

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OPENSTREETMAP VERİLERİNDEKİ BİNA DETAYLARININ
BÜYÜK ÖLÇEKLİ TOPOGRAFİK HARİTA VERİLERİ İLE
KARŞILAŞTIRMALI GEOMETRİK KALİTE ANALİZİ

Özge Ece ERDEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Uzaktan Algılama ve CBS Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışman

Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER

Temmuz, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OPENSTREETMAP VERİLERİNDEKİ BİNA DETAYLARININ BÜYÜK ÖLÇEKLİ
TOPOGRAFİK HARİTA VERİLERİ İLE KARŞILAŞTIRMALI GEOMETRİK KALİTE
ANALİZİ**

Özge Ece ERDEN tarafından hazırlanan tez çalışması 11.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Uzaktan Algılama ve CBS Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Alper ŞEN, Jüri Üyesi

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ahmet Özgür DOĞRU, Jüri Üyesi

İstanbul Teknik Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER sorumluluğunda tarafımda hazırlanan “OpenStreetMap Verilerindeki Bina Detaylarının Büyük Ölçekli Topografik Harita Verileri İle Karşılaştırmalı Geometrik Kalite Analizi” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Özge Ece ERDEN

İmza



Aileme

TEŐEKKÜR

Tez çalıřmam sűresince yardımlarını esirgemeyen ve birçok ařamada çalıřmalarıma eřlik eden tezimin yűrűtűcűsű deęerli hocam Prof. Dr. Ali Melih BAŐARANER'e, gűnűllű coęrafi bilgi (VGI) kavramı ile beni tanıştıran deęiřim programıyla gittięim Karlsruhe Teknoloji Enstitűsű'nden Prof. Dr. Martin BREUNIG'e, yűksek lisans yapmamı destekleyen ve gerekli anlayıřı gűsteren çalıřtıęım teamnesda řirketi yűneticisi Kıvanç DEMİRELLİ'ye, kararlarımaya destek veren sevgili babam Ahmet Celal ERDEN ve sevgili annem Beytin ERDEN'e teőekkűr ederim.

Aynı zamanda çalıřmalarım sűresince yardım ve dostluklarını esirgemeyen arkadaşlarıma teőekkűr ederim.

Özge Ece ERDEN

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT.....	xv
1 Giriş	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	4
2 Kitle Kaynaklı Harita Yapımı ve Gönüllü Coğrafi Bilgi.....	5
2.1 Web 2.0 ve Kitle Kaynaklı Harita Yapımı	5
2.2 Gönüllü Coğrafi Bilgi (GCB)	5
2.3 OpenStreetMap (OSM) Projesi	7
2.4 Mekansal Veri Kalitesi ve Kalite Bileşenleri	10
2.4.1 Tamlık	11
2.4.2 Konumsal (Geometrik) Doğruluk.....	11
2.4.3 Mantıksal Tutarlılık.....	12
2.4.4 Zamansal Doğruluk.....	12
2.4.5 Tematik (Semantik) Doğruluk.....	12
2.4.6 Amaç.....	12
2.4.7 Kullanım.....	12
2.4.8 Köken.....	12

3	Yöntem	14
3.1	Geometrik Veri Kalite Bileşenleri ve Ölçüleri	14
3.1.1	Konum	14
3.1.2	Alan.....	15
3.1.3	Şekil	15
3.1.4	Doğrultu	20
3.1.5	Granülarite	20
3.2	Bina Çokgenlerinin Geometrik Eşleştirilmesi	20
3.3	Geometrik Veri Kalitesi Analizinde Kullanılan Ölçülerin Karşılaştırılması	23
4	Uygulama	25
4.1	Çalışma Alanı	25
4.2	Veriler.....	26
4.3	Yazılımlar	26
4.4	Bina Detayı Verilerinin Derlenmesi ve Düzenlenmesi	27
5	Bulgular ve Tartışma.....	31
5.1	Konumsal Fark.....	31
5.2	Alan ve Alansal Fark	33
5.3	Şekilsel Fark.....	34
5.4	Doğrultu Farkı.....	42
5.5	Granülarite	44
6	Sonuç ve Öneriler	46
	Kaynakça	48
	Tezden Üretilmiş Yayınlar	53

