosyal donatı odaklı karma bir yapıya dönüşmektedir. Paşa (max 1,00) ve Telsizler (max 1,00) gibi sınırlı entropili mahallelerde, fonksiyonel yapı konut alanlarında sağlık, eğlence ve park gibi donatılardan oluşmaktadır.

Beyoğlu İlçesi

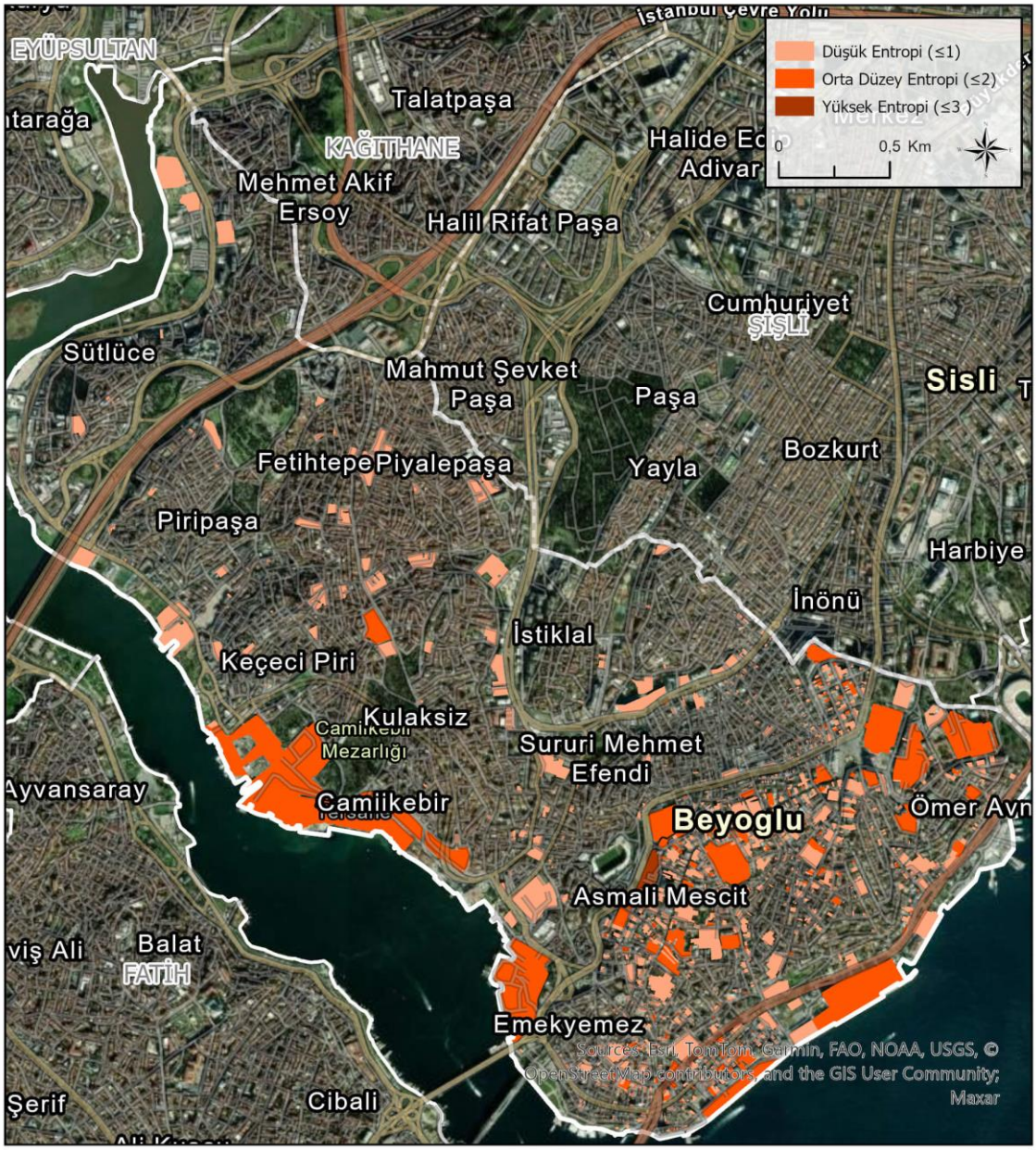
Beyoğlu, İstanbul'un Avrupa yakasında, Haliç ile Boğaziçi arasında uzanan, tarihî, kültürel ve ticari kimliğiyle öne çıkan çok işlevli önemli merkezlerden biridir (Şekil 40). İlçe ortalama entropi değeri 1,01 olan Beyoğlu'da yüksek düzeyde fonksiyonel çeşitliliği ifade etmektedir (Tablo 40). İlçede fonksiyonel çeşitlilik, Galata–Tünel–İstiklal Caddesi–Taksim hattı boyunca yoğunlaşmakta, Kasımpaşa–Halıcıoğlu–Piyalepaşa aksında ise orta düzey karma kullanımlı bir yapı öne çıkmaktadır. Bu alanlar turizm, kültür, ticaret, konut ve kamusal işlevlerin bir arada bulunduğu karma bir mekânsal yapı göstermektedir.
Bereketzade Mahallesi (max 2,25), 0,27–2,25 aralığında değişen entropi değerleriyle Beyoğlu'nun en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip mahallesidir. Galata Kulesi Meydanı, Küçük Hendek Caddesi, Bereketzade Medresesi Sokak ve Galip Dede Caddesi çevresinde turizm, kültür, yeme–içme, konaklama ve ticaret işlevleri yoğun biçimde iç içe geçmiştir. Galata Kulesi, sanat galerileri, butik oteller ve hediyelik eşya dükkânları bu mahallede kültür–turizm temelli karma yapının çekirdeğini oluşturmaktadır.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Arap Cami	14	0,97	1,84	0,72
Asmalı Mescit	15	1,04	1,92	0,81
Bedrettin	78	1,02	1,20	0,92
Bereketzade	31	1,09	2,25	0,28
Bostan	45	1,02	1,58	0,81
Bülbül	39	1,00	1,00	0,92
Camiikebir	60	1,04	1,57	1,00
Cihangir	98	1,07	1,58	0,81
Çatma Mescit	36	0,95	1,00	0,81
Çukur	48	1,00	1,00	1,00
Emekyemez	17	0,98	1,00	0,92
Evliya Çelebi	98	1,21	2,24	0,92
Fetihtepe	29	0,85	1,00	0,37
Firuzağa	13	1,00	1,58	0,81

Gümüşsuyu	32	1,10	1,92	0,81
Hacıahmet	78	0,98	1,00	0,92
Hacımimi	86	1,04	1,58	0,81
Halıcıoğlu	49	0,98	1,00	0,92
Hüseyinağa	78	1,01	2,00	0,47
İstiklal	13	1,00	1,00	1,00
Kadımehmet Efendi	5	1,02	1,06	1,00
Kalyoncu Kulluğu	3	1,00	1,00	1,00
Kamer Hatun	53	1,12	1,58	0,81
Kaptanpaşa	2	0,92	1,00	0,57
Katipmustafa Çelebi	1	1,02	1,58	0,54
Keçeci Piri	5	1,00	1,58	0,72
Kemankeş Karamustafapaşa	2	1,06	1,92	0,72
Kılıçali Paşa	7	1,05	1,64	0,92
Kocatepe	5	1,07	1,58	0,72
Kulaksız	14	1,00	1,00	1,00
Kuloğlu	47	1,12	2,00	0,81
Küçük Piyale	21	1,00	1,00	1,00
Müeyyetzade	13	1,09	2,00	0,81
Ömer Avni	8	1,07	1,58	0,72
Örnektepe	5	0,91	1,00	0,81
Piripaşa	10	1,00	1,00	0,97
Piyalepaşa	5	0,77	1	0,39
Pürtelaş Hasan Efendi	8	1,06	1,6	0,65
Sururi Mehmet Efendi	21	0,98	1	0,92
Sütlüce	63	1	1	1
Şahkulu	4	1,028	2	0,54
Şehit Muhtar	12	1,04	1,9	0,81
Tomtom	4	1,08	1,9	0,65
Yahya Kahya	7	0,99	1	0,92
Yenişehir	8	0,98	1	0,72

Tablo 40: Beyoğlu İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 40: Beyoğlu İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Evliya Çelebi Mahallesi (max 2,24), 0,92–2,23 aralığında yüksek entropili bir başka merkezdir. Meşrutiyet Caddesi, Tarlabaşı Bulvarı ve Şişhane Meydanı çevresinde konaklama, ofis, kültürel tesis ve ticaret alanları yoğunlaşmıştır. Karaköy ve Tünel bağlantılarının sağladığı erişilebilirlik, bu mahalleyi Beyoğlu'nun turizm–ticaret etkileşim kuşağı hâline getirmektedir. Kuloğlu (max 2,00) ve Kamer Hatun (max 1,58) mahalleleri, İstiklal Caddesi, Sıraselviler Caddesi ve Taksim Meydanı çevresinde yüksek entropili karma kullanımlı alanlar olarak öne çıkar. Bu mahallelerde kafe, restoran, sanat

galerisi ve eğlence mekânları, konut alanlarıyla iç içe geçmiştir. Özellikle Kuloğlu Mahallesi, kültürel üretim, gastronomi ve yaşam tarzı odaklı yeni bir fonksiyonel merkez niteliğindedir.

Gümüşsuyu Mahallesi (max 1,92), Meclis-i Mebusan Caddesi ve İnönü Caddesi Taksim Gezi Parkı çevresinde gelişen spor, konaklama, turizm, eğitim ve idari işlevlerin konut kullanımlarıyla dengelendiği sahil yönelimli bir alandır. Cihangir Mahallesi (max 1,58) ise kafe, otel, butik işletmeler ve barınma kullanımlarının yer aldığı, kültür–yaşam eksenli orta–yüksek entropili bir mahalledir. Bu iki mahalle, Beyoğlu'nun Boğaziçi yönelimli kültür–turizm aksını temsil eder. Asmali Mescit (max 1,92) ve Şahkulu (max 2,00) mahalleleri, Galata Kulesi–Şişhane ekseninde yer alır ve gece hayatı, yeme–içme, kültür ve sanat işlevlerinin yoğunlaştığı yüksek entropili odaklardır. Özellikle Meşrutiyet Caddesi, Nevizade, Galip Dede ve Tünel çevresi, turistik ve kültürel canlılığıyla dikkat çeker.

Kılıçali Paşa Mahallesi (max 1,64), Karaköy Meydanı ve Kemeraltı Caddesi çevresinde ticaret, konaklama, deniz ulaşımı ve yeme-içme işlevlerinin bir arada bulunduğu orta düzey karma kullanımlı bir alandır. Karaköy Limanı, Bankalar Caddesi ve Galataport çevresinde gelişen yeni turizm ve ticaret yatırımları, Beyoğlu'nun sahil kuşağındaki fonksiyonel yoğunluğu artırmaktadır.

Camii Kebir (max 1,57), Keçecipiri (max 1,58), Piyalepaşa (max 1,00) ve Kaptanpaşa (max 1,00) mahallelerinde entropi değerleri 0,70–1,00 aralığında olup, konut ve küçük ölçekli ticaret işlevlerinin hâkim olduğu düşük–orta düzey karma kullanımlı alanlar söz konusudur. Kasımpaşa Limanı, Hasköy ve Halıcıoğlu çevresi, ulaşım, lojistik ve kentsel dönüşüm odaklı yeni gelişim alanlarını barındırmaktadır. Tomtom (max 1,95), Müeyyetzade (max 2,00) ve Kemankeş Karamustafapaşa (max 1,92) mahalleleri, Galata–Tophane–Karaköy hattında yer alarak, turizm, kültür, ticaret, yeme-içme ve tasarım işlevlerinin iç içe geçtiği yüksek entropili bölgeleri oluşturmaktadır. Tophane-i Amire Kültür Merkezi, İstanbul Modern Müzesi ve Karaköy sahil düzenlemesi, bu mahallelerde fonksiyonel çeşitliliği artıran başlıca unsurlardır.

Beyoğlu'nda fonksiyonel çeşitlilik üç ana aks boyunca belirginleşmektedir. Tarihî–Kültürel Aks (İstiklal–Tünel–Galata–Karaköy), kültür, turizm ve ticaretin yoğunlaştığı yüksek entropili bir bölgedir. Yerleşim–Ticaret Aksı (Kasımpaşa–Piyalepaşa–Kulaksız), konut, küçük sanayi ve ticaret işlevlerinin dengelendiği orta düzey karma kullanımlı

alanları içermektedir. Turizm-Spor–Kültür Aksı (Cihangir–Firuzağa–Taksim–Gümüşsuyu) ise konaklama, yeme-içme ve kültürel hizmet faaliyetlerinin konut alanlarıyla bütünleştiği sahil yönelimli bir yapıya sahiptir.

Fatih İlçesi

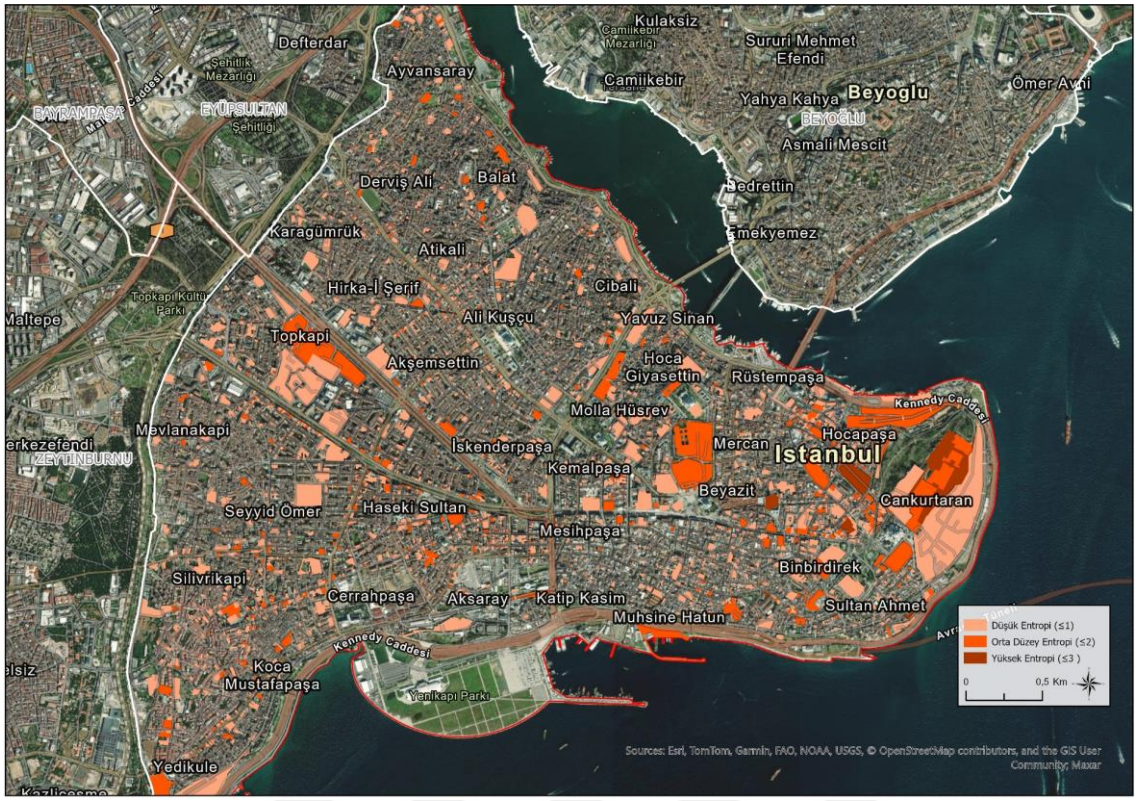
Fatih, İstanbul'un Tarihî Yarımadası'nda yer almakta olup, şehrin en eski, en yoğun ve en çok işlev barındıran merkezi konumundadır (Şekil 41). İlçede ortalama entropi değeri 1,01'dir (Tablo 41). Bu değer, Beşiktaş ve Beyoğlu gibi merkez ilçelerde olduğu gibi, Fatih genelinde de yüksek düzeyde fonksiyonel çeşitliliğin bulunduğunu göstermektedir. Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Kennedy Caddesi, Divanyolu Caddesi, Ankara Caddesi, Millet Caddesi ve Vatan Caddesi gibi ana ulaşım aksları boyunca yoğunlaşmakta; batıya ve iç mahallelere doğru gidildikçe azalma eğilimi göstermektedir.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Haseki Sultan	131	1,12	2,00	0,59
Mimar Kemalettin	17	1,11	1,52	0,92
Cankurtaran	125	1,10	2,25	0,26
Molla Gürani	70	1,09	2,25	0,65
Hocapaşa	148	1,09	2,13	0,81
Silivrikapı	138	1,09	1,92	0,41
Hoca Gıyasettin	48	1,08	1,92	0,81
Seyyid Ömer	109	1,08	2,00	0,59
Küçük Ayasofya	104	1,07	2,24	0,59
Aksaray	182	1,07	2,00	0,59
Alemdar	130	1,06	2,12	0,72
Şehremini	120	1,06	2,00	0,47
Akşemsettin	178	1,06	2,00	0,81
İskenderpaşa	114	1,05	2,00	0,92
Koca Mustafapaşa	163	1,05	1,92	0,72
Cerrahpaşa	74	1,05	1,58	0,65
Yedikule	94	1,04	1,58	0,41
Hobyar	70	1,04	2,13	0,54
Mimar Hayrettin	107	1,04	2,00	0,65
Kalenderhane	14	1,03	1,50	0,81
Hacı Kadın	21	1,03	1,58	0,92
Derviş Ali	104	1,03	1,92	0,81
Şehsuvar Bey	56	1,03	2,00	0,81
Sümbül Efendi	88	1,03	1,58	0,81

Ayvansaray	124	1,03	1,58	0,81
Balat	89	1,02	1,58	0,72
Zeyrek	70	1,02	1,58	0,81
Yavuz Sultan Selim	95	1,02	1,58	0,65
Binbirdirek	75	1,02	1,92	0,65
Topkapı	85	1,02	1,60	0,50
Yavuz Sinan	34	1,01	1,58	0,92
Muhsine Hatun	31	1,01	1,50	0,92
Kemalpaşa	43	1,01	1,58	0,72
Atikali	62	1,01	1,92	0,72
Emin Sinan	26	1,01	1,58	0,44
Mevlanakapı	53	1,00	1,52	0,50
Sarıdemir	25	1,00	1,58	0,81
Süleymaniye	35	1,00	1,58	0,62
Hırka-İ Şerif	44	1,00	1,58	0,72
Ali Kuşçu	67	1,00	1,58	0,72
Katip Kasım	35	1,00	1,52	0,72
Nişanca	40	1,00	1,00	0,92
Cibali	59	0,99	1,58	0,55
Balabanağa	34	0,99	1,63	0,31
Molla Fenari	83	0,98	2,24	0,57
Molla Hüsrev	38	0,98	1,38	0,59
Karagümrük	75	0,98	1,58	0,34
Beyazıt	15	0,96	1,00	0,72
Saraç İshak	38	0,96	1,00	0,81
Rüstempaşa	19	0,96	1,00	0,81
Demirtaş	22	0,96	1,58	0,65
Sultan Ahmet	39	0,95	1,58	0,41
Sururi	11	0,95	1,00	0,81
Mesihpaşa	32	0,94	1,75	0,59
Mercan	31	0,94	1,52	0,59
Tahtakale	30	0,91	1,00	0,59
Taya Hatun	17	0,90	1,00	0,65

Tablo 41: Fatih İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 41: Fatih İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fatih'in en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip mahalleleri sırasıyla Molla Gürani (max 2,25), Cankurtaran (max 2,25), Küçük Ayasofya (max 2,24), Molla Fenari (max 2,24), Hocapaşa (max 2,13), Alemdar (max 2,12) ve Haseki Sultan (max 2,00) mahalleleridir. Bu mahalleler, tarihî merkez, inanç ve kültür turizm koridoru ve sağlık–eğitim ekseni boyunca kümelenmiştir.

Molla Gürani Mahallesi (max 2,25), Millet Caddesi ve Adnan Menderes Bulvarı çevresinde konumlanmakta olup, kamu kurumları, üniversite birimleri, sağlık tesisleri ve konut alanlarının iç içe geçtiği bir yapıya sahiptir. Bu bölge, Fatih'in sağlık, eğitim ve idari işlevlerinin kesiştiği yüksek entropili alanı temsil etmektedir. Cankurtaran Mahallesi (max 2,25), Kennedy Caddesi boyunca uzanan oteller, restoranlar, hediyelik eşya dükkânları ve konut alanlarıyla turizm ve konaklama ağırlıklı karma bir yapıya sahiptir. Ayasofya, Sultanahmet Camii ve Topkapı Sarayı gibi anıtsal yapılar, mahalledeki fonksiyonel çeşitliliği güçlendirmekte; Cankurtaran'ı ilçenin en yoğun turizm merkezlerinden biri hâline getirmektedir.

Küçük Ayasofya Mahallesi (max 2,24), Sultanahmet–Kadırga çevresinde turizm, konaklama ve kültür işlevlerinin yoğunlaştığı bir diğer yüksek entropi alanıdır. Küçük Ayasofya Camii, butik oteller ve turistik işletmelerin varlığı, mahallede kültürel mirasla uyumlu bir karma kullanım dokusu yaratmıştır. Molla Fenari Mahallesi (max 2,24), Kapalıçarşı–Vezneciler arasındaki konumuyla ticaret, eğitim ve kamusal işlevlerin bir araya geldiği bir merkezdir. Mahalledeki han yapıları, eğitim birimleri ve ticari işlevler, geleneksel şehir dokusunu koruyarak fonksiyonel çeşitliliği sürdürmektedir. Hocapaşa Mahallesi (max 2,13), Ankara Caddesi ve Sirkeci Garı çevresinde yer almakta olup, ulaşım, ticaret, konaklama ve kamu hizmeti işlevlerinin bir arada bulunduğu tarihî bir ulaşım–ticaret koridorunu temsil etmektedir. Sirkeci Garı, Valilik binaları ve oteller, mahalledeki çok işlevli yapıyı pekiştirmektedir. Alemdar Mahallesi (max 2,12), Cağaloğlu çevresinde konumlanmış, turizm, kültür, idari hizmet ve ticaret işlevlerinin bütünleştiği yüksek entropili bir merkezdir. Cağaloğlu Hamamı, İstanbul Valiliği, kitabevleri ve butik oteller, bu alanın kültürel kimliğini güçlendiren unsurlardır.

Haseki Sultan Mahallesi (max 2,00) ve Aksaray Mahallesi (max 2,00), Millet Caddesi ve Haseki Caddesi çevresinde gelişen sağlık–eğitim–ticaret odaklı karma kullanımlı alanlardır. Haseki Eğitim ve Araştırma Hastanesi, eczaneler, medikal işletmeler ve okul binaları, bu mahallelerin sağlık hizmetleriyle desteklenen dengeli bir fonksiyonel yapıya sahip olmasını sağlamıştır. Hocagıyasettin (max 1,92), Atikali (max 1,92) ve Binbirdirek (max 1,92) mahallelerinde de orta–yüksek düzey entropi değerleri görülmektedir. Bu mahalleler, Fevzipaşa Caddesi, Vezneciler–Laleli–Divanyolu aksı üzerinde yer almakta olup inanç, ticaret, eğitim ve kültür turizmi gibi işlevlerinin birlikte görüldüğü karma bir yapıya sahiptir. İlçenin batı kesiminde yer alan Silivrikapı (max 1,92), Koca Mustafapaşa (max 1,92) ve Derviş Ali (max 1,92) mahalleleri, konut, küçük ölçekli ticaret ve eğitim işlevlerinin dengelendiği yüksek düzeyde karma kullanım alanlarını oluşturmaktadır.

Balat, Ayvansaray ve Atikali mahalleleri (max 1,50 civarı), kültürel miras ve turizm odaklı karma kullanımlı alanlardır. Vodina Caddesi, Ayvansaray Caddesi ve çevresindeki butik oteller, kafeler, sanat atölyeleri ve yerel işletmeler, bu mahallelerde yemeiçme-turizm–kültür temelli bir mekânsal canlılık yaratmaktadır.

Zeyrek, Süleymaniye ve Ali Kuşçu mahallelerinde 0,90–1,58 aralığında seyreden entropi değerleri, dini, kültürel ve konut işlevlerinin dengelendiği orta düzey karma bir yapıyı yansıtmaktadır. Süleymaniye Camii, medreseler, İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi,

öğrenci yurtları ve el sanatları atölyeleri, bu mahallelerin tarihî–kültürel-eğitim kimliğini güçlendiren temel bileşenlerdir.

Fatih ilçesinde fonksiyonel çeşitlilik şu üç ana eksen boyunca şekillenmektedir. Tarihî Merkez Ekseni (Sultanahmet–Eminönü–Beyazıt–Laleli), turizm, kültür, ticaret ve kamusal işlevlerin yoğunlaştığı yüksek entropili bir bölgedir. Sağlık–eğitim ekseni (Aksaray–Haseki–Cerrahpaşa), konut, eğitim ve sağlık işlevlerinin dengelendiği orta düzey karma kullanımlı bir koridor niteliğindedir. Konut–Kültür Ekseni (Topkapı–Balat–Ayvansaray) ise geleneksel konut dokusunun baskın olduğu, kültürel miras ve turizmle desteklenen düşük–orta entropili bir alan olarak öne çıkmaktadır.

Üsküdar İlçesi

Üsküdar, İstanbul Boğazı'nın doğu yakasında, tarihî, kültürel ve dini kimliğiyle öne çıkan çok fonksiyonlu yerleşim alanlarından biridir (Şekil 42). İlçede ortalama entropi değeri 0,96 olup (Tablo 42), konut, eğitim, sağlık, dini ve turizm işlevlerinin bir arada bulunduğu orta düzeyde çeşitlilik hâkimdir. Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Küçük Çamlıca, Altunizade, Selimiye, Acıbadem ve Kuzguncuk çevresinde yoğunlaşmakta; kuzey ve doğu yönüne gidildikçe azalma eğilimi göstermektedir.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropi
Salacak	5	1,07	1,5	0,37
Selami Ali	14	1,07	1,76	0,76
Aziz Mahmut Hüdayi	8	1,06	1,5	1
Güzeltepe	5	1,06	1,5	0,81
Mimar Sinan	31	1,06	1,58	0,81
Kısıklı	12	1,04	1,58	0,92
İcadiye	10	1,02	1,91	0,61
Selimiye	10	1,02	2,16	0,44
Sultantepe	22	1,02	1,5	0,92
Valide-İ Atik	12	1,01	1,58	0,72
Beylerbeyi	43	1	1,58	0,54
Kuzguncuk	5	1	1,84	0,32
Muratreis	2	1	1	1
Yavuztürk	4	1	1	1
Zeynep Kamil	20	1	1	1
Ferah	4	0,99	1,06	0,92
Kandilli	61	0,99	1,81	0,5
Mehmet Akif Ersoy	3	0,99	1,58	0,37

Altunizade	70	0,98	2,23	0,37
Ünalan	17	0,97	1,67	0,47
Acıbadem	34	0,96	1,64	0,47
Bulgurlu	15	0,96	1,46	0,34
Ahmediye	31	0,93	1	0,81
Çengelköy	5	0,93	1,58	0,26
Küplüce	5	0,93	1,25	0,62
Küçükçamlıca	22	0,92	2,52	0,44
Küçüksu	37	0,92	1,56	0,47
Cumhuriyet	3	0,91	1	0,72
Barbaros	30	0,88	1,5	0,29
Kuleli	9	0,83	1,55	0,13
Bahçelievler	7	0,78	1	0,37
Burhaniye	16	0,74	1,15	0,2
Kirazlıtepe	6	0,69	0,92	0,35

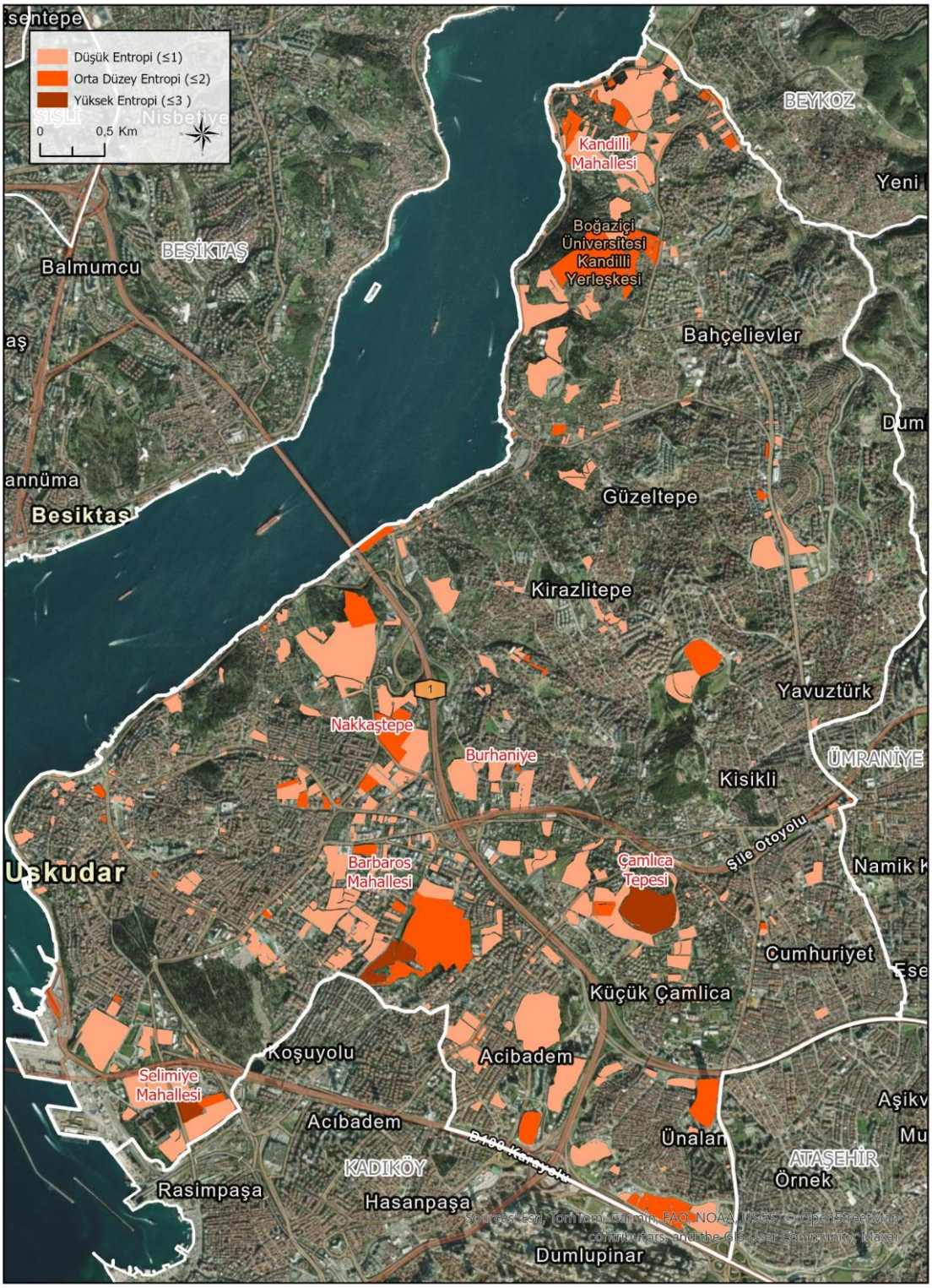
Tablo 42: Üsküdar İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Küçük Çamlıca Mahallesi (max 2,52), Üsküdar'ın en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanıdır. Pınarlar Caddesi ve Kısıklı Caddesi çevresinde dini tesisler, rekreasyon alanları, eğitim kurumları ve kamusal birimler iç içe yer almakta; Küçük Çamlıca Tepesi çevresinde gelişen turizm ve seyir odaklı kullanımlar, mahalleyi yüksek entropili bir alan hâline getirmektedir. Valide-i Atik Mahallesi (max 1,58), Valide-i Atik cami ve külliye çevresinde turizm, inanç, eğitim, sağlık ve kültürel işlevlerin bütünleştiği, manevi ve tarihî kimliği güçlü bir merkezdir.

Altunizade Mahallesi (max 2,23), eğitim, sağlık, ofis ve ticaret fonksiyonlarının bir arada bulunduğu orta–yüksek entropili bir mahalledir. Altunizade Kavşağı, Ünalan Caddesi ve çevresinde özel hastaneler, üniversite kampüsleri, ofis binaları ve küçük ölçekli ticari işletmeler yoğunlaşmış olup, bu alan Üsküdar'ın modern kurumsal koridorunu oluşturmaktadır. Acıbadem Mahallesi (max 1,64), tıp merkezleri, alışveriş merkezi, özel hastaneler ve konut alanlarının bir arada bulunduğu; sağlık-alışveriş-barınma temelli fonksiyonel çeşitliliğin belirginleştiği bir bölgedir. Selimiye Mahallesi (max 2,16), kamusal, askerî, ulaşım ve idari işlevler karma fonksiyonları oluşturmaktadır. Selimiye Bulvarı ve Tıbbiye Caddesi çevresinde okul binaları, idari tesisler, lojistik birimler ve ticari alanlar yer almakta; mahalledeki çok yönlü fonksiyonel yapı, Üsküdar'ın tarihî merkezinde yüksek entropi düzeyini oluşturmaktadır. Mimar Sinan Mahallesi (max 1,58)

ise kamu kurumları, konut alanları, yerel ticaret birimleri ve sahil şeridi boyunca turizmin iç içe bulunduğu, idari–yerleşim karakterinin öne çıktığı bir mahalledir.



Şekil 42: Üsküdar İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kuzguncuk Mahallesi (max 1,84), kültürel miras ve turizm odaklı bir yapıya sahiptir. İcadiye ve Yalıboyu caddeleri ve çevresinde yer alan kafeler, butik oteller, sosyal tesisler, restoranlar ve konut dokusu ile çeşitlilik oluşturmaktadır. Bu alan, Boğaz yönelimli turizm–kültür odaklı karma kullanım örneği sergilemektedir.

Çengelköy (max 1,58) ve Beylerbeyi (max 1,58) mahallelerinde de sahil boyunca uzanan turizm, rekreasyon, yeme-içme ve konut işlevlerinin birleştiği orta–yüksek entropili bir yapı gözlenmektedir. Salacak Mahallesi (max 1,50), Harem Sahil Yolu çevresinde yer alan kıyı turizmi ve ulaşım fonksiyonların bir araya geldiği bir kıyı mahallesidir. Aziz Mahmut Hüdayi Mahallesi (max 1,50) ise dini merkez, türbe, ticari işletmeler ve konut alanlarının bir arada bulunduğu, inanç temelli karma bir yapıya sahiptir.

Barbaros Mahallesi (max 1,50), ulaşım akslarının kesişiminde bulunduğu için karma geçiş alanı niteliğindedir. Buna karşılık Bulgurlu (max 1,46), Burhaniye (max 1,15), Küplüce (max 1,25), Ferah (max 1,06) ve Kirazlıtepe (max 0,92) mahallelerinde konut baskın, düşük entropili bir yapı hâkimdir. Bu mahallelerde ticaret ve kamusal faaliyetler sınırlı olup, fonksiyonel çeşitlilik genellikle mahalle ölçeğinde gündelik ihtiyaçları karşılamaya yöneliktir. Özellikle Kirazlıtepe Mahallesi, 0,35 alt sınırıyla Üsküdar'ın en düşük entropi değerine sahip bölgesidir.

Üsküdar'da fonksiyonel çeşitlilik, üç ana eksen boyunca şekillenmektedir. İlçenin kuzey kesiminde yer alan Salacak–Kuzguncuk–Çengelköy–Beylerbeyi hattı, Boğaz kıyısı boyunca uzanan kültürel–turistik ekseni oluşturmaktadır. Bu bölgede kültürel miras, inanç turizmi ve kıyı kullanımına dayalı işlevler yoğunlaşmakta; bu nedenle entropi değerleri yüksek çıkmaktadır. Orta kesimde yer alan Altunizade–Acıbadem–Ünalan aksı, eğitim, sağlık ve ofis kullanımlarının bütünleştiği bir hizmet–sağlık koridoru olarak öne çıkar. Güney ve doğu yönünde uzanan Valide-i Atik–Küçük Çamlıca–Kısıklı bölgesi ise manevi–rekreasyon ekseni olarak tanımlanabilir. Dini alanlar, rekreatif kullanımlar ve kamusal işlevlerin bir arada bulunduğu bu kuşak, kültürel ve manevi nitelikleriyle yüksek entropili alanlardan birini oluşturmaktadır.

Beykoz İlçesi

Beykoz, İstanbul Boğazı'nın kuzey kesiminde, doğal çevreyle şehirsel gelişimin iç içe geçtiği, mekânsal olarak geniş alana sahip ilçelerden biridir (Şekil 43). Ortalama entropi değeri 0,90 olan (Tablo 43) ilçe konut, turizm, eğitim, ticaret ve sanayi işlevlerinin farklı

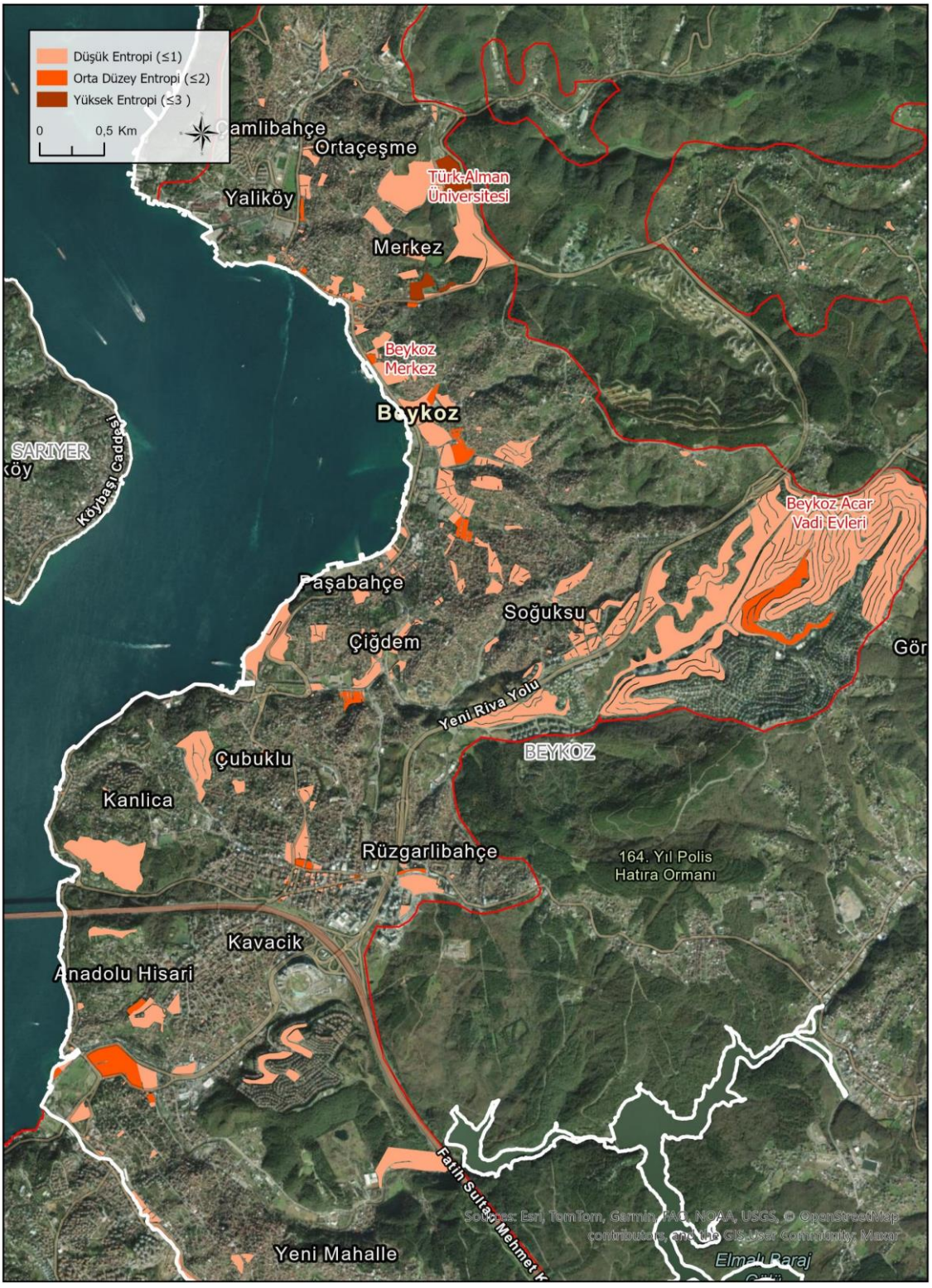
yoğunluklarda yer aldığı daha düşük düzeydeki karma fonksiyonlu mahalleler oluşmaktadır. Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Merkez, Akbaba, Göksu, Rüzgarlıbahçe ve Kavacık mahallelerinde belirginleşmektedir.

Akbaba (max 2,33) ve Merkez (max 2,33) mahalleleri, entropi değerlerinin 0,25–2,33 aralığında olduğu, ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanlarını oluşturmaktadır. Beykoz Merkez çevresinde Fevzi Paşa Caddesi, Akbaba Köyü Yolu ve Mehmet Yavuz Caddesi boyunca eğitim ticaret, ulaşım, kamu kurumları ve hizmet birimleri yoğunlaşmaktadır. Sahil boyunca Beykoz İskelesi, kaymakamlık ve belediye çevresiyle birlikte idari–ticari bir aks gelişmektedir. Akbaba Mahallesi, Türk-Alman Üniversitesi ve çevresinde yer alan eğitim, konut ve kültürel tesislerin bir arada bulunduğu yüksek entropili karma bir merkezdir. Mahalledeki yeni eğitim yatırımları, konaklama ve turizm işlevlerini destekleyerek Beykoz'un kuzeyinde gelişmekte olan akademik–yerleşim koridorunu oluşturmuştur.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropy
Acarlar	1	0,76	1,19	0,19
Akbaba	20	2,33	2,33	2,33
Anadolu Hisarı	63	0,91	1,37	0,52
Çamlıbahçe	7	0,55	0,92	0,25
Çiğdem	46	0,79	1,00	0,32
Çubuklu	8	0,92	1,46	0,41
Dereseki	29	0,47	0,47	0,47
Elmalı	8	0,99	1,00	0,92
Göksu	26	1,08	2,00	0,65
Göztepe	12	0,61	1,00	0,15
Gümüşsuyu	5	0,85	1,53	0,15
İncirköy	10	0,56	1,25	0,11
Kanlıca	32	0,97	1,00	0,92
Kavacık	33	1,02	1,58	0,81
Merkez	4	1,10	2,33	0,25
Ortaçeşme	11	0,80	1,58	0,32
Örnekköy	13	0,89	1,00	0,47
Paşabahçe	26	0,87	1,00	0,41
Rüzgarlıbahçe	18	1,04	1,89	0,65
Soğuksu	6	0,75	1,00	0,10
Tokatköy	20	0,88	1,00	0,44
Yalıköy	3	0,97	1,58	0,09
Yeni Mahalle	1	0,82	1,00	0,63

Tablo 43: Beykoz İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 43: Beykoz İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Göksu (max 2,00), Rüzgarlıbahçe (max 1,89) ve Kavacık (max 1,58) mahalleleri, entropi değerlerinin 0,65–2,00 aralığında olduğu orta–yüksek entropili alanlardır. Göksu

Mahallesi, Göksu Deresi çevresinde barınma, turizm, yeme–içme ve rekreasyon alanlarının konutlarla birleştiği bir sahil dokusuna sahiptir. Rüzgarlıbahçe ve Kavacık mahalleleri ise Fatih Sultan Mehmet Köprüsü bağlantı yolları çevresinde gelişmiş olup, ofis, ticaret ve küçük sanayi birimlerinin konut alanlarıyla iç içe geçtiği hizmet–ulaşım odaklı karma kullanımlı alanlardır. Bu bölge, Beykoz'un doğu yönlü şehirsel genişleme koridorunu temsil etmektedir.

Yalıköy (max 1,58), Ortaçeşme (max 1,58), Gümüşsuyu (max 1,53), Çubuklu (max 1,46) ve Anadolu Hisarı (max 1,37) mahalleleri, entropi değerlerinin 0,32–1,58 aralığında değiştiği, Boğaz hattına paralel sahil mahalleleridir. Bu mahallelerde turizm, yeme–içme, küçük ölçekli ticaret ve kültürel miras işlevleri öne çıkmaktadır. Yalıboyu Caddesi, Kavacık–Çubuklu bağlantı aksı ve Hisarüstü çevresi boyunca sıralanan işletmeler, Beykoz'un kültürel–rekreatif çekim alanlarını oluşturmaktadır. Özellikle Anadolu Hisarı çevresinde yer alan tarihî yapılar ve eğitim kurumları, mahalleye kültürel kimlik kazandırmaktadır.

Elmalı (max 1,00), Acarlar (max 1,19), İncirköy (max 1,25), Yeni Mahalle (max 1,00), Örnekköy (max 1,00), Çiğdem (max 1,00) ve Çamlıbahçe (max 0,92) mahallelerinde entropi değerleri 0,47–1,18 aralığındadır. Bu mahallelerde fonksiyonel yapı büyük ölçüde konut baskın olup, ticaret ve hizmet faaliyetleri sınırlıdır. Acarlar Mahallesi, kapalı site formunda gelişen, yüksek gelir gruplarına yönelik konut alanlarıyla karakterize edilmiştir. Elmalı ve Çamlıbahçe mahallelerinde su havzası koruma alanları ve seyrek yapılaşma nedeniyle fonksiyonel çeşitlilik oldukça düşüktür. Paşabahçe (max 1,00), Tokatköy (max 1,00), Soğuksu (max 1,00) ve Göztepe (max 1,00) mahallelerinde entropi değerleri 0,40–1,00 aralığında olup, bu alanlar konut ağırlıklı orta entropili mahallelerdir. Barbaros Caddesi ve Yeni Riva Yolu çevresinde perakende ticaret ve küçük imalat işlevleri görülmektedir. Tokatköy Mahallesi'nde ise şehirsel gelişme süreciyle birlikte konut–ticaret dengesi yeniden şekillenmektedir. Bu mahalleler, iki fonksiyonlu barınma odaklı turizm, ticaret-kültür ve barınma-eğitim fonksiyonlarından meydana gelen karma kullanımlı düzene geçiş sürecini yansıtmaktadır.

Bu genel örüntü, Beykoz'un hem Boğaz'a yönelen kültürel ve turistik karakterini hem de iç kesimlerde doğal çevreyle uyumlu konut gelişimini yansıtmaktadır. Entropi dağılımı, ilçede kıyı boyunca yüksek fonksiyonel çeşitliliğin; kuzey ve doğu yönünde ise düşük entropili, konut baskın bir yapının hâkim olduğunu ortaya koymaktadır.