SİMGE LİSTESİ

A	Alan
A_{PN}	Çokgenin Alanı
A_{EPC}	Eşit Çevreli Çemberin Alanı
A_{CH}	Dışbükey Çokgenin Alanı
A_{MABR}	Minimum Alanlı Sınırlayıcı Dikdörtgenin Alanı
P	Çevre
P_{PN}	Çokgenin Çevresi
P_{EAR}	Eşit Alanlı Dikdörtgenin Çevresi
P_{MABR}	Minimum Alanlı Sınırlayıcı Dikdörtgenin Çevresi
r_{ibp}	Çokgenin Ağırlık Merkezi ve Sınırı Üzerinde Yer Alan Herhangi Bir Nokta Arasındaki İşinsal Mesafe
x_0, y_0	Ağırlık Merkezi
$^{\circ}$	Derece

KISALTMA LİSTESİ

ALKIS	Ämtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
ATKIS	Ämtliches Topographisch-Kartographisches Information System
BF	Building Footprint
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
GPS	Global Positioning System
GCB	Gönüllü Coğrafi Bilgi
GK	Gauss-Krüger
GRS80	Geodetic Reference System 1980
ISO	International Organization for Standardization
ITN	Integrated Transportation Network
ITRF96	International Terrestrial Reference Frame 1996
LULC	Land Use/Land Cover
MABR	Minimum Area Bounding Rectangle
NCR	None Corresponding Reference
OSM	OpenStreetMap
POI	Point of Interest
SQL	Structured Query Language
TOPO	Resmi Büyük Ölçekli Topografik Harita Verileri
VGI	Volunteered Geographic Information
WGS 84	World Geodetic System 1984

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Gönüllü coğrafi bilgi bileşenleri [23]	7
Şekil 2.2	OSM websitesi görünümü [29].....	9
Şekil 3.1	Çokgenin ağırlık merkezi	15
Şekil 3.2	Çokgenin alanı	15
Şekil 3.3	Dairesellik	16
Şekil 3.4	Dışbükeylik	17
Şekil 3.5	Dikdörtgensellik.....	17
Şekil 3.6	Eşdeğer dikdörtgen göstergesi ve pürüzlülük göstergesi hesabında kullanılan geometrik bileşenler [41]	19
Şekil 3.7	Çokgenin MABR'ının en kısa ve en uzun kenarı	19
Şekil 3.8	Doğrultu.....	20
Şekil 3.9	En kısa kenar uzunluğu.....	20
Şekil 3.10	Bina çokgenleri için eşleştirme analizi: (a) eşleşme yok, (b) eşleşme var	23
Şekil 4.1	İstanbul Tarihi Yarımada uydu görüntü haritası.....	25
Şekil 4.2	OpenStreetMap (OSM) (a) ve topografik harita (TOPO) (b) verileri	25
Şekil 4.3	MicroStation ortamında referans veri – bina çokgenleri, katmanlar	27
Şekil 4.4	QGIS ortamında OSM veri – bina çokgenleri, katmanlar	28
Şekil 4.5	MapInfo ortamında üst üste bindirilmiş TOPO ve OSM bina detayları.....	29
Şekil 5.1	Konumsal fark (m) histogramı.....	32
Şekil 5.2	Yüksek konumsal fark üreten eş bina detayı örnekleri (TOPO: 12093 ↔ OSM: 5532, TOPO: 10907 ↔ OSM: 7753)	33
Şekil 5.3	TOPO ve OSM bina detaylarının alan histogramları (üstte), alansal fark (m ²) histogramı (altta).....	34
Şekil 5.4	Yüksek alansal fark üreten eş bina detayı örnekleri (TOPO: 9234 ↔ OSM: 981, TOPO: 10899 ↔ OSM: 5324)	34
Şekil 5.5	TOPO ve OSM bina detaylarının dairesellik histogramları (üstte), dairesellik farkları histogramı (altta)	35
Şekil 5.6	Yüksek dairesellik farkı üreten bina detayı örnekleri (soldaki TOPO bina detayı (4742), OSM bina detayından (3946) daha yüksek daireselliğe yani	