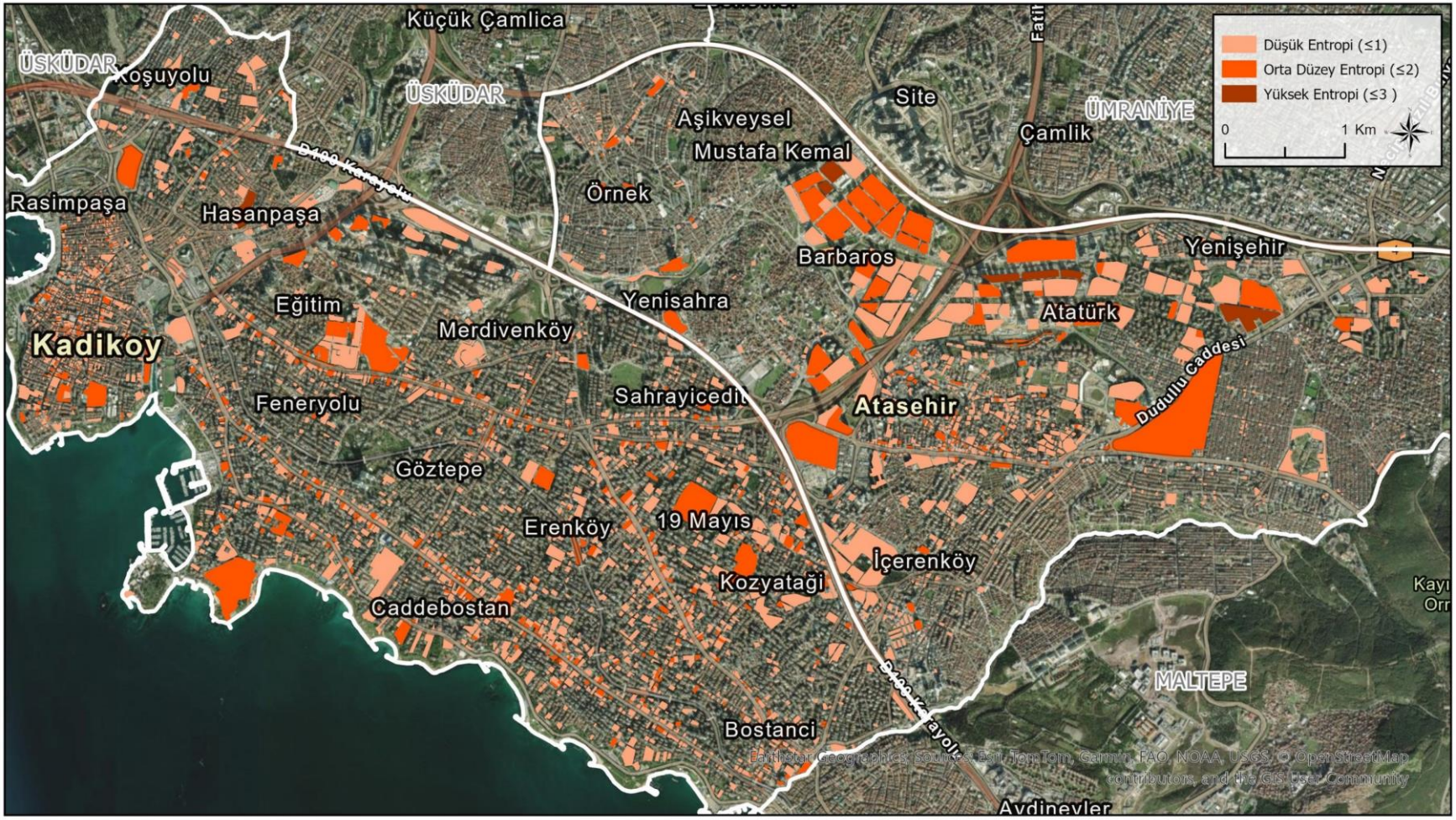
Kadıköy İlçesi

Kadıköy, İstanbul'un Anadolu yakasında, Marmara kıyısında yer alan ve tarihsel olarak ticaret, ulaşım, eğitim ve kültür odaklarının yoğunlaştığı bir merkezdir (Şekil 44). İlçede ortalama entropi değeri 1,05 olup (Tablo 44), konut, ticaret, eğitim, sağlık, kültür ve kamusal işlevlerinin birlikte görüldüğü yüksek fonksiyonel çeşitlilik hâkimdir. Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Kadıköy Merkez'de Rıhtım–Bahariye aksı ve Şükrü Saraçoğlu Stadyumu'ndan başlayarak ilçe sınırını aşan Bağdat Caddesi koridoru boyunca; daha kuzeyde Fahrettin Kerim Gökay, İnönü ve Şemsettin Günaltan caddeleri boyunca hem sayı hem de yoğunluk bakımından en karma alanlardır. Ara sokak ve mahalle içlerine doğru azalma eğilimi göstermektedir.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropy
Feneryolu	103	1,10	2,00	0,72
Fenerbahçe	150	1,10	2,00	0,59
Caddebostan	217	1,08	2,25	0,65
Göztepe	129	1,08	2,00	0,59
Fikirtepe	14	1,08	1,87	0,34
Caferağa	478	1,08	2,25	0,59
Merdivenköy	87	1,07	1,92	0,37
19 Mayıs M	151	1,07	1,92	0,35
Bostancı	176	1,06	2,00	0,50
Suadiye	227	1,06	2,32	0,59
Sahrayıcedit	101	1,06	1,58	0,72
Erenköy	120	1,05	2,00	0,81
Osmanağa	328	1,05	2,00	0,44
Rasimpaşa	172	1,05	1,92	0,81
Kozyatağı	149	1,05	1,58	0,47
Acıbadem	77	1,03	1,92	0,44
Eğitim	42	1,03	1,92	0,32
Hasanpaşa	88	1,02	2,37	0,72
Zühtüpaşa	43	1,02	1,84	0,81
Dumlupınar	14	1,02	1,58	0,65
Koşuyolu	43	1,02	1,58	0,72

Tablo 44: Kadıköy İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 44: Kadiköy ve Ataşehir İlçelerinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Hasanpaşa (max 2,37), Suadiye (max 2,32), Caddebostan (max 2,25) ve Caferağa (max 2,25) mahalleleri, ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanlarını oluşturmaktadır. Hasanpaşa Mahallesi'nde Kurbağalıdere Caddesi, İkbaliye Sokak Caddesi ve Uzunçayır caddesi çevresi boyunca kamu konut, ofis, eğitim ve ticaret, turizm işlevleri yoğunlaşmaktadır. Belediye binası, müze, kütüphane ve gösteri merkezleri ile kamu-kültürel doku önem çıkmaktadır. Metro, Metrobüs ve E-5 bağlantılarıyla gibi ilçenin en erişilebilir merkezlerinden biridir.

Suadiye ve Caddebostan mahalleleri, Bağdat Caddesi üzerinde konumlanmış olup, ticaret, yeme–içme, ofis ve konut kullanımlarının dengelendiği yüksek entropili sahil akslarını oluşturmaktadır. Caferağa Mahallesi'nde ise Kadife Sokak, Bahariye Caddesi ve Moda Caddesi çevresinde kültür, turizm ve eğlence işlevleri iç içe geçmiş; mahalle, Kadıköy'ün kültürel odaklarından biri hâline gelmiştir. Bostancı (max 2,00), Erenköy (max 2,00), Fenerbahçe (max 2,00), Feneryolu (max 2,00) ve Göztepe (max 2,00) mahalleleri, entropi değerlerinin 1,00–2,00 aralığında değiştiği orta–yüksek entropili alanlardır. Fenerbahçe ve Feneryolu, sahil boyunca uzanan rekreasyon, spor, konut ve turizm işlevlerinin birleştiği alanlardır. Göztepe ve Erenköy mahalleleri, Tütüncü Mehmet Efendi Caddesi, Ethem Efendi Caddesi–İclal Karabekir Sokak aksında, konut–ticaret dengesi taşıyan; zemin katlarda ticaret, üst katlarda konut ve ofis kullanımlarının birleştiği orta entropili şehirsel dokular meydana getirmiştir. Bostancı Mahallesi ise D-100 Karayolu ve iskele çevresinde, ulaşım, ticaret ve turizm işlevlerinin kesiştiği bölgesel bir merkez niteliğindedir.

Merdivenköy (max 1,92), Fikirtepe (max 1,87), Osmanağa (max 2,00) ve Rasimpaşa (max 1,92) mahalleleri, kentsel dönüşüm ve ulaşım odaklı karma kullanımlı alanlardır. Fikirtepe ve Merdivenköy, E-5 koridoru boyunca yüksek yoğunluklu konut, ofis ve ticaret projeleriyle dönüşen mahallelerdir. Osmanağa ve Rasimpaşa mahalleleri ise Kadıköy Rıhtım çevresinde ulaşım, ticaret, eğitim ve kamusal işlevlerin kesiştiği, merkezî karma yapılı bölgeler olup, Kadıköy'ün tarihî çekirdeğini oluşturmaktadır.

Zühtüpaşa (max 1,84) ve Acıbadem (max 1,92) mahallelerinde entropi değerleri 1,02–1,04 aralığındadır. Her iki mahalle de Kadıköy'ün batı kesiminde, ana ulaşım akslarına yakın konumlarıyla orta düzeyde karma bir fonksiyonel yapıya sahiptir. Zühtüpaşa Mahallesi, ağırlıklı olarak konut dokusuna sahip olmakla birlikte Fenerbahçe Şükrü Saracoğlu Stadyumu, çevresindeki ticaret birimleri, kafeler ve restoranlarla birlikte

eğlence ve yeme–içme odaklı kullanımların yoğunlaştığı bir alan hâline gelmiştir. Bağdat Caddesi ve Minibüs Caddesi boyunca uzanan ticari koridor, mahalledeki fonksiyonel çeşitliliği artırmaktadır. Acıbadem Mahallesi ise sağlık, eğitim, ulaşım ve ticaret işlevlerinin iç içe geçtiği bir yapıya sahiptir. Acıbadem Caddesi, D100 karayolu, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Acıbadem Hastanesi ve Tepe Nautilus AVM çevresinde gelişen alanlar, bu mahalleyi Kadıköy'ün batısında önemli bir hizmet–ticaret dengesi oluşturmaktadır. Konut alanlarının bu işlevlerle bütünleşmesi, Acıbadem'i hem erişilebilirliği yüksek hem de fonksiyonel açıdan dengeli bir dokuya sahip mahalle konumuna getirmiştir.

Koşuyolu (max 1,58), Kozyatağı (max 1,58), Sahrayıcedit (max 1,58) ve Dumlupınar (max 1,58) mahallelerinde entropi değerleri 1,00–1,58 aralığındadır. Koşuyolu ve Kozyatağı, E-5 kuzeyi ve Koşuyolu Caddesi boyunca gelişen konut, eğitim ve sağlık işlevleriyle tanımlanır. Sahrayıcedit mahallesi daha geleneksel dokuya sahip konut-ticaret fonksiyonlarına sahipken Dumlupınar ise Fikirtepe Kiptaş Torkam Konutları mahallenin büyük bölümünü kaplamakta olup barınma, ticaret, spor tesisleri site içinde yapılandırılmaktadır. Kuzeyindeki Medeniyet Üniversitesi ile mahalle eğitim fonksiyonu da kazanmaktadır.

Kadıköy'de fonksiyonel çeşitlilik şu üç ana eksen boyunca şekillenmektedir. Sahil–Ticaret Ekseni (Fenerbahçe–Caddebostan–Suadiye–Bostancı), Bağdat Caddesi boyunca uzanan, yüksek gelir gruplarına hitap eden perakende, yeme–içme ve konut işlevlerinin iç içe geçtiği yüksek entropili bir koridordur. Merkez–Kültür Ekseni (Rıhtım–Bahariye–Moda), ulaşım, kültür, eğitim ve turizm işlevlerinin yoğunlaştığı Kadıköy'ün tarihî çekirdeğini oluşturmaktadır. Kuzey–Dönüşüm Ekseni (Fikirtepe–Merdivenköy–Kozyatağı) ise yüksek katlı konut, ofis ve ticaret projelerinin yoğunlaştığı, kentsel dönüşüm odaklı modern kullanım alanlarını kapsamaktadır.

Ataşehir İlçesi

Ataşehir, İstanbul'un Anadolu yakasında, D-100 (E-5) ve TEM otoyolları arasında yer alan, planlı gelişim süreci ve yüksek erişilebilirliğiyle öne çıkan bir yerleşim alanıdır (Şekil 44). İlçede ortalama entropi değeri 0,99 olup (Tablo 45), bu değer Ataşehir'in genel olarak orta düzeyde karma kullanımlı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Atatürk, Barbaros ve Küçükbakkalköy mahallelerinde

belirginleşmekte; doğu ve kuzeydeki konut baskın alanlara doğru gidildikçe azalmaktadır.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropy
Aşıkveysel	59	0,95	1,00	0,72
Atatürk	344	1,09	2,64	0,29
Barbaros	77	1,08	2,20	0,50
Esatpaşa	64	1,03	1,58	0,81
Ferhatpaşa	41	0,91	1,00	0,32
Fetih	30	1,02	1,58	0,59
İçerenköy	13	0,95	1,58	0,24
İnönü	1	0,98	1,00	0,81
Kayışdağı	6	0,97	1,25	0,50
Küçükbakkalköy	41	1,09	2,00	0,65
Mevlana	47	0,95	1,38	0,72
Mimar Sinan	21	1,00	1,00	1,00
Mustafa Kemal	183	0,99	1,00	0,92
Örnek	6	1,02	1,58	0,30
Yeni Çamlıca	12	0,86	1,00	0,54
Yenisahra	36	1,01	1,66	0,72
Yenişehir	8	0,96	1,58	0,59

Tablo 45: Ataşehir İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Atatürk Mahallesi (max 2,64), entropi değerlerinin 0,29–2,64 aralığında değiştiği, Ataşehir'in en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanıdır. Turgut Özal Bulvarı, Atatürk Bulvarı, Dudullu Caddesi ve Dereboyu Caddesi çevresinde barınma, ofis, ticaret ve yeme–içme işlevleri güçlü biçimde iç içe geçmiştir. Mahalle, yüksek yoğunluklu karma kullanımlı projeler, konut alanları ve hizmet sektörünün bir arada bulunduğu, ilçenin en karma çekirdeğini oluşturmaktadır. Metropol İstanbul Alışveriş Merkezi, Radisson Blu Hotel, Mozaik AVM ve Acıbadem Ataşehir Hastanesi, mahallede ticaret, turizm, sağlık ve konut işlevlerinin dengeli bir biçimde bütünleştiği alanları tanımlar. Bu yapılar, mahallede hem gündüz hem akşam saatlerinde canlı bir iş–yaşam döngüsü yaratarak Atatürk Mahallesi'ni Ataşehir'in finansal ve sosyo-ekonomik merkezine dönüştürmüştür. Ulaşım ağlarına (Dudullu Caddesi ve TEM bağlantısı) yakınlığı, yüksek erişilebilirliği ve çağdaş şehir dokusu, mahallenin İstanbul'un doğu yakasındaki en karma ve dinamik merkezlerden biri olmasını sağlamaktadır.

Barbaros Mahallesi (max 2,20), Atatürk Caddesi, Ihlamur Bulvarı ve Evren Caddesi çevresinde eğlence, barınma, ticaret ve yeme–içme işlevlerinin yoğunlaştığı, yüksek entropili bir yerleşim alanıdır. Ülker Sports Arena, Palladium AVM, Watergarden AVM, belediye binası, kolejler ile ofis kompleksleri, mahallede eğlence, alışveriş, eğitim, kamu ve hizmet işlevlerinin birbirine entegre olduğu çok yönlü bir şehirsel yapı oluşturmuştur. Mahallenin finans ve ofis merkezlerine olan yakınlığı, konut ve ticaret işlevlerinin iç içe geçtiği karma bir gelişim koridoru ortaya çıkarmıştır. Bu durum, Barbaros Mahallesi'ni Ataşehir'in en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip ve en dinamik alt merkezlerinden biri hâline getirmektedir.

Küçükbakkalköy Mahallesi (max 2,00), entropi değerlerinin 0,65–2,00 aralığında değiştiği, ticaret–konut–yeme–içme dengesinin kurulduğu bir diğer karma mahalledir. Şerifali Caddesi, Fevzi Paşa ve Koca Sinan Caddesi çevresinde ofis, mağaza ve konut alanları yoğunlaşmakta; bu yapı mahalleyi Kadıköy sınırına uzanan doğu–batı yönlü fonksiyonel geçiş kuşağının parçası hâline getirmektedir. Yeni Sahra Mahallesi (max 1,66), Fatih Caddesi, Karaman Caddesi ve Barbaros Caddesi çevresinde barınma, sağlık ve ticaret işlevlerinin dengelendiği orta entropili bir alandır. Metro bağlantısı ve kentsel dönüşüm projeleri, mahallede fonksiyonel çeşitliliği artıran başlıca unsurlardır. Örnek (max 1,58) ve Fetih (max 1,58) mahallelerinde entropi değerleri 0,30–1,58 aralığında olup, Şehit Cahar Dudayev, Yunus Emre ve Semerkand Caddeleri çevresinde barınma, ticaret ve hizmet birimleri iç içe geçmiştir. Bu alanlar, yerel hizmetlerin konut dokusuna eklemlendiği geçiş kuşağı niteliğindedir.

Esatpaşa (max 1,58) ve İçerenköy (max 1,58) mahallelerinde entropi değerleri 0,24–1,58 aralığında değişmekte olup, Ziya Paşa, Adnan Menderes ve Necmettin Erbakan caddeleri çevresinde barınma, ticaret ve sağlık işlevleri dengelenmiştir. Bu mahallelerde konut baskın bir yapı görülmekle birlikte, zemin katlarda küçük esnaf ve hizmet birimleri fonksiyonel çeşitliliği desteklemektedir. Yenişehir Mahallesi (max 1,58), Baraj Yolu ve Bayraktar Bulvarı çevresinde barınma, ulaşım ve ticaret fonksiyonlarının öne çıktığı bir alandır. Planlı şehirsel gelişimle birlikte yeni konut projeleri ve alışveriş birimleri, mahalle dokusunu dönüştürmektedir. Mevlana (max 1,38), Kayışdağı (max 1,25) ve Mustafa Kemal (max 1,00) mahallelerinde entropi değerleri 0,72–1,38 aralığında olup, Albayrak, Sakarya ve Uslu Caddeleri çevresinde barınma, sağlık ve küçük ölçekli ticaret

işlevleri yer almaktadır. Bu mahalleler, orta–düşük entropili konut odaklı karakterleriyle öne çıkmaktadır.

Ferhatpaşa (max 1,00), Yeni Çamlıca (max 1,00), İnönü (max 1,00), Aşık Veysel (max 1,00) ve Mimar Sinan (max 1,00) mahallelerinde entropi değerleri 0,32–1,00 aralığında olup, ilçenin en düşük fonksiyonel çeşitliliğe sahip bölgeleridir. Samandıra Caddesi, Balaban Caddesi ve Dursunbey Caddesi çevresinde barınma ve sağlık işlevleri ağırlıktadır. Bu mahallelerde konut alanları baskın, ticari faaliyetler ise sınırlı düzeydedir.

Ümraniye İlçesi

Ümraniye, İstanbul'un Anadolu yakasında, TEM Otoyolu ile Şile Otoyolu arasında yer alan, sanayi, ticaret ve konut alanlarının iç içe geçtiği, hızla gelişen bir ilçedir (Şekil 45). İlçede ortalama entropi değeri 0,96 olup (Tablo 46) orta düzeyde fonksiyonel çeşitlilik tespit edilmiştir. Karma doku Alemdağ Caddesi, Tatlısu Caddesi, Şerifali Caddesi, Mehmet Akif Bulvarı ve Dudullu yönüne uzanan akslar boyunca artmakta; kuzeye ve doğuya doğru gidildikçe azalmaktadır.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropy
Tantavi	9	1,20	1,95	0,81
Şerifali	24	1,09	1,58	0,92
Yenişehir	6	1,07	1,50	0,92
Mehmet Akif	43	1,06	2,00	0,81
Tatlısu	54	1,05	1,58	0,54
Tepeüstü	27	1,04	1,58	0,81
Çakmak	23	1,04	1,52	0,92
Altınşehir	8	1,04	1,37	0,92
Saray	17	1,04	1,92	0,65
Atatürk	85	1,04	1,58	0,72
Atakent	21	1,01	1,58	0,72
Site	34	1,01	1,69	0,81
Çamlık	12	1,00	1,58	0,59
Armağanevler	20	1,00	1,58	0,72
Yamanevler	14	1,00	1,52	0,54
Huzur	1	1,00	1,00	1,00
Yukarı Dudullu	15	0,99	1,50	0,68
Ihlamurkuyu	5	0,98	1,00	0,92
Esenevler	14	0,97	1,00	0,72
Namık Kemal	14	0,97	1,00	0,81
Kazım Karabekir	13	0,96	1,00	0,72
Adem Yavuz	4	0,96	1,00	0,92

Madenler	22	0,96	2,00	0,25
Aşağı Dudullu	5	0,95	1,58	0,50
Finanskent	16	0,95	1,58	0,65
İstiklal	18	0,95	1,00	0,54
Elmalıkent	8	0,94	1,15	0,47
Parseller	1	0,92	0,92	0,92
Fatih Sultan Mehmet	14	0,92	1,12	0,33
Esenşehir	12	0,92	1,00	0,47
Esenkent	16	0,90	1,00	0,41
Necip Fazıl	14	0,87	1,00	0,44
İnkılap	5	0,84	1,00	0,65
Dumlupınar	11	0,83	1,00	0,41
Topağacı	9	0,83	1,00	0,59
Cemil Meriç	6	0,71	1,00	0,39
Hekimbaşı	3	0,54	1,00	0,24

Tablo 46: Ümraniye İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

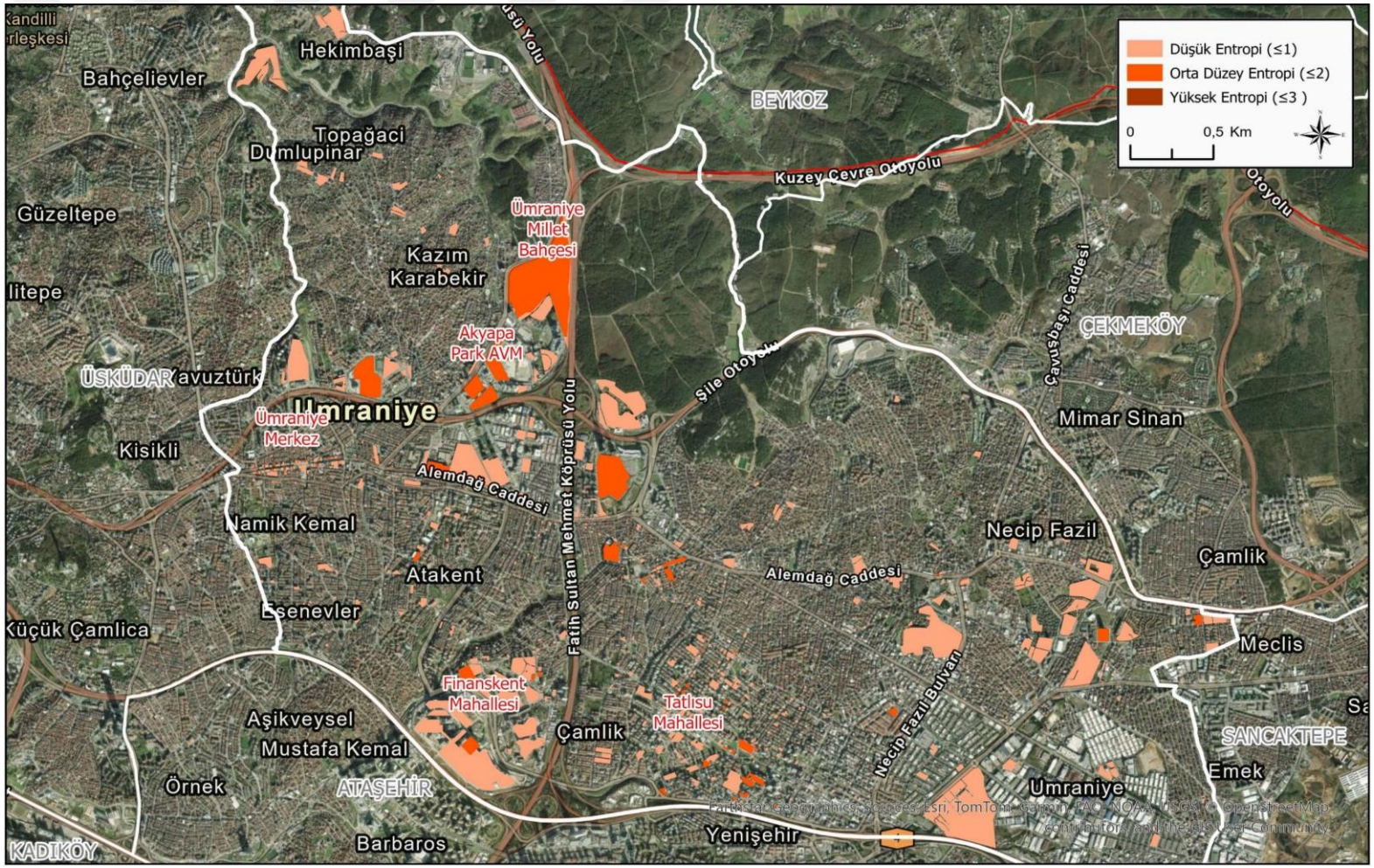
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Madenler (max 2,00) Mahallesi, entropi değerlerinin 0,25–2,00 arasında değiştiği, ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip mahallesidir. Alemdağ Caddesi, Eski Üsküdar Yolu ve Madenler Caddesi çevresinde ticaret, eğitim ve konut işlevleri yer almakta; bu durum mahalleyi Ümraniye'nin en karma alanlarından biri hâline getirmektedir.

Mehmet Akif (max 2,00) Mahallesi, entropi değerlerinin 0,81–2,00 aralığında değiştiği, ticaret, sanayi ve eğitim işlevlerinin öne çıktığı bir diğer karma yapı örneğidir. Mehmet Akif Bulvarı, Fatih Sultan Mehmet Caddesi ve İMES Sanayi Sitesi çevresinde yer alan üretim birimleri, ofisler ve eğitim tesisleri mahalleye yüksek entropi kazandırmaktadır.

Tantavi (max 1,95) Mahallesi, entropi değerlerinin 0,81–1,95 aralığında olup Mehmet Akif Bulvarı, Şerifali Caddesi ve Saray Sokak çevresinde ticaret, eğitim ve sağlık işlevlerinin bütünleştiği bir alan oluşturmaktadır. Bu bölgede küçük ofisler, klinikler ve atölye birimleri konut dokusuyla uyumlu bir karma yapı sergilemektedir. Saray (max 1,92) Mahallesi'nde entropi değerleri 0,65–1,92 arasında değişmekte olup, TEM bağlantı yolları ve Saray Caddesi çevresinde ofis, depo ve küçük üretim alanlarının konut birimleriyle iç içe geçtiği bir geçiş dokusu hâkimdir.

Site (max 1,69) Mahallesi'nde entropi değerleri 0,81–1,68 aralığındadır. Alemdağ Caddesi ve Tatlısu Caddesi boyunca uzanan hat üzerinde eğitim, ticaret ve ofis işlevleri konut kullanımlarıyla bütünleşmektedir.



Şekil 45: Ümraniye İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tatlısu (max 1,58), Tepeüstü (max 1,58), Şerifali (max 1,58), Finanskent (max 1,58) ve Çamlık (max 1,58) mahallelerinde entropi değerleri 0,54–1,60 aralığında değişmektedir. Bu mahallelerde ofis, finans, sağlık ve yeme–içme fonksiyonlarının ağırlıkta olduğu karma kullanımlar öne çıkmaktadır. Özellikle Şerifali ve Tatlısu mahallelerinde, dönüşümle birlikte gelişen ticari merkezler, Ümraniye'nin batı kesiminde yeni işlevsel odaklar oluşturmuştur.

Atakent (max 1,58), Atatürk (max 1,58), Yamanevler (max 1,52) ve Yenişehir (max 1,50) mahallelerinde entropi değerleri 0,72–1,50 aralığında değişmektedir. Bu mahalleler, konut–ticaret dengesi üzerine kurulu olup küçük ölçekli atölye, mağaza ve ofis birimleriyle desteklenmektedir. Özellikle Yamanevler Mahallesi'nde, Alemdağ Caddesi boyunca ulaşım odaklı bir ticaret hattı gelişmiştir. Altınşehir (max 1,37), Elmalıkent (max 1,15) ve Fatih Sultan Mehmet (max 1,12) mahallelerinde entropi değerleri 0,47–1,37 aralığındadır. Bu alanlarda konut dokusu baskın olmakla birlikte, yer yer ticari birimler ve küçük ölçekli ofis kullanımları görülmektedir.

Esenşehir (max 1,00), Dumlupınar (max 1,00), İnkılap (max 1,00), Topağacı (max 1,00) ve Necip Fazıl (max 1,00) mahallelerinde entropi 0,80–1,00 aralığında olup fonksiyonel çeşitlilik düşüktür. Bu mahallelerde konut ağırlıklı yapı korunmakta, ticaret ve kamusal birimler yalnızca ana yollar üzerinde sınırlı biçimde gözlenmektedir.

Kazım Karabekir (max 1,00), Namık Kemal (max 1,00), Ihlamurkuyu (max 1,00), Esenevler (max 1,00), Adem Yavuz (max 1,00), Hekimbaşı (max 1,00) ve Parseller (max 0,92) mahallelerinde entropi 0,24–1,00 düzeyindedir. Bu mahalleler Ümraniye'nin kuzey ve doğu kesimlerinde yer almakta olup, düşük yoğunluklu konut alanlarının hâkim olduğu, fonksiyonel çeşitliliğin sınırlı kaldığı bölgeler olarak öne çıkmaktadır. Ümraniye'nin fonksiyonel yapısı genel olarak batı kesiminde ofis, finans ve ticaret fonksiyonlarının yoğunlaştığı, merkez ve güney kesimlerinde karma konut–ticaret alanlarının geliştiği, kuzeyde ise düşük entropili konut dokularının hâkim olduğu bir mekânsal örgütlenme sergilemektedir. Bu durum, Alemdağ Caddesi ekseni ve TEM bağlantı yolları boyunca şekillenen fonksiyonel çeşitliliğin ilçenin mekânsal gelişim yönünü belirlediğini göstermektedir.

Çekmeköy İlçesi

Çekmeköy, İstanbul'un kuzeydoğusunda, Şile Otoyolu ile Kuzey Marmara Otoyolu arasında yer alan, konut, ticaret, sağlık, eğitim ve rekreasyon fonksiyonlarının giderek çeşitlendiği bir ilçedir (Şekil 46). İlçede ortalama entropi değeri 0,96 olup (Tablo 47) bu değer, ilçe genelinde orta düzeyde fonksiyonel çeşitliliğe işaret etmektedir. Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Mimar Sinan, Aydınlar, Alemdağ, Hamidiye, Mehmet Akif ve Taşdelen mahallelerinde belirginleşmekte; kuzey ve doğu kesimlere doğru gidildikçe azalmaktadır. Merkez ve batı kesimlerde fonksiyonlar iç içe geçmiş karma bir yapı sergilerken, doğuda konut ağırlıklı, monofonksiyonel bir karakter hâkimdir.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropy
Aydınlar	5	1,17	1,86	0,97
Hamidiye	15	1,03	1,58	0,41
Mehmet Akif	36	1,02	1,58	0,57
Orman	1	1,00	1,00	1,00
Cumhuriyet	12	1,00	1,37	0,72
Çamlık	22	0,99	1,58	0,59
Taşdelen	11	0,98	1,50	0,72
Ekşioğlu	23	0,98	1,58	0,72
Mimar Sinan	57	0,97	2,00	0,11
Alemdağ	22	0,97	1,58	0,41
Kirazlıdere	3	0,97	1,00	0,90
Askeri Bölge	1	0,92	0,92	0,92
Merkez	62	0,91	1,49	0,37
Çatalmeşe	22	0,89	1,00	0,50
Nişantepe	4	0,88	1,00	0,81
Sultançiftliği	3	0,87	1,00	0,81
Soğukpınar	8	0,81	0,97	0,54

Tablo 47: Çekmeköy İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Mimar Sinan (max 2,00) ve Aydınlar (max 1,86) mahalleleri, entropi değerlerinin 0,11–2,00 ve 0,97–1,86 aralığında değiştiği, ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanlarını oluşturmaktadır. Mimar Sinan Caddesi, Ulubatlı Hasan Caddesi ve Selim Dede Caddesi çevresinde barınma, ticaret ve yeme–içme işlevleri bir araya gelirken; Aydınlar Mahallesi'nde Sultangazi, Cumhuriyet ve Adnan Kahveci Caddeleri boyunca ticaret, barınma ve eğlence–spor işlevleri yoğunlaşmıştır. Bu iki mahalle, ulaşım aksları üzerindeki konumları sayesinde Çekmeköy'ün en dinamik karma fonksiyonlu merkezleri durumundadır.

Şekil 46: Çekmeköy İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Alemdağ (max 1,58), Hamidiye (max 1,58), Mehmet Akif (max 1,58), Ekşioğlu (max 1,58), Taşdelen (max 1,50), Cumhuriyet (max 1,37) ve Çamlık (max 1,58) mahallelerinde entropi değerleri 0,41–1,58 aralığında değişmektedir. Bu mahalleler, orta düzeyde fonksiyonel çeşitliliğe sahip olup barınma, ticaret, sanayi ve yeme–içme işlevlerinin bir arada bulunduğu karma alanlardır. Alemdağ ve Hamidiye mahalleleri, sanayi–ticaret dengesiyle öne çıkarken; Mehmet Akif, Ekşioğlu ve Taşdelen mahallelerinde küçük atölyeler, ofis birimleri ve konut dokusu iç içe geçmiştir. Cumhuriyet ve Çamlık mahallelerinde ise ticaret ve sosyal donatı kullanımları, konut dokusuna gömülü olarak gelişmiştir.

Merkez (max 1,49), Kirazlıdere (max 1,00), Nişantepe (max 1,00), Çatalmeşe (max 1,00), Sultançiftliği (max 1,00), Soğukpınar (max 0,97), Orman (max 1,00) ve Askerî Bölge (max 0,92) mahallelerinde entropi değerleri 0,37–1,00 aralığında değişmektedir. Bu mahallelerde konut fonksiyonu baskın, ticaret, ofis ve eğitim birimleri ise yalnızca ana ulaşım hatları üzerinde sınırlı biçimde görülmektedir. Özellikle Sultançiftliği, Nişantepe ve Soğukpınar mahalleleri, monofonksiyonel konut kullanımlarıyla dikkat çekmektedir.

Çekmeköy'ün fonksiyonel yapısı, genel olarak batı ve merkez mahallelerinde yüksek entropili karma kullanım, doğu ve kuzey kesimlerde ise düşük entropili konut odaklı yapı biçiminde şekillenmektedir. Bu durum, Mimar Sinan – Aydınlar – Alemdağ aksı boyunca

gelişen fonksiyonel çeşitliliğin, ilçenin mekânsal dinamiklerini yönlendirdiğini göstermektedir.

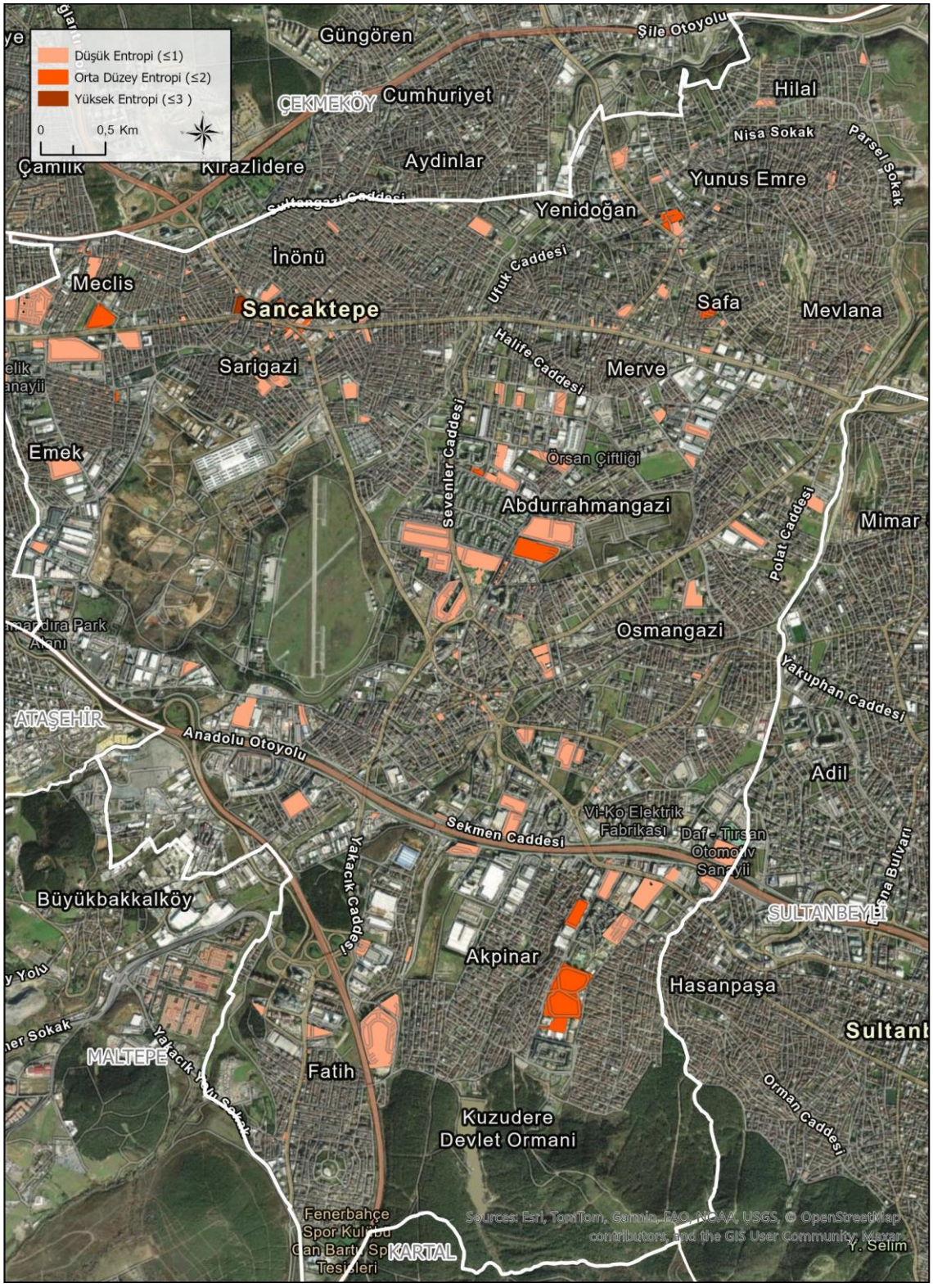
Sancaktepe İlçesi

Sancaktepe, İstanbul'un Anadolu yakasında, TEM ve Şile Otoyolu arasında yer alan, son yıllarda hızla gelişen konut, ticaret, eğitim, sağlık ve kamusal hizmet alanlarının iç içe geçtiği çok işlevli bir ilçedir (Şekil 47). İlçede ortalama entropi değeri 0,94 olup (Tablo 48), bu durum düşük düzeyde fonksiyonel çeşitliliğe işaret etmektedir. Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Akpınar, Meclis, İnönü ve Sarıgazi mahallelerinde belirginleşmekte; kuzeydeki Yenidoğan, Yunus Emre ve Safa mahallelerinden doğuya doğru gidildikçe azalmaktadır. İlçenin batı ve merkez mahallelerinde çok yönlü karma fonksiyonlu bir yapı gözlenirken, doğu kesimlerinde konut ağırlıklı, düşük entropili bir mekânsal örgütlenme hâkimdir.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropy
Akpınar	6	1,07	1,53	0,92
Meclis	41	1,04	2,02	0,54
İnönü	15	1,03	1,66	0,59
Sarıgazi	23	1,00	1,58	0,70
Mevlana	3	1,00	1,00	1,00
Atatürk	16	1,00	1,50	0,65
Safa	10	0,99	1,37	0,65
Yunus Emre	15	0,98	1,22	0,72
Eyüp Sultan	18	0,97	1,00	0,92
Kemal Türkler	10	0,96	1,10	0,92
Merve	2	0,96	1,00	0,92
Emek	16	0,95	1,50	0,42
Yenidoğan	8	0,94	1,00	0,65
Veysel Karani	8	0,94	1,37	0,65
Abdurrahmangazi	49	0,93	1,58	0,04
Fatih	13	0,91	1,00	0,52
Osmangazi	18	0,88	1,00	0,54
Hilal	3	0,80	1,00	0,41
Paşaköy	1	0,65	0,65	0,65

Tablo 48: Sancaktepe İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 47: Sancaktepe İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Meclis (max 2,02) ve Akpınar (max 1,53) mahalleleri, entropi değerlerinin 0,54–2,02 ve 0,92–1,53 aralığında değiştiği, ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanlarıdır.

Meclis Mahallesi'nde Katip Çelebi Caddesi ve Cemal Gürsel Caddesi çevresinde sağlık, eğitim, ticaret ve barınma işlevleri yer almakta; mahalle, Sancaktepe'nin batı yönündeki kentsel dönüşüm ve kamusal gelişim odaklı yapısının çekirdeğini oluşturmaktadır. Akpınar Mahallesi, Malko, Kanuni ve Hasan Basri Caddeleri çevresinde sanayi, ticaret ve barınma işlevlerinin iç içe geçtiği bir yapıya sahiptir. Özellikle Sekmen Caddesi çevresindeki üretim ve lojistik birimleri, mahalleyi ilçenin ekonomik aktivite merkezlerinden biri hâline getirmiştir. İnönü (max 1,66) ve Sarıgazi (max 1,58) mahalleleri, entropi değerlerinin 0,59–1,66 ve 0,70–1,58 aralığında değiştiği, orta düzey fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanlardır. İnönü Mahallesi, Demokrasi Caddesi, Ankara Caddesi ve Aşık Veysel Caddesi çevresinde barınma, ticaret ve eğitim–kamu işlevlerinin bütünleştiği bir merkez niteliğindedir.

Sarıgazi Mahallesi ise Osman Gazi Caddesi ve Zaim Caddesi boyunca uzanan ticaret ve yeme–içme ekseniyle öne çıkmakta; çevresinde karma kullanımlı yapı adaları gelişmektedir. Atatürk (max 1,50), Mevlana (max 1,00), Safa (max 1,37) ve Yunus Emre (max 1,22) mahallelerinde entropi değerleri 0,65–1,50 aralığında değişmektedir. Bu mahallelerde konut–ticaret dengesi orta düzeydedir. Atatürk Mahallesi, Uysal, Ceylan ve Atatürk Caddeleri çevresinde barınma, yeme–içme ve ticaret işlevlerinin birleştiği bir yerleşim alanıdır. Mevlana Mahallesi, Veysel Karani Caddesi çevresinde barınma ve inanç işlevlerinin görüldüğü, daha sakin bir konut dokusuna sahiptir. Safa Mahallesi, Sancaktar ve Ulueren Caddeleri çevresinde barınma, eğlence–spor ve ticaret kullanımlarını bir araya getirmekte; Yunus Emre Mahallesi ise Veysel Karani ve Yenidoğan Caddeleri çevresinde kamu ve sosyal donatı işlevlerinin sınırlı biçimde yer aldığı bir konut alanıdır. Eyüp Sultan (max 1,00), Kemal Türkler (max 1,10), Merve (max 1,00), Emek (max 1,50), Yenidoğan (max 1,00), Veysel Karani (max 1,37), Abdurrahmangazi (max 1,58), Fatih (max 1,00), Osmangazi (max 1,00), Hilal (max 1,00) ve Paşaköy (max 0,65) mahallelerinde entropi değerleri 0,04–1,58 aralığındadır. Bu mahallelerde barınma fonksiyonu baskın olup, ticaret ve kamusal–eğitimsel işlevler yalnızca Osman Gazi, Mehmet Akif ve Sümer Caddeleri çevresinde sınırlı biçimde görülmektedir. Özellikle Paşaköy ve Hilal mahalleleri, şehirsel yerleşim dokusunun seyrekleştiği, fonksiyonel çeşitliliğin oldukça düşük olduğu alanlardır.

Sancaktepe'nin fonksiyonel yapısı, genel olarak batıda karma konut–ticaret–sanayi alanlarının, merkezde kamu–eğitim odaklı kullanımların, doğuda ise düşük entropili

konut alanlarının hâkim olduğu bir mekânsal örgütlenme sergilemektedir. Bu durum, Katip Çelebi – Osman Gazi – Sekmen Caddesi aksı boyunca şekillenen fonksiyonel çeşitliliğin, ilçenin gelişim yönünü belirleyen ana eksen olduğunu göstermektedir.