daha basit bir şekle sahip iken sağ taraftaki bina detayları (TOPO: 4723 ↔ OSM: 42) için tam tersi bir durum söz konusudur.)	36
Şekil 5.7 TOPO ve OSM bina detaylarının dışbükeylik histogramları (üstte), dışbükeylik farkları histogramı (altta)	37
Şekil 5.8 Yüksek dışbükeylik farkı üreten bina detayı örnekleri (soldaki TOPO bina detayı (485) OSM bina detayından (1243) daha dışbükey yani daha basit bir şekle sahip iken sağdaki bina detayları (TOPO: 11339 ↔ OSM: 5330) için tam tersi bir durum söz konusudur.)	37
Şekil 5.9 TOPO ve OSM bina detaylarının dikdörtgensellik histogramları (üstte), dikdörtgensellik farkları histogramı (altta).....	38
Şekil 5.10 Yüksek dikdörtgensellik farkı üreten bina detay örnekleri (soldaki TOPO bina detayı (5455) OSM bina detayından (2327) daha dikdörtgensel yani daha basit bir şekle sahip iken sağdaki bina detayları (TOPO: 8229 ↔ OSM: 6495) için tam tersi bir durum söz konusudur.)	38
Şekil 5.11 TOPO ve OSM bina detaylarının eşdeğer dikdörtgen göstergesi histogramları (üstte), eşdeğer dikdörtgen göstergesi farkları histogramı (altta).....	39
Şekil 5.12 Yüksek eşdeğer dikdörtgen göstergesi farkı üreten bina detay örnekleri (soldaki TOPO bina detayının (5074) eşdeğer dikdörtgen göstergesi OSM bina detayından (3947) daha büyük değere sahip iken sağdaki bina detayları (TOPO: 6527 ↔ OSM: 7744) için tam tersi bir durum söz konusudur.)	39
Şekil 5.13 TOPO ve OSM bina detaylarının pürüzlülük göstergesi histogramları (üstte), pürüzlülük göstergesi farkları histogramı (altta).....	40
Şekil 5.14 Yüksek pürüzlülük göstergesi farkı üreten bina detay örnekleri (soldaki TOPO bina detayının (939) pürüzlülük göstergesi OSM bina detayından (1235) daha büyük değere sahip iken sağdaki bina detayları (TOPO: 796 ↔ OSM: 503) için tam tersi bir durum söz konusudur.).....	40
Şekil 5.15 TOPO ve OSM bina detaylarının uzanım histogramları (üstte), uzanım farkları histogramı (altta).....	41
Şekil 5.16 Yüksek uzanım farkı üreten bina detayı örnekleri (soldaki TOPO bina detayının (9421) uzanımı OSM bina detayından (6652) daha büyük değere sahip iken sağdaki bina detayları (TOPO: 8804 ↔ OSM: 5905) için tam tersi bir durum söz konusudur.)	42
Şekil 5.17 TOPO ve OSM bina detaylarının doğrultu histogramları (üstte), doğrultu fark histogramı (altta).....	43
Şekil 5.18 Yüksek doğrultu farkı üreten bina detayı örnekleri TOPO: 11992 ↔ OSM: 5427, TOPO: 2285 ↔ OSM:2474	43

Şekil 5.19 TOPO ve OSM bina detaylarının granülarite histogramları (üstte), granülarite farkı histogramı (altta)..... 44

Şekil 5.20 Yüksek granülarite farkı üreten bina detayı örnekleri solda TOPO: 9959 ↔ OSM: 5279, sağda TOPO: 13110 ↔ OSM:7751 45



TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 TOPO ve OSM bina detayları arasındaki ilişki derecelerine yönelik uygulamada kullanılan veri setlerinden örnekler.....	22
Tablo 5.1 Ölçü farklarına ilişkin istatistikler	31