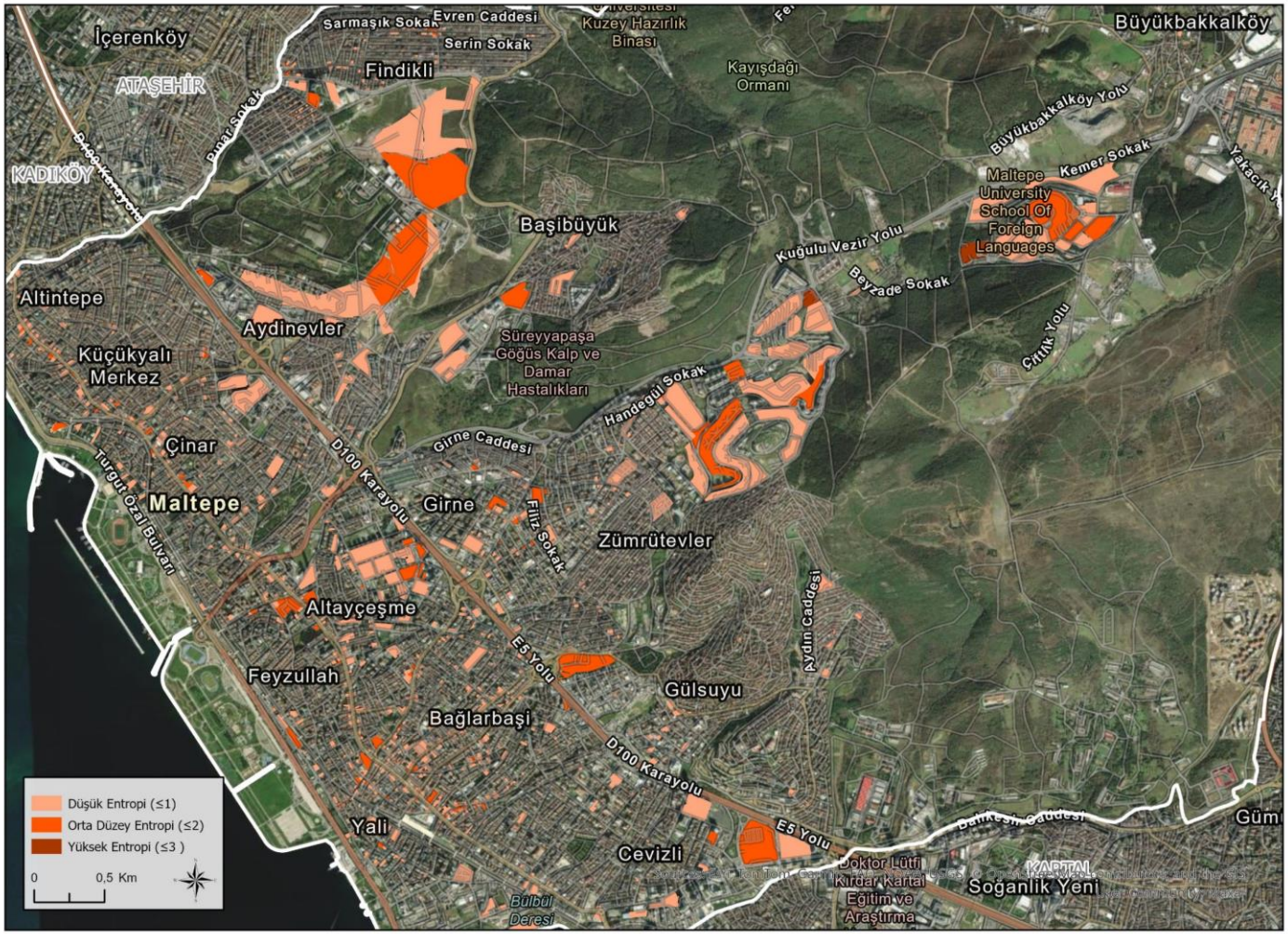
Maltepe İlçesi

Maltepe, İstanbul'un Anadolu yakasında, Marmara Denizi kıyısında yer alan; kuzeyde Ataşehir, doğuda Kartal, batıda Kadıköy ile çevrili, çok yönlü şehirsel işlevlerin bir arada bulunduğu yoğun yerleşim alanlarından biridir (Şekil 48). İlçede konut, ticaret, eğitim, sağlık ve kamusal hizmet işlevleri dengeli biçimde dağılmış olup, sahil boyunca rekreasyon ve yeme-içme odaklı kullanımlar öne çıkmaktadır. Ortalama entropi değeri 1,01 (Tablo 49) olan Maltepe, yüksek düzeyde fonksiyonel çeşitliliğe sahip bir ilçe görünümündedir.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropy
Büyükbakkalköy	14	1,16	2,6	0,5
Feyzullah	59	1,09	1,92	0,92
Küçükyalı Merkez	42	1,09	2	0,81
Altayçeşme	82	1,04	1,95	0,45
Altıntepe	83	1,04	1,79	0,81
Fındıklı	48	1,04	1,58	0,72
Bağlarbaşı	213	1,02	1,58	0,65
Çınar	50	1,02	1,58	0,72
Başıbüyük	72	1	2,05	0,3
Girne	3	1	1,52	0,72
Gülensu	18	1	1	1
Zümrütevler	25	1	1,58	0,25
İdealtepe	52	0,99	1,5	0,72
Yalı	62	0,99	1,58	0,34
Cevizli	27	0,98	1,62	0,59
Gülsuyu	12	0,96	1	0,92
Esenkent	12	0,94	1	0,72
Aydınevler	23	0,92	1,58	0,3

Tablo 49: Maltepe İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 48: Maltepe İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Büyükbakkalköy, Feyzullah, Küçükyalı Merkez, Altayçeşme ve Fındıklı mahallelerinde belirginleşmekte; buna karşılık Zümrütevler, Gülensu ve Gülsuyu mahallelerinde fonksiyonel çeşitlilik sınırlı kalmaktadır. Genel olarak kuzey ve batı kesimlerde karma fonksiyonlu dokular, doğu ve iç mahallelerde ise konut ağırlıklı monofonksiyonel bir yapı hâkimdir.

Büyükbakkalköy Mahallesi (max 2,60), entropi değerlerinin 0,50–2,60 arasında değiştiği, ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanıdır. Ferhatpaşa Caddesi, Çiftlik Yolu ve Bakkalköy Caddesi çevresinde barınma, eğitim, sağlık ve eğlence–spor işlevleri yer almakta; Maltepe Üniversitesi ve çevresindeki gelişim alanları, mahalleyi eğitim ve rekreasyon odaklı bir merkez konumuna getirmektedir.

Feyzullah (max 1,92) ve Küçükyalı Merkez (max 2,00) mahalleleri, entropi değerlerinin 0,81–2,00 aralığında değiştiği, orta–yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanlardır. Feyzullah Mahallesi'nde Serap Caddesi çevresinde barınma, eğitim ve ticaret işlevleri bir arada bulunurken; Küçükyalı Merkez Mahallesi, Bağdat Caddesi ve Turgut Özal Bulvarı boyunca uzanan barınma, ticaret, sağlık ve yeme-içme işlevlerinin iç içe geçtiği çekim noktalarından biri hâline gelmiştir. Bu iki mahalle, Maltepe'nin batısında, denizle bağlantılı fonksiyonel geçiş zonunu temsil etmektedir.

Altayçeşme (max 1,95), Altıntepe (max 1,79), Fındıklı (max 1,58), Bağlarbaşı (max 1,58) ve Çınar (max 1,58) mahallelerinde entropi değerleri 0,45–1,95 aralığında değişmektedir. Bu mahalleler orta düzey fonksiyonel çeşitliliğe sahip olup, barınma, ticaret, eğitim, sağlık ve kamusal işlevlerin dağıldığı alanlardır. Altayçeşme Mahallesi, İstiklal ve Kılıçalı Caddeleri boyunca gelişen yeme-içme ve ticaret birimlerinin konut alanlarıyla bütünleştiği bir yapıya sahiptir. Altıntepe Mahallesi, Bağdat Caddesi çevresindeki konut, ticaret ve eğlence–rekreasyon kullanımlarıyla dikkat çekerken; Fındıklı ve Bağlarbaşı mahallelerinde barınma, ticaret ve sağlık işlevleri yaygın biçimde görülmektedir. Çınar Mahallesi, Turgut Özal Bulvarı boyunca uzanan eğlence–spor ve konut işlevlerinin birleştiği, Maltepe'nin batısında yer alan karma kullanım zonu niteliğindedir.

Zümrütevler (max 1,58), Gülensu (max 1,00), Girne (max 1,52) ve Gülsuyu (max 1,00) mahallelerinde entropi değerleri 0,25–1,00 aralığında değişmekte olup, bu alanlar düşük fonksiyonel çeşitliliğe sahip mahallelerdir. Bu bölgelerde barınma işlevi baskın, ticaret ve eğitim kullanımları ise yalnızca E-5 Karayolu ve Eski Yol çevresinde sınırlı biçimde gözlenmektedir. Zümrütevler Mahallesi, konut ağırlıklı yapısı ve düşük entropi değeriyle

dikkat çekerken; Gülensu ve Gülsuyu mahalleleri, kuzeydeki yamaç alanlarda konut ağırlıklı ancak diğer fonksiyonların üç ve üzerine çıkmadığı dokusal özelliklerin barındırmaktadır.

Maltepe'nin fonksiyonel yapısı, genel olarak batı ve sahil kesimlerinde karma kullanımın, iç ve doğu kesimlerinde ise konut ağırlıklı dokunun hâkim olduğu bir mekânsal örgütlenme sergilemektedir. Bu durum, Bağdat Caddesi – Turgut Özal Bulvarı – Ferhatpaşa Caddesi aksı boyunca gelişen karma fonksiyonel merkezlerin, ilçenin mekânsal kimliğini belirleyen ana eksenleri oluşturduğunu göstermektedir.

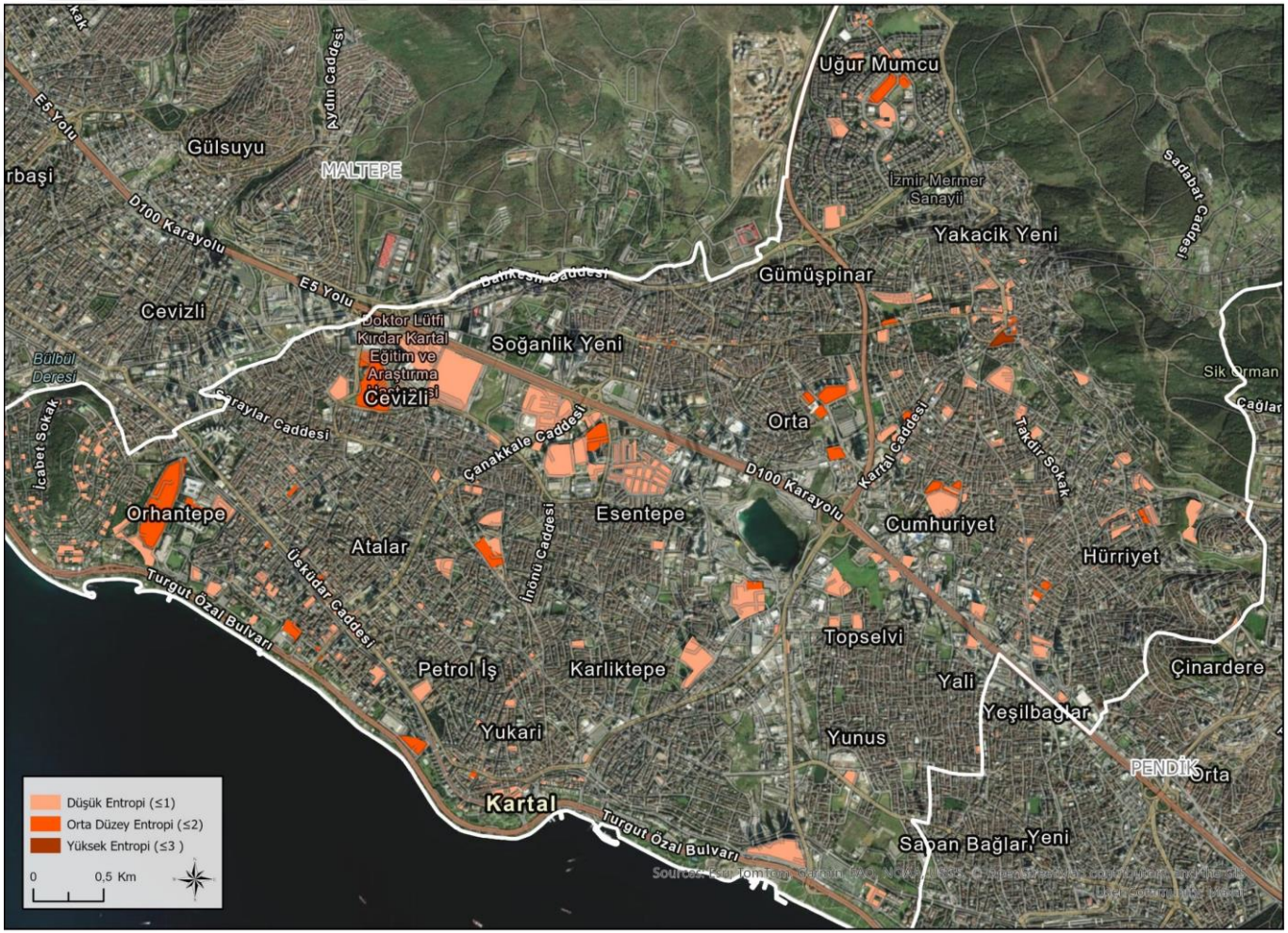
Kartal İlçesi

Kartal, İstanbul'un Anadolu yakasında, Marmara Denizi kıyısında yer alan; ticaret, sağlık, eğitim ve konut işlevlerinin iç içe geçtiği, köklü şehirleşme geçmişine sahip bir ilçedir (Şekil 49). İlçede ortalama entropi değeri 1,01 olup (Tablo 50), bu durum yüksek düzeyde fonksiyonel çeşitliliğe işaret etmektedir.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropy
Orta	11	1,21	1,92	0,72
Soğanlık Yeni	14	1,14	1,50	0,92
Yakacık Çarşı	31	1,10	2,52	0,72
Gümüşpınar	5	1,08	1,79	0,68
Atalar	28	1,06	1,58	0,92
Kordonboyu	25	1,06	1,84	0,37
Petrol İş	24	1,05	1,92	0,92
Uğur Mumcu	23	1,03	1,58	0,65
Yakacık Yeni	24	1,02	1,89	0,81
Cumhuriyet	42	1,01	1,84	0,81
Orhantepe	107	1,01	1,92	0,65
Hürriyet	43	1,00	1,92	0,54
Yalı	2	1,00	1,00	1,00
Esentepe	50	0,99	1,79	0,50
Yunus	4	0,98	1,00	0,92
Yukarı	14	0,96	1,00	0,81
Cevizli	8	0,95	1,58	0,54
Karlıktepe	7	0,94	1,00	0,65
Topselvi	5	0,93	1,00	0,81
Çavuşoğlu	1	0,81	0,81	0,81

Tablo 50: Kartal İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 49: Kartal İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Orta, Soğanlık Yeni, Yakacık Çarşı, Gümüşpınar ve Atalar mahallelerinde belirginleşmektedir. Buna karşılık Petrol İş, Uğur Mumcu ve Yakacık Yeni mahallelerinde fonksiyonel çeşitlilik daha sınırlı düzeydedir. Genel olarak ilçenin merkez ve kıyı kesimlerinde çok işlevli karma bir yapı, doğu ve kuzey mahallelerinde ise konut ağırlıklı monofonksiyonel bir örgütlenme hâkimdir.

Yakacık Çarşı (max 2,52) ve Orta (max 1,92) mahalleleri, entropi değerlerinin 0,72–2,52 ve 0,72–1,92 aralığında değiştiği, ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanlarını oluşturmaktadır. Yakacık Çarşı Mahallesi, Kartal Caddesi ve Ay Yolu çevresinde barınma, ticaret, eğitim ve yeme–içme işlevlerinin iç içe geçtiği, tarihî merkez karakterini koruyan bir alandır. Orta Mahallesi, Adnan Menderes ve Yalnız Selvi Caddeleri çevresinde yeme–içme, ticaret, sağlık ve konut kullanımlarının bir arada bulunduğu, karma fonksiyonlu merkez niteliği taşımaktadır.

Soğanlık Yeni (max 1,50), Gümüşpınar (max 1,79), Atalar (max 1,58) ve Kordonboyu (max 1,84) mahallelerinde entropi değerleri 0,68–1,84 aralığında değişmekte olup, bu alanlar orta düzey fonksiyonel çeşitliliğe sahip mahallelerdir. Soğanlık Yeni Mahallesi, Mimar Sinan ve Atatürk Caddeleri çevresinde barınma ve ticaret işlevlerinin dengelendiği bir geçiş zonu niteliğindedir. Gümüşpınar Mahallesi, Millet Caddesi ve Tank Yolu Caddesi çevresinde inanç, ticaret ve eğlence–spor birimlerinin konut dokusuna gömülü biçimde yer aldığı bir yapıya sahiptir. Atalar Mahallesi, Çanakkale ve Doğu Caddeleri boyunca barınma ve ticaret işlevlerinin iç içe geçtiği; Kordonboyu Mahallesi ise Turgut Özal Bulvarı boyunca konut, ticaret ve rekreasyon dengesinin görüldüğü sahil kuşağında öne çıkan bir alandır.

Petrol İş (max 1,92), Uğur Mumcu (max 1,58), Yakacık Yeni (max 1,89) ve Cumhuriyet (max 1,84) mahallelerinde entropi değerleri 0,65–1,89 aralığında değişmekte olup, bu mahalleler düşük–orta fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanlardır. Petrol İş Mahallesi, Üsküdar ve Rahmanlar Caddeleri çevresinde sağlık, ticaret ve ofis işlevlerinin yoğunlaştığı görülmektedir. Uğur Mumcu ve Yakacık Yeni mahallelerinde barınma ve eğitim işlevleri baskın olup, Cumhuriyet Mahallesi'nde ticaret ve yeme–içme kullanımları Adnan Kahveci ve Yakacık Caddeleri üzerinde yoğunlaşmıştır.

Kartal'ın fonksiyonel yapısı, genel olarak batı ve sahil kesimlerinde ticaret, eğlence ve konut fonksiyonlarının; merkez mahallelerde karma fonksiyonlu yapının; doğu ve kuzey mahallelerinde ise konut baskın düşük entropili dokuların hâkim olduğu bir mekânsal

örgütlenme sergilemektedir. Bu durum, Turgut Özal Bulvarı – Kartal Caddesi – Adnan Menderes Caddesi aksı boyunca gelişen fonksiyonel çeşitliliğin, ilçenin mekânsal kimliğini tanımlayan ana yönlenme ekseni olduğunu göstermektedir.

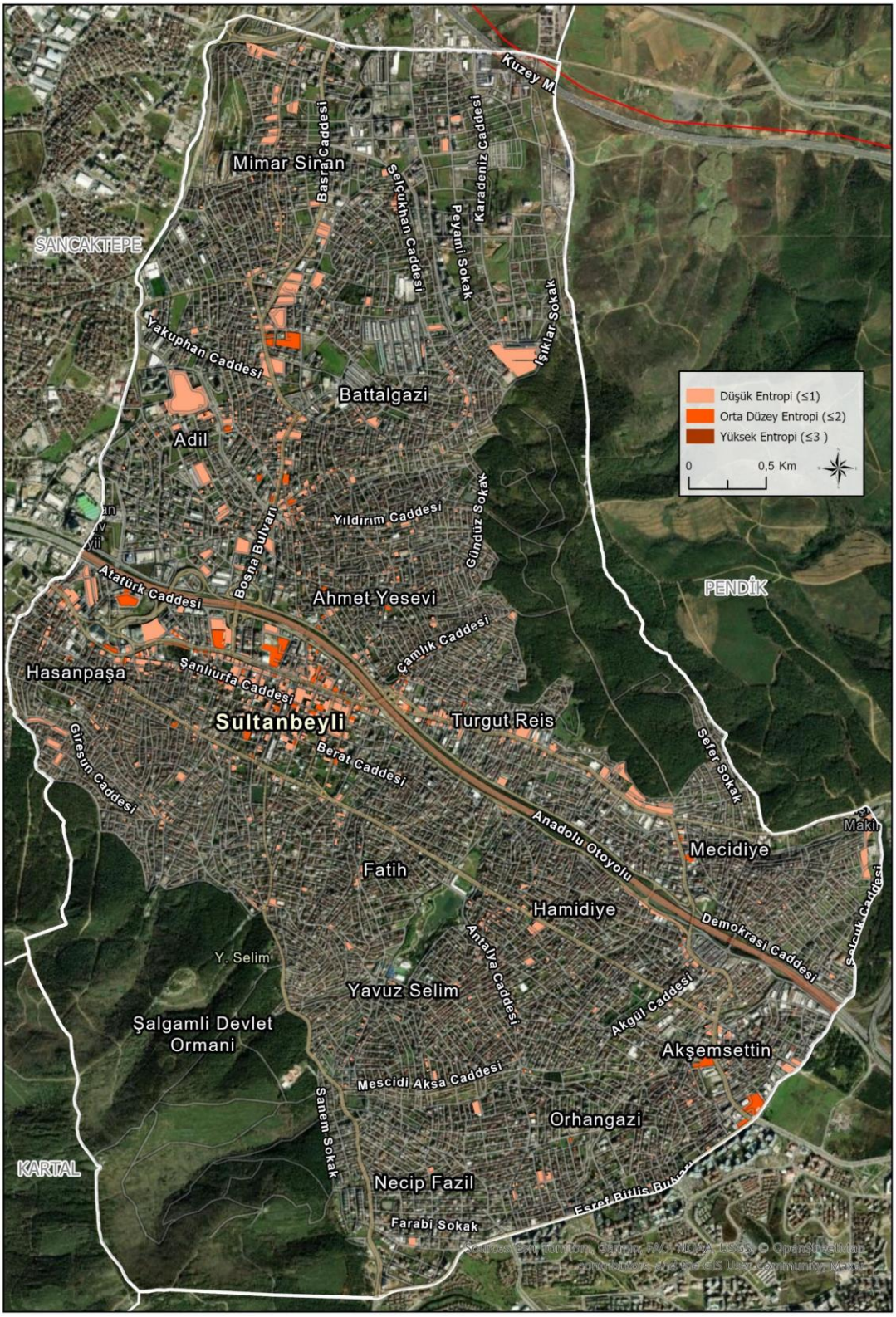
Sultanbeyli İlçesi

Sultanbeyli, İstanbul'un doğusunda, Sancaktepe ve Pendik arasında yer alan, son yıllarda hızlı konut gelişimiyle birlikte ticaret, eğitim, sağlık ve finans fonksiyonlarının giderek çeşitlendiği bir ilçedir (Şekil 50). İlçede ortalama entropi değeri 0,99 olup (Tablo 51), bu değer orta düzeyde fonksiyonel çeşitliliğe işaret etmektedir. Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Ahmet Yesevi, Orhangazi, Abdurrahmangazi ve Mehmet Akif mahallelerinde belirginleşmekte; buna karşın Battalgazi, Akşemsettin ve Yavuz Selim mahallelerinde daha sınırlı düzeyde gözlenmektedir. Genel olarak Fatih Bulvarı ve Anadolu Otoyolu çevresinde fonksiyonel yoğunluk artmakta; kuzey ve doğu mahallelerinde ise konut ağırlıklı monofonksiyonel bir yapı hâkim olmaktadır.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropy
Ahmet Yesevi	139	1,04	1,58	0,54
Orhangazi	28	1,03	1,58	0,92
Abdurrahmangazi	188	1,02	1,58	0,65
Mehmet Akif	237	1,02	1,92	0,59
Turgut Reis	86	1,02	1,58	0,59
Adil	107	1,01	1,58	0,50
Mecidiye	17	1,01	1,58	0,65
Akşemsettin	40	0,99	1,58	0,65
Battalgazi	122	0,99	1,58	0,44
Yavuz Selim	51	0,99	1,37	0,81
Fatih	15	0,98	1,00	0,81
Hasanpaşa	87	0,97	1,58	0,29
Mimar Sinan	74	0,96	1,58	0,50
Hamidiye	44	0,96	1,00	0,65
Necip Fazıl	3	0,91	1,00	0,81

Tablo 51: Sultanbeyli İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 50: Sultanbeyli İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Mehmet Akif (max 1,92) ve Orhangazi (max 1,58) mahalleleri, entropi değerlerinin 0,59–1,92 ve 0,92–1,58 aralığında değiştiği, ilçenin yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanlarını oluşturmaktadır. Mehmet Akif Mahallesi, Petrol Yolu Caddesi çevresinde barınma, finans, sağlık ve ofis işlevlerinin iç içe geçtiği, karma nitelikli bir merkez dokusuna sahiptir. Orhangazi Mahallesi, Cem Sultan ve Eşref Bitlis Bulvarı boyunca barınma, ticaret, sağlık ve inanç kullanımlarının dağıldığı, çok yönlü fonksiyonel bir merkez niteliğindedir.

Ahmet Yesevi (max 1,58), Abdurrahmangazi (max 1,58), Turgut Reis (max 1,58), Adil (max 1,58) ve Mecidiye (max 1,58) mahallelerinde entropi değerleri 0,54–1,58 aralığında değişmekte olup, bu mahalleler orta düzey fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanlardır. Ahmet Yesevi Mahallesi, Kaptan-ı Derya, Biberlik ve Şanlıurfa Caddeleri çevresinde barınma ve ticaret işlevlerinin iç içe geçtiği bir yerleşmedir. Abdurrahmangazi ve Turgut Reis mahalleleri, Fatih Bulvarı ve Demokrasi Caddesi çevresinde gelişen ticaret, yeme–içme, konaklama ve sağlık fonksiyonlarıyla dikkat çekmektedir. Adil ve Mecidiye mahalleleri ise Bosna Bulvarı ve Fatih Bulvarı çevresinde yer alan barınma, ticaret ve kamu işlevlerinin geliştiği geçiş alanları niteliğindedir.

Battalgazi (max 1,58), Akşemsettin (max 1,58), Yavuz Selim (max 1,37), Hasanpaşa (max 1,58) ve Mimar Sinan (max 1,58) mahallelerinde entropi değerleri 0,43–1,58 aralığında değişmektedir. Bu mahallelerde barınma kullanımı baskın, ticaret, eğitim, yeme–içme ve sosyal donatı işlevleri ise yalnızca Fatih Bulvarı ve çevresindeki ana ulaşım aksları boyunca sınırlı biçimde gözlenmektedir. Battalgazi Mahallesi, Selçukhan ve Yunus Emre Caddeleri çevresinde konut ağırlıklı yapısını korurken; Akşemsettin Mahallesi'nde Fatih Bulvarı ve Petrol Yolu Caddesi boyunca yeme–içme, finans, eğlence–spor ve ofis işlevleri sınırlı ölçüde yer almaktadır.

Sultanbeyli'nin fonksiyonel yapısı, genel olarak Fatih Bulvarı ekseni boyunca gelişen karma kullanımlar ile kuzey ve doğuda konut ağırlıklı düşük entropili mahallelerin oluşturduğu iki katmanlı bir mekânsal örgütlenmeye sahiptir. Bu durum, Fatih Bulvarı – Petrol Yolu Caddesi – Cem Sultan Bulvarı aksı boyunca şekillenen fonksiyonel yoğunluğun, ilçenin mekânsal gelişim yönünü belirleyen temel eksen olduğunu göstermektedir.

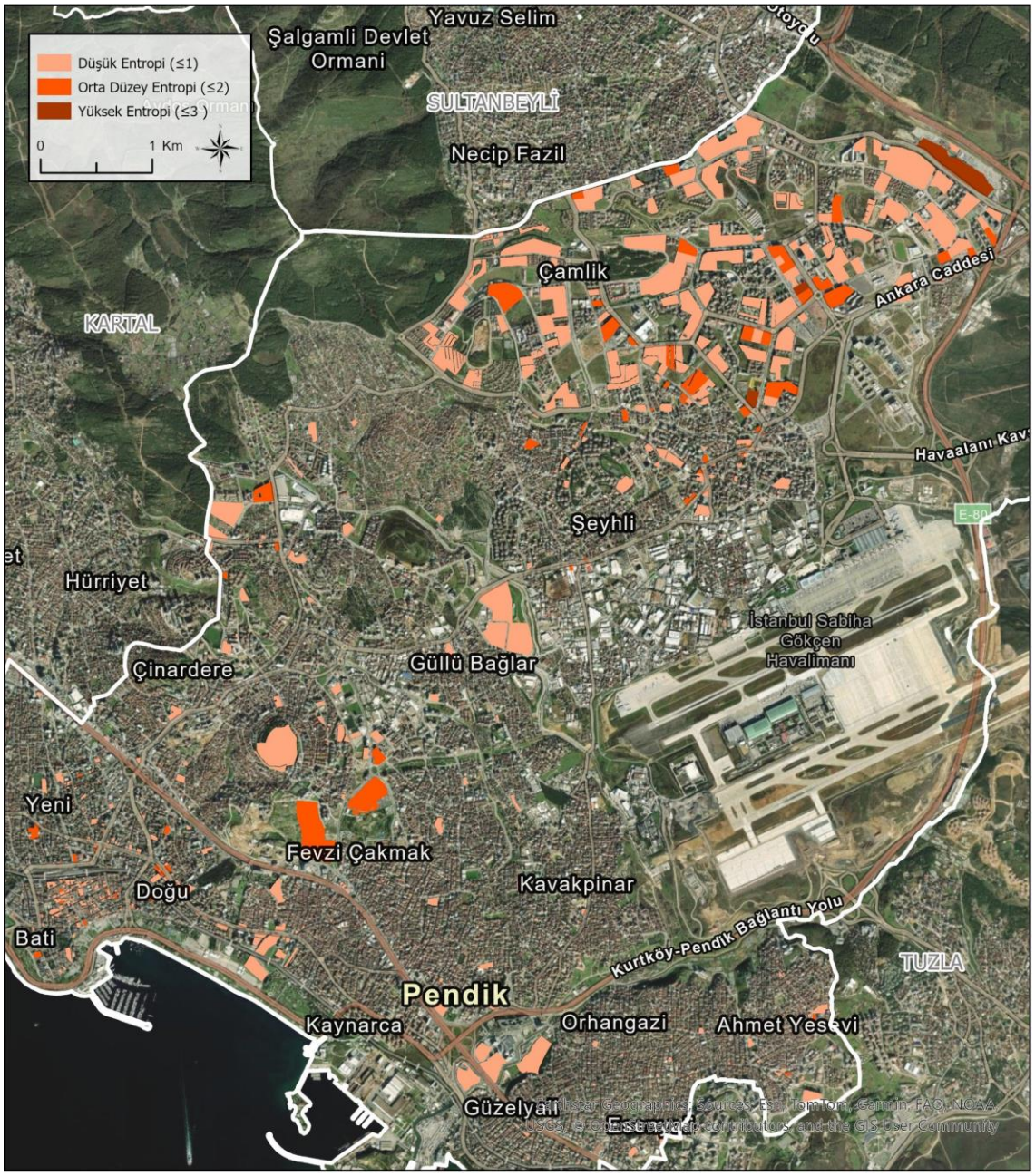
Pendik İlçesi

Pendik, İstanbul'un doğusunda, Marmara Denizi kıyısında yer alan; Sabiha Gökçen Havalimanı, Tersane Bölgesi, Pendik Marina ve liman tesisleri gibi stratejik odakların etkisiyle gelişen çok merkezli bir ilçedir (Şekil 51). İlçe, sanayi, ticaret, lojistik, sağlık ve eğitim fonksiyonlarının birlikte yer aldığı, E-80 (TEM) bağlantısı, D-100 Karayolu ve Ankara Caddesi aksları boyunca şekillenen güçlü bir mekânsal örgüye sahiptir. İlçede ortalama entropi değeri 0,97 olup (Tablo 52), bu değer orta düzeyde fonksiyonel çeşitliliğe işaret etmektedir.

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropy
Sülüntepe	10	1,21	1,58	1,00
Kurtköy	47	1,13	1,92	0,54
Şeyhli	9	1,11	1,58	0,92
Yeni	19	1,08	1,58	0,65
Doğu	67	1,06	2,06	0,81
Bahçelievler	30	1,05	1,58	0,81
Çınardere	8	1,05	1,58	0,81
Batı	104	1,03	1,84	0,72
Fevzi Çakmak	13	1,02	1,33	0,81
Ahmet Yesevi	38	1,02	1,50	0,65
Fatih	7	1,00	1,00	1,00
Sapan Bağları	3	1,00	1,00	1,00
Harmandere	18	1,00	1,89	0,41
Orhangazi	6	0,99	1,00	0,92
Orta	3	0,97	1,00	0,92
Kavakpınar	8	0,97	1,00	0,92
Velibaba	30	0,97	1,57	0,59
Güzelyalı	14	0,96	1,00	0,57
Yeşilbağlar	2	0,96	1,00	0,92
Kaynarca	26	0,95	1,00	0,72
Esenyalı	7	0,95	1,00	0,81
Çamçeşme	9	0,93	1,00	0,72
Yenişehir	111	0,90	2,20	0,10
Esenler	4	0,89	1,00	0,72
Dumlupınar	6	0,87	1,00	0,59
Güllü Bağlar	6	0,87	1,00	0,65
Ertuğrul Gazi	2	0,81	0,81	0,81
Yayalar	2	0,75	0,92	0,59
Çamlık	50	0,70	1,52	0,10

Tablo 52: Pendik İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 51: Pendik İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Sülüntepe, Kurtköy, Şeyhli ve Doğu mahallelerinde belirginleşmektedir. Buna karşın Fevzi Çakmak, Batı ve Çınardere gibi sahil mahallelerinde de karma fonksiyonlu bir yapı gözlenmektedir. Genel olarak ilçenin kuzeyinde sanayi ve havalimanı etkisiyle gelişen karma kullanım, güneyde ise konut, ticaret ve rekreasyon ağırlıklı bir yapı hâkimdir.

Sülüntepe (max 1,58) ve Kurtköy (max 1,92) mahalleleri, entropi değerlerinin 1,00–1,58 ve 0,54–1,92 aralığında değiştiği, Pendik'in en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip

alanlarını oluşturmaktadır. Sülüntepe Mahallesi, Mevlana ve Safa Caddeleri çevresinde ticaret, eğlence–spor, eğitim ve kamusal işlevlerin yoğunlaştığı bir merkezdir. Kurtköy Mahallesi, Ankara ve Orhanlı Caddeleri boyunca barınma, ticaret, yeme–içme ve ofis işlevlerinin yer aldığı; Sabiha Gökçen Havalimanı'na erişimi sağlayan kuzey ticaret aksının merkezinde konumlanmıştır. Bu iki mahalle, E-80 otoyoluna yakınlıkları ve havacılık–lojistik sektörüyle ilişkili karma gelişimleriyle, ilçenin dinamik alanlarını temsil etmektedir.

Şeyhli (max 1,58), Yeni (max 1,58), Doğu (max 2,06), Bahçelievler (max 1,58) ve Çınardere (max 1,58) mahallelerinde entropi değerleri 0,65–2,06 aralığında değişmekte olup, bu mahalleler orta düzey fonksiyonel çeşitliliğe sahiptir. Şeyhli Mahallesi, Ankara Caddesi çevresinde barınma, ticaret, yeme–içme ve sağlık işlevlerinin bir arada bulunduğu bir yerleşimdir. Yeni Mahalle, Plevne ve Şehit Fethi Caddeleri boyunca konut–ticaret dengesiyle öne çıkar. Doğu Mahallesi, Hatboyu Caddesi çevresinde barınma, ticaret, eğitim ve yeme–içme fonksiyonlarının iç içe geçtiği; Pendik Tren İstasyonu, Tersane ve D-100 aksına yakın konumuyla karma fonksiyonlu bir merkez niteliğindedir.

Bahçelievler ve Çınardere mahallelerinde Mostar Bulvarı, Adnan Menderes ve Ayazma Caddeleri boyunca sağlık, barınma ve ticaret kullanımları belirginleşmekte; bu alanlar Esenyalı ve sahil bağlantı yolları üzerinden Pendik merkezine bütünleşmektedir. Batı (max 1,84), Fevzi Çakmak (max 1,33) ve Ahmet Yesevi (max 1,50) mahallelerinde entropi değerleri 0,65–1,50 aralığında değişmekte olup, bu mahalleler düşük fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanlardır. Batı Mahallesi, Pendik Marina ve Sahil Yolu boyunca uzanan, barınma ve sağlık işlevlerinin baskın olduğu kıyı konut dokusuna sahiptir. Fevzi Çakmak Mahallesi, Cemal Gürsel Caddesi çevresinde barınma, sağlık ve eğitim birimlerinin yoğunlaştığı bir sahadır. Ahmet Yesevi Mahallesi, Mehmet Akif Ersoy ve Hürriyet Caddeleri çevresinde kamu, sosyal tesis ve spor alanlarıyla sınırlı fonksiyonel karma bir yapı sergilemektedir.

Harmandere (max 1,89), Velibaba (max 1,57), Yeşilbağlar (max 1,00), Kaynarca (max 1,00), Esenyalı (max 1,00), Çamçeşme (max 1,00) ve Yenişehir (max 2,20) mahallelerinde entropi değerleri 0,10–2,20 aralığında değişmekte olup, fonksiyonel çeşitlilik düşük–orta düzeydedir. Bu mahallelerde barınma kullanımı baskın, ticaret, sağlık ve ofis birimleri ise D-100 Karayolu, TEM bağlantıları ve Ankara Caddesi

çevresinde sınırlı biçimde yoğunlaşmıştır. Özellikle Yenişehir Mahallesi, Sabiha Gökçen Havalimanı ve Teknopark İstanbul çevresindeki lojistik–teknoloji–konut etkileşimiyle, şehrin kuzey yönlü büyüme odaklarından biri hâline gelmiştir.

Pendik'in fonksiyonel yapısı, genel olarak kuzeyde sanayi ve lojistik temelli karma alanlar, merkezde ulaşım akslarıyla bütünleşmiş hizmet ve ticaret alanları, güneyde ise sahil boyunca uzanan konut–ticaret–rekreasyon dokusu biçiminde üç katmanlı bir mekânsal örgütlenme sergilemektedir. Bu yapı, E-80 – D-100 – Turgut Özal Bulvarı eksenleri boyunca gelişen fonksiyonel çeşitliliğin, ilçenin çok merkezli mekânsal kimliğini tanımlayan ana bileşen olduğunu göstermektedir.

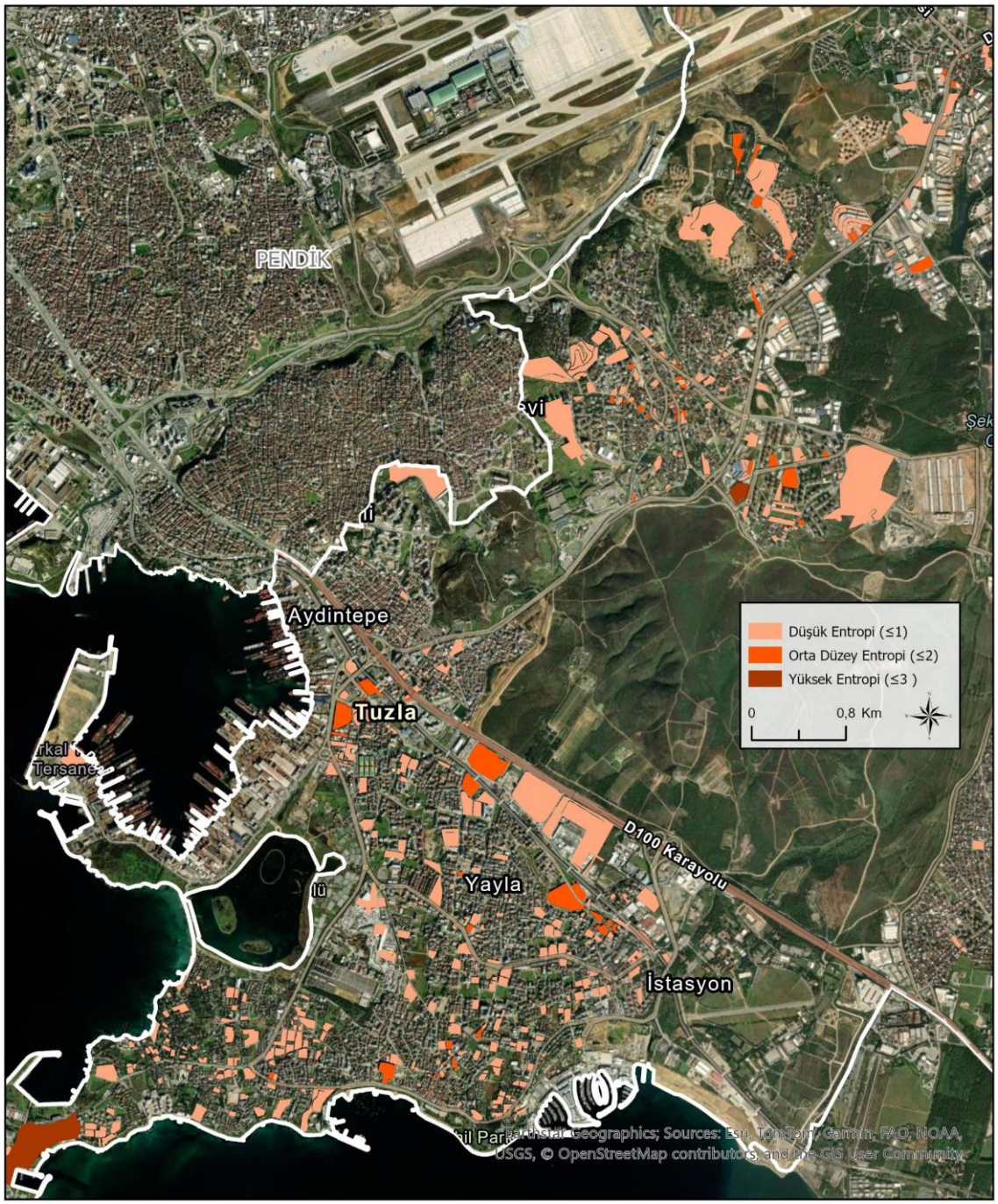
Tuzla İlçesi

Tuzla, İstanbul'un en doğusunda, Marmara Denizi kıyısında yer alan; Tersaneler Bölgesi, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Tuzla Kampüsü ve organize sanayi alanları gibi işlevlerle öne çıkan bir ilçedir (Şekil 52). İlçede ortalama entropi değeri 0,94 olup (Tablo 53), bu durum düşük düzeyde fonksiyonel çeşitliliğe işaret etmektedir..

Mahalle Adı	Parsel Sayısı	Ortalama Entropi	Maksimum Entropi	Minimum Entropy
Mescit	22	1,06	1,69	0,65
Aydıntepe	21	1,02	1,58	0,65
İçmeler	29	1,02	1,84	0,72
Aydınlı	165	1,02	2,41	0,39
Akfırat	1	1,00	1,00	1,00
Mimar Sinan	7	0,98	1,46	0,59
Tepeören	9	0,96	1,00	0,92
Şifa	7	0,96	1,00	0,81
Orhanlı	25	0,93	1,52	0,50
Evliya Çelebi	34	0,91	1,58	0,47
İstasyon	53	0,90	1,84	0,39
Yayla	42	0,89	1,66	0,39
Cami	69	0,89	1,58	0,47
Postane	177	0,88	2,01	0,21
Orta	1	0,81	0,81	0,81

Tablo 53: Tuzla İlçesi Mahalle Bazında Entropi İstatistikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 52: Tuzla İlçesinde Fonksiyonel Çeşitlilik ve Entropi Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fonksiyonel çeşitlilik özellikle Aydınlı, İçmeler, Aydıntepe ve Mescit mahallelerinde belirginleşmekte; Orhanlı, Şifa ve Mimar Sinan gibi mahallelerde ise konut ve sanayi kullanımlarının dengelendiği karma yapılar görülmektedir. İlçenin doğu kesiminde sanayi ve lojistik ağırlıklı fonksiyonlar, batı kesiminde (Tuzla Marina – İçmeler hattı) ise eğlence-spor, ticaret ve konut işlevleri öne çıkmaktadır.

Aydınlı (max 2,41), İçmeler (max 1,84) ve Mescit (max 1,69) mahalleleri, entropi değerlerinin 0,39–2,41 aralığında değiştiği, ilçenin en yüksek fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanlarını oluşturmaktadır. Aydınlı Mahallesi, Melek Aras Bulvarı ve çevresinde yer alan sanayi tesisleri, ticaret alanları ve depo fonksiyonlarıyla güçlü bir karma kullanım sunmaktadır. İçmeler Mahallesi, D-100 Karayolu ve Ankara Caddesi çevresinde barınma, sağlık ve ticaret işlevlerinin iç içe geçtiği bir doku sunmaktadır. Mescit Mahallesi, Demokrasi ve Turgut Özal Caddeleri boyunca ticaret ve sanayi birimlerinin yoğunlaştığı, Tuzla merkezinin kuzey ticaret koridorunu temsil etmektedir.

Aydıntepe (max 1,58) ve Mimar Sinan (max 1,46) mahallelerinde entropi değerleri 0,59–1,58 aralığında değişmekte olup, bu mahalleler orta düzey fonksiyonel çeşitliliğe sahip alanlardır. Aydıntepe Mahallesi, 100. Yıl Caddesi ve Sahil Yolu Bulvarı çevresinde barınma ve sağlık işlevlerinin yer aldığı, sahil aksıyla bütünleşmiş konut–eğitim alanı ve sosyal saha niteliğindedir.

Orhanlı (max 1,52), Şifa (max 1,00), Tepeören (max 1,00) ve Evliya Çelebi (max 1,58) mahallelerinde entropi değerleri 0,47–1,58 aralığında değişmekte olup, bu alanlar düşük–orta düzey fonksiyonel çeşitliliğe sahip mahallelerdir. Orhanlı Mahallesi, Demokrasi Caddesi çevresinde sanayi ve ticaret işlevlerinin egemen olduğu bir merkez niteliğindedir. Şifa Mahallesi, Akkavak ve Hürriyet Caddeleri boyunca barınma ve ticaret kullanımlarının iç içe geçtiği bir geçiş bölgesi oluşturmaktadır. Tepeören Mahallesi, Süleymaniye Bulvarı çevresinde barınma ve sanayi alanlarının bulunduğu gelişim alanıdır. Evliya Çelebi Mahallesi ise Rauf Orbay ve Hatboyu Caddeleri boyunca sanayi ve ticaret birimlerinin yoğunlaştığı, kuzey sanayi kuşağını temsil etmektedir.

Postane (max 2,01), Yayla (max 1,66), Cami (max 1,58) ve İstasyon (max 1,84) mahallelerinde entropi değerleri 0,21–2,01 aralığında değişmekte olup, bu mahalleler sahil hattı boyunca gelişen karma kullanımlı yerleşimlerdir. Postane Mahallesi, Tuzla Marina ve Sahil Yolu çevresinde ticaret, yeme–içme ve turizm birimlerinin yoğunlaştığı, denizle etkileşimli bir çekim merkezi niteliğindedir. Yayla ve Cami mahallelerinde barınma ile birlikte küçük ölçekli ticaret ve eğitim işlevleri yer almakta; İstasyon Mahallesi ise Hatboyu Caddesi boyunca uzanan ulaşım–ticaret odaklı yapılaşma ile Tuzla Merkez Bölgesi'nin batı uzantısını oluşturmaktadır.

Tuzla'nın fonksiyonel yapısı genel olarak doğuda sanayi ve lojistik odaklı, merkezde karma konut–ticaret, batıda ise sahil boyunca rekreasyon ve turizm temelli bir mekânsal

örgütlenme sergilemektedir. Bu durum, Melek Aras Bulvarı – D-100 Karayolu – Sahil Yolu eksenleri boyunca gelişen fonksiyonel çeşitliliğin, ilçenin hem sanayi hem de ticaret kimliğini birlikte şekillendirmektedir.

5.2. Kümeleme Analizi Sonuçları

Analiz sürecinde, karma fonksiyonlu parseller ayrıştırıldıktan sonra kalan tekil POI verileri üzerinde DBSCAN tabanlı kümeleme yöntemi uygulanmış ve her bir fonksiyon tipi için mekânsal kümelenme alanları belirlenmiştir. Bu kümeler, şehirdeki fonksiyonel yoğunlaşma alanlarını temsil etmekte olup, parsel düzeyinde hem şehirdeki fonksiyonların dağılışını anlamak hem de hâkim fonksiyonlu parsellerin belirlenmesi sürecinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Yapılan kümeleme analizi sonucunda elde edilen bulgular Tablo 54'te gösterilmektedir.

FONKSIYON TIPI	KÜME SAYISI
Ticaret Fonksiyonu	424
Eğitim Fonksiyonu	314
Barınma Fonksiyonu	241
Eğlence Spor Fonksiyonu	239
İnanç Fonksiyonu	173
Sanayi Fonksiyonu	129
Kamu Hizmetleri Fonksiyonu	104
Sağlık Fonksiyonu	81
Yeme-İçme Fonksiyonu	49
Finans Fonksiyonu	24
Konaklama Fonksiyonu	13
Turizm Fonksiyonu	11

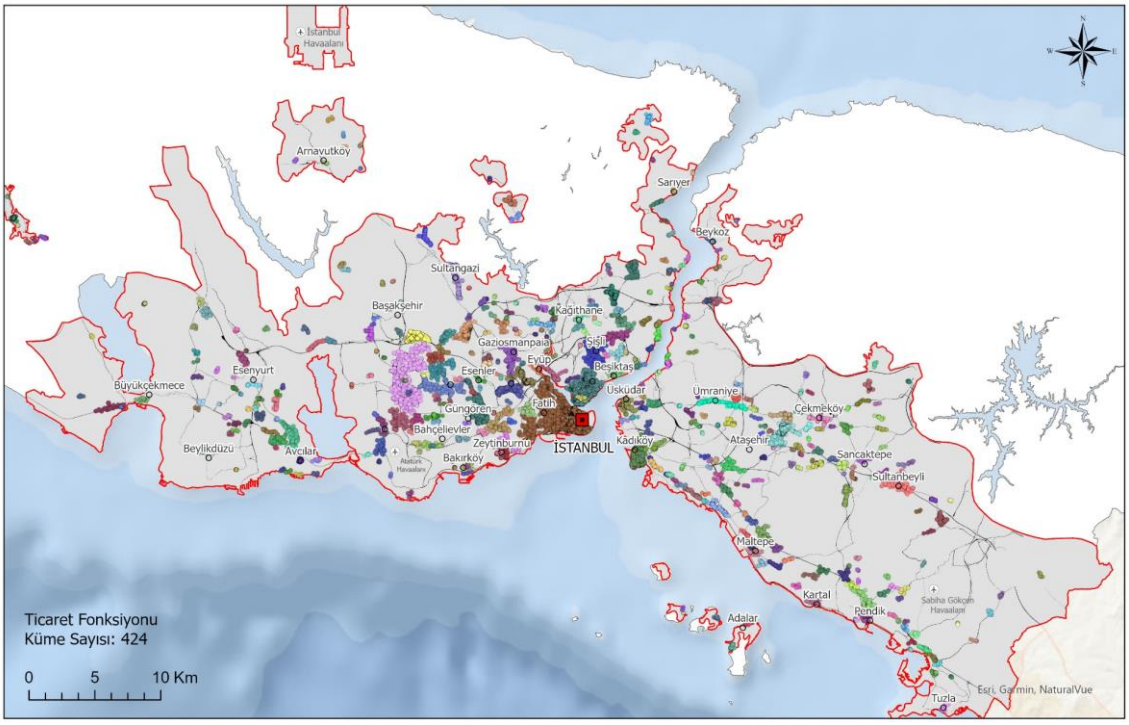
Tablo 54: İstanbul'un Fonksiyon Tabanlı Toplam Küme Sayıları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Ticaret Fonksiyonunun Kümelenmesi

İstanbul'da ticaret fonksiyonuna ait POI kümelerinin mekânsal dağılışı Şekil 53'de verilmiştir. 424 küme sayısı ile en fazla kümenin ticaret fonksiyonunda tespit edilmiş olması İstanbul'un ekonomik yapısının temel belirleyicisinin ticaret olduğunu ve şehrin mekânsal gelişimini doğrudan bu işlevin yönlendirdiğini ortaya koymaktadır. Görüldüğü üzere ticari işlevler, şehrin tarihsel gelişim aksları boyunca, son yıllarda gelişen AVM,

plaza ve ofis gibi iş alanlarının çevresinde ve turistik merkezlerde yoğunlaşan bir doku sergilemektedir. Bu fonksiyon İstanbul'un bütününe yayılmış ancak belirli koridorlar boyunca yoğunlaşan bir örüntüye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 53: İstanbul'da Ticaret Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Avrupa yakasında ticaret alanlarının mekânsal örgütlenmesi, öncelikle şehrin tarihsel çekirdeğinde en yoğun hale gelmektedir. Fatih, Beyazıt, Eminönü, Laleli ve Aksaray çevresi, Osmanlı döneminden bu yana ticaretin merkezi konumundadır. Bu alanlarda ticaret, yeme-içme alanları ve inanç ve kültür turizmi çoğunlukla bir arada bulunmaktadır. Mahalle ölçeğinde çeşitli parseller üzerinde yoğun bir karma kullanım örüntüsünün yanında bu alanda hâkim fonksiyonun ticaret olduğu görülmektedir. Benzer biçimde Beyoğlu, Şişli ve Beşiktaş çevresinde, özellikle Halaskargazi, Cumhuriyet ve Büyükdere Caddeleri boyunca gelişen modern ticaret koridorları, şehrin batı yönlü büyümesini desteklemiştir. Bu aks, zaman içinde Mecidiyeköy–Levent–Maslak yönünde uzanarak, ticari sektörlerinin odaklandığı yeni bir merkez oluşturmuştur.

Anadolu yakasında ise ticari kümelenmeler daha çok Kadıköy, Üsküdar, Ataşehir ve Ümraniye çevresinde yoğunlaşmıştır. Kadıköy, özellikle Söğütlüçeşme–Bahariye–Moda aksında, küçük ölçekli perakende, yeme-içme ve kültürel işlevlerin bir araya geldiği ticari merkez özelliği taşırken; Ataşehir ve Ümraniye, yeni ofis alanları ve finans merkezleriyle

birlikte planlı, yüksek yoğunluklu ticari gelişmelerin örneklerini sunmaktadır. Bu yapı, İstanbul'un doğu yakasında fonksiyonel olarak daha organize ve planlı bir ticari dokunun oluştuğunu göstermektedir.

Şehrin iki yakasında ticari kümelerin belirginleştiği bir diğer alan ise ana ulaşım koridorlarıdır. E-5 (D100) Karayolu boyunca uzanan Avcılar, Bakırköy, Merter, Zeytinburnu, Şişli ve Kadıköy hattı, ticaret fonksiyonunun en süreklilik gösteren aksıdır. Bu hat, hem eski sanayi bölgelerini hem de yeni hizmet merkezlerini birbirine bağlayarak mekânsal süreklilik sağlar. Benzer biçimde TEM Otoyolu (O-2) boyunca uzanan Başakşehir–İkitelli–Kağıthane–Ümraniye hattı, lojistik, sanayi ve ofis işlevlerinin iç içe geçtiği yeni bir ticaret kuşağını tanımlar. Bu iki ana eksen, şehrin ticari faaliyetlerinin yönelimini ve yayılma biçimini belirleyen mekânsal omurgalardır.

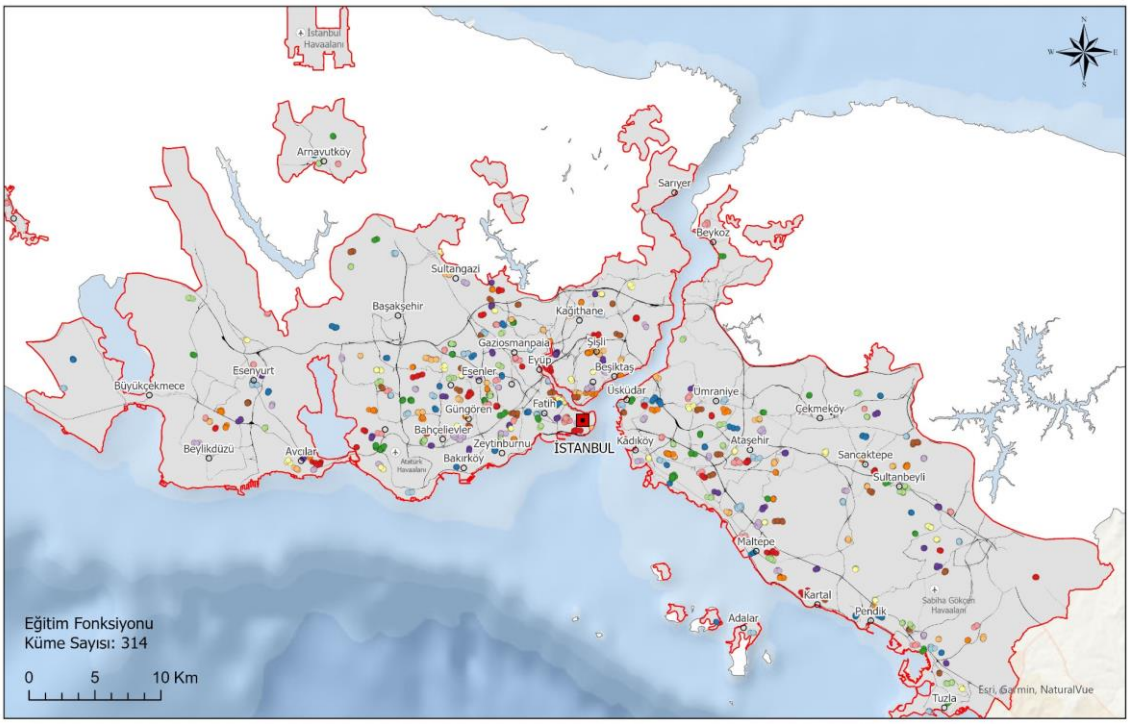
İstanbul'un çevre ilçelerinde (Beylikdüzü, Avcılar, Kartal, Pendik, Tuzla) gözlenen ticaret kümeleri, daha çok yerleşim merkezlerinde öne çıkmaktadır. Bu durum, şehrin büyümesiyle birlikte ticari fonksiyonun merkezden çevreye doğru kaydığını, fonksiyonel çeşitliliğin ise ulaşım hatları ve planlı konut bölgeleri çevresinde yeniden şekillendiğini göstermektedir. Özellikle TEM ve D100 karayollarının kesişim noktaları, bu tür ikincil ticaret merkezlerinin ortaya çıkışında belirleyici rol oynamaktadır.

Eğitim Fonksiyonunun Kümelenmesi

İstanbul genelinde eğitim fonksiyonuna ait POI kümelerinin mekânsal dağılımı Şekil 54'te verilmiştir. 314 küme sayısı ile ticaret fonksiyonundan sonra en fazla kümelenmenin gerçekleştiği ikinci fonksiyonu temsil etmektedir. Bu durum, İstanbul'un yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda bilgi ve kültür odaklı bir şehir kimliği kazandığını göstermektedir. Eğitim faaliyetlerinin şehir genelinde yaygın biçimde görülmesi, İstanbul'un mekânsal gelişiminde bilgi üretimi ve insan sermayesinin önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Eğitim kümeleri, İstanbul'un her iki yakasında da belirgin biçimde yoğunlaşmaktadır. Avrupa yakasında Fatih, Beyoğlu ve Şişli çevresi; İstanbul Üniversitesi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi ve İstanbul Teknik Üniversitesi gibi köklü kurumların etkisiyle şehrin en eski ve köklü eğitim merkezini oluşturmaktadır. Bu bölgelerde eğitim faaliyetleri tarihsel sürekliliğe sahip olup, çevresindeki sosyal ve kültürel yaşamı da biçimlendirmektedir.

Benzer biçimde Bakırköy-Büyükçekmece hattı boyunca İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul Üniversitesi Avcılar Yerleşkesi, Gelişim, Esenyurt ve Beykent Üniversiteleri'nin etkisiyle batıya doğru bir eğitim kuşağı ortaya çıkarmıştır. Bu durum, İstanbul'un mekânsal büyümesinin doğu-batı yönlü karakteriyle uyumlu olarak, eğitim fonksiyonlarının da ulaşım ve yerleşim dinamikleriyle paralel biçimde yayılım gösterdiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 54: İstanbul'da Eğitim Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Avrupa yakasının daha kuzey kesiminde, Eyüpsultan-Sarıyer hattı boyunca uzanan bölge, son yıllarda yükseköğretim kurumlarının artışıyla birlikte yoğun bir eğitim kuşağı haline gelmiştir. Bu kuşak içinde İstanbul Bilgi Üniversitesi (Haliç ve Santralistanbul Kampüsleri), Haliç Üniversitesi (Sütlüce ve Kağıthane yerleşkeleri), Atlas Üniversitesi (Kağıthane), İstinye Üniversitesi (Maslak) ve Nişantaşı Üniversitesi (Maslak–Sadabad çevresi) gibi kurumlar dikkat çekmektedir. Bu üniversiteler, İstanbul'un kuzeyinde hem eğitim hem de kültür odaklı yeni çekim merkezleri oluşturmaktadır. Özellikle Kağıthane, Ayazağa ve Maslak çevresi, son on yılda hızla gelişen ulaşım altyapısı (metro hatları, tünel bağlantıları ve otoyol kavşakları) sayesinde eğitim kurumlarının tercih ettiği geniş kullanımlı alanlardan meydana gelmektedir.

Anadolu yakasında ise Kadıköy, Üsküdar ve Ataşehir ön plana çıkmaktadır. Marmara Üniversitesi, Üsküdar Üniversitesi ve çeşitli özel okulların varlığı, bu ilçeleri yükseköğretim ve ortaöğretim açısından önemli birer eğitim odağı haline getirmiştir. Bu alanlarda son yıllarda açılan kampüsler, İstanbul'un doğu yakasında da yoğun bir eğitim koridoru oluşumuna zemin hazırlamıştır.

Daha doğuya gidildikçe Maltepe, Kartal ve Pendik ilçelerinde de eğitim fonksiyonunun genişlediği görülmektedir. Maltepe Üniversitesi, Gedik Üniversitesi Tuzla Yerleşkesi ve Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kartal Kampüsü gibi yükseköğretim kurumlarının yanı sıra, özel okullar ve Anadolu liseleriyle desteklenen yeni eğitim alanları oluşmuştur. Son yıllarda hızla artan özel okul ve kolej yatırımları, bir yandan eğitim fonksiyonunu ekonomik olarak güçlendirmiş; öte yandan eğitim hizmetlerinin ticarileşmesi yönünde bir eğilimi beraberinde getirmiştir. İlk ve ortaöğretim düzeyinde artan özel okul yoğunluğu, devlet okullarının kapasite sorunlarını görünür kılmakta ve bölgede sosyo-ekonomik gruplar arasındaki eğitim erişim uçurumunu büyütmektedir.

İstanbul'un hem Avrupa hem Anadolu yakasında eğitim fonksiyonları güçlü bir biçimde yoğunlaşmış olsa da bu yapı mekânsal ve işlevsel dengesizlikler taşımaktadır. Kadıköy'den Pendik'e uzanan doğu aksında ve Beyoğlu–Şişli–Kağıthane–Sarıyer hattında nitelikli, erişilebilir ve eğitim alanları gelişirken çevre ilçelerde kamusal eğitim altyapısının zayıf, ulaşım olanaklarının daha sınırlı olduğu görülmektedir.

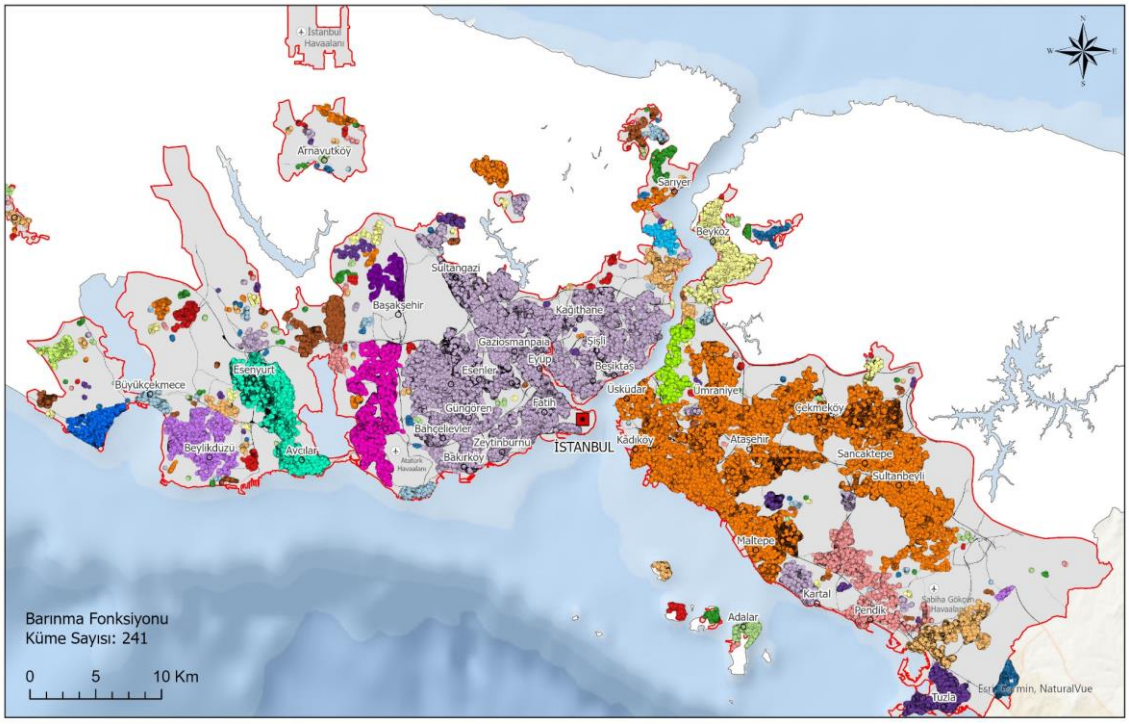
Her iki yakada da yüksek eğitim kurumlarının toplandığı bölgeler, yüksek erişilebilirlik avantajına rağmen kalabalık ve yoğun trafik nedeniyle erişim problemlemleriyle karşı karşıyadır. Bu durum, eğitim yatırımlarının belli merkezlerde birikmesine ve şehir genelinde eşit erişim ilkesinin zayıflamasına yol açmaktadır. Dolayısıyla İstanbul'un eğitim fonksiyonu kapsamında, geleceğe dönük olarak daha dengeli bir mekânsal planlama ve kamusal yatırım anlaşıyının benimsenmesi gerekmektedir.

Barınma Fonksiyonunun Kümelenmesi

İstanbul genelinde barınma fonksiyonuna ait 241 kümenin mekânsal dağılımı Şekil 55'de verilmektedir. Kümelenme sonuçları, barınma işlevinin şehrin hem Avrupa hem de Anadolu yakasında geniş bir mekânsal yayılım gösterdiğini ve İstanbul'un en baskın fonksiyonlarından birini oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Barınma kümeleri, yerleşim

alanlarının tarihsel gelişim yönlerini, nüfus artış hızını ve planlı–plansız yapılaşma farklılıklarını açık biçimde yansıtmaktadır.

Küme sayısının diğer fonksiyonlara göre azalış göstermesi, daha yoğun ve sürekli yerleşim birimlerinin ortaya çıktığını kanıtlar niteliktedir. Bu durum, konut alanlarının parçalı bir dağılımdan çıkarak geniş, bütünleşik yerleşim yüzeylerine dönüştüğünü ve İstanbul'un mekânsal büyümesinde barınma işlevinin belirleyici rolünü pekiştirdiğini göstermektedir.



Şekil 55: İstanbul'da Barınma Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Avrupa yakasında Fatih, Esenler, Bağcılar, Güngören, Esenyurt, Bahçelievler, Gaziosmanpaşa, Kağıthane, Şişli ve Sultangazi'de süreklilik gösteren fonksiyon dokusu ortaya çıkmıştır. Bu bölgeler, İstanbul'un geleneksel konut dokusunun görüldüğü, hızlı nüfus artışı ve kitlesel konut gelişmesinin en yoğun yaşandığı alanlardır. Bu ilçelerin çeşitli mahallelerinde büyük ölçekli toplu konut projeleri, kooperatif yerleşimleri ve özel sektör eliyle sonradan geliştirilmiş daha planlı genişleme alanları da yer almaktadır. Bu bölgelerdeki konut kümeleri, ulaşım koridorları (E-5 ve TEM) boyunca sıralanmakta; şehirsel genişlemenin ulaşım koridorları boyunca ilerlediğini göstermektedir.

Avrupa yakasında barınma fonksiyonu yalnızca yoğunlukla değil, yerleşim biçimlerinin çeşitliliğiyle de dikkat çekmektedir. Daha planlı konut yerleşimleri, mevcut boşlukların

doldurulması, batı ve kuzey batı yönünde ortaya çıkmaktadır. Bu planlı konut dokuları en belirgin biçimde Beylikdüzü, Esenyurt, Avcılar, Küçükçekmece ve Büyükçekmece ilçelerinin kuzeyinde ve Başakşehir'in neredeyse tamamında görülmektedir. 2000'li yıllardan beri hızla inşa edilen site tarzı yerleşmeler; geniş yeşil alanlara, otoparklara ve içe dönük yaşam alanlarına sahiptir. Bu bölgeler, yüksek nüfus yoğunluğuna rağmen planlı parsel düzenleri, yolları ve donatı alanlarıyla şehir merkezine alternatif yaşam alanları haline gelmiştir.

Boğaz çevresi ve sahil akslarında, özellikle Beşiktaş, Sarıyer, Üsküdar ve Kadıköy çevresinde barınma kümeleri daha seyrek ve parçalı bir biçimde dağılmıştır. Bu seyrekliğin nedeni, bölgedeki yüksek arsa değerleri, kentsel donatı yoğunluğu ve ticari fonksiyonların baskınlığıdır. Bu alanlar, düşük yoğunluklu konut alanları ile kültürel ve hizmet fonksiyonlarının iç içe geçtiği karma kullanımlı yarı-yerleşim bölgeleri özelliği taşımaktadır. Kuzeye gidildikçe barınma fonksiyonu yerini düşük yoğunluklu, villa tipi ve müstakil konut yerleşimlerine bırakmaktadır.

Anadolu yakasında Üsküdar'dan başlayarak sahil ve D100 karayolu hattı boyunca Maltepe'ye kadar ve E80 otoyolu boyunca Sultanbeyli'ye kadar sürekli bir konut dokusu ortaya çıkmıştır. Bunun yanında Üsküdar'ın kuzeyi, Beykoz, Pendik, Kartal, Tuzla ayrı ancak yoğun barınma kümeleri halinde dağılış göstermektedir.

Anadolu yakasında Ümraniye, Çekmeköy ve Ataşehir çevresinde yoğun barınma kümeleri göze çarpmaktadır. Bu ilçeler, 2000'li yıllardan sonra gerçekleşen planlı konut projeleriyle yüksek yoğunluklu ve modern konut alanları haline gelmiştir. Özellikle Ataşehir hem konut hem hizmet sektörünü bir arada barındıran yeni nesil bir merkezî yerleşim alanı olarak öne çıkmaktadır.

Doğu yönünde Sancaktepe, Sultanbeyli, Pendik, Kartal ve Tuzla ekseninde bir yandan planlı konut alanlarını, diğer yandan kırsal kökenli dönüşüm mahallelerini göze çarpmaktadır. Sancaktepe ve Sultanbeyli'de plansız gelişim alanları ile organize konut siteleri birbirine sınır oluşturmaktadır. Kartal ve Pendik çevresi ise sanayi sonrası dönüşümle birlikte, konut fonksiyonunun hızla baskın hale geldiği alanlardır. Bu eksende kümelenme, orman alanları ve sanayi bölgeleriyle doğal bir biçimde sınırlandırılmıştır. Kuzeyde Aydos Ormanı, güneyde sahil bandı bu sınırlayıcı unsurların başında gelmektedir.

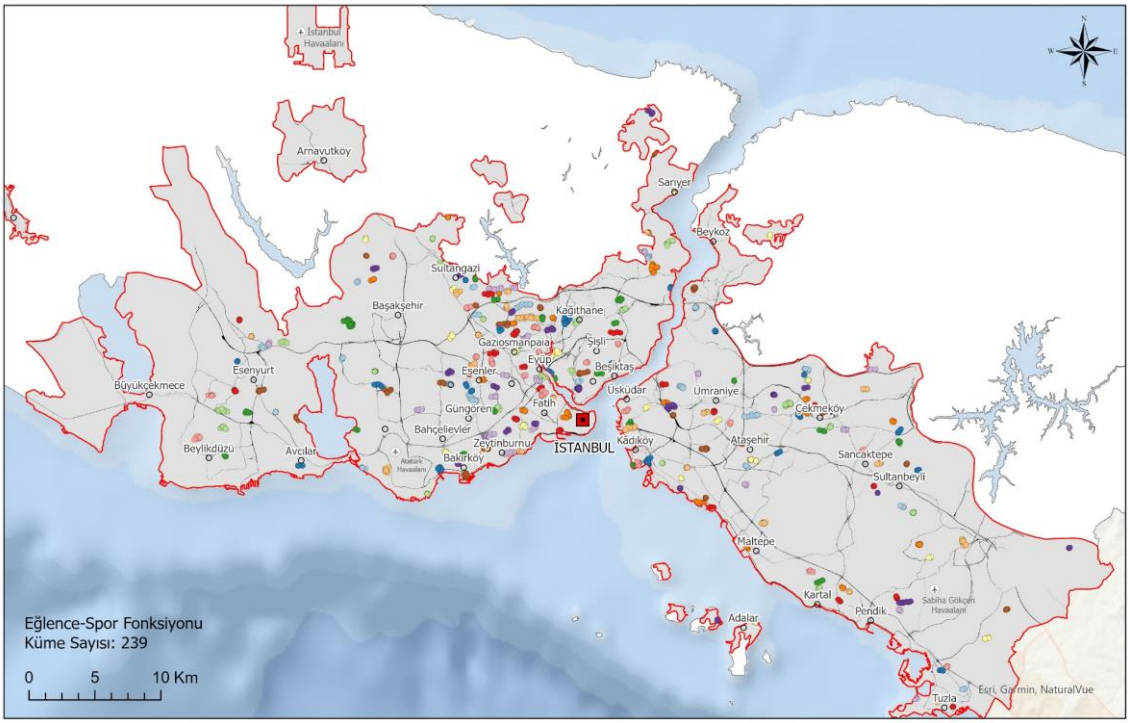
Şehrin her iki yakasında gözlenen barınma sürekliliği ve yoğun yapılaşma, yeşil alanlar ile doğal çevre üzerinde artan bir baskı oluşturmaktadır. Bu yoğunluk, aynı zamanda ulaşım altyapısına aşırı yük bindirmekte ve şehirdeki trafik, erişilebilirlik ve altyapı kapasitesi sorunlarını derinleştirmektedir. Elde edilen bulgular, şehirsel planlama sürecinde ulaşım, yeşil alan ve sosyal donatı dengelerinin yeniden değerlendirilmesi ve daha bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Günümüzde özellikle büyük sanayi tesislerinin, yoğun konut dokusunun ortasında kalması, arazi kullanım dengesinin bozulduğunu ve mekânsal uyumsuzlukların ortaya çıktığını göstermektedir. Bu durum hem çevresel hem de yaşam kalitesi açısından yeni planlama sorunları yaratmaktadır. Dolayısıyla, kentsel dönüşüm süreçlerinin planlı, çevreyle uyumlu ve şehir taşıma kapasitesini aşmayacak biçimde yönlendirilmesi, İstanbul'un gelecekteki sürdürülebilir gelişimi açısından büyük önem taşımaktadır.

Eğlence-Spor Fonksiyonunun Kümelenmesi

İstanbul'da eğlence–spor fonksiyonuna ait 239 kümenin mekânsal dağılımı Şekil 56'da verilmektedir. Bu kümeler; mahalle ölçeğindeki park ve spor sahalarından, ilçe ölçeğindeki rekreasyon alanları, yeşil kuşak parkları ve büyük ölçekli millet bahçelerine kadar uzanan geniş bir işlev çeşitliliğini temsil etmektedir. Eğlence–spor fonksiyonu, şehirde hem günlük yaşam kalitesini hem de sosyal etkileşimi doğrudan etkileyen bir bileşen olup, dağılımındaki farklılıklar İstanbul'daki mekânsal eşitsizlikleri gözler önüne sermektedir.

Avrupa yakasında, eğlence–spor fonksiyonu daha çok merkezî ve kıyısal alanlarda yoğunlaşmıştır. Beyoğlu, Şişli, Beşiktaş ve Fatih çevresi, tarihî rekreasyon alanlarının ve kent parklarının yoğunlaştığı bölgelerdir. Gülhane Parkı, Maçka Demokrasi Parkı, Yıldız Korusu, Dolmabahçe çevresi ve Abbasağa Parkı gibi alanlar, Avrupa yakasının geleneksel kamusal yeşil alan çekirdeklerinin en önemlileridir. Bu bölgelerdeki eğlence–spor alanları, özellikle hafta sonlarında yüksek kullanıcı yoğunluğuna sahiptir. Bununla birlikte, Bakırköy, Zeytinburnu ve Avcılar sahil hatlarında yeni oluşturulan kıyı parkları, yürüyüş yolları ve bisiklet hatları, bölgesel ölçekte önemli kamusal mekân katkıları sunmaktadır.



Şekil 56: İstanbul'da Eğlence Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bununla birlikte, Bakırköy, Zeytinburnu ve Avcılar sahil hattında son yıllarda oluşturulan kıyı parkları, yürüyüş yolları ve bisiklet hatları, bölgesel ölçekte kamusal yaşam kalitesini artıran yeni düzenlemeler olarak öne çıkmaktadır. Ancak bu gelişmeler, kıyı kesiminde rekreasyon olanaklarını güçlendirse de şehrin yoğun konut dokulu yerleşim alanlarında yaşayan nüfusun geniş ölçekli parklara erişim sorununu ortaya çıkarmaktadır.

Avrupa yakasında kuzeye doğru gidildikçe, eğlence–spor fonksiyonlarının daha geniş ve planlı yerleşim alanlarında konumlandığı dikkat çekmektedir. Özellikle Eyüpsultan, Göktürk ve Arnavutköy çevresinde yer alan Vialand eğlence kompleksi, Kemerburgaz Kent Ormanı, Yeşilpınar ve Alibeyköy rekreasyon alanları gibi büyük ölçekli tesisler, yeni gelişen yerleşim akslarıyla birlikte kuzey koridorunda yoğunlaşmıştır. Bu durum, şehrin kuzeyinde büyük ölçekli, planlı rekreasyon yatırımlarının arttığını, buna karşın güneydeki eski yerleşim alanlarında bu tür alanların yer sıkışıklığı nedeniyle sınırlı kaldığını göstermektedir.

Avrupa yakasının iç kesimlerinde mahalle parklarının görece yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Bağcılar, Esenler, Bahçelievler ve Güngören gibi yüksek nüfuslu ilçelerde küçük ölçekli parklar ve çocuk oyun alanları oldukça fazladır; ancak bu parklar genellikle alan ve donatı kapasitesi bakımından yetersiz, mahalle ölçeğini aşamayan sınırlı işlevlere

sahiptir. Bu durum, şehrin güneyindeki yoğun yerleşim bölgelerinde yeşil alan erişiminin niceliksel değil, niteliksel bir problem haline geldiğini göstermektedir.

Anadolu yakasında ise eğlence–spor alanlarının dağılımı daha dengesiz bir yapı sergilemektedir. Kadıköy–Maltepe–Kartal-Pendik sahil hattı, yürüyüş yolları, bisiklet parkurları, açık spor tesisleri ve kıyı rekreasyon düzenlemeleriyle İstanbul'un en aktif ve erişilebilir yeşil aksını oluşturur. Bu sahil bandı hem ilçe sakinlerinin hem de diğer bölgelerden gelen kullanıcıların yoğun biçimde yararlandığı bir toplumsal etkileşim mekânı niteliğindedir. Üsküdar, Ataşehir ve Ümraniye çevresinde ise mahalle parkları ve spor alanları bulunmakla birlikte, bunlar genellikle küçük ölçekli ve birbirinden uzak konumlanmıştır. Bu, Anadolu yakasında büyük ölçekli parkların sınırlı olduğunu ve mevcut parkların ise kapasitelerinin yetersizliği nedeniyle nüfusun dengeli şekilde faydalanamaması gibi sorunları ortaya çıkarmaktadır.

Çekmeköy, Sancaktepe ve Sultanbeyli çevresinde, orman kuşağına bitişik doğal rekreasyon alanları ve mesire yerleri (örneğin Aydos Ormanı, Taşdelen Mesiresi, Alemdağ çevresi) dikkat çekmektedir. Bu alanlar, doğal karakterleriyle Anadolu yakasının ekolojik değerini koruyan önemli mekânsal varlıklardır. Ancak bu alanlara erişim çoğunlukla özel araçlarla sağlanmakta, toplu taşımayla erişim süresi uzun olduğu için bu bölgeler günlük kullanım açısından sınırlı kalmaktadır.

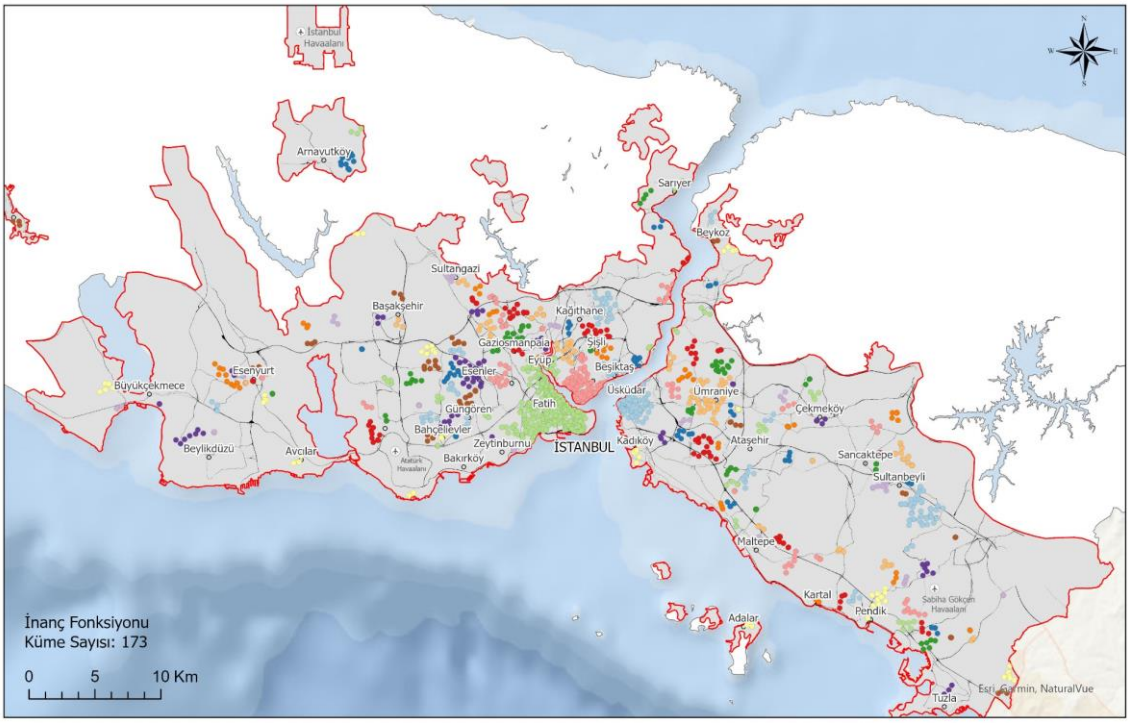
İnanç Fonksiyonunun Kümelenmesi

İstanbul'da ibadet fonksiyonuna ait 173 kümenin mekânsal dağılımı Şekil 57'de verilmektedir. Bu fonksiyon hem tarihî merkezlerde hem de yeni yerleşim alanlarında yer almakta, ancak yoğunluğu ilçelere göre farklılık göstermektedir.

En yoğun kümelenmeler Fatih, Eyüpsultan, Üsküdar, Şişli ve Beyoğlu çevresinde görülmektedir. Bu bölgelerdeki yoğunluk, cami, kilise, sinagog gibi farklı inanç yapılarının bir arada bulunmasından kaynaklanmakta ve bu alanların tarihsel birikim ile meydana gelmiştir. Özellikle Eyüpsultan Camii, Sultanahmet, Süleymaniye, Ayasofya, Nuruosmaniye ve Üsküdar Mihrimah Sultan Camii çevresindeki kümeler hem ibadet hem de sosyal etkileşim açısından güçlü merkezler oluşturmaktadır.

Buna karşın, yoğun konut bölgelerinde bölgelerinde (örneğin Esenyurt, Başakşehir, Sancaktepe, Pendik ve Tuzla gibi) inanç fonksiyonları daha dağınık yapıda olup ve tekil

fonksiyonel özellikler göstermektedir. Bu alanlardaki ibadet mekânları mahalle ölçeğinde hizmet veren, çoğunlukla yerleşimle birlikte gelişen yapılardır.



Şekil 57: İstanbul'da İnanç Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

İnanç fonksiyonlarının önemli bir bölümü de ilçe merkezlerinde karma kullanımlı alanlar içinde yer almaktadır. Özellikle mahallelerde yer alan cami, mescit ve küçük ibadet alanları, ticari ve kültürel faaliyetlerle aynı mekânsal doku içinde konumlanmıştır. Bu durum, ibadet fonksiyonunun şehir yaşamının doğal bir bileşeni olarak işlediğini göstermektedir. Genel olarak İstanbul'da inanç fonksiyonlarının dağılışı her iki yakada da dengeli, ancak merkezde yoğun bir yapı sergilemektedir.

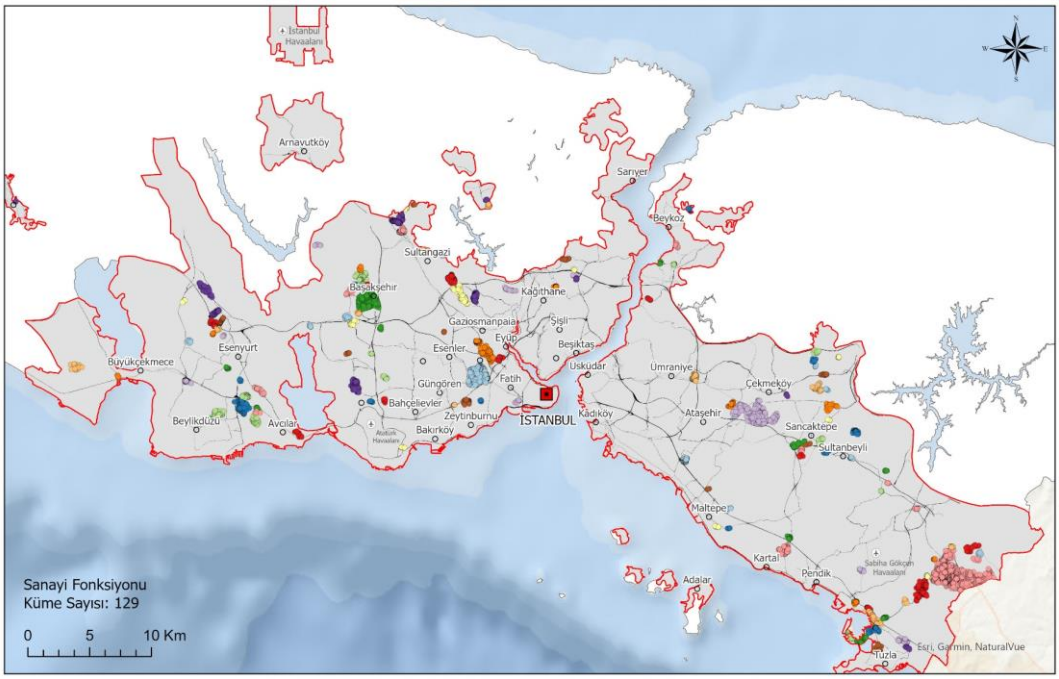
Sanayi Fonksiyonunun Kümelenmesi

İstanbul'da sanayi fonksiyonuna ait 129 kümenin mekânsal dağılımı Şekil 58'de verilmiştir. Kümeleme analizi sonuçlarına göre sanayi işlevi, şehrin hem Avrupa hem de Anadolu yakasında belirli koridorlar boyunca yoğunlaşmış, fakat şehrin merkezinde kalan eski sanayi alanlarıyla birlikte karmaşık bir mekânsal örüntü oluşturmuştur. Bu örüntü, İstanbul'un tarihsel gelişiminde sanayi işlevinin taşıdığı önemi ve günümüzde geldiği dönüşüm sürecini açık biçimde yansıtmaktadır.

İstanbul'da sanayi kümeleri, büyük ölçüde ulaşım altyapısı, limanlar ve lojistik merkezlerle ilişkili olarak şekillenmiştir. Avrupa yakasında, sanayi kümeleri ağırlıklı olarak TEM (O-3) ve D100 (E-5) otoyolları boyunca sıralanmakta; Esenyurt, Avcılar, Beylikdüzü, Başakşehir, Bağcılar, Gaziosmanpaşa ve Bayrampaşa çevresinde belirgin yoğunluk göstermektedir. Bu bölgeler, 1980'li yıllardan itibaren sanayi fonksiyonlarının yer aldığı, şehrin üretim ve depolama merkezleri olarak gelişmiş alanlardır.

Anadolu yakasında ise sanayi fonksiyonu Kartal ve Tuzla ekseninde ve Sancaktepe-Çekmeköy çevresinde yoğunlaşmaktadır. Özellikle Tuzla Organize Sanayi Bölgesi (OSB), İstanbul'daki sanayi fonksiyonlarının en büyük kümelenme merkezini oluşturmaktadır. Burada otomotiv, kimya, metal işleme ve lojistik odaklı çok sayıda tesis yer almaktadır.

Sanayi kümelerinin bu biçimde koridor odaklı dağılım göstermesi, üretim süreçlerinin büyük ölçüde ulaşım hatlarına bağımlı olduğunu ve mekânsal organizasyonun bu altyapı üzerinden biçimlendiğini göstermektedir. Ancak aynı zamanda bu yapı, şehrin mekânsal sürdürülebilirliği açısından önemli riskler de taşımaktadır; zira sanayi alanları çoğu zaman konut bölgeleriyle iç içe geçmiş durumdadır.



Şekil 58: İstanbul'da Sanayi Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Dağılış incelendiğinde Zeytinburnu, Bayrampaşa, Gaziosmanpaşa, Kağıthane ve Eyüpsultan çevresinde sanayi işlevinin halen şehir dokusu içinde varlığını sürdürdüğü

görülmektedir. Bu alanlar, tarihsel olarak İstanbul'un erken sanayileşme merkezleridir ve günümüzde büyük oranda kentsel dönüşüm baskısı altında bulunmaktadır. Örneğin Rami, Topçular, Davutpaşa ve Güngören çevresindeki sanayi tesisleri, artan konut yoğunluğu ve hizmet sektörünün genişlemesiyle birlikte fonksiyonel uyumsuzluk yaratmaktadır. Bu bölgelerde çevresel kirlilik, trafik yoğunluğu, gürültü ve hava kalitesi sorunları giderek artmaktadır.

Benzer biçimde Anadolu yakasında, Ümraniye, Kartal ve Pendik çevresinde kalan küçük ölçekli sanayi siteleri, çevrelerindeki konut alanlarının büyümesiyle birlikte şehir içinde sıkışmış sanayi bölgeleri haline gelmiştir. Özellikle Kartal-Maltepe hattında yer alan eski sanayi parselleri, son yıllarda dönüşüm projeleriyle karma kullanımlı yerleşim alanlarına dönüştürülmektedir. Bu eğilim, sanayi alanlarının şehir merkezlerinden uzaklaşarak daha düzenli organize bölgelere taşınmasının gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Kamu Hizmetleri Fonksiyonunun Kümelenmesi

İstanbul'da kamu hizmetleri fonksiyonuna ait 104 kümenin mekânsal dağılımı Şekil 59'da görülmektedir. Bu kümeler; kamu kurum ve idare binaları, belediye hizmet alanları, karakollar, ambulans, itfaiye istasyonları, askerî tesisler, adliye ve cezaevi kompleksleri, sosyal hizmet merkezleri, kültür merkezleri, kütüphaneler ve postaneler gibi temel kamusal donatılardan oluşmaktadır. Harita genelinde bu fonksiyonların dağılışı, İstanbul'un yönetimsel, sosyal ve güvenlik hizmet ağının mekânsal örüntüsünü yansıtmaktadır.

Kamu hizmetleri fonksiyonlarının en belirgin kümelenmesi, tarihî yönetim merkezi olan Fatih ilçesinde görülmektedir. Valilik, emniyet müdürlüğü, adliye binaları, belediye yapıları ve kütüphaneler bu bölgede yoğunlaşmıştır. Bu alan, İstanbul'un idari, hukuki ve sembolik merkezi konumundadır. Bununla birlikte Şişli, Beşiktaş, Üsküdar, Kadıköy, Ataşehir ve Kartal gibi ilçelerde de kamu hizmetlerinin yoğunlaştığı yerleşim merkezleri dikkat çekmektedir.

Avrupa yakasında, kamu hizmetleri fonksiyonları tarihsel çekirdekten batıya doğru giderek azalmaktadır. Fatih, Şişli, Beşiktaş ve Kağıthane kamu kurumlarının merkezde toplandığı, hizmet çeşitliliğinin yüksek olduğu ilçelerdir. Buna karşılık Gaziosmanpaşa, Eyüpsultan, Esenler, Esenyurt ve Beylikdüzü gibi ilçelerde kamu hizmeti kümeleri daha sınırlıdır; bu bölgelerde çoğunlukla belediye, karakol ve itfaiye tesisleri bulunmaktadır.

Kültür merkezi, kütüphane ve sosyal hizmet yapılarının azlığı, bu ilçelerde kamusal yaşamın destekleyici unsurlarının yetersiz kaldığını göstermektedir.

Şekil 59: İstanbul'da Kamu Hizmetleri Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Anadolu yakasında kamu hizmetleri fonksiyonları daha dengeli bir dağılım göstermektedir. Üsküdar, Kadıköy ve Ataşehir, idari ve sosyal hizmetlerin merkezidir. Burada belediye hizmet alanlarının yanı sıra kültürel ve eğitim amaçlı kamu tesisleri yoğunluk göstermektedir. Kartal ve Maltepe, özellikle adliye, cezaevi ve kamu kurum komplekslerinin bulunduğu alanlardır. Buna karşılık Sancaktepe, Sultanbeyli ve Çekmeköy çevresinde kamu hizmeti kümeleri daha sınırlıdır ve ağırlıklı olarak askerî alanlar, itfaiye istasyonları ve yerel yönetim birimleri şeklinde karşımıza çıkmaktadır.

Kütüphaneler ve kültür merkezleri çoğunlukla merkez ilçelerde konumlanmış, yeni gelişen çeper mahallelerde bu işlevler sınırlı kalmıştır. Örneğin Rami Kütüphanesi, Atatürk Kitaplığı, Kadıköy Halk Kütüphanesi ve Üsküdar Nevmekan, şehrin kamu hizmetleri altyapısının temelini oluşturan donatılardır. Ancak Esenyurt, Arnavutköy, Sultanbeyli veya Sancaktepe gibi yoğun nüfuslu ilçelerde bu tarz donatılara erişim düzeyi düşüktür. Bu durum, şehir planlamasında kültürel altyapı yatırımlarının nüfusla orantılı biçimde dağılmadığını göstermektedir. Bazı ilçelerde kamu kurumları sayıca yeterli olsa

da kültürel ve sosyal donatı çeşitliliği sınırlı kalmaktadır. Oysa şehir planlamasında, kamu hizmetleri yalnızca yönetim ve güvenlik işleviyle değil, aynı zamanda sosyal bütünleşme, eğitim ve kültürel katılımı destekleyici araçlar olarak da ele alınmalıdır.

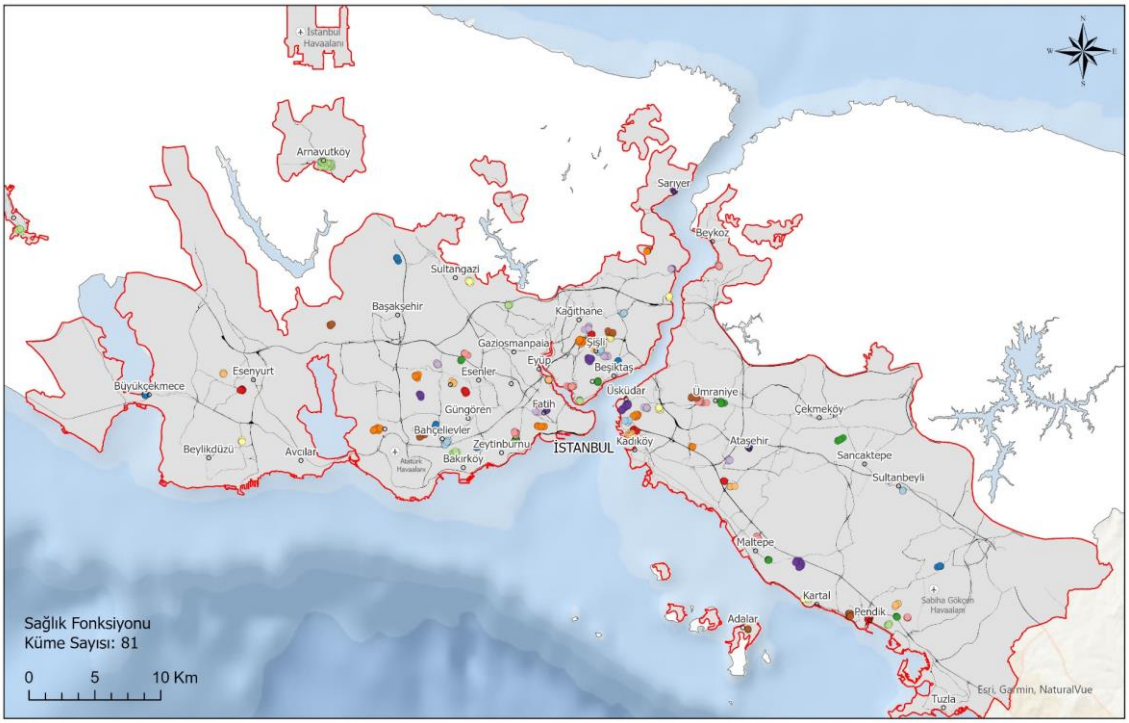
Şehrin sosyal ve kültürel yaşamını güçlendirmek için, özellikle yeni gelişen mahallelerde erişilebilir kütüphaneler, kültür merkezleri, gençlik ve kadın yaşam alanları, sosyal hizmet tesisleri gibi kamusal donatıların artırılması gerekmektedir. Bu tür tesislerin yaygınlaştırılması hem şehirsel yaşam kalitesini hem de kamusal eşitlik anlayışını güçlendirecektir.

Sağlık Fonksiyonunun Kümelenmesi

İstanbul'da sağlık fonksiyonuna ait 81 kümenin mekânsal dağılımı Şekil 60'da görülmektedir. Bu kümeler; şehir hastaneleri, eğitim ve araştırma hastaneleri, özel hastaneler, devlet hastaneleri, diş hastaneleri, tıp fakülteleri, sağlık kampüsleri, aile sağlığı merkezleri, poliklinikler ve eczaneler gibi farklı ölçeklerdeki sağlık tesislerini kapsamaktadır. Dağılış haritası, İstanbul'un sağlık altyapısının yüksek oranda merkezî noktalarda yoğunlaştığını, çeper bölgelerde ise seyrek ve erişimi güçleşen bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Sağlık ve eğitim fonksiyonları tıp fakülteleri kapsamında bir arada bulunan fonksiyonlar olup eğitim fonksiyonu olarak kümelenmiştir ve sağlık fonksiyonu dağılış haritasın yansımamıştır.

Avrupa yakasında sağlık fonksiyonları özellikle Fatih, Şişli, Kağıthane, Beşiktaş, Bakırköy, Bahçelievler ve Başakşehir çevresinde yoğunlaşmaktadır. Fatih, İstanbul Tıp Fakültesi, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi ve Samatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi gibi köklü kurumlarla şehrin önemli sağlık fonksiyonu bölgesidir. Şişli ve Beşiktaş çevresi özel hastaneler, tıp merkezleri ve laboratuvarlarla yoğun özel sağlık ağı oluştururken, Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi, Avrupa yakasının batı yönünde gelişen yeni sağlık çekirdeğini meydana getirmektedir.

Anadolu yakasında ise Üsküdar, Kadıköy, Ataşehir, Ümraniye, Kartal, Pendik ve Tuzla ilçeleri ön plana çıkmaktadır. Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi ve Pendik Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Anadolu yakasının iki büyük sağlık merkezidir. Sancaktepe Şehir Hastanesi ve Marmara Üniversitesi Pendik Eğitim Hastanesi yeni gelişen sağlık koridorlarını temsil etmektedir.



Şekil 60: İstanbul'da Sağlık Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

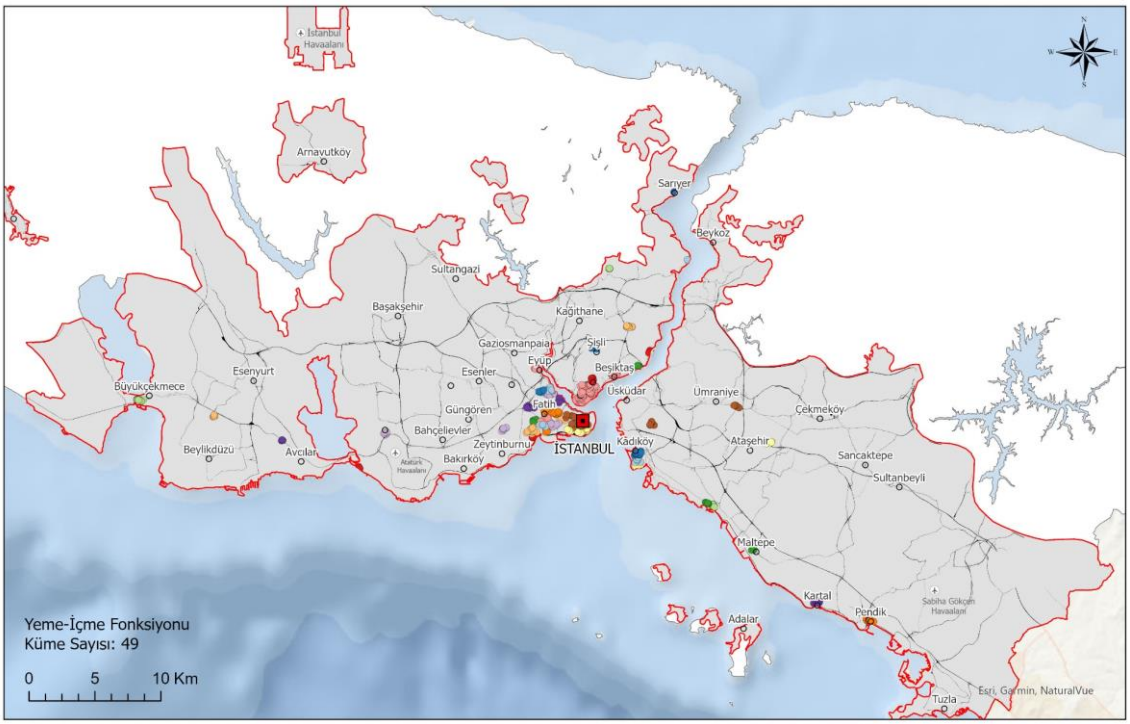
Sağlık fonksiyonlarının dağılışında eczaneler önemli bir tamamlayıcı rol üstlenmektedir. Eczaneler doğrudan sağlık sisteminin parçası olup, birincil sağlık hizmetlerinin mekânsal uzantısı niteliğindedir. Şehirsel planlama açısından değerlendirildiğinde eczaneler, hastaneler ve aile sağlık merkezleri temsil ettiği sağlık fonksiyonlarının mikro ölçekli yayılım alanlarını oluşturmaktadır. Şehir coğrafyasında sağlık tesisleri ve eczaneler karşılıklı etkileşim halinde olan ve bir arada bulunması gereken fonksiyonlar olarak öne çıkmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde İstanbul'da bu etkileşim mahalle ölçeğinde bile oldukça gelişmiş durumdadır. Neredeyse her aile sağlık merkezi çevresinde birkaç adet eczane yer almakta ancak bunlar küme oluşturmamaktadır.

Sarıyer ve Beykoz ilçelerinde ise sağlık fonksiyonlarının oluşturduğu küçük kümeler dikkati çekmektedir. Bunlar yalnızca birkaç orta ölçekli sağlık birimi niteliğinde olup nicelik ve nitelik bakımından geliştirilmeli ve dönüştürülmelidir. Özellikle Üsküdar ve Büyükçekmece ilçelerinin kuzeyinde, Çekmeköy ve Sancaktepe ilçelerinde sağlık tesislerinin küme oluşturmaması dikkat çekicidir. Bu sahada sağlık tesislerinin sınırlılığı önemli bir şehirsel planlama açığı olarak değerlendirilebilir. Bu durum, İstanbul'un sağlık sisteminde mekânsal eşitliğin tam olarak sağlanamadığını, nüfus artış hızına oranla sağlık hizmeti erişiminin mekânsal olarak yetersiz kaldığını göstermektedir.

Analiz sonuçlarına göre sağlık fonksiyonlarının mekânsal dağılımı İstanbul genelinde belirli merkezlerde yoğunlaşırken, kenarlara doğru gidildikçe nitelik ve nicelik bakımından son derece seyrek bir örüntü sergilemektedir. Bu seyrekliğin hem şehirsel yoğunluk farkları hem de sağlık altyapısının planlı biçimde eşit dağılmamasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Yeme-İçme Fonksiyonunun Kümelenmesi

İstanbul'da yeme-içme fonksiyonuna ait 49 kümenin mekânsal dağılımı Şekil 61'de verilmiştir. Dağılım incelendiğinde, bu fonksiyonun oldukça sınırlı ve seçici bir mekânsal örüntüye sahip olduğu görülmektedir. Yeme-içme alanları şehrin genelinde yaygın bir şekilde dağılmak yerine, daha çok yüksek insan sirkülasyonuna sahip merkezî akslarda yoğunlaşmaktadır. Bu durum, söz konusu fonksiyonun şehirde günlük yaşam hareketliliğiyle ve kâr marjı ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 61: İstanbul'da Yeme-İçme Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kümelenmeler, başta tarihî yarımada, Beşiktaş, Şişli, Kadıköy ve Üsküdar çevresinde yoğunlaşmaktadır. Bu alanlar hem yerli hem de yabancı ziyaretçilerin uğrak noktası olması nedeniyle yoğun sosyal ve ekonomik etkileşim merkezleri haline gelmiştir. Galata,

Karaköy, Eminönü, Nişantaşı, Taksim, Moda ve Bağdat Caddesi çevresinde yer alan kafe, restoran ve fast-food işletmeleri hem turizmin hem de sosyal yaşamın en görünür bileşenleri olarak öne çıkmaktadır. Bu bölgelerdeki yeme-içme kümeleri, aynı zamanda ticaret, turizm ve eğlence fonksiyonlarıyla iç içe geçmiş karma kullanım alanlarının bir parçasıdır.

Bununla birlikte, İstanbul'un geneline bakıldığında yeme-içme fonksiyonlarının mekânsal sürekliliği oldukça zayıftır. Pek çok ilçede bu fonksiyon, bağımsız bir faaliyet alanı olarak değil, karma fonksiyonlu parsellerin ikincil unsuru olarak yer almaktadır. Özellikle konut ağırlıklı veya sanayi odaklı bölgelerde yeme-içme alanları, yalnızca yerel hizmet düzeyinde (lokanta, fırın, küçük kafe) temsil edilmektedir. Bu durum, fonksiyonun planlı bir ekonomik faaliyet olmaktan çok, nüfus ve hareketlilik yoğunluğu ile birlikte şekillenen doğal bir şehirsel yan ürün olduğunu göstermektedir.

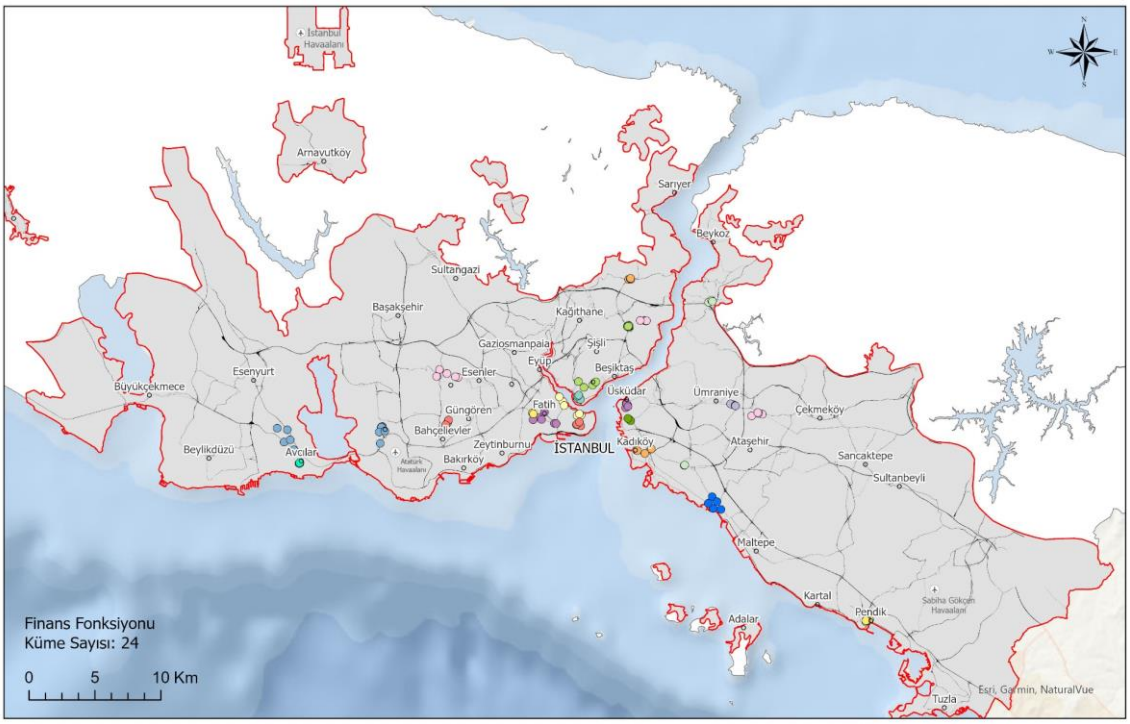
Yeme-içme fonksiyonunun mekânsal sınırlılığı, aynı zamanda şehir planlaması açısından önemli bir dengesizlik ortaya koymaktadır. Yoğun merkezlerdeki aşırı yığılma hem kira maliyetlerini hem de şehirsel baskıyı artırmakta; buna karşılık çeper bölgelerdeki yetersizlik, erişim, tüketim ve sosyal etkileşimi de sınırlandırmaktadır. Bu nedenle, şehir genelinde ticari yeme-içme alanlarının planlı biçimde yeniden dağıtılması hem ekonomik çeşitlilik hem de sosyal canlılık açısından gerekli görülmektedir.

Şehir planlarında, özellikle yeni gelişen merkezlerde (örneğin Başakşehir ve Esenyurt gibi) dengeli yeme-içme parsellerinin oluşturulması; yaya odaklı, erişilebilir ve kamusal mekânlarla bütünleşen yeni gastronomi odaklarının planlanması önerilebilir. Böyle bir yaklaşım, İstanbul'un yalnızca merkezî alanlarında değil, her bölgesinde günlük yaşam kültürünün, sosyal paylaşımın ve ekonomik canlılığın yaygınlaşmasına katkı sağlayacak bir unsurdur.

Finans Fonksiyonunun Kümelenmesi

Finans fonksiyonu 24 küme ile temsil edilmekte olup, İstanbul genelinde Şekil 62'de bakıldığında daha seyrek ve sınırlı bir mekânsal dağılım göstermektedir. Bu fonksiyona ait POI'lerin önemli bir kısmı (Tablo 8-9), karma fonksiyon alanları özellikle ticaret ve hizmet odaklı bölgeler, bulvar ve caddelerde içinde yer almakta; bu nedenle bağımsız finans kümeleri dar ve belirli merkezlerle sınırlı kalmaktadır.

Özellikle Beyoğlu–Beşiktaş-Fatih hattı, Üsküdar–Kadıköy sahil koridoru ve Ümraniye çevresi, şehirde en belirgin finans kümelerinin ortaya çıktığı alanlardır. Yoğunlaşmanın gözlendiği diğer yerleşimler ise Kağıthane, Bostancı, Pendik ve Ümraniye çevresidir. Bu bölgelerdeki finans kümeleri; banka şubeleri, ATM ağları, döviz büroları ve finansal hizmet şirketleri gibi birimlerden oluşmakta, genellikle işlek cadde koridorları boyunca dizilidir.



Şekil 62: İstanbul'da Finans Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı

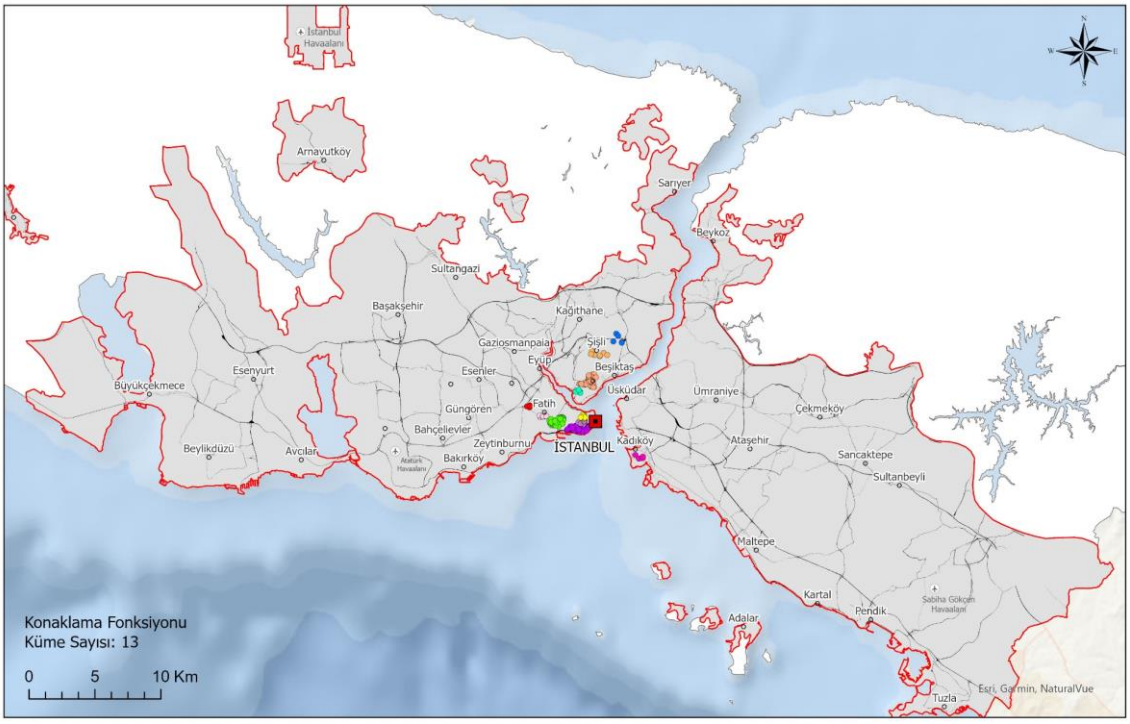
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Buna karşın, çeper ilçelerde finans fonksiyonları oldukça sınırlı biçimde yer almakta, çoğu ilçede yalnızca birkaç tekil küme gözlenmektedir. Bu durum, finansal hizmetlerinin merkezi alanlarda toplandığını göstermektedir.

Sonuç olarak, finans fonksiyonlarının İstanbul'da merkezî ve karma kullanımlı bölgelerde odaklanması, şehrin ekonomik çekim alanlarını açıkça tanımlamaktadır. Ancak bu yoğunlaşma, kenar ilçelerde finansal erişimin daha zayıf kalmasına neden olmaktadır. Şehir planlaması açısından, finans hizmetlerinin güçlendirilmesi eşit bir şekilde erişim açısından da önem taşımaktadır.

Konaklama ve Turizm Fonksiyonunun Kümelenmesi

İstanbul'da konaklama fonksiyonu 13 küme (Şekil 63) ve turizm fonksiyonu ise 11 küme (Şekil 64) ile birbirini tamamlayan, büyük ölçüde örtüşen mekânsal kümelenme örüntüleri sergilemektedir. Bu fonksiyona ait POI'lerin önemli bir kısmı yine karma fonksiyonlar içinde yer alsa da karma fonksiyonlara dahil olmayıp kümelenme sergileyenler bu şekilde tekil fonksiyon dokusunu oluşturmaktadır. Her iki fonksiyon da ağırlıklı olarak tarihî ve kültürel çekim alanlarında, yani Fatih, Beyoğlu, Beşiktaş ve Üsküdar ilçelerinde yoğunlaşmıştır. Bu bölgeler, şehrin turistik kimliğini temsil eden Sultanahmet, Eminönü, Taksim, Galata ve Dolmabahçe çevrelerini kapsamakta; oteller, pansiyonlar, rehberlik ofisleri, müzeler ve turizm acenteleriyle birlikte İstanbul'un turizm odaklı hizmet çekirdeğini oluşturmaktadır.



Şekil 63: İstanbul'da Konaklama Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bu alanlarda konaklama ve turizm fonksiyonlarının iç içe geçmesi, şehirde konaklama ve turizm fonksiyonlarını karşılıklı etkileşim halinde ve birbirini tetikleyen fonksiyonlar olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle Fatih çevresinde küçük ölçekli oteller ve butik konaklama birimleri, turistik tesislerle bütünleşmiş durumdadır. Beyoğlu ve Beşiktaş çevresinde ise uluslararası zincir oteller ve kongre turizmine yönelik büyük ölçekli

tesisler öne çıkmaktadır. Buna karşın, şehrin çeper bölgelerinde bu fonksiyonların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir.

Şekil 64: İstanbul'da Turizm Fonksiyonuna Ait POI Kümelerinin Mekânsal Dağılışı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Genel olarak İstanbul'da turizm ve konaklama fonksiyonlarının merkezi alanlarda aşırı yoğunlaşması, şehir planlaması açısından hem mekânsal dengesizlik hem de altyapı baskısı yaratmaktadır. Bu durum, ulaşım, çevresel kalite ve kültürel mirasın korunması açısından sürdürülebilirlik sorunlarını da gündeme getirmektedir.

Sonuç olarak, İstanbul'un turizm ve konaklama fonksiyonları, Tarihi Yarımada–Beyoğlu–Beşiktaş aksında güçlü bir çekim merkezi oluşturmakta; ancak bu yoğunluk, şehir genelinde dengeli bir dağılım sergilemediğini göstermektedir. Gelecekte ikincil turizm koridorlarının (örneğin Üsküdar, Kadıköy, Eyüpsultan veya Küçükçekmece çevresinde) güçlendirilmesi hem ziyaretçi akışını dengeleyebilir hem de şehrin çok merkezli yapısını geliştirebilir.

Kümeleme analizi sonucunda İstanbul'daki farklı şehir fonksiyonlarının (ticaret, eğitim, barınma, sanayi, kamu hizmetleri, sağlık, eğlence–spor, inanç, finans, konaklama ve turizm) mekânsal dağılış desenleri ve yoğunluk alanları belirlenmiştir. Bu bulgular, şehrin çok çekirdekli fonksiyonel yapısını ortaya koymakla birlikte, şehir planlama süreçlerine entegre edilebilmesi için diğer mekânsal ve sosyal verilerle ilişkilendirilmiştir. Bu

kapsamda, kümeleme analizinden elde edilen veriler parsel tabanına aktarılmış ve her bir parselin çevresel etkilerle birlikte fonksiyonel eğilimleri belirlenmiştir. Böylece, POI verilerinden türetilen kümeler, şehir planlama ve fonksiyon tahmini çalışmalarında kullanılacak temel veri setini oluşturmuştur. Bu aşama, sosyal göstergelerle desteklenen mekânsal analizlerin bir sonraki adımı olan fonksiyonel sınıflandırma sonuçlarının değerlendirilmesi bölümüne geçiş sağlamaktadır.

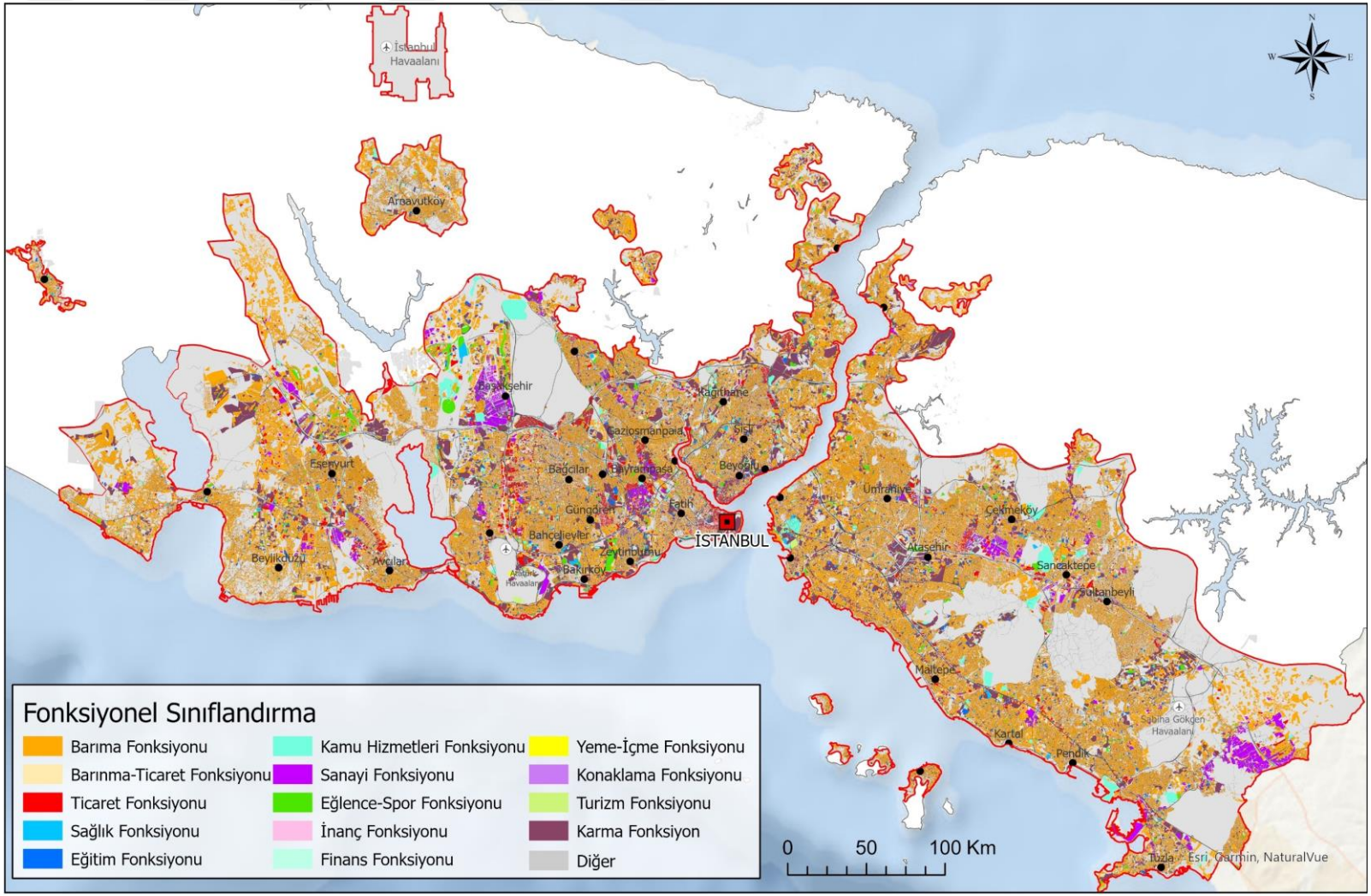
5.2.1 Fonkiyonel Sınıflandırma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İstanbul genelindeki 947.298 parsel üzerinde çalışma yürütülmüş olup parseller şehirsel fonksiyonlara göre sınıflandırılmıştır. Tablo 55'te, her bir fonksiyon sınıfının parsel sayısı, kapladığı alan büyüklüğü ve toplam içindeki oranı gösterilmiştir. Fonksiyonel dağılım incelendiğinde, barınma fonksiyonu 679.262 parsel ve 38.404 hektar ile toplam alanın %47,66'sını oluşturarak açık ara en baskın sınıf olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, şehrin mekânsal yapısında konut odaklı gelişimin belirleyici olduğunu göstermektedir. İstanbul'un nüfus büyüklüğü ile doğru orantılı olarak konut alanlarının baskınlığı dikkat çekmektedir. Şekil 65'teki harita incelendiğinde barınma alanlarının şehrin bütününde geniş bir hâkimiyet sergilediği görülmektektedir.

Fonksiyon Sınıfları	Parsel Sayısı	Alan(ha)	Oran(%)
Barınma Fonksiyonu	679.262	38.404	47,66
Ticaret Fonksiyonu	30.021	2.298	2,85
Barınma-Ticaret Fonksiyonu	8.046	788	0,98
Sanayi Fonksiyonu	3.998	2.004	2,49
Eğlence Spor Fonksiyonu	2.434	1.631	2,02
Eğitim Fonksiyonu	2.396	1.206	1,50
İnanç Fonksiyonu	1.918	353	0,44
Sağlık Fonksiyonu	1.386	327	0,41
Kamu Hizmetleri Fonksiyonu	1.203	2.254	2,80
Yeme-İçme Fonksiyonu	1.140	90	0,11
Konaklama Fonksiyonu	379	35	0,04
Finans Fonksiyonu	257	26	0,03
Turizm Fonksiyonu	139	91	0,11
Karma Fonksiyonlar	15.796	7.957	9,87
Boş Parseller	198.923	23.117	28,69
Toplam	**947.298**	**80.582**	**100**

Tablo 55: İstanbul'da Şehirsel Fonksiyonların Sınıflara Göre İstatistiksel Dağılımı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 65: İstanbul'un Şehirsel Fonksiyonlarının Sınıflandırılması

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Ticaret fonksiyonu, 30.021 parsel ve 2.298 hektar ile toplamın %2,85'ini oluşturmaktadır. Ticaret alanları daha çok merkezî iş alanları ve ana arterler çevresinde yoğunlaşmakta, bu açıdan İstanbul'da ekonomik faaliyetlerin odaklandığı bölgeleri temsil etmektedir. Bunlar şehrin çekirdek noktalarında genellikle küçük ölçekli, yüksek yoğunluklu ve çeşitlilik arz eden bir karakter sergilemektedir. Yeni gelişen yerleşim alanlarında ise daha planlı, büyük ölçekli ve tekil fonksiyonlu yapılarda görülmektedir. Bu farklılaşma, şehir içindeki fonksiyonel dönüşümün de bir göstergesidir.

İstanbul'da ticaret fonksiyonunun, yalnızca ekonomik bir etkinlik değil, aynı zamanda şehirsel büyümenin ve mekânsal örgütlenmenin temel belirleyicilerinden biri olduğunu açık biçimde göstermektedir. Tarihî çekirdekten modern ofis bölgelerine, sahil koridorlarından otoyol bağlantılarına kadar uzanan bu ticari ağ, İstanbul'un çok merkezli gelişme yapısının en güçlü mekânsal bileşenidir. Ticaret hem mevcut şehirsel formu hem de gelecekteki fonksiyonel dönüşüm potansiyelini şekillendiren dinamik bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Barınma-Ticaret fonksiyonu, entropi ile üretilmiş olup bu alanlarda konut dokusu ile birlikte küçük ölçekli ticaret ve hizmet faaliyetleri iç içe geçmiş şekilde bulunmakta ve bu sebeple ayrı bir fonksiyon olarak değerlendirilmektedir. İstanbul'un şehirsel yapısında önemli bir orana sahip olup 8.046 parsel ve 788 hektar alan ile toplamın yalnızca %0,98'ini oluşturmaktadır. Özellikle mahalle merkezleri, ana cadde koridorları ve yoğun nüfuslu yerleşimlerde öne çıkmaktadır. Fonksiyonel açıdan, gündelik yaşamın temel ihtiyaçlarını karşılama kapasitesi yüksek olan bu alanlar, şehirsel canlılık ve erişilebilirlik açısından stratejik öneme sahiptir.

Sanayi fonksiyonu 3.998 parsel ve 2.004 hektar ile toplamın %2,49'unu kapsamaktadır. Mekânsal olarak sanayi alanlarının özellikle TEM Otoyolu ve E5 hattı boyunca ortaya şehrin doğu-batı yönündeki akslarda kümelenmiştir. Bu kümelenmeler; İkitelli Organize Sanayi Bölgesi, Dudullu Organize Sanayi Bölgesi, Tuzla Deri Organize Sanayi Bölgesi, Hadımköy–Çatalca hattındaki sanayi kümeleri gibi büyük ölçekli üretim odaklarını içermektedir. Ayrıca Bayrampaşa, Maltepe ve Kartal gibi daha eski sanayi bölgeleri de şehirsel dokunun içinde kalmış küçük ölçekli tesisleriyle dikkat çekmektedir. İstanbul'daki sanayi fonksiyonları hem geleneksel üretim alanlarını hem de modern organize sanayi bölgelerini barındırmakta; böylece şehrin ekonomik faaliyetlerinde imalat, lojistik ve depolama işlevlerinin yoğunlaştığı alanlar olarak öne çıkmaktadır.

Eğlence-Spor Fonksiyonu, 2.434 parsel ve 1.631 hektar ile toplam alanın %2,02'sini oluşturmaktadır. Her ne kadar oran olarak düşük görünse de bu fonksiyon, İstanbul'un şehirsel yaşam kalitesini artıran önemli bir bileşendir. Eğlence ve spor alanları; millet bahçeleri, mahalle parkları, stadyumlar, spor kompleksleri ve rekreasyon alanları gibi farklı ölçeklerde karşımıza çıkmakta, özellikle yoğun konut bölgelerinde sosyal yaşamın tamamlayıcı unsurları olarak öne çıkmaktadır.

Kamu hizmetleri (%2,80), eğitim (%1,50) ve sağlık fonksiyonları (%0,41) daha küçük paylara sahip olmakla birlikte şehrin mekânsal sürekliliği açısından kritik işlevler üstlenmektedir. Bu fonksiyonların ilçe merkezlerinde ve ulaşılabilir alanlarda yoğunlaştığı gözlenmektedir. Son olarak, finans (%0,03), yeme-içme (%0,11), konaklama (%0,04) ve turizm (%0,11) gibi fonksiyonların kapladığı alanlar sınıflandırma içindeki daha küçük alanlar kaplamaktadır.

Karma fonksiyonların fonksiyonel sınıflandırma analizindeki alanı 7.957 hektar olup toplam alanının 9,87%'sini oluşturmaktadır. Karma fonksiyonlar barınma, ticaret, yeme-içme ve diğer hizmet sektörleri ile birlikte görülmektedir. İstanbul'un merkezi alanları parsel ölçeğinde karma kullanımlı alanların yaygınlaştığını, dolayısıyla şehir içinde işlevlerin birbirine geçişli bir biçimde yer aldığını sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Bu yoğun yapılı alanlar bir yandan merkezlerdeki günlük yaşam yoğunluğu artırmakta iken diğer yandan da şehirsel gelişimin doğal sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü birbirinin gelişimini etkileyen fonksiyonlar çoğunlukla bir arada bulunma eğilimi sergilemektedir.

Çalışma sahasında kullanım durumu boş olan 198.923 adet parsel tespit edilmiş olup bu parseller toplam 23.117 hektar alan kaplamaktadır. Bu değer mevcut şehir alanının %28,69'unu oluşturmaktadır.

Yapılan sınıflandırma analizi sonuçları fonksiyon tahmin algoritmasının geliştirilmesinde kullanılmış olup iki pilot ilçe üzerinde uygulanan tahmin modeli çıktıları Bölüm 5.3'te değerlendirilmiştir. Böylece, şehir planlama açısından boş parsellerin gelecekte üstlenebileceği potansiyel işlevler belirlenmiş ve mekânsal karar süreçlerine veri sağlayan önemli bir çıktı elde edilmiştir.

5.3 Pilot Uygulama Sahasında Fonksiyonel Sınıflandırma, Tahmin ve İmar Planı Karşılaştırması

Başakşehir ve Sancaktepe ilçelerinde yürütülen pilot uygulamalar kapsamında gerçekleştirilen fonksiyonel sınıflandırma, tahmin ve imar planı istatistiklerinin karşılaştırması; mevcut kentsel yapının hem güncel durumunu hem de gelecekteki yönelimlerini anlamaya yönelik bütüncül bir çerçeve sunmaktadır. Fonksiyonel sınıflandırma, konut, ticaret, eğitim, sağlık ve kamusal hizmet gibi temel işlevlerin parsel ölçeğinde mekânsal dağılımını belirleyerek mevcut fonksiyonel dokuyu ortaya koymuştur. Mevcut fonksiyonel sınıflandırma kullanılarak parsellerin geometrik özellikleri, komşuluk ilişkileri, çevresel POI yoğunlukları, parsellerin fonksiyon potansiyelleri, önem skorları ve yol ağına erişim gibi değişkenler üretilmiş olup fonksiyon tahmin modeli hazırlanmıştır. Bu model sayesinde boş parsellerin olası kullanım türlerini tahmin edilmiştir. Son aşamada, tahmin edilen fonksiyonlar imar planı istatistikleriyle karşılaştırılmıştır. Böylece planlanan işlevlerle gerçekleşen mekânsal örüntüler arasındaki uyum düzeyi ve sapmalar değerlendirilmiştir. Bu karşılaştırmalı yaklaşım, hem mevcut fonksiyonel yapının dinamiklerini anlamaya hem de gelecekteki arazi kullanım eğilimlerini bilimsel temelde öngörmeye olanak sağlamaktadır.

5.3.1. Başakşehir İlçesi

Bu bölümde, Başakşehir ilçesine ait fonksiyonel sınıflandırma ve fonksiyon tahmin sonuçları imar planı ile karşılaştırmalı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Barınma Fonksiyonu

Başakşehir ilçesinde yapılan fonksiyonel sınıflandırma sonucuna göre toplam 3178 parsel içinde 1885 parsel (%47,7) barınma fonksiyonuna sahiptir (Tablo 56, Şekil 66). Bu parsellerin kapladığı toplam alan 1791,1 hektar olup, ilçede konut kullanımının mekânsal olarak baskın olduğunu göstermektedir. Barınma fonksiyonu, Başakşehir'in mevcut yerleşim dokusunda en yaygın ve belirleyici fonksiyon olarak öne çıkmaktadır.

Tahmin sonuçlarına göre ise toplam 7370 parsel içinde 5903 parsel (%69,34) barınma fonksiyonu olarak öngörülmüştür (Tablo 56, Şekil 67). Bu tahmin edilen alanın büyüklüğü 1147,4 hektar olup, modelin konut işlevini yalnızca mevcut yoğun konut çekirdeklerinde değil, aynı zamanda çevre parsellerde de yüksek olasılıkla tahmin ettiğini

göstermektedir. Bu durum, barınma fonksiyonunun mekânsal olarak çevreye doğru genişleme eğilimi gösterdiğini ve modelin bu eğilimi güçlü biçimde yakaladığını ortaya koymaktadır.

İmar planında ise 997 hektarlık bölüm (%60,25) konut alanı olarak tanımlanmıştır (Tablo 56, Şekil 68). Bu oran, model tahminleriyle büyük ölçüde uyum göstermekte; plan kararlarının da barınma merkezli gelişim yönünü desteklediğini göstermektedir. Sınıflandırma, tahmin ve plan sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, Başakşehir'in mekânsal gelişiminde barınma fonksiyonunun baskın rolünü sürdürdüğü, bu durumun da İstanbul'un genel nüfus artış eğilimleriyle tutarlı biçimde ilçeyi yüksek konut talebi ve nüfus çekme potansiyeli yüksek bir yerleşim odağı haline getirdiği sonucuna varılabilir. Bu sonuca göre planlama açısından sorgulanması gereken nokta; ilçedeki barınma fonksiyonu yoğunluğuna karşılık istihdam, eğitim, sağlık ve ticaret gibi işlevlerin yeterince desteklenip desteklenmediğidir.

Barınma-Ticaret Fonksiyonu

Barınma–ticaret fonksiyonu, konut ve ticaret işlevlerinin aynı parselde veya doğrudan komşu biçimde bir arada bulunduğu alanları temsil etmektedir. Şehirlerde zemin kat mağazalar, mahalle bakkalları, yerel işletmeler en sık rastlanan etkileşimler olarak bilinmektedir. Sınıflandırma sonuçlarına göre bu fonksiyon 31 parsel ve 45,92 hektar (%1,2) büyüklüğünde bir alan kaplamaktadır. Bu oran, Başakşehir'de konut alanlarıyla bütünleşen sınırlı sayıdaki ticaret akslarını ve merkez çevresindeki karma kullanımları göstermektedir. İlçenin planlı ve bölgeleme esasına dayalı gelişim yapısı, konut ve ticaretin aynı mekânda kesişmesini sınırlamıştır.

Model tahminlerinde barınma–ticaret fonksiyonu 22 parsel ve 0,4 hektar (%0,02) alanla oldukça sınırlı biçimde öngörülmüştür. Bu düşük eğilim, modelin karma kullanımları ayrı bir sınıf olarak tanımlaması ve ticaret fonksiyonunu çoğunlukla bağımsız alanlarda konumlandırmasıyla ilişkilidir. Tahmin sonuçları, bu işlevin özellikle ana ulaşım aksları üzerindeki düşük katlı konut yapılarında veya cadde altı ticaret birimlerinin yoğunlaştığı bölgelerde ortaya çıktığını göstermektedir.

	Sınıflandırma			Tahmin			İmar Planı	
Fonksiyonel Sınıflar	**Parsel Sayısı**	**Alan (ha)**	**Oran (%)**	**Parsel Sayısı**	**Alan (ha)**	**Oran (%)**	**Alan (ha)**	**Oran (%)**
Barınma Fonksiyonu	1885	1791,11	47,7	5903	1147,4	69,34	997,0	60,25
Barınma-Ticaret Fonksiyonu	31	45,92	1,2	22	0,4	0,02	-	-
Ticaret Fonksiyonu	190	122,52	3,3	438	108,6	6,56	91,8	5,55
Sanayi Fonksiyonu	548	358,13	9,5	243	52,1	3,15	7,3	0,44
Eğitim Fonksiyonu	73	106,81	2,8	100	64,9	3,92	66,2	4,0
Eğlence-Spor Fonksiyonu	105	389,23	10,4	384	210,9	12,75	338,8	20,48
İnanç Fonksiyonu	57	21,65	0,6	8	5,3	0,32	7,4	0,45
Kamu Hizmetleri Fonksiyonu	30	604,08	16,1	36	4,5	0,27	68,4	4,13
Sağlık Fonksiyonu	18	51,91	1,4	16	2,3	0,14	77,8	4,70
Yeme-İçme Fonksiyonu	15	13,43	0,4	-	-	-	-	-
Finans Fonksiyonu	14	13,67	0,4	6	6,6	0,4	-	-
Karma Fonksiyon	212	237,34	6,3	214	51,7	3,13	-	-
Toplam	**3178**	**3756**	**100**	**7370**	**1654,7**	**100**	**1654,7**	**100**

Tablo 56: Başakşehir Fonksiyonel Sınıflandırma, Tahmin ve İmar Planı İstatistiklerinin Karşılaştırması

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Genel olarak değerlendirildiğinde, barınma–ticaret fonksiyonunun Başakşehir'de plan kararlarıyla sınırlandırılmış, model tahminlerinde ise fiilî küçük ölçekli örneklerle temsil edilen bir işlev olduğu görülmektedir. Bu durum, ilçede konut alanlarının ticaretle bütünleşmesinin planlı gelişim ilkeleri nedeniyle sınırlı kaldığını, buna karşın gündelik ihtiyaçlara yönelik büyük parsellerde bireysel olarak site ya da konut blokları çevresinde varlık gösterdiğini söylemek mümkündür.

Ticaret Fonksiyonu

Ticaret fonksiyonu, Başakşehir'in mekânsal örgütlenmesinde barınma alanlarını tamamlayan ve ekonomik canlılığı besleyen önemli bir bileşen olarak öne çıkmaktadır. Sınıflandırma sonuçlarında 190 parsel ve 122,5 hektarlık alan (%3,3) ticaret işlevine sahiptir. Bu değer, ilçede ticari alanların yerleşim çekirdekleriyle iç içe, ancak belirli akslar boyunca kümelendiğini göstermektedir. Ticaret alanlarının bu şekilde örgütlenmesi, Başakşehir'in planlı gelişim sürecinde konut ve ticaret işlevlerinin birbirini tamamlayan bir yapıya dönüştüğünü ortaya koymaktadır.

Model tahminlerine göre ticaret fonksiyonu 438 parsel ve 108,6 hektarlık alanla (%6,56) temsil edilmektedir. Tahmin değerlerinin sınıflandırmadan daha yüksek olması, ticaret işlevinin mekânsal olarak genişleme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Model, ticari faaliyetleri özellikle konut yoğunluğunun arttığı, ana ulaşım koridorlarına ve kavşak noktalarına yakın bölgelerde güçlü olasılıkla öngörmüştür. Bu durum, ticaret fonksiyonlarının rastlantısal biçimde değil, belirli odaklarda kümelenen yapısal bir düzen içinde geliştiğini göstermektedir. Büyük ölçekli alışveriş merkezleri ve hizmet yatırımları, bu koridorlarda yeni çekim merkezleri yaratmış; çevrelerindeki konut alanlarında fonksiyonel dönüşümü ve çeşitlenmeyi tetiklemiştir.

İmar planı verilerine göre ise 91,8 hektarlık alan (%5,55) ticaret işlevine ayrılmıştır. Bu değer, model tahminleriyle büyük ölçüde uyum göstermekte; ticaret fonksiyonlarının hem plan kararlarıyla hem de model çıktılarıyla benzer koridorlarda güçlendiğini ortaya koymaktadır. Özellikle ana arterler ve yol kesişim noktaları hem model hem plan düzeyinde ticari yoğunlaşmanın merkezleri olarak öne çıkmaktadır. Modelin bu alanları yüksek olasılıkla ticaret olarak tanımlaması, kullanılan değişkenlerden konut alanlarına yakınlık ve erişim kolaylığının belirleyici etkisini doğrulamaktadır. Bu sonuç, Başakşehir'de ticaret fonksiyonlarının erişilebilirlik ilkesine dayalı, gündelik ihtiyaçlara

yanıt veren ve ulaşım ağlarıyla bütünleşen bir mekânsal düzende biçimlendiğini göstermektedir

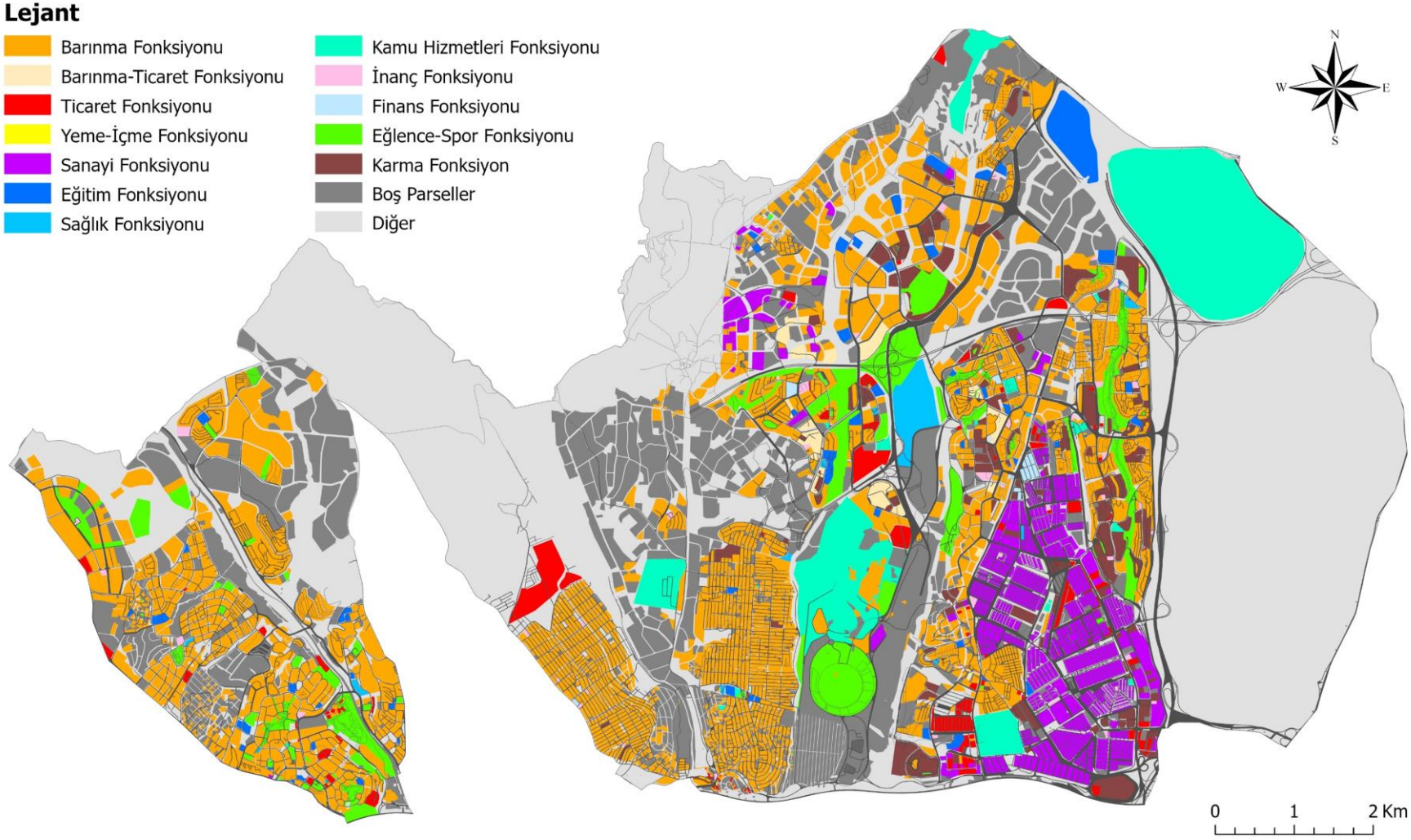
Sanayi Fonksiyonu

Sanayi fonksiyonu olarak sınıflandırma sonuçlarında 548 parsel ve 358,1 hektarlık alan (%9,5) yer almakta olup, bu oran sanayi işlevinin Başakşehir'in mekânsal yapısında belirgin bir yer tuttuğunu göstermektedir. Ancak tahmin sonuçlarında sanayi fonksiyonunun 243 parsel ve 52,1 hektarlık alanla (%3,15) sınırlı kalması, bu işlevin giderek arka planda kaldığını ve dönüşüm sürecinde alan kaybı yaşadığını ortaya koymaktadır. Bu durum, Başakşehir'in üretim odaklı sanayi kimliğinden giderek karma ve hizmet odaklı bir gelişim modeline evrildiğini düşündürmektedir.

Modelin sanayi alanlarını tahmin etmesinde mevcut sanayi bölgelerine yakınlık, komşuluk ilişkileri, kompaktlık değerleri ve ulaşım akslarına erişim gibi değişkenler belirleyici olmuştur. Tahmin edilen sanayi parsellerinin önemli bir kısmı, İkitelli Organize Sanayi Bölgesi ve çevresinde yoğunlaşmakta; bu da modelin mevcut mekânsal kümelenmeleri doğru biçimde yansıttığını göstermektedir.

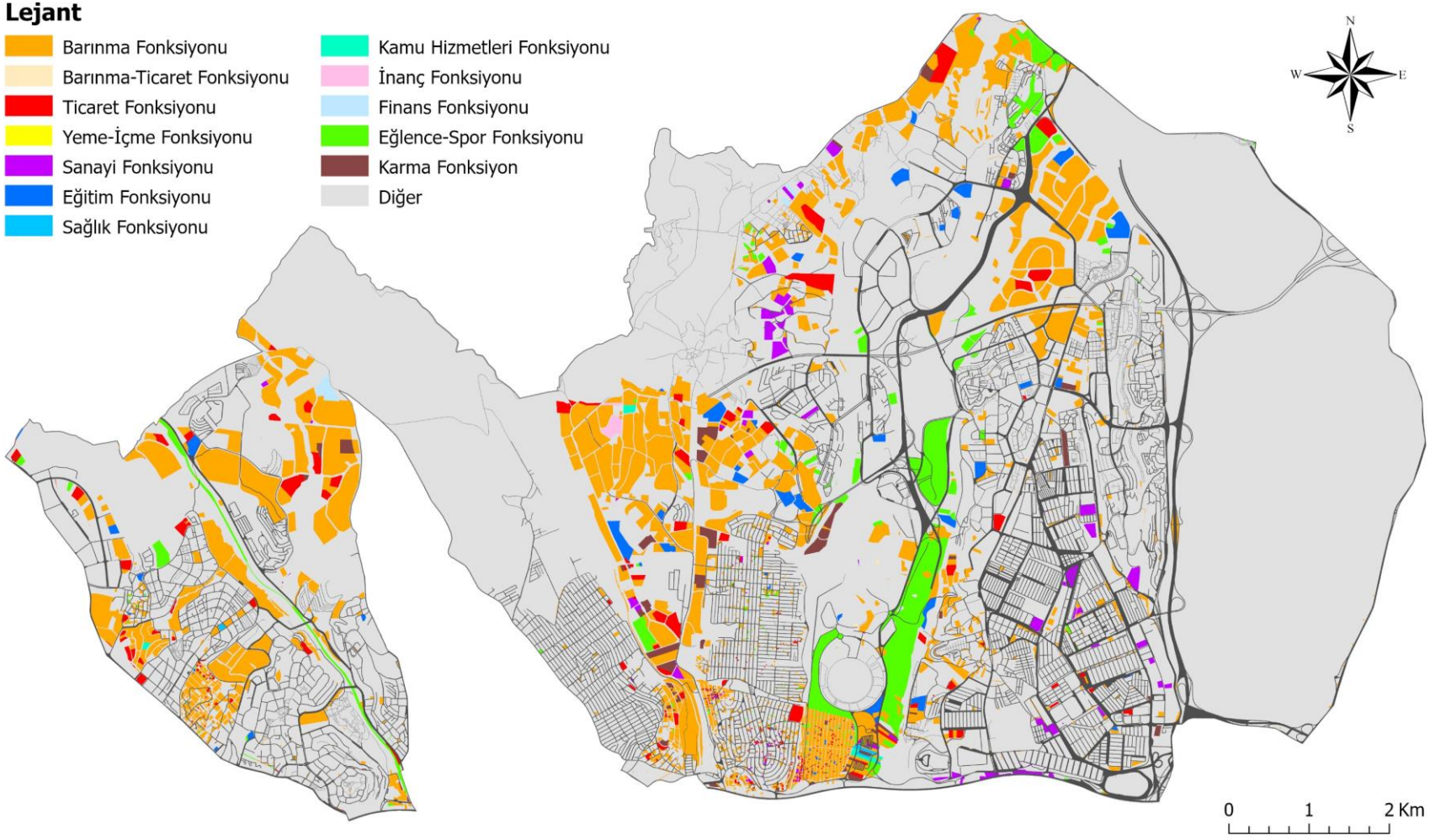
Tahmin edilen sanayi parsellerinin imar planı karşılıklarına göre sanayi tesisleri 7,3 hektarlık alanla (%0,44) temsil edilmektedir. Bu oran hem sınıflandırma hem de model tahminlerine göre oldukça düşüktür. Bu fark, ilçede sanayi alanlarının plan kararlarıyla giderek sınırlandırıldığını ve dönüşüm süreçlerinin sanayi işlevlerini lojistik, depolama veya karma kullanımlara yönlendirdiğini göstermektedir.

Genel olarak sanayi fonksiyonu, Başakşehir'de belirli koridorlarda yoğunlaşma eğilimi göstermektedir. Fonksiyon tahminleri, sanayinin konut, eğitim ve sağlık gibi hassas fonksiyonlardan uzaklaştırarak, beşerî yaşantı üzerindeki etkileri azaltan ve üretim alanlarını yeniden ölçeklendiren bir yönelim izlediğini ortaya koymaktadır.



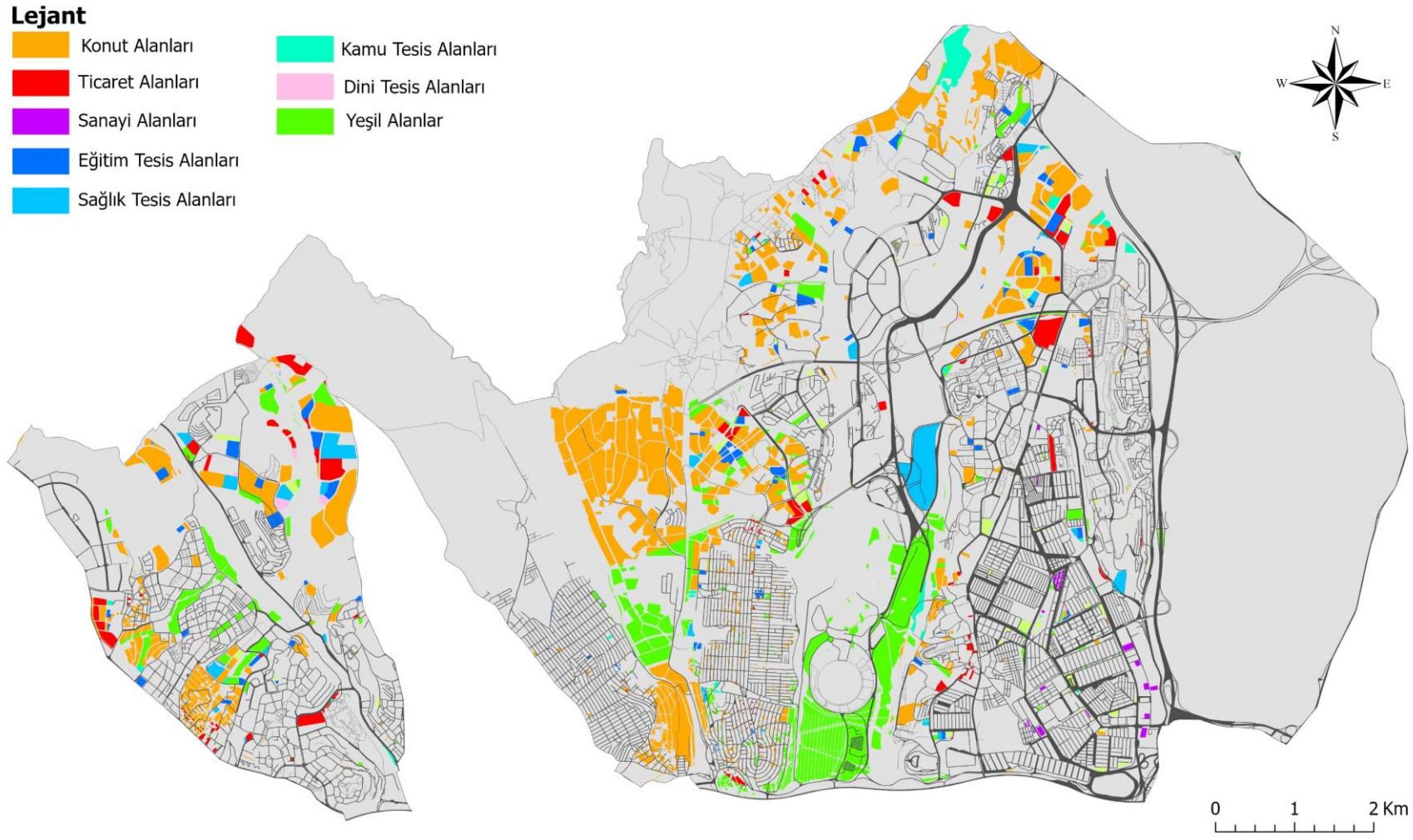
Şekil 66: Başakşehir İlçesinde Fonksiyonel Sınıflandırma

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 67: Başakşehir İlçesinde Fonksiyon Tahmini

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 68: Başakşehir İlçesinde Fonksiyon Tahmin Sonuçlarının 1/1000 Ölçekli İmar Planı ile Karşılaştırılması

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Eğitim Fonksiyonu

Sınıflandırma sonuçlarına göre 73 parsel ve 106,8 hektarlık alan (%2,8) eğitim fonksiyonu kapsamında yer almaktadır. Başakşehir'de eğitim işlevlerinin mevcut yerleşim dokusu içinde dengeli bir dağılım sergilemediği görülmektedir. Eğitim alanlarının büyük kısmı, mahalle ölçeğinde sosyal altyapıların bulunduğu bölgelerde ve konut dokusuna yakın konumlarda yer almaktadır. Bu durum, ilçenin planlı gelişim sürecinde eğitim fonksiyonlarının toplumsal ihtiyaçlarla uyumlu biçimde kurgulandığını ortaya koymaktadır.

Model tahminlerine göre eğitim fonksiyonu 100 parselde öngörülmüş olup, 64,9 hektarlık alanla (%3,92) dikkat çekici bir büyüklüğe sahiptir. Tahmin edilen parsellerin mekânsal dağılımı, sınıflandırma sonuçlarına kıyasla daha dengeli bir desen göstermektedir. Eğitim fonksiyonlarının barınma alanlarıyla bütünleşik, merkezi ulaşım akslarına yakın ve erişilebilir konumlarda kümelendiği görülmektedir. Modelin bu alanları eğitim işlevi olarak tahmin etmesinde, geometrik büyüklük, mevcut eğitim tesislerine mesafe, konut alanlarına yakınlık ve parsellerin potansiyel fonksiyon skorları belirleyici olmuştur. Bu durum, modelin yalnızca mevcut kullanım biçimlerine değil, aynı zamanda erişilebilirlik ve mekânsal uygunluk ölçütlerine dayalı bir yaklaşım geliştirdiğini göstermektedir.

İmar planı verilerine göre ise 66,2 hektarlık alan (%4,00) eğitim işlevine ayrılmıştır. Bu değer, model çıktılarıyla yüksek düzeyde uyumluluk göstermekte, dolayısıyla plan kararlarıyla öngörülen eğitim alanlarının model tahminleriyle örtüştüğünü ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, sınıflandırma, tahmin ve plan verileri birlikte değerlendirildiğinde; Başakşehir'de mevcut eğitim fonksiyonlarının eşit dağılmadığı, ancak model ve plan verilerinin birbirini destekleyen bir mekânsal öngörü sunduğu söylenebilir.

Eğlence-Spor Fonksiyonu

Eğlence–spor fonksiyonu, mekânsal dağılım ve alan büyüklüğü bakımından Başakşehir'in dikkat çeken bir diğer işlev grubunu oluşturmaktadır. Sınıflandırma sonuçlarında 105 parsel ve 389,2 hektarlık alanla önemli bir paya sahip olan bu fonksiyon, ilçenin planlı gelişim sürecinde rekreasyon, açık alan ve spor altyapısına verilen önemi yansıtmaktadır. Model tahminlerinde 384 parsel ve 210,9 hektarlık bir alanla (%12,75)

öne çıkan eğlence–spor işlevi, özellikle geniş yüzölçümüne sahip parsellerin stadyum, büyük park veya spor kompleksi olarak değerlendirilmesiyle ilişkilidir. Bu dağılım, Başakşehir'in orta ve güney kesimlerinde yoğunlaşan kamusal açık alan potansiyelinin modele güçlü biçimde yansıdığını göstermektedir.

İmar planı verilerinde 338,8 hektarlık alanın (%20,48) eğlence–spor kullanımına ayrılmış olması, bu işlevin plan düzeyinde de yüksek öncelikli biçimde ele alındığını ortaya koymaktadır. Ancak bu alanın yaklaşık 200 hektarlık kısmını (Atatürk Olimpiyat stadının çevresindeki koruma statüsündeki alanlar ile Sazlıdere Nehrinin koruma alanları) koruma alanları oluşturmaktadır. Bunlar ışığında sadece 138 hektarın şehir içi park statüsünde kullanıma ayrıldığı düşünülmektedir. Yapılan tahmin analizinde ise eğlence-spor fonksiyonun şehrin geneline yayıldığı ve ağırlıklı olarak yerleşim alanlarıyla entegre edildiği görülmektedir. Tahmin sonuçları, bu yeşil kuşağa 210 hektarlık ek bir rekreasyon ve eğlence alanı genişleme imkânı sunmaktadır. Bu bulgular, Başakşehir'in mekânsal yapısında eğlence–spor işlevlerinin yaşam kalitesini destekleyen, çevresel sürdürülebilirliği güçlendiren bir rol üstlendiğini ve modelin bu işlevi yüksek doğrulukla öngörebildiğini göstermektedir.

İnanç Fonksiyonu

İnanç fonksiyonu açısından sınıflandırma verileri 57 parsel ve 21,65 hektar (%0,6) değerindedir. Model tahminlerinde bu oran 8 parsel ve 5,3 hektar (%0,32) olarak gerçekleşmiştir. Dolayısıyla model, inanç işlevini alan ve parsel sayısı bakımından daha sınırlı, fakat erişilebilirlik açısından daha belirgin konumlarda öngörmüştür. Modelin bu fonksiyonu bu şekilde tahmin etmesinde, konut dokusu içindeki dağılım ve yaya erişimi gibi değişkenlerin belirleyici olduğu görülmektedir.

İmar planı verilerine göre ilçede 7,4 hektar (%0,45) büyüklüğünde inanç alanı bulunmaktadır. Bu değer, model tahminleriyle genel oransal açıdan benzer olmakla birlikte, planın bu işlevi yerleşim alanlarına dengeli biçimde entegre ettiğini göstermektedir.

Dolayısıyla sınıflandırma, tahmin ve plan verileri birlikte değerlendirildiğinde; inanç fonksiyonunun şehir dokusu içinde küçük ama dengeli bir mekânsal temsile sahip olduğu, modelin de bu eğilimi doğru biçimde yansıttığı söylenebilir.

Kamu Hizmetleri Fonksiyonu

Kamu hizmeti fonksiyonları, Başakşehir'in şehirsel yapısında yönetimsel ve kamusal altyapının temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Sınıflandırma sonuçlarına göre 30 parsel ve 604,08 hektar (%16,1) gibi oldukça yüksek bir alansal paya sahiptir. Bu oran, ilçede belediye binaları, ek hizmet birimleri, itfaiye istasyonları, emniyet, vergi daireleri ve kamu idarelerine ait tesislerin geniş ölçekli parsellerde yoğunlaştığını göstermektedir.
Fonksiyon tahminlerinde ise kamu fonksiyonu 36 parsel ve 4,5 hektar (%0,27) olarak hesaplanmıştır. Bu belirgin fark, modelin kamu hizmeti işlevini daha küçük ve yerel ölçekte tanımladığını göstermektedir. İmar planı verilerine göre ilçede 68,4 hektar (%4,13) oranında kamu alanı tanımlıdır. Bu bulgular imar planlarının model ile dengeli ilerlediğini ortaya koymaktadır. Model, bu tür kullanımları genellikle konut ve ticaret alanlarına komşu, erişilebilirliği yüksek ve semt ölçeğinde hizmet veren küçük parsellerde öngörmüştür. Kamu hizmetlerinin kullanımı için tahmin edilen parseller yalnızca büyük ölçekli yönetim merkezleri olarak değil, yerel hizmet birimleri (belediye ek hizmet binaları, zabıta, koordinasyon merkezleri, karakol, itfaiye vb.) şeklinde kullanılabilir.

Sağlık Fonksiyonu

Sağlık fonksiyonu sınıflandırma verilerinde 18 parsel ve 51,91 hektar (%1,4) alanla temsil edilmektedir. Model tahminlerinde bu değer 16 parsel ve 2,3 hektar (%0,14) olarak gerçekleşmiştir. Tahmin oranının düşük olmasının nedeni, sağlık tesislerinin genellikle büyük ölçekli ve plan kararıyla belirlenen alanlarda bulunmasıdır. Model, sağlık fonksiyonlarını mevcut sağlık merkezlerine yakın, konut yoğunluğu yüksek alanlarda küçük ölçekli biçimde tanımlamıştır.
İmar planı verilerine göre 77,8 hektar (%4,70) sağlık alanı bulunmaktadır; bu değer hem sınıflandırmadan hem tahminden yüksektir. Bu durum, planın geleceğe yönelik sağlık altyapısı rezervlerini içerdiğini, modelin ise daha mevcut kullanım yoğunluğu odaklı bir tahmin sunduğunu göstermektedir. Dolayısıyla sağlık fonksiyonları planlama açısından stratejik, model açısından ise erişilebilirlik temelli bir yapıda ele alınmaktadır.

Finans Fonksiyonu

Finans fonksiyonu, Başakşehir'in mevcut işlevsel yapısında oldukça sınırlı bir yer kaplamaktadır. Sınıflandırma sonuçlarına göre 14 parsel ve 13,67 hektarlık alan (%0,4) finans işlevine sahiptir. Model tahminlerinde ise bu değer 6 parsel ve 6,6 hektar (%0,40) olarak belirlenmiştir. Tahmin oranı sınıflandırma ile yakın görünmekle birlikte, parsel sayısındaki azalma ve alan küçülmesi, modelin finans fonksiyonunu daha yoğun ve merkezî noktalarda topladığını ve bu işlevi seçici biçimde öngördüğünü göstermektedir.
Finans fonksiyonlarının önemli bir kısmı, şehir dokusu içinde ticaret fonksiyonlarıyla iç içe geçmiş karma kullanımlar içerisinde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle hem sınıflandırma hem tahmin sonuçlarında bağımsız finans alanlarının sınırlı görünmesi doğaldır. Bu fonksiyonlar genellikle karma fonksiyonlu parsellerde dolaylı biçimde temsil etmektedir. Dolayısıyla finans fonksiyonlarının mekânsal gereksinimleri, karma kullanım alanları içinde esnek biçimde karşılanabilir.
Finans işlevi düşük oranlı bir mekânsal temsile sahip olsa da ekonomik odakların tamamlayıcı unsuru niteliğindedir. Bu nedenle, gelecekteki planlama yaklaşımlarında finans fonksiyonlarının karma kullanım alanlarıyla bütünleşik biçimde desteklenmesi hem erişilebilirlik hem de işlevsel çeşitlilik açısından önemli katkı sağlayacaktır.

Yeme-İçme Fonksiyonu

Fonksiyonel sınıflandırma sonuçlarına göre yeme-içme fonksiyonu, 15 parsel ve 13,43 hektarlık alan kaplamaktadır. Bu oran, toplam fonksiyonel alanın %0,4'üne karşılık gelmekte olup, ilçede bu fonksiyonun görece sınırlı bir mekânsal varlığa sahip olduğunu göstermektedir. Yeme-içme faaliyetleri genellikle karma kullanım alanları içinde yer almaktadır. Bu parseller çoğunlukla restoran, kafe, pastane ve benzeri tesisleri içermekte; dolayısıyla doğrudan bağımsız bir kullanım türü olmaktan çok ticaret işlevinin alt türü olarak ortaya çıkmaktadır.
Tahmin modelinde yeme-içme fonksiyonu önerisi yer almamaktadır. Bunun nedeni, modelin eğitiminde kullanılan mekânsal değişkenlerin (örneğin erişim mesafesi, komşuluk ilişkileri ve parsel geometrisi) bu tür küçük ölçekli, çoğu zaman bina-içi veya karma alan içinde konumlanan işlevleri ayırt etmekte yetersiz kalmasıdır.
İmar planında da yeme-içme fonksiyonu ayrı bir kullanım türü olarak tanımlanmamış; bu tür tesisler, ticaret veya karma kullanım bölgeleri içerisinde değerlendirilmektedir.

Karma Fonksiyonlar

Sınıflandırma sonuçlarına göre Başakşehir'de 212 parsel ve 237,34 hektarlık alan (%6,3) karma fonksiyon kapsamında yer almaktadır. Bu durum, ilçede birden fazla işlevin aynı parselde veya yakın çevrede bulunduğunu ve temel ihtiyaçların belirli bölgelerde iç içe geçtiğini göstermektedir. Dolayısıyla çok işlevli gelişim eğiliminin şehir dokusu içinde sınırlı ancak tanımlı bir biçimde var olduğu söylenebilir. Karma kullanımların toplam içindeki payı düşük olmakla birlikte, merkezî odaklarda ve ulaşım koridorlarına yakın alanlarda belirginleştiği görülmektedir.

Model tahminlerinde ise 214 parsel ve 51,7 hektarlık alan (%3,13) karma işlev olarak öngörülmüştür. Model, mevcut karma fonksiyonun alanına göre daha düşük bir öneri sunmakla birlikte, parsel sayısı bakımından benzer bir sonuç üretmiştir. Bu durum, daha küçük parsellerde iki ya da üç fonksiyonun bir arada yer aldığı karma kullanım alanlarının oluşabileceğini göstermektedir. Modelin bu alanları karma fonksiyon olarak tanımlamasında parsel yakınlıkları, fonksiyon çeşitliliği ve mekânsal erişim değerleri belirleyici değişkenler olmuştur. Böylece model, çok işlevli gelişim potansiyelini mekânsal göstergeler üzerinden başarılı biçimde yakalamıştır.

Başakşehir'de karma fonksiyonlar plan ölçeğinde tanımlı bir yer tutmamakta, planlama sürecinde fonksiyonlar genellikle tekil parseller düzeyinde ele alınmaktadır. Ancak mevcut şehirleşme eğilimleri, yüksek yoğunluklu yerleşimlerle hizmet alanlarının iç içe geçmesi sonucu fiilî karma kullanım alanlarının oluşmasına yol açmaktadır. Bu durum, şehirsel erişilebilirlik ve yaşam kolaylığı açısından doğal bir gelişme olarak değerlendirilebilir; zira bireyler bu tür alanlarda barınma, ticaret, eğitim ve hizmet işlevlerine kısa mesafede ulaşabilmektedir. Bununla birlikte, karma fonksiyonun belirli bir mekânsal denge içinde kurgulanması önemlidir. Aşırı derecede yoğunlaşan veya düzensiz biçimde gelişen karma kullanımlar, şehirsel yaşantıda trafik yükü, gürültü, yaya yoğunluğu gibi olumsuzlukları beraberinde getirebilmektedir. Dolayısıyla, Başakşehir'de karma fonksiyonların kontrollü biçimde desteklenmesi, hem çok işlevli şehirsel yaşamı güçlendirecek hem de planlama ölçeğinde mekânsal bütünlüğü koruyacaktır.

5.3.2. Sancaktepe İlçesi

Bu bölümde, Sancaktepe ilçesine ait fonksiyonel sınıflandırma ve fonksiyon tahmin sonuçları imar planı ile karşılaştırmalı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Barınma Fonksiyonu

Sınıflandırma sonuçlarına göre toplam 3757 parsel içinde barınma fonksiyonu, 2488 parsel ve 1052,2 hektar ile toplam fonksiyonel alanın %61'ini oluşturmaktadır (Tablo 57, Şekil 69). Bu durum, Sancaktepe'nin mekânsal gelişiminde konut alanlarının belirleyici ve yönlendirici bir rol oynadığını göstermektedir (Şekil 69). İlçede konut kullanımı, özellikle kuzey ve doğu koridorlarındaki yeni yapılaşma bölgelerinde yoğunlaşarak, barınma işlevinin mekânsal sürekliliğini pekiştirmektedir.

Tahmin sonuçlarına göre ise toplam 8026 boş parsel içinde 4074 parselde barınma fonksiyonu ortaya çıkmış, toplam 275 hektar ve %41,92 oranı ile yine en baskın sınıf olarak belirlenmiştir (Tablo 56, Şekil 64). Ancak bu değer, sınıflandırmadaki yüksek alan oranına kıyasla barınma fonksiyonunun alansal payında azalma, parsel sayısında ise belirgin artış olduğunu göstermektedir. Bu durum, modelin konut işlevini daha geniş bir parsel grubuna yaydığını ancak bu parsellerin ortalama büyüklüklerinin azaldığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla model, barınma fonksiyonunu yalnızca mevcut konut alanlarıyla sınırlı tutmamış; aynı zamanda mevcut yerleşim alanlarının arasında veya yakın çevresinde kalan küçük boşlukları da potansiyel konut alanı olarak tanımlamıştır. Bu bulgu, ilçede konut gelişiminin iç kısımları da dolduracak biçiminde mevcut yapı dokusu içinde ve çevresinde süreklilik gösterdiğine işaret etmektedir.

Modelin barınmayı güçlü biçimde öne çıkarmasının temel nedeni, yüksek konut fonksiyonlu parsel sayısına sahip olması, geometrik benzerlik düzeyinin yüksekliğidir. Ayrıca barınma parsellerinin birbirine komşu olarak kümelenmesi, modelin bu alanları güçlü şekilde barınma fonksiyonu olarak tahmin etmesini de desteklemektedir. Bu tahmin sonucu, İstanbul'un genel nüfus artış eğilimi ve doğu koridorundaki konut talebiyle birlikte değerlendirildiğinde anlam kazanmaktadır.

İmar planı verilerine göre ise 276,6 hektarlık alan (%42,16) konut fonksiyonuna ayrılmıştır (Tablo 56, Şekil 65). Bu oran, model tahminleriyle yakın değerler göstermekte olup plan kararlarının da barınma merkezli gelişim yönünü desteklediğini ortaya koymaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Sancaktepe'de barınma fonksiyonu hem mevcut sınıflandırma hem de model tahminlerinde baskın ve belirleyici konumdadır. Konut alanlarının gerek plan kararlarıyla gerek fiilî gelişim süreçleriyle desteklendiği ortaya

konulmuştur. Bu durum, planlamada barınma fonksiyonu ile diğer şehirsel işlevler arasındaki denge arayışının önemini artırmaktadır.

Fonksiyonel Sınıflar	Sınıflandırma			Tahmin			İmar Planı	
	Parsel Sayısı	Alan (ha)	Oran (%)	Parsel Sayısı	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)
Barınma Fonksiyonu	2488	1052,2	61,0	4074	275	41,92	276,6	42,16
Barınma-Ticaret Fonksiyonu	115	15,77	0,9	988	55,3	8,44	9,2	1,40
Ticaret Fonksiyonu	321	102,4	5,9	570	63,1	9,62	86,3	13,15
Sanayi Fonksiyonu	222	100,96	5,9	295	20,4	3,11	9	1,37
Eğitim Fonksiyonu	77	47,26	2,7	58	1,8	0,28	17,7	2,70
Eğlence-Spor Fonksiyonu	86	72,65	4,2	377	21	3,2	106,4	16,22
İnanç Fonksiyonu	63	14,35	0,8	27	1	0,15	7,3	1,11
Kamu Hizmetleri Fonksiyonu	50	160,13	9,3	90	3,6	0,55	112,9	17,21
Sağlık Fonksiyonu	43	35,51	2,1	33	134,3	20,47	30,7	4,68
Yeme-İçme Fonksiyonu	15	1,21	0,1	9	0,6	0,08	-	-
Karma Fonksiyon	275	121,52	7,0	1505	79,9	12,18	-	-
Toplam	**3755**	**1724**	**100**	**8026**	**656**	**100**	**656**	**100**

Tablo 57: Sancaktepe Fonksiyonel Sınıflandırma, Tahmin ve İmar Planı İstatistiklerinin Karşılaştırması

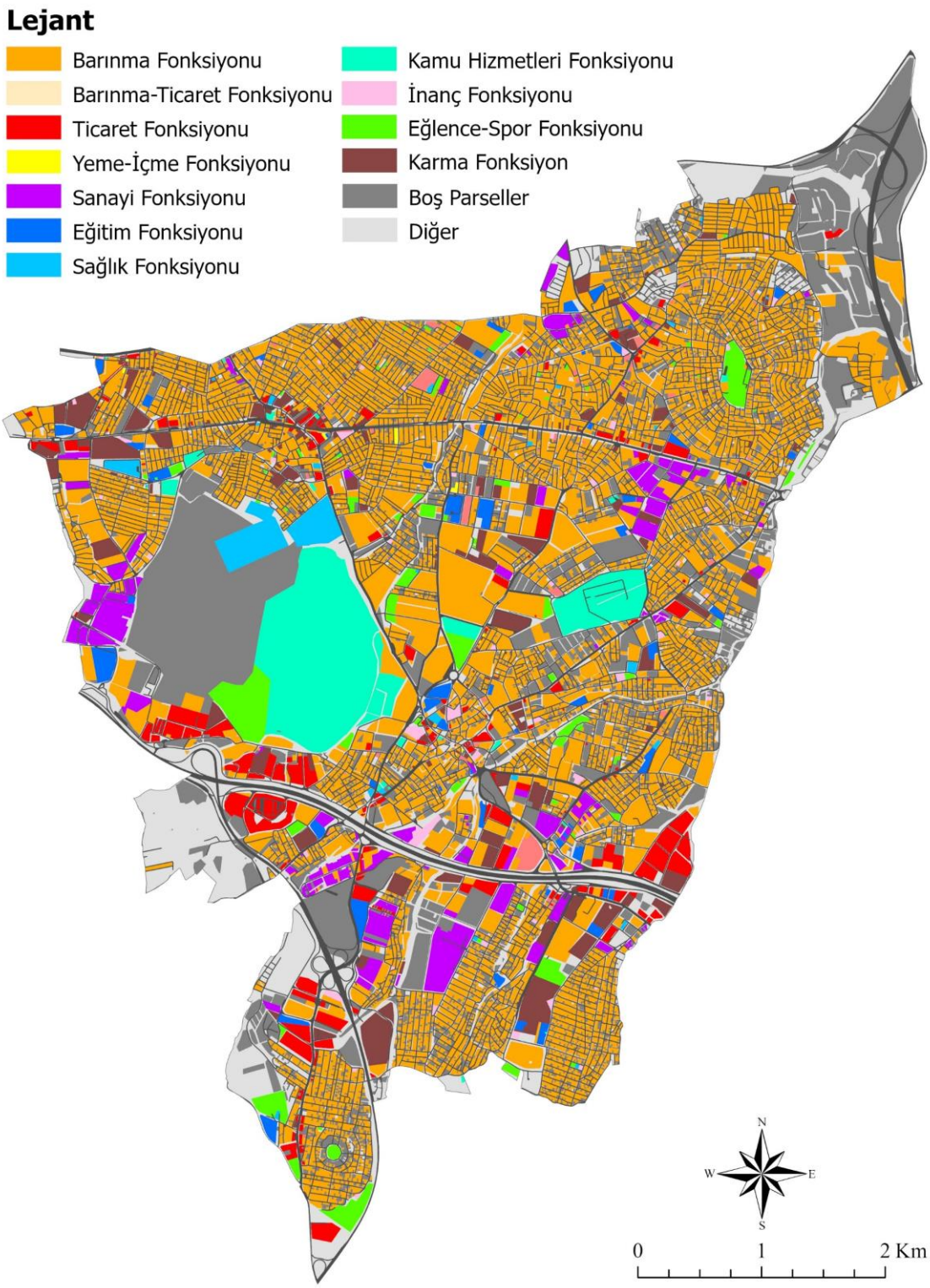
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Barınma-Ticaret Fonksiyonu

Sınıflandırma sonuçlarına göre barınma–ticaret fonksiyonu, 115 parsel ve 15,77 hektarlık alan kaplamaktadır. Bu oran, toplam fonksiyonel alanın %0,9'unu oluşturmakta olup ilçede konutla bütünleşmiş sınırlı sayıdaki ticari aksların ve mahalle merkezlerinin varlığını göstermektedir. Bu fonksiyon, özellikle mahalle ölçeğinde gündelik ihtiyaçlara hizmet eden küçük ölçekli işletmelerin yer aldığı konut blokları çevresinde yoğunlaşmaktadır.

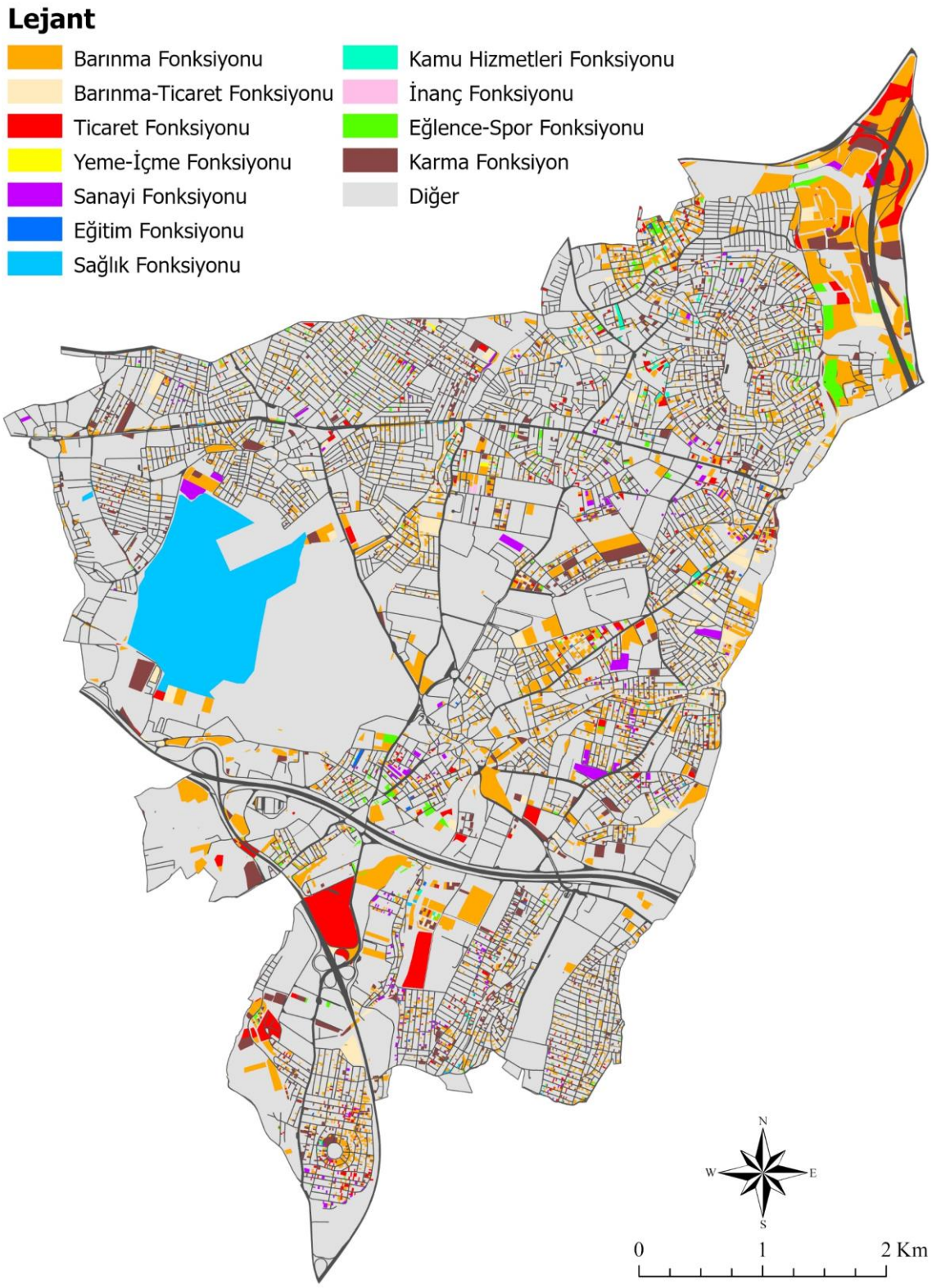
Tahmin sonuçlarına göre ise barınma–ticaret fonksiyonu 988 parselde ortaya çıkmış, toplam 55,3 hektarlık alan (%8,44) kaplamıştır. Bu sonuç, sınıflandırma bulgularına kıyasla hem parsel sayısında hem de alan oranında belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Bu mekânsal örüntü, Sancaktepe'nin gelişim dinamikleri içinde oldukça yaygın bir yapı biçimini temsil etmektedir. Modelin tahminlerinde, konut ve ticaretin yakın konumlanabildiği parsellerin seçilmesinde özellikle fonksiyon tipi, parsel şekli, komşuluk ilişkileri ve mesafe değişkenleri belirleyici olmuştur (Şekil 71).

İmar planında ise barınma–ticaret fonksiyonu 9,2 hektarlık (%1,40) alanla sınırlı biçimde tanımlanmıştır. Bu fark, plan kararlarının konut ve ticaret işlevlerini ayrı kullanımlar olarak düzenlediğini, tahmin sonuçları bu iki fonksiyonun giderek daha fazla iç içe geçtiğini göstermektedir. Bu durum, plan kararlarının ötesinde cadde koridorları boyunca doğal karma kullanımların gelişmekte olduğunu; konut–ticaret birlikteliğinin yaya hareketliliğini artıran ve ekonomik canlılığı destekleyen bir mekânsal dinamik haline geldiğini göstermektedir.



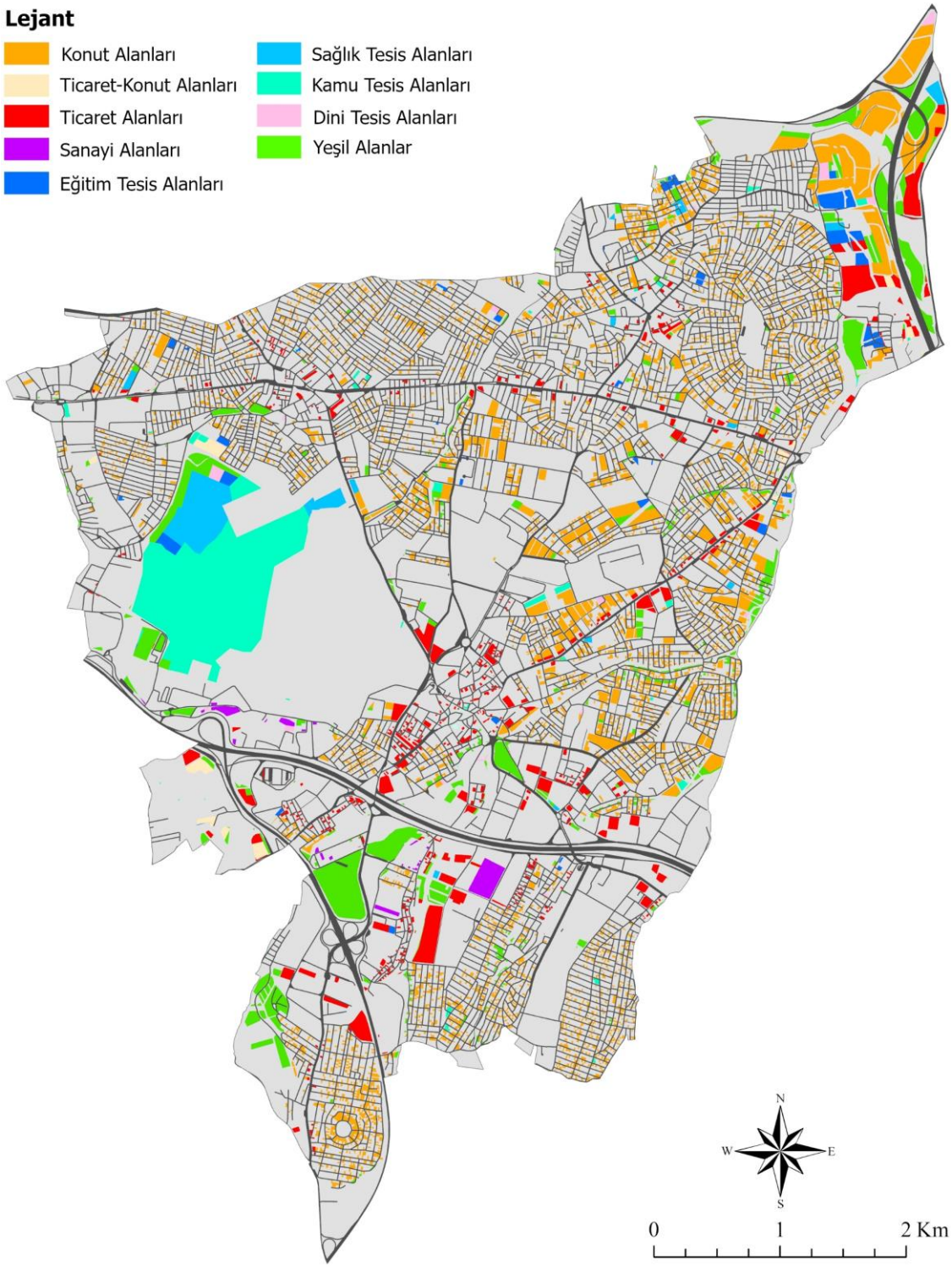
Şekil 69: Sancaktepe İlçesinde Fonksiyonel Sınıflandırma

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 70: Sancaktepe İlçesinde Fonksiyon Tahmin

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 71: Sancaktepe İlçesinde Fonksiyon Tahmin Sonuçlarının 1/1000 Ölçekli İmar Planı ile Karşılaştırılması

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Ticaret Fonksiyonu

Ticaret fonksiyonu sınıflandırmada 321 parsel ve 102,4 hektarlık alan kaplamaktadır. Bu oran, ilçe fonksiyonel alanının %5,9'una karşılık gelmekte olup ticaret işlevi konut odaklı yapılaşmayla birlikte belirli koridorlar boyunca gelişim göstermektedir. Bu alanlar genellikle ana ulaşım aksları, mahalle merkezleri ve toplu taşıma bağlantı noktaları çevresinde yoğunlaşmaktadır.

Tahmin sonuçlarında ise ticaret fonksiyonu 570 parselde öngörülmüş olup, bu parsellerin toplam alanı 63,1 hektar ve oranı %9,62'dir. Model bu fonksiyonu daha fazla parselde, ancak görece küçük yüzölçümlü alanlarda tespit etmiştir. Tahmin haritası incelendiğinde özellikle merkezi noktalarda, meydan çevrelerinde, mahalle içlerinde belirli kesimlerinde ve ilçenin genelinde dengeli şekilde dağıtmıştır.

İmar planında ticaret alanları 86,3 ha, ticaret–konut alanları 9,2 ha olarak planlanmaktadır. İmar planı haritası incelendiğinde ticaret parsellerinin cadde ve bulvarlarda dizilişe sahip olduğu görülmektedir. Ancak model sonuçları bununla tutarlı değildir. Bu nedenle plan, gelecekte ticaret için ayrılmış ancak hâlen yapılaşmamış alanları içerirken; model yalnızca mevcut ticari potansiyeli ve bugünkü fonksiyonel ilişkileri yansıtmaktadır. İmar planı ticaret fonksiyonlarını ana arterlere cepheli biçimde tanımlasa da bu her zaman geçerli bir şehir planlama anlayışı olmayabilir. Model ise erişilebilirliği yalnızca yol cephesiyle değil, yaya erişimi, yakın çevre yoğunluğu ve fonksiyonel çekim gücü gibi parametrelerle değerlendirmektedir.

Genel olarak, ticaret fonksiyonunun tahminlerde daha küçük bir parsel grubunda ortaya çıkması, ilçede ekonomik etkinliklerin konut alanlarıyla iç içe geliştiğini ve yerel ölçekli ticari odakların çoğalmakta olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, Sancaktepe'nin fonksiyonel gelişim sürecinde ve konutla bütünleşmiş ticari alanların artış eğiliminde olabileceğini düşündürmektedir.

Sanayi Fonksiyonu

Fonksiyonel sınıflandırma sonuçlarına göre 222 parsel ve 100,9 hektarlık alan sanayi fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Bu oran, toplam alanın %5,9'una karşılık gelmekte olup sanayi faaliyetlerinin ilçede dağınık doku oluşturmaktadır. Bu fonksiyon, TEM Otoyolu boyunca ve erişimi yüksek cadde ve bulvarlarda konumlanmıştır.

Tahmin sonuçlarında ise model, 295 parsel ve 20,4 hektarlık bir alanı (%3,11) sanayi fonksiyonu olarak öngörmüştür. İlçenin mevcut fonksiyonel yapısında sanayi alanlarının büyük parsellerde yer almakta olup model bu işlevi aynı büyüklükteki parsellerin sınırlı olması nedeniyle sınırlı miktarda tahmin etmiştir. Mevcut sanayi sitelerinin yakın çevresindeki sınırlı sayıdaki boş parseller, model tarafından sanayi fonksiyonu olasılığı yüksek alanlar olarak belirlenmiştir. Model sanayinin kümelenmesini iyi algılayıp tahmini buna göre yapma başarısı sağlamaktadır.

Modelin bu sonucu üretmesinde yol ağına yakınlık, konut fonksiyonlarına uzaklık ve mevcut sanayi tesislerinin fonksiyonel yoğunluğu belirleyici olmuştur. Bu bulgu, Sancaktepe'de sanayi işlevlerinin mekânsal olarak yapılaşmış çekirdeklerle sınırlı kaldığını, ancak bu çekirdeklerin etrafında küçük ölçekli genişleme potansiyeli bulunduğunu göstermektedir.

Planda ise sanayi için yalnızca 9 hektar ayrılmışken, modelde bu 20,4 hektara ulaşmaktadır. Plan, sanayiyi azaltmayı ve konut–ticaret ağırlıklı bir gelişme kurgulamayı hedeflerken, model mevcut mekânsal verilerden hareketle küçük ölçekli sanayi alanlarını tahmin etmektedir. Bu da aslında sanayinin ilçedeki varlığının plan kararlarına kıyasla daha güçlü olduğunu göstermektedir. Modelin sanayi fonksiyonu olarak tahmin ettiği bu alanlar, ölçek olarak küçük olmalarına rağmen özellikle hafif sanayi sanayi faaliyetleri için kullanılabilecek potansiyellere sahiptir.

Eğitim Fonksiyonu

Sınıflandırma sonuçlarına göre eğitim fonksiyonu, 77 parsel ve 47,3 hektarlık alan kaplamaktadır. Bu oran, toplam fonksiyonel alanın %2,7'sine karşılık gelmektedir. Eğitim işlevine ait parseller genellikle ilkokul, ortaokul ve lise düzeyinde tesisleri içermekte olup, ilçede merkezi mahallelerde ve yerleşim alanlarının odak noktalarında iyi bir dağılışa sahiptir.

Tahmin sonuçlarına göre, model eğitim fonksiyonunu 58 parselde öngörmüş ve toplam 1,8 hektarlık (%0,28) alan tahmin etmiştir. Bu oran, sınıflandırma bulgularına göre oldukça düşüktür. Modelin bu sınıfta düşük tahmin üretmesinin başlıca nedeni, eğitim tesislerinin belirgin fiziksel biçimlere sahip olmaması ve boş parsellerde bu ölçekte alanların sınırlı olmasıdır. Modelin tahmin ettiği parsellerin büyük kısmı, konut ve ticaret alanlarına komşu, erişimi yüksek ancak küçük parsellerden oluşmaktadır. Yapılan

tahminler çoğunlukla mevcut eğitim fonksiyonuna erişimi zayıf olan parsellerde meydana gelmiştir.

İmar planı verilerine göre eğitim tesis alanları 17,7 hektar (%2,70) olup, bu oran model tahminine göre çok daha geniştir. Plan kararlarında eğitim tesisleri genellikle birden fazla okul tipini (ilkokul–ortaokul–lise) aynı kampüs içinde barındıran büyük ölçekli parseller şeklinde tanımlanmıştır. Buna karşılık model, bu tür kümelenmeler yerine, ilçenin çeşitli alanlarına yayılmış küçük ölçekli potansiyel eğitim fonksiyonlarını öne çıkarmıştır.

Eğlence-Spor Fonksiyonu

Sınıflandırma sonuçlarına göre eğlence–spor fonksiyonu, 86 parsel ve 72,6 hektarlık alan kaplamaktadır. Bu oran, toplam fonksiyonel alanın %4,2'sine karşılık gelmekte olup ilçede park, rekreasyon alanı ve açık spor tesisleri gibi geniş ölçekli boşlukları temsil etmektedir. Bu alanlar genellikle mahalle parkları, spor kompleksleri ve yeşil koridorlarla karakterize edilmiştir. Sınıflandırma bulguları, Sancaktepe'de açık–yeşil alanların şehir dokusu içinde dengeli fakat sınırlı bir dağılım gösterdiğini, özellikle büyük ölçekli park alanlarının az sayıda ve belirli noktalarda konumlandığını ortaya koymaktadır.

Tahmin sonuçlarında ise eğlence–spor fonksiyonu 377 parselde öngörülmüş olup toplam 21 hektar (%3,20) alan kaplamaktadır. Parsel sayısının artmasına karşın toplam alanın azalması, modelin bu işlevi daha yaygın ancak küçük ölçekli parsellerde tanımladığını göstermektedir (Şekil 70). Bu durum, modelin geniş park alanlarından çok, semt ölçeğinde dağılmış küçük yeşil alanları yakaladığını ortaya koymaktadır. Modelin "fonksiyon önem skoru" değişkeni, ilçede zaten çok sayıda bulunan yeşil alanlara daha düşük ağırlık vererek, yalnızca konumu, geometrisi ve erişilebilirliği uygun olan parselleri eğlence–spor olarak tahmin etmiştir.

İmar planı verilerine göre ise eğlence–spor fonksiyonuna 106,4 hektarlık (%16,22) geniş bir alan ayrılmıştır. Bu oran, planın açık–yeşil alan kapasitesini modelin tahminlerinden çok daha yüksek öngördüğünü göstermektedir. Plan verilerinde dere koruma bantları, yol refüjleri, küçük ağaçlık parçalar ve pasif yeşil alanlar da "yeşil alan" kategorisine dahil edilmektedir. Buna karşın model yalnızca millet bahçesi, park ve spor tesisleri gibi toplumsal kullanım değeri yüksek alanları eğlence–spor fonksiyonu olarak tanımlamıştır. Bu farklılık, planın öngörülen mekânsal kapasiteyi, modelin ise fiilî kullanım potansiyelini temsil etmesinden kaynaklanmaktadır. Plan geniş kapsamlı bir yeşil ağ

hedeflerken, model gerçekten erişilebilir ve toplumsal işlevi yüksek yeşil alanları önceliklendirmiştir. Dolayısıyla model çıktısı hem konum seçimi açısından hem de alan büyüklüğü bakımından daha gerçekçi sonuçlar ortaya koymaktadır. Harita düzeyinde bakıldığında, modelin mekânsal mantığı, günlük yaşamda fiilen kullanılan rekreasyon alanlarını ön plana çıkararak, Sancaktepe'nin aktif yeşil alan potansiyeline katkıda bulunmaktadır.

İnanç Fonksiyonu

Sınıflandırma sonuçlarına göre inanç fonksiyonu, 63 parsel ve 14,35 hektarlık alan kaplamaktadır. Bu oran, toplam fonksiyonel alanın %0,8'ine karşılık gelmekte olup, mekânsal dağılım analiz edildiğinde inanç yapılarının ilçede düşük ama dengeli bir dağılıma oluşturmaktadır. Bu fonksiyon sınıfı, cami, mescit ve dini tesis alanlarını kapsamaktadır.

Tahmin sonuçlarında ise model, inanç fonksiyonunu 27 parselde ve toplam 1 hektarlık alan (%0,15) olarak öngörmüştür. Bu oran, sınıflandırma sonuçlarına göre oldukça düşüktür. İnanç tesislerinin çoğu mevcut yerleşim alanları içinde planlı biçimde yer aldığından, model bu alanları komşuluk ve erişim değişkenleri üzerinden sınırlı biçimde ayırt edebilmiştir.

İmar planı verilerine göre, inanç fonksiyonuna ayrılan toplam alan 7,3 hektar (%1,11) olup, bu değer tahmin sonuçlarına göre daha dengeli ve tutarlı bir büyüklüğü yansıtmaktadır. Plan verileri, dini tesis alanlarını her mahallede temel hizmet birimi olarak ele almakta olup bu alanları şehirsel erişim açısından dengeli biçimde planlamaktadır. Modelin inanç fonksiyonunu düşük tahmin etmesi, bu sınıfın mevcut yerleşimde zaten dengeli olmasında kaynaklanmaktadır.

Kamu Hizmetleri Fonksiyonu

Sınıflandırma sonuçlarına göre kamu hizmetleri fonksiyonu, 50 parsel ve 160,1 hektarlık alan kaplamaktadır. Bu oran, toplam fonksiyonel alanın %9,3'ünü oluşturmaktadır. Kamu tesisleri sınıfı, ilçede idari binalar, belediye hizmet alanları, eğitim dışı kamu kurumları, güvenlik tesisleri ve altyapı birimleri gibi farklı işlevleri kapsamaktadır. Sınıflandırma sonuçları, kamu tesislerinin özellikle merkez mahallelerde ve ulaşım ağlarına yakın

bölgelerde kümelendiğini, bu yönüyle ilçede mekânsal bir denge unsuru oluşturduğunu göstermektedir.

Tahmin sonuçlarına göre kamu hizmetleri fonksiyonu 90 parselde öngörülmüş; toplam 3,6 hektar (%0,55) alanla sınırlı kalmıştır. Bu fark, modelin kamu fonksiyonlarını ayırt etmekte zorlandığını göstermektedir. Tahmin edilen kamu fonksiyonu alanlarının düşük görünmesi, modelin bu sınıfa ait mekânsal değişkenlerden yeterli ayırt edici sinyal alamadığını ortaya koymaktadır. Diğer yandan, kamu tesisleri için ayrılan parsellerin genellikle büyük ölçekli olması ve boş parsellerin bu ölçekte bulunmaması da tahmin alanının düşük çıkmasının başlıca nedenlerinden biridir.

İmar planı verilerine göre kamu hizmetleri için 112,9 hektar (%17,21) alan ayrılmıştır. Bu oran, modelin tahminine kıyasla oldukça yüksektir ve planda kamu tesislerinin dengeli ve geniş ölçekli bir dağılıma sahiptir. Plan verileri, kamu kurumlarının ilçedeki hizmet erişimini kolaylaştırmayı amaçlarken, model bu geniş kamu arazilerini ayırt edememektedir.

Kamu hizmetleri fonksiyonunun model tahmininde düşük çıkması, bu sınıfın geometrik ve konumsal özellikler bakımından diğer fonksiyonlardan belirgin biçimde ayrışmamasından kaynaklanmaktadır. Modelin bu tür fonksiyonları daha doğru biçimde yakalayabilmesi için fonksiyona özgü ayırt edici değişkenlerin (örneğin bina tipi, yapı yoğunluğu, nüfus erişim mesafesi veya kamu hizmet erişim skoru) dahil edilmesi faydalı olabilir. Böyle bir yaklaşım, gelecekte kamu tesislerinin mekânsal dağılımını daha gerçekçi ve fonksiyonel düzeyde tahmin etmeyi mümkün kılabilir.

Sağlık Fonksiyonu

Sağlık fonksiyonu, ilçedeki kamusal hizmet alanlarının en kritik bileşenlerinden biridir. Sınıflandırma sonuçlarına göre, sağlık fonksiyonu 43 parsel ve 35,5 hektarlık bir alan kaplamakta olup, bu sınıf toplam alanın %2,1'ini oluşturmaktadır. Bu oran, sağlık hizmetlerinin Sancaktepe'de belirli odaklarda yoğunlaştığını, ancak genel mekânsal dağılımda sınırlı bir kapsama sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle mevcut sağlık alanlarının çevresinde geniş yapılaşmamış bölgelerin bulunması, bu fonksiyonun mekânsal sürekliliğini zayıflatmaktadır.

Tahmin sonuçlarında ise sağlık fonksiyonu için 33 parsel belirlenmiş, buna karşın toplam 134,3 hektarlık (%20,47) oldukça geniş bir alan ortaya çıkmıştır. Parsel sayısı bakımından

düşük tahmin edilmesine rağmen, alan büyüklüğünün yüksek çıkması modelin özellikle Sancaktepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi ve çevresindeki geniş boş parselleri baskın sağlık fonksiyonu olarak değerlendirmesinden kaynaklanmaktadır. Bu durum, sağlık fonksiyonunun, sağlık kampüsü ya da şehir hastanesi şeklinde mevcut sağlıkla ilişkili parsellerin çevresinde yayılma eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır.

İmar planı verilerine göre ise sağlık fonksiyonuna ayrılmış toplam 30,7 hektarlık (%4,68) bir alan bulunmaktadır. Bu değer, plan kararlarının daha dengeli ve sınırlı bir mekânsal dağılım öngördüğünü göstermektedir. Buna karşılık modelin tahmin ettiği yüksek alansal pay, bölgesel sağlık yatırımlarının artışı ve İstanbul'un doğu koridorunda sağlık hizmetlerine erişim potansiyelinin yükselmesi ile açıklanabilir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Sancaktepe'de sağlık fonksiyonu plan verilerine göre sınırlı, model tahminlerinde ise genişleyen bir mekânsal etkiye sahiptir. Bu fark, özellikle Sancaktepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nin çevresel baskınlığı ve bölgenin sağlık temalı gelişim potansiyeli ile ilişkilidir.

Yeme-İçme Fonksiyonu

Sınıflandırma sonuçlarına göre yeme-içme fonksiyonu, 15 parsel ve 1,21 hektarlık alan kaplamaktadır. Bu oran, toplam fonksiyonel alanın yalnızca %0,1'ine karşılık gelmekte olup bu işlevin ilçede oldukça sınırlı bir mekânsal varlığa sahip olduğunu göstermektedir. Bu sınıfa ait POI noktalarının daha çok karma parsellerde kalması tekil fonksiyon olarak yoğunlaşmayı ve tahmin etmeyi sınırlandırmaktadır. Genel fonksiyonel doku içinde restoran, büfe ve kafe tarzı işletmeler ana ulaşım aksları, ticaret koridorları ve merkezlerde yer almaktadır.

Tahmin sonuçlarında ise yeme-içme fonksiyonu 9 parselde ve toplam 0,6 hektarlık alan (%0,08) ile oldukça sınırlı biçimde öngörülmüştür. Yeme-içme fonksiyonuna ait parsellerin diğer ticari fonksiyonlarla yüksek mekânsal örtüşme göstermesi, modelin bu sınıfı çoğu durumda ticaret veya barınma-ticaret fonksiyonları altında değerlendirmesine neden olmuştur. Ayrıca bu tür tesislerin küçük ölçekli, yapı içi veya zemin kat kullanımları şeklinde gerçekleşmesi, parsel tabanlı tahmin yaklaşımının sınırlı kalmasına yol açmıştır.

İmar planında yeme-içme fonksiyonu da ayrı bir kategori olarak tanımlanmamıştır; bu işlev genellikle ticaret veya karma kullanım alanları içinde dolaylı biçimde yer

almaktadır. Plan ölçeğinde bu tür küçük ölçekli şehirsel hizmetlerin, yerel ticaret birimlerinin alt türleri olarak kabul edildiği görülmektedir.

Karma Fonksiyon

Yapılan sınıflandırmada karma fonksiyon sınıfı ise 275 parsel ve 121,5 hektarlık alan kaplamaktadır. Bu sınıf toplam alanın %7'sine karşılık gelmekte olup, ilçede konut, ticaret ve hizmet işlevlerinin birlikte yer aldığı çok işlevli merkez alanları temsil etmektedir. Bu alanlar genellikle ulaşım aksları, kavşak noktaları ve merkezi noktalarda konumlanmıştır.

Tahmin sonuçlarında ise 1505 parsel karma fonksiyon olarak öngörülmüş; toplam 79,9 hektar ve %12,18 oranla, sınıflandırmaya göre parsel sayısında belirgin artış, alanda ise kısmi azalma görülmüştür. Bu fark, modelin karma kullanımı daha fazla parselde ancak daha küçük ölçekli alanlarda tespit ettiğini göstermektedir. Modelin farklı tipteki fonksiyonların yoğunlaştığı bölgelerde karma işlevi öne çıkarması beklenen bir durumdur. Özellikle komşuluk ilişkileri, farklı tipteki fonksiyon çeşitliliğinin fazla olması, modelin karma fonksiyon tahminlerini güçlendirmiştir.

İmar planında karma fonksiyon doğrudan tanımlı değildir; planlama sürecinde işlevler genellikle tekil parseller düzeyinde belirlenmiştir. Buna karşın fiilî gelişim eğilimleri, yoğun konut alanlarıyla hizmet ve ticaret işlevlerinin iç içe geçmesi sonucu doğal karma kullanım örüntülerinin oluştuğunu göstermektedir. Bu eğilim, Sancaktepe'nin gelecekte çok işlevli merkez alanları ve yerel ölçekli karma gelişim bölgeleri açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

TARTIŞMA

Bu çalışmada, şehirsel fonksiyonların parsel ölçeğinde çeşitliliğini belirlemek ve boş parsellerin olası fonksiyonlarını çevresel göstergelere dayanarak tahmin etmek amaçlanmıştır. Araştırmanın temel hipotezi, bir parselin fonksiyonunun çevresindeki mevcut fonksiyonların bileşimi, erişim mesafesi, POI yoğunluğu ve komşuluk yapısı tarafından anlamlı biçimde tahmin edilebileceği yönündedir. Çalışmanın sonuçları, bu hipotezi desteklemektedir.

Shannon Entropisi ile yapılan analizler, İstanbul'un mekânsal yapısında fonksiyonel çeşitliliğin merkezden çevreye doğru azaldığını ortaya koymuştur. Tarihî yarımada, Boğaziçi koridoru ve merkezî ticaret alanları en yüksek entropi değerlerine sahipken; çeper ilçelerde konut ve sanayi fonksiyonları baskın hâle gelmiştir. Bu sonuç, Liu vd. (2022) tarafından Chengdu şehri örneğinde saptanan "merkezde yüksek, çevrede düşük karma kullanım" eğilimiyle paralellik göstermektedir. Benzer biçimde, Chin vd. (2023) Singapur'daki analizinde şehirsel donatıların fonksiyonel karışımı artırdığını, şehir merkezlerinden uzaklaştıkça da homojenleşmenin arttığını belirtmiştir. İstanbul için elde edilen sonuçlar, bu uluslararası örneklerle büyük ölçüde uyumludur.

Fonksiyon tahmin modeline ilişkin bulgular da hipotezi doğrulamaktadır. XGBoost algoritmasıyla geliştirilen model %93 genel doğruluğa ulaşmıştır. Barınma, ticaret ve eğitim fonksiyonlarında F1 değerleri 0.88–0.96 aralığındadır. Bu değerler, Deng vd. (2023) ve Luo vd. (2023)'ün çalışmalarında bildirilen %86–90 aralığındaki doğruluk oranlarının üzerindedir. Bunun nedeni modelin yalnızca POI yoğunluğuna değil, aynı zamanda erişim mesafesi, komşuluk ve fonksiyonel önem gibi mekânsal değişkenlere dayalı olarak kurulmuş olmasıdır. Ayrıca veri dengesizliğinin SMOTE yöntemiyle giderilmesi, azınlık sınıfların tahmin gücünü artırmıştır. Doğruluk analizi, modelin küçük örneklerde bile istikrarlı sonuçlar verebildiğini göstermektedir.

Elde edilen bulgular, Jiang vd. (2015)'nin sosyal ağlardan elde edilen POI verileriyle yaptığı sınıflandırma sonuçlarıyla da tutarlıdır. Jiang'ın çalışmasında, yüksek çözünürlüklü POI verisi kullanılarak Boston örneğinde, mahalle ölçeğinde arazi kullanımı %90'a yakın doğrulukla sınıflandırılmıştır. Ancak bu tez, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak parsel ölçeğini esas almış ve mekânsal çözünürlüğü daha ileri bir seviyeye taşımıştır. Andrade vd. (2020)'nin Avrupa ölçeğinde yürüttüğü yapay sinir

ağı (ANN) tabanlı sınıflandırma, CORINE veri setiyle karşılaştırmalı biçimde doğrulanmıştır; fakat bu yaklaşım planlama ölçeğinde yetersiz kalmıştır. Bu çalışmada ise, parsel ölçeğinde erişilebilirlik ve komşuluk ilişkileri doğrudan modele entegre edilerek ulusal ve yerel düzeyde politikacıların kullanımına uygun sonuçlar elde edilmiştir.

Benzer biçimde, Zhang vd. (2017) ve Bao vd. (2020) tarafından geliştirilen derin öğrenme tabanlı yaklaşımlar, POI verisini uydu görüntüleriyle birleştirerek arazi kullanımını sınıflandırmıştır. Bu çalışmada ise kullanılan XGBoost algoritması doğrudan vektörel yapıda parsellerin tablo verileri kullanılarak ve altı farklı değişkenin entegrasyonu ile ele alınmıştır. Bu yönüyle çalışma hem çevresel özellikler hem mekânsal istatistik birleştirilerek literatürdeki metodolojik eksikliği gidermektedir.

Araştırma sonuçları ayrıca Yue vd. (2017) ve Ullah vd. (2021)'in Hill sayıları ve Shannon Entropisi kullanarak karma işlevleri ölçtüğü çalışmalardaki sonuçlarla da benzerlik göstermektedir. Her iki çalışmada, POI çeşitliliğinin şehir canlılığını belirleyen temel unsur olduğu sonucuna varılmıştır. İstanbul örneğinde, entropi değerleri de aynı ilişkiyi doğrulamaktadır. POI çeşitliliği arttıkça fonksiyonel karmaşıklık yükselmekte ve şehirde canlılık artmaktadır. Bununla birlikte, Yue'nin çalışmasında yalnızca istatistiksel çeşitlilik ölçülürken; bu tezde mekânsal bağlam, erişim düzeyi ve yön ilişkileri daha ileri seviyeye taşınarak tahmin algoritmasına entegre edilmektedir. Bu çalışma aynı zamanda Zheng vd. (2023)'ün entropi–Markov modeliyle ulaştığı "karma işlevli alanların genişleme eğilimi" sonucunu da desteklemektedir. Boş parsellerin tahmin sonuçları, İstanbul'da özellikle Başakşehir ve Sancaktepe'de karma kullanımların gelişme potansiyeli taşıdığını göstermiştir. Başakşehir'de 7370 boş parselin %69'unun barınma, %13'ünün eğlence–spor, %6'sının ticaret ve geri kalanının karma veya eğitim fonksiyonlarına yönelme eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, mevcut plan kararlarının konut ağırlıklı olduğunu ancak sosyal ve ticari işlevlerin görece yetersiz kaldığını göstermektedir. Bu durum, şehirde dengeli fonksiyon dağılımının yeniden değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Sancaktepe'de ise benzer biçimde boş parsellerin büyük bölümü barınma işlevine yönelmiştir. Ancak burada ticaret, kamu hizmetleri ve eğlence–spor fonksiyonlarının da belirginleştiği görülmektedir. Bu bulgu, modelin yerel planlama kararlarıyla uyumlu sonuçlar ürettiğini göstermektedir. Özellikle mahalle düzeyinde yapılan tahminlerin plan

notlarıyla karşılaştırıldığında, modelin öngördüğü işlevlerin büyük ölçüde mevcut plan kararlarını desteklediği belirlenmiştir. Bu sonuç, yapay zekâ destekli mekânsal modellerin planlama süreçlerinde kullanılabileceğini göstermesi bakımından önemli bir kanıttır.

Çalışmada kullanılan mesafe ve yoğunluk tabanlı kriterler, şehirsel fonksiyonların yalnızca mekânda nerede yoğunlaştığını değil, aynı zamanda birbirleriyle olan etkileşim mesafelerini de ortaya koymuştur. Bu yaklaşım, ilçelerde fonksiyonlara eşit uzaklıklarda erişim olanağı tanıyan, dolayısıyla mekânsal açıdan daha dengeli bir fonksiyonel büyüme sürecinin gelişeceğini göstermektedir. Özellikle erişim mesafesiyle ilişkilendirilen ticaret, eğitim, sağlık ve yeşil alan gibi temel işlevler, şehrin belirli noktalarında aşırı yığılmalar yerine daha yaygın ve erişilebilir biçimde dağılmıştır. Bu durum, planlama açısından fonksiyonel eşitlik kavramının mekânsal karşılığını oluşturmakta; erişilebilirlik, hizmet adaleti ve sürdürülebilir yaşam kalitesi arasında doğrudan bir denge kurmaktadır.

Çalışmada yapılan varsayımlar, POI verisinin güncelliği ve konumsal doğruluğunun yeterli olduğu, fonksiyonların çevresel göstergelerle temsil edilebildiği yönündedir. Ancak bu varsayımlar bazı sınırlılıklar taşımaktadır. POI verilerinin eksikliği veya yanlış sınıflandırılması, özellikle inanç, sağlık ve sanayi gibi az örnekli fonksiyonlarda modelin başarısını sınırlamıştır. Ayrıca analiz tek bir zamansal kesite dayanmakta, fonksiyonel değişim sürecini yansıtmamaktadır. Bu nedenle, model mevcut durumu başarıyla açıklasa da fonksiyonel dönüşümün hızını veya yönünü tahmin etme konusunda ek zamansal bileşenlere ihtiyaç duymaktadır.

Çalışmanın güçlü yönü, mekânsal veri işleme kapasitesi, parsel ölçeğinde analiz yapılması ve entropi, kümeleme ve makine öğrenmesi entegrasyonudur. Modelde kullanılan mesafe, yoğunluk ve komşuluk tabanlı mekânsal değişkenler fonksiyonel tahmin gücünü artırmıştır; ancak şehirsel işlevler yalnızca mekânsal faktörlerle açıklanamayacak kadar karmaşıktır. Gelecekte nüfus, gelir, öğrenci sayısı ve iş gücü gibi sosyoekonomik göstergelerin modele entegre edilmesi, fonksiyonel analizlerin doğruluğunu önemli ölçüde geliştirecektir. Bu sayede geliştirilen model, yalnızca mekânsal değil, sosyal ve ekonomik boyutları da dikkate alan bütüncül bir tahmin aracına dönüşebilecektir.

Gelecekte zamansal POI verileri, mobil hareketlilik bilgileri ve sosyal medya tabanlı etkinlik göstergelerinin modele dahil edilmesi, şehirsel dönüşümün dinamik biçimde analiz edilmesine katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada elde edilen deneyimler, gelecekte yapılacak benzer araştırmalar için bazı önemli geliştirme alanlarını ortaya koymuştur. Farklı kaynaklardan (TKGM, OSM, Microsoft Global Building Footprints vb.) elde edilen veriler arasında format, koordinat sistemi ve nitelik tutarsızlıkları bulunmuştur. Bu nedenle, ulusal ölçekte ortak veri standartlarının ve bütünleşik CBS altyapılarının geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Elde edilen bulgular yalnızca yerel bir tahmin üretmekle kalmamış, sürdürülebilir şehirlerin planlanması açısından da önemli kavramsal sonuçlar ortaya koymuştur. Bu çalışma, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'ndan özellikle 11'inci (Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar), 9'uncu (Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı) ve 13'üncü (İklim Eylemi) hedeflerle doğrudan ilişkilidir (Bley vd., 2019). Model, mekânsal veriler aracılığıyla üretkenliği, erişilebilirliği ve çevresel dengeyi birlikte değerlendirmiş; bu yönüyle hem mekânsal sürdürülebilirliğin ölçülmesine hem de şehir planlama politikalarının daha adil ve dengeli kurgulanmasına olanak sağlamıştır. Aynı zamanda çalışma, Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliği kapsamında nazım imar planlarının yapımında kullanılabilecek bir yapı sunmaktadır. Diğer yandan, Mekânsal Strateji Planı'nda vurgulanan veri temelli planlama ilkeleriyle de uyumludur (ÇŞİDB, 2021).

Modelin sağladığı mekânsal zekâ, planlama süreçlerine somut bir katkı sunmaktadır. Yerel yönetimler açısından boş parsellerin gelecekteki fonksiyonel yönelimlerinin bilinmesi, imar planı revizyonlarını daha kanıta dayalı hale getirmektedir. Bölgesel ölçekte fonksiyonel yığılma alanlarının erken tespiti, altyapı yatırımlarının yönlendirilmesini kolaylaştırmaktadır.

Ekolojik açıdan ise model, yeşil alanlar üzerindeki fonksiyonel baskıların hangi bölgelerde yoğunlaştığını göstererek koruma politikalarına yeni bir analitik boyut kazandırmaktadır. Böylece planlama sezgisel bir etkinlik olmaktan çıkarak veriye dayalı, öngörüsel bir sürece dönüşmektedir.

SONUÇ

Bu çalışma, şehir coğrafyasının klasik yaklaşımlarından farklı olarak, şehirsel fonksiyonların hem mevcut durumunu hem de gelecekteki eğilimlerini açıklayan yeni bir model ortaya koymuştur. İstanbul örneğinde geliştirilen bu model, mekânsal istatistik yöntemleri ile yapay zekâ algoritmalarını bir araya getirerek şehirlerin fonksiyonel yapısına dair çok boyutlu bir bakış açısı kazandırmıştır. Geliştirilen metodoloji, şehirlerin karmaşık dokusunu yalnızca tanımlayan değil, aynı zamanda dinamik biçimde açıklayan ve öngören bir yapıya sahiptir.

Araştırma süreci boyunca elde edilen bulgular, şehir fonksiyonlarının mekânsal düzeninin rastlantısal değil, belirli bir sistematiğe dayandığını göstermiştir. İstanbul'da fonksiyonel çeşitlilik, açık biçimde merkezî iş alanlarında ve kıyı kuşağında yoğunlaşmakta; şehrin çekirdeğinden uzaklaşıldıkça bu çeşitlilik azalmaktadır. Özellikle Beşiktaş, Şişli, Kadıköy, Fatih, Üsküdar ve Bakırköy gibi merkezlerde entropi değerlerinin yüksek çıkması, bu bölgelerde ticaret, eğitim, sağlık, hizmet ve barınma gibi işlevlerin iç içe geçtiğini göstermektedir. Buna karşılık Arnavutköy, Sultanbeyli, Sancaktepe'nin doğusu ve Çekmeköy gibi çevresel bölgelerde tek işlevli, konut ağırlıklı kullanım biçimlerinin hâkim olduğu görülmüştür. Bu farklılıklar, İstanbul'un sosyo-ekonomik gelişme düzeyiyle mekânsal fonksiyonlar arasındaki güçlü ilişkiyi açık biçimde yansıtmaktadır.

Bu sonuçlar, şehirlerin morfolojik olarak merkezden çevreye doğru değişen yapılarını açıklayan klasik teorilerin günümüzde hâlâ geçerli olduğunu, ancak İstanbul'un çok merkezli bir yapıya evrilerek bu modellerin ötesine geçtiğini göstermektedir. Yeni gelişen alt merkezlerde karma fonksiyonel kullanımların artması, şehrin sadece yatay büyüme değil, işlevsel olarak da dönüşmekte olduğunu ortaya koymaktadır. Başakşehir, Ataşehir, Maltepe ve Kartal gibi planlı gelişme alanları şehrin yeni ekonomik çekim merkezlerini oluşturmuştur.

Modelin en önemli katkısı, şehir fonksiyonlarının yalnızca mevcut durumunu betimlemekle kalmayıp, geleceğe yönelik bir tahmin mekanizması kurabilmesidir. Geliştirilen yapay zekâ algoritması, parsel ölçeğinde çevresel faktörleri dikkate alarak boş alanların hangi fonksiyonlara dönüşme eğiliminde olduğunu yüksek doğrulukla belirleyebilmiştir. Tahmin sonuçlarına göre, İstanbul'daki boş parsellerin büyük bölümü konut, ticaret ve rekreasyon işlevlerine yönelme eğilimindedir. Bu durum, şehirde konut

talebinin hâlen belirleyici olduğunu, ancak yaşam kalitesiyle ilişkilendirilen sosyal ve rekreatif alanlara yönelik potansiyelin de giderek arttığını göstermektedir.

Modelin doğruluk analizinde ulaşılan yüksek oranlar, bu yöntemin güvenilirliğini kanıtlar niteliktedir. Fonksiyonel sınıflandırmada genel doğruluk oranının %94,8, Kappa katsayısının 0,94 olarak hesaplanması, yöntemin fonksiyonel desenleri yüksek hassasiyetle temsil ettiğini göstermektedir. Boş parsellerin fonksiyon tahmininde ise doğruluk oranının %93 seviyesine ulaşması, modelin öngörü gücünü desteklemektedir. Bu sonuçlar, mekânsal değişkenlerin dikkatli biçimde tanımlanmasının ve dengesiz sınıfların sentetik örneklerle dengelenmesinin modelin başarısına doğrudan katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Şehrin fonksiyonel çeşitliliğine ilişkin genel tablo, konut fonksiyonunun İstanbul genelinde hâkim olduğunu göstermektedir. Ticaret işlevler, ulaşım aksları boyunca gelişerek mekânsal süreklilik kazanmaktadır. Sanayi fonksiyonları ise daha çok kümelenmiş ve konut alanlarıyla belirli ölçüde ayrışma eğilimi göstermiştir. Eğitim, sağlık ve kamu hizmetleri fonksiyonlarının dağılımı ise konut alanlarına erişim düzeyi ve planlı gelişme politikalarıyla yakından ilişkilidir. Bu durum, şehirdeki fonksiyonel düzenin hem fiziksel hem de toplumsal dinamiklerle şekillendiğini kanıtlamaktadır.

Elde edilen bulgular yalnızca mekânsal bir analiz sonucu değil, aynı zamanda şehirlerin sosyal ve ekonomik yapısına dair önemli ipuçları taşımaktadır. Fonksiyonel çeşitliliğin yüksek olduğu alanlarda ekonomik canlılık, istihdam olanakları ve sosyal etkileşim düzeyi de yüksek görünmektedir. Buna karşılık fonksiyonel olarak homojen alanlar, çoğu zaman düşük gelirli, erişim imkânı sınırlı ve sosyal çeşitlilikten yoksun bölgelerle örtüşmektedir. Dolayısıyla fonksiyonel çeşitlilik, sadece bir mekânsal gösterge değil, aynı zamanda yaşam kalitesinin mekânsal yansımasıdır.

Geliştirilen modelin sağladığı bir diğer önemli katkı, şehir planlama süreçlerine doğrudan uygulanabilir olmasıdır. Boş parsellerin olası fonksiyonlarının tahmin edilmesi, planlama otoritelerine gelecek arazi kullanım senaryoları geliştirme olanağı sağlamaktadır. Bu tahminler, imar planı revizyonlarında ve yeni yerleşim politikalarının oluşturulmasında nesnel bir karar destek aracı olarak kullanılabilir. Böylece planlama süreci, kişisel yorumlar ve şehirdeki ranttan bağımsız, veriye dayalı bir yapıya kavuşabilir. Fonksiyonel çeşitliliğin planlama açısından taşıdığı önem burada bir kez daha vurgulanmalıdır. Çeşitliliğin yüksek olduğu bölgelerde karma kullanımın korunması, şehirlerin

sürdürülebilir ulaşım, erişilebilirlik ve canlılık hedefleri açısından önemlidir. Düşük entropiye sahip monofonksiyonel alanlarda ise dönüşüm politikalarıyla farklı işlevlerin eklemlenmesi, mekânsal adaletin sağlanmasına katkı sunacaktır. Geliştirilen model, bu politikaların hangi alanlarda uygulanabileceğine dair somut kanıtlar sunmaktadır.

Elde edilen sonuçlar, aynı zamanda şehirlerin sürdürülebilirlik hedefleriyle doğrudan ilişkilidir. Fonksiyonların dengeli dağılımı, kaynakların verimli kullanımını ve erişilebilir hizmet ağlarının oluşturulmasını kolaylaştırmaktadır. Böyle bir yapı, şehirlerin yaşanabilirliğine, ulaşım yükünün azalmasına ve enerji verimliliğinin artmasına da katkıda bulunabilir. Bu yönüyle çalışma, sürdürülebilir şehirlerin hedefiyle tamamen uyumlu bir model sunmaktadır.

Bilimsel açıdan değerlendirildiğinde bu çalışma, şehir coğrafyasına yöntemsel bir yenilik kazandırmıştır. Geleneksel saha gözlemi ve istatistik temelli analizlerin yerini, artık büyük veri setleriyle desteklenen, sürekli güncellenebilir ve tekrar edilebilir analizler almaktadır. Bu durum, şehir coğrafyasını tanımlayıcı bir inceleme alanı olmaktan çıkarıp, dinamik ve hesaplamalı bir bilim dalı haline getirmektedir. Tezde kullanılan veri kaynakları (OpenStreetMap, bina ayak izleri, parsel ve yol ağları) kamuya açık ve güncellenebilir yapıları sayesinde kolaylıkla edinilebilmektedir. Böylelikle farklı şehirlerde aynı yöntemle uygulanabilecek bir model altyapısı sunulmaktadır.

Bu araştırma, şehir coğrafyasında yapay zekâ tabanlı modellerin sadece teknik bir araç değil, aynı zamanda teorik bir çerçeve unsuru olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Shannon Entropisi, DBSCAN ve XGBoost algoritmalarının bir araya getirildiği bu hibrit yapı, şehir fonksiyonlarının tanımlanması, kümelenmesi ve tahmini süreçlerini bütüncül biçimde ele almıştır. Böylece şehirsel karmaşayı açıklamak için geliştirilen geleneksel yaklaşımlar, yerini artık dinamik, öğrenen ve yeniden üreten bir modele bırakmıştır.

Yapay zekâ temelli modelleme, şehir coğrafyasında nicel analizlerin ulaştığı en ileri noktayı temsil etmektedir. Bu bağlamda tez, coğrafi yapay zeka (GeoAI) kapsamında şehir fonksiyonlarının çözümlenmesinde ülkemizdeki ilk sistematik uygulamayı ortaya koymuştur. Bu uygulama, coğrafi olguların deterministik modeller yerine olasılıksal ve öğrenmeye dayalı sistemlerle ele alınabileceğini göstermiştir. Bu değişim, coğrafyanın "tanımlayan" disiplin kimliğini aşarak, "öngören" bir bilim dalına dönüşmesinin temelini oluşturmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, bu tez şehirlerin fonksiyonel yapısını anlamada yeni bir kavramsal ve metodolojik zemin oluşturmuştur. Yapay zekâ algoritmaları, şehirlerin yalnızca bugünkü durumunu açıklamakla kalmayıp, gelecekteki mekânsal eğilimleri öngörebilme potansiyeli taşımaktadır. Bu yönüyle çalışma, şehir coğrafyasının hem teorik hem de uygulamalı alanlarında paradigma değişimini temsil etmektedir. Sonuçta geliştirilen model, şehirlerin karmaşık yapısını tanıma, anlama ve geliştirme noktasında katkı sağlayacak bir potansiyel barındırmaktadır. Fonksiyonel çeşitliliği şehirlerin yaşabilirliğini azaltmadan destekleyen, mekânsal adaleti gözeten ve karar süreçlerinde veriye dayalı bir yaklaşımı benimseyen bu çalışma, geleceğin şehirleri için yeni bir bilimsel perspektif ortaya koymaktadır. İstanbul özelinde elde edilen model aynı zamanda, Türkiye'nin diğer şehirlerine uyarlanabilir nitelikte olup, planlama süreçlerinde coğrafi bilgi sistemleri ile yapay zekâ bütünleşmesinin somut faydalarını açık biçimde göstermektedir.

Çalışma, şehir coğrafyasına veri bilimi perspektifinden yaklaşarak, mekânsal düzenlerin yalnızca betimlenmediği, aynı zamanda tahmin edildiği bir yenilik ortaya koymuştur. Geliştirilen model, İstanbul gibi karmaşık bir metropolün fonksiyonel yapısını anlamada, geleneksel analizlerin ötesine geçerek yeni bir yorumlama ve öngörü aracı sunmaktadır. Aynı zamanda bu karmaşık dokuyu çözümlemek için fonksiyonları sadece konumsal değil, bağlamsal bir olgu olarak değerlendirmiştir. Bu noktada modelin en önemli başarısı, şehirsel süreçleri mekânsal ilişkiler ağı içinde kavrayabilmesidir. Yani, şehrin geleceğine yönelik çıkarımlar yine şehrin dinamik yapısı, komşuluk etkileşimleri, yoğunluk desenleri ve erişim ilişkileriyle ortaya konulabilmektedir. Bu bakış açısı, fonksiyonel sınıflandırmayı durağan bir sonuç olmaktan çıkararak dinamik bir sürece dönüştürmektedir. Bu yönüyle çalışma, hem coğrafi hem de planlama disiplinlerinde yapay zekânın dönüştürücü gücünü somutlaştıran öncü bir nitelik taşımaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma şehirlerin karmaşık doğasını açıklamak için açık veri kaynakları ve coğrafi bilgi sistemleri, yapay zekâ temelli analizleri bir araya getirmiştir. Bu yapısıyla yerel yönetimler, bakanlıklar ve şehirle ilgilenen tüm kurumlar için kanıta dayalı karar üretiminde kullanılabilecek güçlü bir araç niteliği taşımakta; şehirlerin sürdürülebilir, dengeli ve erişilebilir biçimde gelişmesine yönelik bilimsel bir temel sunmaktadır. Şehir artık yalnızca planlanan değil, veriler aracılığıyla öğrenilen ve kendini yenileyen bir

organizma olarak ele alınmalıdır. Bu sistemi anlamak ve yönetmek, geleceğin sürdürülebilir şehirlerinin temel koşuludur.

KAYNAKÇA

Aburas, M. M., Abullah, S. H., Ramli, M. F., & Ash'aari, Z. H. (2015). A review of land suitability analysis for urban growth by using the GIS-based analytic hierarchy process. *Asian Journal of Applied Sciences*, *3*(6).

Aurousseau, M. (1921). The distribution of population: A constructive problem. *Geographical Review*, *11*(4), 563-592.

Avcı, S. (2014). İstanbul örneğinde şehiriçi arazi kullanımı ve stadyumlar: Bir spor coğrafyası çalışması. *Türk Coğrafya Dergisi*, *54*, 15-30. https://doi.org/10.17211/tcd.56019

Bao, H., Ming, D., Guo, Y., Zhang, K., Zhou, K., & Du, S. (2020). DFCNN-Based Semantic Recognition of Urban Functional Zones by Integrating Remote Sensing Data and POI Data. *Remote Sensing*, *12*(7), Article 7. https://doi.org/10.3390/rs12071088

Batur, E., & Maktav, D. (2012). Uzaktan algılama ve CBS entegrasyonu ile taşkın alanlarının belirlenmesi: Meriç Nehri örneği. *Journal of Aeronautics & Space Technologies/Havacilik ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, *5*(3), 47-54.

Beaujeu-Garnier, J., & Chabot, G. (1969). *Urban Geography*. Wiley.

Bennett, J. (2010). *OpenStreetMap*. Packt Publishing Ltd.

Bergman, E. F. (1995). Human geography: Cultures, connections, and landscapes. *Englewood Cliffs, N.J. : Prentice Hall*. https://cir.nii.ac.jp/crid/1130000797454010752

Bozkaya Karip, A. G. (2024). *İstanbul'da Kentsel Büyümenin Senaryo Tabanli Modellenmesi ve Ekolojik Açıdan Değerlendirilmesi* [Ph.D.]. https://www.proquest.com/docview/3235008833/abstract/E7430AA1565D4477PQ/1

Cai, J., Huang, B., & Song, Y. (2017). Using multi-source geospatial big data to identify the structure of polycentric cities. *Remote Sensing of Environment*, *202*, 210-221. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.039

Cao, J., Tu, W., Li, Q., & Cao, R. (2017). Spatio-temporal analysis of aggregated human activities based on massive mobile phone tracking data. *Journal of Geo-Information Science*, *19*(4), 467-474.

Chang, S., Wang, Z., Mao, D., Liu, F., Lai, L., & Yu, H. (2021a). Identifying Urban Functional Areas in China's Changchun City from Sentinel-2 Images and Social Sensing Data. *Remote Sensing*, *13*(22), Article 22. https://doi.org/10.3390/rs13224512

Chang, S., Wang, Z., Mao, D., Liu, F., Lai, L., & Yu, H. (2021b). Identifying Urban Functional Areas in China's Changchun City from Sentinel-2 Images and Social Sensing Data. *Remote Sensing*, *13*(22), 4512. https://doi.org/10.3390/rs13224512

Chawla, N. V., Bowyer, K. W., Hall, L. O., & Kegelmeyer, W. P. (2002). SMOTE: Synthetic Minority Over-sampling Technique. *Journal of Artificial Intelligence Research*, *16*, 321-357. https://doi.org/10.1613/jair.953

Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 785-794. https://doi.org/10.1145/2939672.2939785

Chiesa, G., Boffa, M., Lanza, C., Baldoni, V., Fabiani, F., & Ravera, A. (2023). Automatic identification of urban functions via social mining. *Cities*, *137*, 104262.

Cockx, K., Van de Voorde, T., & Canters, F. (2014). Quantifying uncertainty in remote sensing-based urban land-use mapping. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *31*, 154-166. https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.03.016

Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, *20*(1), 37-46. https://doi.org/10.1177/001316446002000104

Congalton, R. G., & Green, K. (2019). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices* (3. bs). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780429052729

Crooks, A., Pfoser, D., Jenkins, A., Croitoru, A., Stefanidis, A., Smith, D., Karagiorgou, S., Efentakis, A., & Lamprianidis, G. (2015). Crowdsourcing urban form and function. *International Journal of Geographical Information Science*, *29*(5), 720-741. https://doi.org/10.1080/13658816.2014.977905

Cui, H., Wu, L., Hu, S., Lu, R., & Wang, S. (2020). Recognition of Urban Functions and Mixed Use Based on Residents' Movement and Topic Generation Model: The Case of Wuhan, China. *Remote Sensing*, *12*(18), Article 18. https://doi.org/10.3390/rs12182889

Darkot, B. (1967). Şehir ayrımında nüfus sayısı ve fonksiyon kriterleri. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, *16*, 3-8.

Davies, D. L., & Bouldin, D. W. (1979). A Cluster Separation Measure. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *PAMI-1*(2), 224-227. https://doi.org/10.1109/TPAMI.1979.4766909

Demir, Y. (2014). *Doğubeyazıt'ın kentsel fonksiyonları ve kent içi arazi kullanımı* [Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi]. https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/707882

Dickinson, R. E. (1948). The scope and status of urban geography: An assessment. *Land Economics*, *24*(3), 221-238.

Douzas, G., Bacao, F., Fonseca, J., & Khudinyan, M. (2019). Imbalanced Learning in Land Cover Classification: Improving Minority Classes' Prediction Accuracy Using the Geometric SMOTE Algorithm. *Remote Sensing*, *11*(24), 3040. https://doi.org/10.3390/rs11243040

Döker, M. F. (2012). İstanbul kentsel büyüme sürecinin belirlenmesi, izlenmesi ve modellenmesi. *Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul*.

Döker, M. F., Gül, A., Kırlangıçoğlu, C., Ocak, F., & Minaei, M. (2025). Identification of Urban Functional Areas Based on Point of Interest data and Thiessen Polygons for a Sustainable Urban Management. *Social Indicators Research*, *176*(3), 1071-1092. https://doi.org/10.1007/s11205-024-03502-9

Döş, M. E., & Uysal, M. (2019). Uzaktan algılama verilerinin derin öğrenme algoritmaları ile sınıflandırılması. *Turkish Journal of Remote Sensing*, *1*(1), Article 1.

Ekinci, D., & Pektezel, Ö. (2013). Uzaktan Algılama Teknolojileri ile Bolu İlinde Arazi Kullanımındaki Değişimin Tespiti. *Coğrafya Dergisi*, *1*(24), 18-37.

Elreedy, D., & Atiya, A. F. (2019). A Comprehensive Analysis of Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE) for handling class imbalance. *Information Sciences*, *505*, 32-64. https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.07.070

Ester, M., Kriegel, H.-P., Sander, J., & Xu, X. (1996). A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. *kdd*, *96*(34), 226-231. https://cdn.aaai.org/KDD/1996/KDD96-037.pdf?source=post_page----------

Foster, D., Swanson, F., Aber, J., Burke, I., Brokaw, N., Tilman, D., & Knapp, A. (2003). The Importance of Land-Use Legacies to Ecology and Conservation. *BioScience*, *53*(1), 77-88. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0077:TIOLUL]2.0.CO;2

Friedmann, J. (2002). *The prospect of cities*. University of Minnesota Press.

Gacar, B. K., & Kocakoç, İ. D. (2020). Regression Analyses or Decision Trees? *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *18*(4), 251-260. https://doi.org/10.18026/cbayarsos.796172

Gao, S., Janowicz, K., & Couclelis, H. (2017). Extracting urban functional regions from points of interest and human activities on location-based social networks. *Transactions in GIS*, *21*(3), 446-467. https://doi.org/10.1111/tgis.12289

Gondwe, J. F., Lin, S., & Munthali, R. M. (2021). Analysis of Land Use and Land Cover Changes in Urban Areas Using Remote Sensing: Case of Blantyre City. *Discrete*

Dynamics in Nature and Society, *2021*(1), 8011565. https://doi.org/10.1155/2021/8011565

Gottdiener, M., Budd, L., & Lehtovuori, P. (2015). *Key Concepts in Urban Studies*. SAGE.

Göney, S. (2017). *Şehir Coğrafyası I* (4. Baskı). Beta Basım A.Ş.

Gözenç, S. (1980). Arazi kullanma 'Land Use' haritalarında standardizasyon ve Türkiye için bir öneri. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, *23*, 37-46.

Gregory, D., Johnston, R., Pratt, G., Watts, M., & Whatmore, S. (2011). *The dictionary of human geography*. John Wiley & Sons.

Gürgen, O., & Arınç, K. (2022). Ardeşen'de Ekonomik Faaliyetlerin Mekânsal Analizi ve Ekonomik Fonksiyonlar. *Dünya Coğrafyası ve Kalkınma Perspektifi Dergisi*, *1*(2), 80-106. https://doi.org/10.58606/jwgdp.1211404

Haklay, M., & Weber, P. (2008). OpenStreetMap: User-Generated Street Maps. *IEEE Pervasive Computing*, *7*(4), 12-18. https://doi.org/10.1109/MPRV.2008.80

Harris, C. D. (1943). A Functional Classification of Cities in the United States. *Geographical Review*, *33*(1), 86-99. https://doi.org/10.2307/210620

Harris, C. D., & Ullman, E. L. (1945). The Nature of Cities. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, *242*(1), 7-17. https://doi.org/10.1177/000271624524200103

Heiden, U., Heldens, W., Roessner, S., Segl, K., Esch, T., & Mueller, A. (2012). Urban structure type characterization using hyperspectral remote sensing and height information. *Landscape and Urban Planning*, *105*(4), 361-375. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.01.001

Hou, A., Zhu, M., Li, P., He, Y., Zhang, X., Shi, J., Chen, K., Weng, T., Zheng, Z., & Zhou, G. (2020). Inference of Urban Function Zone Based on Deep Neural Network. *IGARSS 2020 - 2020 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 4410-4413. https://doi.org/10.1109/IGARSS39084.2020.9324580

Hu, S., & Wang, L. (2013). Automated urban land-use classification with remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, *34*(3), 790-803. https://doi.org/10.1080/01431161.2012.714510

Hu, T., Yang, J., Li, X., & Gong, P. (2016). Mapping urban land use by using landsat images and open social data. *Remote Sensing*, *8*(2), 151. https://doi.org/10.3390/rs8020151

Hu, Y., & Han, Y. (2019). Identification of urban functional areas based on POI data: A case study of the Guangzhou economic and technological development zone. *Sustainability*, *11*(5), 1385. https://doi.org/10.3390/su11051385

Hu, Y., Li, W., Wright, D., Aydin, O., Wilson, D., Maher, O., & Raad, M. (2019). Artificial Intelligence Approaches. *Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge*, *2019*(Q3). https://doi.org/10.22224/gistbok/2019.3.4

Izzo, S., Prezioso, E., Giampaolo, F., Mele, V., Di Somma, V., & Mei, G. (2022). Classification of urban functional zones through deep learning. *Neural Computing and Applications*, *34*(9), 6973-6990.

Jia, Y., Ge, Y., Ling, F., Guo, X., Wang, J., Wang, L., Chen, Y., & Li, X. (2018). Urban Land Use Mapping by Combining Remote Sensing Imagery and Mobile Phone Positioning Data. *Remote Sensing*, *10*(3), Article 3. https://doi.org/10.3390/rs10030446

Jonas, A. E., McCann, E., & Thomas, M. (2015). *Urban geography: A critical introduction*. John Wiley & Sons. https://books.google.com/books?hl=tr&lr=&id=o4dVBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA162&dq=Jonas+-+Urban+Geography+A+Critical+Introduction+(Critical+Introductions+to+Geography)-John+Wiley+%26+Sons+(2015)&ots=SVU_jVpuWn&sig=WedE12H1W3wmeUs66TDz-UW6Pjo

Kalisky, S., & Mani, A. (2019). *How GIS and Machine Learning Work Together—Techncial Document*. https://www.esri.com/content/dam/esrisites/en-us/about/events/media/UC-2019/technical-workshops/tw-6165-494.pdf

Karabağ, S., & Şahin, S. (2006). *Türkiye Beşeri ve Ekonomik Coğrafyası*. Gazi Kitabevi.

Keleş, R. (1962). *Türkiye'de şehirleşme hareketleri (1927-1960)*.

Ketchen, D. J., & Shook, C. L. (1996). The Application of Cluster Analysis in Strategic Management Research: An Analysis and Critique. *Strategic Management Journal*, *17*(6), 441-458. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199606)17:6<441::AID-SMJ819>3.0.CO;2-G

Kumargupta, S. (2022, Ağustos 19). Subfield of artificial intelligence. *Medium*. https://medium.com/@sarthakkumargupta/semi-supervised-and-supervised-machine-learning-750e2dade6d

Lindgren, D. T. (1985). Introduction to remote sensing. Içinde D. T. Lindgren (Ed.), *Land use planning and remote sensing* (ss. 1-10). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2035-9_1

Liu, B., Deng, Y., Li, M., Yang, J., & Liu, T. (2021). Classification schemes and identification methods for urban functional zone: A review of recent papers. *Applied Sciences*, *11*(21), 9968. https://doi.org/10.3390/app11219968

Liu, S., Su, L., Guo, H., & Chen, Y. (2022). Identification of urban functional areas and governance measures based on point of interest data: A case study of the Shenyang

railway station area in Shenyang city. *Buildings*, *12*(7), 1038. https://doi.org/10.3390/buildings12071038

Liu, X., He, J., Yao, Y., Zhang, J., Liang, H., Wang, H., & Hong, Y. (2017). Classifying urban land use by integrating remote sensing and social media data. *International Journal of Geographical Information Science*, *31*(8), 1675-1696. https://doi.org/10.1080/13658816.2017.1324976

Liu, X., Tian, Y., Zhang, X., & Wan, Z. (2020). Identification of Urban Functional Regions in Chengdu Based on Taxi Trajectory Time Series Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *9*(3), Article 3. https://doi.org/10.3390/ijgi9030158

Long, Y., & Shen, Z. (2015). Discovering Functional Zones Using Bus Smart Card Data and Points of Interest in Beijing. Içinde Y. Long & Z. Shen, *Geospatial Analysis to Support Urban Planning in Beijing* (C. 116, ss. 193-217). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19342-7_10

Longley, P. A., Adnan, M., & Lansley, G. (2015). The Geotemporal Demographics of Twitter Usage. *Environment and Planning A: Economy and Space*, *47*(2), 465-484. https://doi.org/10.1068/a130122p

Luo, G., Ye, J., Wang, J., & Wei, Y. (2023). Urban functional zone classification based on poi data and machine learning. *Sustainability*, *15*(5), 4631. https://doi.org/10.3390/su15054631

Luo, H., Liu, C., Wu, C., & Guo, X. (2018). Urban change detection based on Dempster–Shafer theory for multitemporal very high-resolution imagery. *Remote Sensing*, *10*(7), 980. https://doi.org/10.3390/rs10070980

Maldonado, S., López, J., & Vairetti, C. (2019). An alternative SMOTE oversampling strategy for high-dimensional datasets. *Applied Soft Computing*, *76*, 380-389. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.12.024

Matsuoka, R. H., & Kaplan, R. (2008). People needs in the urban landscape: Analysis of *Landscape And Urban Planning* contributions. *Landscape and Urban Planning*, *84*(1), 7-19. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.09.009

Meltwater. (2024). *Digital 2024: Global Overview Report. We are social and Meltwater.* https://wearesocial.com/uk/blog/2024/01/digital-2024/

Miao, R., Wang, Y., & Li, S. (2021). Analyzing Urban Spatial Patterns and Functional Zones Using Sina Weibo POI Data: A Case Study of Beijing. *Sustainability*, *13*(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/su13020647

Niu, N., Liu, X., Jin, H., Ye, X., Liu, Y., Li, X., Chen, Y., & Li, S. (2017). Integrating multi-source big data to infer building functions. *International Journal of Geographical Information Science*, *31*(9), 1871-1890. https://doi.org/10.1080/13658816.2017.1325489

Özçağlar, A. (1994). Zile'nin kuruluşu, gelişmesi ve bugünkü fonksiyonel özellikleri. *AÜ Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, *3*, 219-243.

Özçağlar, A. (1997). *Türkiye'de belediye örgütlü yerleşimler:(kasabalar-şehirler).* Ekol.

Özçağlar, A. (2000). *Coğrafyaya Giriş*. Hilmi Usta Matbaacılık.

Özgür, E. M. (1992). Türkiye'de faal nüfusun ekonomik faaliyet kollarına dağılımı. *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi*, *1*, 55-80.

Öztemiz, A. A. (2023). *Keşan'ın kuruluşu, gelişmesi ve kentsel fonksiyonları* [Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi]. https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/743116

Pacione, M. (2009). *Urban Geography: A Global Perspective* (3. bs). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203881927

Pan, G., Qi, G., Wu, Z., Zhang, D., & Li, S. (2013). Land-Use Classification Using Taxi GPS Traces. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *14*(1), 113-123. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. https://doi.org/10.1109/TITS.2012.2209201

Perpillou, A. (1966). Human Communities in Their Environment: Human Geography. *Science*, *153*(3734), 402-403. https://doi.org/10.1126/science.153.3734.402

Qian, Z., Liu, X., Tao, F., & Zhou, T. (2020). Identification of Urban Functional Areas by Coupling Satellite Images and Taxi GPS Trajectories. *Remote Sensing*, *12*(15), 2449. https://doi.org/10.3390/rs12152449

Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, *27*(3), 379-423. https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x

Soykan, F. (1997). Üç fonksiyonlu küçük bir kıyı yerleşmesi: Güllük. *Ank. Üniv. Türk. Coğ. Araşt. ve Uyg Merkezi Türkiye Coğrafyası Dergisi*, *6*, 317-336.

Şahinalp, M., Elmastaş, N., Günal, V., & Benek, S. (2011). Şehirlerin sınıflandırılması ve Tatvan Şehri'nin bu sınıflandırmalardaki yeri. *Doğu Coğrafya Dergisi*, *15*(23), 47-64.

Tanoğlu, A. (1969). *Beşeri coğrafya: Nüfus ve yerleşme*. İstanbul Universitesi.

Tekin, N. (1990). *Çatalca'da şehirleşme ve şehirsel fonksiyonlar* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi.

Tian, G., Liu, J., & Zhang, Z. (2002). Urban functional structure characteristics and transformation in China. *Cities*, *19*(4), 243-248. https://doi.org/10.1016/S0264-2751(02)00021-5

Tian, G., Wu, J., & Yang, Z. (2010). Spatial pattern of urban functions in the Beijing metropolitan region. *Habitat International*, *34*(2), 249-255. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2009.09.010

Tolun-Denker, B. (1970). Silivri'de gelişen şehirsel fonksiyonlar hakkında. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, *9*(17), 93-102.

Tolun-Denker, B. (1976). *Şehir içi arazi kullanılışı: Gelibolu, Malkara ve Babaeski'de örnek araştırmalar*. Edebiyat Fakültesi Matbaası.

Tu, W., Cao, J., Yue, Y., Shaw, S.-L., Zhou, M., Wang, Z., Chang, X., Xu, Y., & Li, Q. (2017). Coupling mobile phone and social media data: A new approach to understanding urban functions and diurnal patterns. *International Journal of Geographical Information Science*, *31*(12), 2331-2358. https://doi.org/10.1080/13658816.2017.1356464

Tuna, O. N. (1961). Kelimeler Arasında: Şehir, Kent, Balçık, Bark, Bolu, İstanbul, Kışla, Köy, Hisar (Abat), Pazar, Kale, Kurgan, Höyük, Balıkesir, Kamu, Hep, Örnek, Amaç. *Türk Dili, Haziran*, 642-644.

Turoğlu, H. (2008). Coğrafi bilgi sistemlerinin temel esasları (2. Baskı). *İstanbul: Çantay*.

TÜİK. (2025). *Türkiye İstatistik Kurumu Nüfus Veritabanı (2024)*. https://biruni.tuik.gov.tr/medas

Tümertekin, E. (1965). Türkiyedeki şehirlerin fonksiyonel sınıflandırılması. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları*, *43*. https://cir.nii.ac.jp/crid/1130000795205192576

Tümertekin, E. (1973). *Türkiye'de Şehirleşme ve Şehirsel Fonksiyonlar*. Istanbul University Press. https://doi.org/10.26650/AB/SS50.2022.173

Uğur, A., & Aliağaoğlu, A. (2016). *Şehir Coğrafyası* (5. Baskı). Nobel Akademik Yayıncılık.

UNDESA. (2019). *World Urbanization Prospects 2018: Highlights*. United Nations. https://population.un.org/wup/publications

United Nations. (2022). *World Population Prospect. United Nation.*

Upreti, M., Saikia, P., Shilky, Lal, P., & Kumar, A. (2024). Major challenges in the urbanizing world and role of earth observations for livable cities. İçinde A. Kumar, P. K. Srivastava, P. Saikia, & R. K. Mall (Ed.), *Earth Observation in Urban Monitoring* (ss. 23-52). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99164-3.00002-1

Van Meeteren, T. A. (2005). *Spatial Implications of Urban Functional Classification: A Study of Small Urban Places in the North-Central United States* [Ph.D. Thesis]. University of Nebraska.

Wang, C., Wang, A., Wang, J., & Liu, Z. (2015). Land Use Information Extraction in the Inner City of Beijing Based on Object-oriented Classification Method. *Journal of Natural Resources*, *30*(4), 705-714. https://doi.org/10.11849/zrzyxb.2015.04.016

Xu, N., Luo, J., Wu, T., Dong, W., Liu, W., & Zhou, N. (2021). Identification and Portrait of Urban Functional Zones Based on Multisource Heterogeneous Data and Ensemble Learning. *Remote Sensing*, *13*(3), Article 3. https://doi.org/10.3390/rs13030373

Xu, X., Bai, Y., Liu, Y., Zhao, X., & Sun, Y. (2021). MM-UrbanFAC: Urban functional area classification model based on multimodal machine learning. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *23*(7), 8488-8497.

Yang, Y., Wang, D., Yan, Z., & Zhang, S. (2021). Delineating Urban Functional Zones Using U-Net Deep Learning: Case Study of Kuancheng District, Changchun, China. *Land*, *10*(11), 1266.

Yıldırım, Y., & Ayazlı, İ. E. (2021). İstanbul İçin Kentsel Büyüme Simülasyon Modeli Oluşturulması. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, *2*(2), 59-66. https://doi.org/10.48123/rsgis.943391

Yomralıoğlu, T. (2005). *Coğrafi bilgi sistemleri: Temel kavramlar ve uygulamalar*. Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Zhan, X., Ukkusuri, S. V., & Zhu, F. (2014). Inferring Urban Land Use Using Large-Scale Social Media Check-in Data. *Networks and Spatial Economics*, *14*(3), 647-667. https://doi.org/10.1007/s11067-014-9264-4

Zhang, Y., Li, Q., Huang, H., Wu, W., Du, X., & Wang, H. (2017). The combined use of remote sensing and social sensing data in fine-grained urban land use mapping: A case study in Beijing, China. *Remote Sensing*, *9*(9), 865. https://doi.org/10.3390/rs9090865

Zhao, K., Tarkoma, S., Liu, S., & Vo, H. (2016). Urban human mobility data mining: An overview. *2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 1911-1920. https://doi.org/10.1109/BigData.2016.7840811

Zhou, Z.-H. (2021). *Machine Learning*. Tsinghua University Press.

EK

Ek 1: İstanbul'un Entropi Analizi İstatistikleri

Entropi_İndeks	Fonksiyon Kombinasyonu	Kombinasyon Boyutu	Parsel Sayısı	Toplam Alan(ha)
Düşük Entropi (≤1)	BF + EF	2	383	210,14
Düşük Entropi (≤1)	BF + ESF	2	1884	1826,36
Düşük Entropi (≤1)	BF + FF	2	404	46,36
Düşük Entropi (≤1)	BF + IF	2	411	132,37
Düşük Entropi (≤1)	BF + KHF	2	253	158,89
Düşük Entropi (≤1)	BF + KF	2	282	30,98
Düşük Entropi (≤1)	BF + SaF	2	1937	251,34
Düşük Entropi (≤1)	BF + SF	2	56	102,1
Düşük Entropi (≤1)	BF + TF	2	8046	787,77
Düşük Entropi (≤1)	BF + TuF	2	46	17,76
Düşük Entropi (≤1)	BF + YIF	2	2375	160,37
Düşük Entropi (≤1)	EF + ESF	2	251	277,35
Düşük Entropi (≤1)	EF + FF	2	14	3,65
Düşük Entropi (≤1)	EF + IF	2	39	16,3
Düşük Entropi (≤1)	EF + KHF	2	46	100,34
Düşük Entropi (≤1)	EF + KF	2	3	1,63
Düşük Entropi (≤1)	EF + SaF	2	30	21,79
Düşük Entropi (≤1)	EF + SF	2	12	9,9
Düşük Entropi (≤1)	EF + TF	2	154	42,68
Düşük Entropi (≤1)	EF + TuF	2	11	11,61
Düşük Entropi (≤1)	EF + YIF	2	25	15,72
Düşük Entropi (≤1)	ESF + FF	2	4	6,27
Düşük Entropi (≤1)	ESF + IF	2	18	9,47
Düşük Entropi (≤1)	ESF + KHF	2	99	255,43
Düşük Entropi (≤1)	ESF + KF	2	19	24,6
Düşük Entropi (≤1)	ESF + SaF	2	20	29,9
Düşük Entropi (≤1)	ESF + SF	2	21	69,4
Düşük Entropi (≤1)	ESF + TF	2	140	155,34
Düşük Entropi (≤1)	ESF + TuF	2	36	50,3
Düşük Entropi (≤1)	ESF + YIF	2	38	75,94
Düşük Entropi (≤1)	FF + IF	2	1	0,96
Düşük Entropi (≤1)	FF + KHF	2	8	2,02
Düşük Entropi (≤1)	FF + KF	2	5	0,59
Düşük Entropi (≤1)	FF + SaF	2	13	3,83
Düşük Entropi (≤1)	FF + SF	2	11	4,68
Düşük Entropi (≤1)	FF + TF	2	404	51,46
Düşük Entropi (≤1)	FF + TuF	2	1	1,48
Düşük Entropi (≤1)	FF + YIF	2	15	114,16
Düşük Entropi (≤1)	IF + KHF	2	21	12,31
Düşük Entropi (≤1)	IF + KF	2	3	0,26
Düşük Entropi (≤1)	IF + SaF	2	14	5,09
Düşük Entropi (≤1)	IF + SF	2	6	1,39

Düşük Entropi (≤1)	IF + TF	2	136	24,65
Düşük Entropi (≤1)	IF + TuF	2	22	10,4
Düşük Entropi (≤1)	IF + YIF	2	27	3,22
Düşük Entropi (≤1)	KHF + KF	2	9	3,26
Düşük Entropi (≤1)	KHF + SaF	2	35	24,75
Düşük Entropi (≤1)	KHF + SF	2	22	36,24
Düşük Entropi (≤1)	KHF + TF	2	153	65,03
Düşük Entropi (≤1)	KHF + TuF	2	18	34,5
Düşük Entropi (≤1)	KHF + YIF	2	35	20,98
Düşük Entropi (≤1)	KF + SaF	2	1	0,28
Düşük Entropi (≤1)	KF + SF	2	2	0,66
Düşük Entropi (≤1)	KF + TF	2	457	57,21
Düşük Entropi (≤1)	KF + TuF	2	1	0,01
Düşük Entropi (≤1)	KF + YIF	2	44	4,06
Düşük Entropi (≤1)	SaF + SF	2	6	6,77
Düşük Entropi (≤1)	SaF + TF	2	297	52,34
Düşük Entropi (≤1)	SaF + YIF	2	44	7,02
Düşük Entropi (≤1)	SF + TF	2	597	283,39
Düşük Entropi (≤1)	SF + TuF	2	3	3,18
Düşük Entropi (≤1)	SF + YIF	2	11	3,33
Düşük Entropi (≤1)	TF + TuF	2	60	35,33
Düşük Entropi (≤1)	TF + YIF	2	1419	147,13
Düşük Entropi (≤1)	TuF + YIF	2	8	6,84
Düşük Entropi (≤1)	BF + EF + ESF	3	6	23,5
Düşük Entropi (≤1)	BF + EF + IF	3	2	17,46
Düşük Entropi (≤1)	BF + EF + SaF	3	1	0,74
Düşük Entropi (≤1)	BF + EF + TF	3	7	11,51
Düşük Entropi (≤1)	BF + ESF + FF	3	2	2,92
Düşük Entropi (≤1)	BF + ESF + IF	3	4	33,57
Düşük Entropi (≤1)	BF + ESF + KF	3	1	2,42
Düşük Entropi (≤1)	BF + ESF + SaF	3	8	37,58
Düşük Entropi (≤1)	BF + ESF + TF	3	19	84,75
Düşük Entropi (≤1)	BF + ESF + YIF	3	7	25,84
Düşük Entropi (≤1)	BF + FF + TF	3	1	2,05
Düşük Entropi (≤1)	BF + IF + KHF	3	1	0,27
Düşük Entropi (≤1)	BF + IF + SaF	3	2	1,24
Düşük Entropi (≤1)	BF + IF + SF	3	1	5,5
Düşük Entropi (≤1)	BF + KHF + TF	3	1	2,65
Düşük Entropi (≤1)	BF + KHF + TuF	3	1	6,97
Düşük Entropi (≤1)	BF + KF + TF	3	1	0
Düşük Entropi (≤1)	BF + KF + TuF	3	1	6,15
Düşük Entropi (≤1)	BF + SaF + TF	3	13	31,86
Düşük Entropi (≤1)	BF + TF + YIF	3	7	17,06
Düşük Entropi (≤1)	EF + ESF + TF	3	1	1,47
Düşük Entropi (≤1)	EF + IF + YIF	3	1	0,95
Düşük Entropi (≤1)	EF + KHF + TuF	3	1	1,57
Düşük Entropi (≤1)	EF + TF + YIF	3	1	0,7
Düşük Entropi (≤1)	EF + TuF + YIF	3	2	4,54
Düşük Entropi (≤1)	ESF + IF + YIF	3	1	9,97

Düşük Entropi (≤1)	ESF + KHF + YIF	3	1	8,86
Düşük Entropi (≤1)	ESF + SaF + TF	3	1	12,46
Düşük Entropi (≤1)	ESF + TF + YIF	3	3	7,67
Düşük Entropi (≤1)	FF + KHF + SaF	3	1	2,7
Düşük Entropi (≤1)	FF + SaF + TF	3	1	2,56
Düşük Entropi (≤1)	FF + SaF + YIF	3	1	8,21
Düşük Entropi (≤1)	IF + SF + TF	3	1	2,93
Düşük Entropi (≤1)	IF + TF + YIF	3	1	0,16
Düşük Entropi (≤1)	SaF + TF + YIF	3	2	3,28
Düşük Entropi (≤1)	TF + TuF + YIF	3	1	0,54
Düşük Entropi (≤1)	BF + ESF + TF + YIF	4	2	9,05
Düşük Entropi (≤1)	BF + FF + TF + YIF	4	1	0,87
Düşük Entropi (≤1)	EF + KHF + SaF + YIF	4	1	3,31
Düşük Entropi (≤1)	BF + KHF + SaF + TF + YIF	5	1	2,03
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF	3	29	52,7
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF + FF	4	2	15,36
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + FF	3	1	0,02
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + IF	3	8	4,12
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + KHF	3	6	27,39
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + KF	3	1	1,36
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + SaF	3	8	3,9
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + SF	3	3	6,02
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + TF	3	37	27,5
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + TuF	3	2	25,39
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + YIF	3	3	4,82
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + FF	3	4	3,88
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + IF	3	3	17,65
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + KHF	3	15	38,17
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + KF	3	5	3,21
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + SaF	3	12	38,32
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + SF	3	3	8,51
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + TF	3	59	74,2
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + TuF	3	3	8,31
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + YIF	3	29	36,29
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + FF + KHF	3	2	0,37
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + FF + KF	3	2	0,71
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + FF + SaF	3	20	3,74
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + FF + TF	3	118	13,25
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + FF + TuF	3	1	0,04
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + FF + YIF	3	35	4,15
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + IF + KHF	3	2	0,43
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + IF + SaF	3	3	1,11
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + IF + TF	3	21	6,57
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + IF + TuF	3	6	7,6
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + IF + YIF	3	13	2,77
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KHF + KF	3	1	1,01
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KHF + SaF	3	7	0,85
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KHF + SF	3	1	1,19

Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KHF + TF	3	38	10,01
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KHF + TuF	3	1	0,01
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KHF + YIF	3	16	4,21
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KF + SaF	3	4	12,41
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KF + TF	3	47	2,72
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KF + TuF	3	1	0,03
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KF + YIF	3	26	1,63
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + SaF + SF	3	1	1,26
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + SaF + TF	3	263	33,1
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + SaF + YIF	3	116	11,49
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + SF + TF	3	13	19,04
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + SF + YIF	3	5	9,3
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + TF + TuF	3	7	5,45
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + TF + YIF	3	691	85,78
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + TuF + YIF	3	2	1,32
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + ESF + IF	3	1	1,11
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + ESF + KHF	3	10	15,78
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + ESF + SaF	3	1	0,63
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + ESF + TF	3	13	13,51
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + ESF + TuF	3	4	8,49
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + ESF + YIF	3	8	12,36
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + FF + KHF	3	2	1,22
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + FF + SaF	3	1	0,05
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + FF + TF	3	4	0,7
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + IF + KHF	3	1	0,76
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + IF + TF	3	3	0,54
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + KHF + SaF	3	4	33,98
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + KHF + TF	3	6	3,45
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + KHF + YIF	3	4	4,02
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + KF + SaF	3	1	0,03
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + KF + TF	3	2	8,44
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + KF + YIF	3	1	1,75
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + SaF + TF	3	6	2,43
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + SaF + TuF	3	1	0,71
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + SF + TF	3	4	2,01
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + TF + TuF	3	1	9,3
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + TF + YIF	3	15	12,93
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + TuF + YIF	3	1	2,25
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + FF + TF	3	2	1,79
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + FF + TuF	3	1	2,18
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + IF + KHF	3	3	2,32
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + IF + SaF	3	1	7,34
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + IF + TF	3	2	0,67
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + IF + TuF	3	1	0,2
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + IF + YIF	3	4	9,34
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + KHF + SaF	3	4	4,01
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + KHF + TF	3	7	67,17
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + KHF + TuF	3	5	4,13
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + KHF + YIF	3	5	24,2

Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + KF + TF	3	10	7,03
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + KF + TuF	3	1	0,03
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + SaF + TF	3	8	11,87
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + SF + TF	3	3	17,05
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + TF + TuF	3	2	3,29
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + TF + YIF	3	26	105,42
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + TuF + YIF	3	4	5,09
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + KHF + TF	3	14	5,88
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + KHF + YIF	3	1	0,04
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + KF + TF	3	6	0,58
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + KF + YIF	3	1	0,11
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + SaF + TF	3	27	7,29
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + SaF + YIF	3	1	0,16
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + SF + TF	3	15	6,9
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + SF + YIF	3	1	0,53
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + TF + TuF	3	1	0,59
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + TF + YIF	3	58	32,91
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + KHF + SaF	3	1	0,49
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + KHF + SF	3	1	6,82
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + KHF + TF	3	1	2,03
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + KHF + YIF	3	1	0,61
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + KF + TF	3	1	0,06
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + KF + YIF	3	1	0,11
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + SaF + SF	3	1	0,58
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + SaF + TF	3	6	1,07
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + SaF + YIF	3	1	6,71
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + SF + TF	3	1	0,07
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + TF + TuF	3	2	0,39
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + TF + YIF	3	14	4,66
Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + KF + TF	3	4	2,29
Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + KF + TuF	3	1	5,87
Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + KF + YIF	3	3	2,56
Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + SaF + TF	3	8	4,84
Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + SaF + YIF	3	2	0,35
Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + SF + TF	3	2	1,18
Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + SF + YIF	3	1	0,22
Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + TF + TuF	3	2	0,7
Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + TF + YIF	3	23	8,01
Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + TuF + YIF	3	1	0,74
Orta Düzey Entropi (≤2)	KF + SaF + TF	3	4	0,34
Orta Düzey Entropi (≤2)	KF + SaF + YIF	3	1	0,01
Orta Düzey Entropi (≤2)	KF + SF + TF	3	1	0,88
Orta Düzey Entropi (≤2)	KF + TF + TuF	3	2	0,15
Orta Düzey Entropi (≤2)	KF + TF + YIF	3	99	8,22
Orta Düzey Entropi (≤2)	SaF + SF + TF	3	2	0,25
Orta Düzey Entropi (≤2)	SaF + TF + TuF	3	1	0,01
Orta Düzey Entropi (≤2)	SaF + TF + YIF	3	75	16,49
Orta Düzey Entropi (≤2)	SF + TF + YIF	3	9	3,92
Orta Düzey Entropi (≤2)	SF + TuF + YIF	3	1	0,54

Orta Düzey Entropi (≤2)	TF + TuF + YIF	3	9	0,6
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF + IF	4	2	6,35
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF + KHF	4	6	22,68
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF + SaF	4	2	8,78
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF + SF	4	1	1,36
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF + TF	4	3	16,6
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF + YIF	4	1	4,51
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + FF + KHF	4	1	1,18
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + FF + TF	4	3	3,03
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + KHF + SaF	4	1	0,13
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + KHF + TF	4	2	3,42
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + KHF + TuF	4	1	21,94
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + KHF + YIF	4	1	5,46
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + SaF + TF	4	2	2,22
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + TF + TuF	4	1	0,37
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + TF + YIF	4	8	4,79
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + FF + TF	4	3	2,44
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + FF + YIF	4	1	0,65
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + IF + TF	4	2	14,08
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + KHF + KF	4	1	0,48
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + KHF + SaF	4	1	0,47
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + KHF + TF	4	3	4,75
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + KHF + YIF	4	1	2,25
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + KF + TF	4	1	1,57
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + KF + YIF	4	2	0,6
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + SaF + TF	4	17	64,01
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + SaF + YIF	4	3	41,07
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + SF + TuF	4	1	8,91
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + TF + YIF	4	18	26,16
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + TuF + YIF	4	2	1,58
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + FF + IF + TF	4	1	0,24
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + FF + KHF + TF	4	2	0,38
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + FF + KHF + YIF	4	1	0,45
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + FF + KF + TF	4	2	0,32
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + FF + SaF + TF	4	12	7,66
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + FF + SaF + YIF	4	1	0,06
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + FF + TF + YIF	4	29	5,77
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + IF + KHF + TF	4	1	0,13
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + IF + KHF + TuF	4	1	1,37
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + IF + SaF + TF	4	3	1,13
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + IF + TF + YIF	4	4	1,49
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + IF + TuF + YIF	4	1	0,65
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KHF + KF + YIF	4	1	0,24
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KHF + SaF + TF	4	8	4,67
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KHF + SaF + YIF	4	1	0,02
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KHF + TF + TuF	4	1	0,61
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KHF + TF + YIF	4	5	1,34
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KHF + TuF + YIF	4	2	1,26
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KF + TF + TuF	4	1	0,02

Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + KF + TF + YIF	4	11	0,66
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + SaF + TF + YIF	4	72	29,65
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + SF + TF + YIF	4	2	0,86
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + TF + TuF + YIF	4	2	0,27
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + ESF + FF + YIF	4	1	2,71
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + ESF + IF + YIF	4	1	2,95
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + ESF + KHF + TF	4	2	9,64
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + ESF + KHF + YIF	4	1	0,81
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + ESF + KF + YIF	4	2	3,42
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + ESF + SaF + YIF	4	1	7,73
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + ESF + TF + YIF	4	2	16,44
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + FF + KHF + TF	4	1	0,05
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + FF + TF + YIF	4	4	2,6
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + IF + TuF + YIF	4	1	0,32
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + KF + TF + YIF	4	2	0,95
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + TF + TuF + YIF	4	2	0,21
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + FF + KHF + TF	4	3	44,3
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + FF + KHF + YIF	4	1	13,51
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + FF + SaF + TF	4	1	2,67
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + FF + TF + YIF	4	4	17,61
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + IF + TF + YIF	4	3	34,23
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + KHF + SaF + TF	4	1	1,11
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + KHF + SF + TF	4	1	0,79
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + KHF + TF + TuF	4	2	3,79
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + KHF + TF + YIF	4	2	0,91
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + KHF + TuF + YIF	4	2	9,57
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + KF + TF + YIF	4	4	5,41
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + SaF + SF + TF	4	1	1,4
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + SaF + TF + YIF	4	10	36,09
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + TF + TuF + YIF	4	7	14,26
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + IF + KHF + SaF	4	1	0,11
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + KHF + KF + SaF	4	1	10,07
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + KHF + KF + TF	4	1	14,66
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + KHF + SaF + TF	4	2	1,06
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + KHF + SaF + YIF	4	1	1,02
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + KHF + SF + TF	4	1	0,28
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + KHF + TF + YIF	4	2	0,85
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + KF + TF + YIF	4	2	1,15
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + SaF + TF + YIF	4	14	27,34
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + SF + TF + YIF	4	2	0,64
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + TF + TuF + YIF	4	2	0,3
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + KHF + TF + YIF	4	2	4,24
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + KF + TF + TuF	4	1	0,04
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + SaF + TF + YIF	4	2	0,55
Orta Düzey Entropi (≤2)	IF + TF + TuF + YIF	4	1	0,13
Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + KF + TF + TuF	4	2	0,04
Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + KF + TF + YIF	4	3	2,88
Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + SaF + TF + TuF	4	1	0,1
Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + SaF + TF + YIF	4	2	0,68

Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + SF + TF + YIF	4	1	0,3
Orta Düzey Entropi (≤2)	KHF + TF + TuF + YIF	4	2	6,86
Orta Düzey Entropi (≤2)	KF + SaF + TF + YIF	4	3	1,44
Orta Düzey Entropi (≤2)	KF + TF + TuF + YIF	4	2	0,18
Orta Düzey Entropi (≤2)	SaF + TF + TuF + YIF	4	1	0,12
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF + FF + YIF	5	1	2,64
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF + KHF + TuF	5	1	7,38
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF + KF + YIF	5	1	1,46
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF + TF + YIF	5	1	9,41
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF + TuF + YIF	5	2	38,75
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + IF + TF + TuF	5	1	0,34
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + KHF + SF + TF	5	1	5,74
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + KHF + TF + YIF	5	1	1,37
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + FF + SaF + TF	5	1	3,62
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + FF + TF + YIF	5	3	11,43
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + KHF + TF + YIF	5	1	1,6
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + SaF + TF + YIF	5	6	23,05
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + SaF + TuF + YIF	5	1	9,19
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + FF + SaF + TF + YIF	5	3	9,46
Orta Düzey Entropi (≤2)	EF + ESF + TF + TuF + YIF	5	1	0,88
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + FF + KHF + TF + YIF	5	1	0,34
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + FF + KF + TF + YIF	5	1	3,15
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + FF + SaF + TF + YIF	5	5	12,74
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + FF + TF + TuF + YIF	5	1	8,18
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + IF + SF + TF + TuF	5	1	20,88
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + IF + SF + TF + YIF	5	1	3,6
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + KHF + SaF + TF + YIF	5	2	6,29
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + KHF + TF + TuF + YIF	5	1	2,71

Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + KF + SaF + TF + YIF	5	2	12,21
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + IF + SaF + TF + YIF	5	1	0,52
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + KF + SaF + TF + YIF	5	1	0,43
Orta Düzey Entropi (≤2)	FF + KF + TF + TuF + YIF	5	1	2,14
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF + SaF + TF + YIF	6	1	17,7
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + FF + KHF + TF + TuF + YIF	6	1	5,04
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + FF + SaF + TF + TuF + YIF	6	1	5,53
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF + IF + SaF + TF + YIF	7	1	14,2
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + FF + IF + SaF + TF + YIF	7	1	6,27
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + ESF + KF + SaF + TF + TuF + YIF	7	1	34,74
Orta Düzey Entropi (≤2)	ESF + FF + IF + KHF + SaF + TF + YIF	7	1	7,52
Orta Düzey Entropi (≤2)	BF + EF + ESF + FF + KF + SaF + TF + YIF	8	1	8,64
Yüksek Entropi (≤3)	BF + EF + ESF + KHF + YIF	5	1	2,45
Yüksek Entropi (≤3)	BF + EF + ESF + TuF + YIF	5	1	0,38
Yüksek Entropi (≤3)	BF + EF + FF + SaF + TF	5	1	0,15
Yüksek Entropi (≤3)	BF + ESF + FF + SaF + TF	5	1	2,79
Yüksek Entropi (≤3)	BF + ESF + FF + TF + YIF	5	1	1,2
Yüksek Entropi (≤3)	BF + ESF + KF + SaF + TF	5	1	1,44
Yüksek Entropi (≤3)	BF + ESF + KF + TF + YIF	5	1	1,34
Yüksek Entropi (≤3)	BF + ESF + SaF + TF + YIF	5	7	13,49
Yüksek Entropi (≤3)	BF + ESF + SaF + TuF + YIF	5	1	5,52
Yüksek Entropi (≤3)	BF + FF + KF + TF + YIF	5	1	0,22
Yüksek Entropi (≤3)	BF + FF + SaF + TF + YIF	5	6	5,07
Yüksek Entropi (≤3)	BF + KF + SaF + TF + YIF	5	1	0,03
Yüksek Entropi (≤3)	EF + ESF + KHF + TF + YIF	5	1	4,93

Yüksek Entropi (≤3)	EF + ESF + KHF + TuF + YIF	5	1	9,71
Yüksek Entropi (≤3)	EF + ESF + KF + TF + TuF	5	1	3,83
Yüksek Entropi (≤3)	EF + IF + KF + TF + YIF	5	1	0,08
Yüksek Entropi (≤3)	ESF + FF + KHF + TF + YIF	5	1	1,34
Yüksek Entropi (≤3)	ESF + KHF + KF + TF + YIF	5	1	0,61
Yüksek Entropi (≤3)	FF + IF + KHF + TF + YIF	5	1	2,67
Yüksek Entropi (≤3)	FF + KF + SaF + TF + YIF	5	2	1,02
Yüksek Entropi (≤3)	IF + KHF + TF + TuF + YIF	5	1	0,72
Yüksek Entropi (≤3)	KF + SaF + TF + TuF + YIF	5	1	0,01
Yüksek Entropi (≤3)	BF + EF + ESF + KHF + SaF + YIF	6	1	17,88
Yüksek Entropi (≤3)	BF + EF + ESF + KHF + SF + TuF	6	1	4,71
Yüksek Entropi (≤3)	BF + ESF + FF + KF + TuF + YIF	6	1	2,9
Yüksek Entropi (≤3)	BF + ESF + IF + KHF + TF + TuF	6	1	7,03
Yüksek Entropi (≤3)	BF + FF + KF + SaF + TF + YIF	6	1	0,66
Yüksek Entropi (≤3)	BF + FF + SaF + SF + TF + YIF	6	1	3,71
Yüksek Entropi (≤3)	BF + FF + SaF + TF + TuF + YIF	6	1	2,31
Yüksek Entropi (≤3)	EF + FF + KHF + TF + TuF + YIF	6	1	5,71
Yüksek Entropi (≤3)	ESF + FF + KHF + KF + TF + YIF	6	1	1,41
Yüksek Entropi (≤3)	ESF + FF + KF + SaF + TF + YIF	6	1	10,42
Yüksek Entropi (≤3)	ESF + IF + KHF + TF + TuF + YIF	6	2	49,36
Yüksek Entropi (≤3)	BF + EF + ESF + FF + IF + KHF + KF	7	1	1,13
Yüksek Entropi (≤3)	BF + EF + ESF + FF + KHF + TuF + YIF	7	2	38,64
Yüksek Entropi (≤3)	BF + EF + ESF + FF + KF + TF + YIF	7	1	2,21
Yüksek Entropi (≤3)	BF + ESF + FF + SaF + TF + TuF + YIF	7	1	2,17
Yüksek Entropi (≤3)	BF + ESF + KHF + SF + TF + TuF + YIF	7	1	3,08
Yüksek Entropi (≤3)	BF + FF + KHF + SaF + TF + TuF + YIF	7	1	1,75

Yüksek Entropi (≤3)	BF + EF + ESF + FF + KHF + TF + TuF + YIF	8	1	4,14
Yüksek Entropi (≤3)	BF + EF + ESF + FF + KF + TF + TuF + YIF	8	1	4
Yüksek Entropi (≤3)	BF + EF + ESF + FF + SaF + TF + TuF + YIF	8	1	3,87
Yüksek Entropi (≤3)	BF + ESF + FF + KHF + SaF + TF + TuF + YIF	8	1	1,87
Yüksek Entropi (≤3)	BF + EF + ESF + FF + IF + KHF + TF + TuF + YIF	9	1	8,26
Yüksek Entropi (≤3)	BF + EF + ESF + IF + KHF + KF + TF + TuF + YIF	9	1	57,09

Kısaltma	
BF	Barınma Fonksiyonu
TF	Ticaret Fonksiyonu
BTF	Barınma-Ticaret Fonksiyonu
SF	Sanayi Fonksiyonu
ESF	Eğlence Spor Fonksiyonu
EF	Eğitim Fonksiyonu
IF	İnanç Fonksiyonu
SaF	Sağlık Fonksiyonu
KHF	Kamu Hizmetleri Fonksiyonu
YIF	Yeme-İçme Fonksiyonu
FF	Finans Fonksiyonu
KF	Konaklama Fonksiyonu
TuF	Turizm Fonksiyonu

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ahmet GÜL	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Sakarya Üniveresitesi
Fakülte	Fen – Edebiyat Fakültesi
Bölümü	Coğrafya Bölümü
Yüksek Lisans	
Üniversite	Sakarya Üniversitesi
Enstitü Adı	Sosyal Bilimler Enstitüsü
Anabilim Dalı	Coğrafya Anabilim Dalı
Programı	Coğrafya Programı
Makale ve Bildiriler	
1. Döker, M. F., Gül, A., Kırlangıçoğlu, C., Ocak, F., & Minaei, M. (2025). **Identification of Urban Functional Areas Based on Point of Interest data and Thiessen Polygons for a Sustainable Urban Management**. Social Indicators Research, 176(3), 1071-1092. **2.** Gül, A., Döker, M. F., & Aslan, F. (2024). **Manisa'da Şehirsel Büyüme Sürecinin İzlenmesi (1990-2022)**. International Journal of Geography and Geography Education (52), 96-121. https://doi.org/10.32003/igge.1449012 **3.** Döker, M. F., Kırlangıçoğlu, C., Gül, A., & Ocak, F., (2023). **Identification and Analysis of Gaziantep Urban Function Areas Using POI Data**. 100. Yılında Cumhuriyet Dönemi Gaziantep (pp.517-533), Gaziantep: Gazi Kültür A.Ş. Yayıncılık. **4.** Döker, M. F., Yıldız Görentaş, S., & Gül, A. (2022). **Adapazarı Şehrinin Gelecek Yıllardaki Olası Büyüme Paterninin CA Markov Yöntemi Kullanılarak Tahmin Edilmesi**. VIII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, Ankara. **5.** Döker, M. F., & Gül, A. (2019). **Adapazarı'nda Şehirsel Büyüme Süreci Ve Arazi Kullanım Değişiminin Izlenmesi (1985-2019)**. Türk Coğrafya Dergisi(73), 67-78. https://doi.org/10.17211/tcd.616796 **6.** Döker, M. F., Gül, A., & Akduman, R. E. (2018). **Use of 3D City Modeling Techniques in Urban Planning A Case Study of Selahiye**. 4th International Conference on Environmental Science and Technology, KIEV.	