OpenStreetMap Verilerindeki Bina Detaylarının Büyük Ölçekli Topografik Harita Verileri ile Karşılaştırmalı Geometrik Kalite Analizi

Özge Ece ERDEN

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER

Web 2.0 teknolojisinin gelişmesi ve kitle kaynak fikri ile beraber GPS teknolojisi olan mobil cihaza sahip her insan coğrafi bilgiyi paylaşabilen bir sensör haline gelmiştir. Bu eğitilmemiş, saf, doğrudan bilgi Gönüllü Coğrafi Bilgi (GCB) adını almıştır. GCB projeleri geçtiğimiz yıllarda büyük ivme kazanmıştır. Bu projelerin arasında en yaygın ve başarıya ulaşmış örnek ise OpenStreetMap (OSM) projesidir. Bu proje, işbirlikçi ve kitle kaynaklı haritacılığa dayalı olarak dünya çapında oldukça ayrıntılı coğrafi veriler (harita verileri) sağlar. Bu bağlamda, OSM verisi ücretsiz ve kolaylıkla ulaşılabilen bir veri olmasına rağmen bölgeden bölgeye hatta detaydan detaya çeşitlilik göstermesinden dolayı mekansal uygulamalarda kullanılmadan önce kalite değerlendirmesi yapılmalıdır. Mekansal veri kalitesinin tamlık, konumsal doğruluk ve tematik (semantik) doğruluk gibi çeşitli bileşenleri vardır. Bu konuda, ilgili standartlar mevcuttur ve genellikle resmi coğrafi veriler ve haritalar için dikkate alınır. Ancak, OSM verileri bu prosedürden geçmeden hazırlandığı için bu tür bir kalite değerlendirmesi lokal olarak uygulanmalıdır.

Türkiye'de OSM bina detaylarının geometrik veri kalitesini büyük ölçekli bir topografik harita veri setindeki bina detaylarına kıyasla değerlendiren kapsamlı bir çalışma yoktur. Bu nedenle, bu çalışma OSM bina detaylarını 1:1 000 ölçekli topografik haritadaki bina detaylarıyla karşılaştırarak bir geometrik kalite değerlendirmesi yapmayı hedeflemektedir. Bu amaçla, konum, alan, şekil, doğrultu ve granülarite bileşenleri hesaplanmıştır. İstanbul sınırları içerisindeki Tarihi Yarımada bölgesi için bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Bulgular, OSM bina detaylarının geometrik kalite açısından heterojen yapıda olduğunu ve genel olarak karşılaştırmada kullanılan referans verilerinden daha düşük bir ayrıntı düzeyine sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Bina Detayları, Geometrik Veri Kalitesi, OpenStreetMap, Topografik Harita Verisi, Gönüllü Coğrafi Bilgi



Geometric Quality Analysis of Building Footprints From OpenStreetMap Data in Comparison to Large Scale Topographic Map Data

Özge Ece ERDEN

Department of Geomatic Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER

Along with the development of Web 2.0 technologies and its idea of crowdsourcing, each person has become a sensor who can share geoinformation with their mobile devices with GPS technology. That untrained, pure, direct sensor information has been named Volunteered Geographic Information (VGI). In recent years, VGI projects have gained momentum. Among them, the most popular and accomplished example is OpenStreetMap (OSM) project. It provides quite detailed geospatial data (or map data) worldwide based on crowdsourced and collaborative mapping. Although OSM data is freely and easily accessible, it is required to make a quality assessment before using them in geospatial applications since they usually exhibit diversity from region to region and even from feature to feature from this aspect. Geospatial data quality has several elements such as completeness, positional accuracy and thematic (semantic) accuracy. In this respect, related standards are available and usually taken into account

for official geospatial data and maps but such kind of procedure is not performed for OSM data so the quality assessment should be made on a local basis for these data.

There is no comprehensive study that assesses the geometric data quality of OSM building footprint (BF) data in Turkey against BF data from a largescale topographic map dataset. For this purpose, this study aims to assess geometric data quality of OSM BF data in comparison to BF data from 1:1000 topographic map data. From the quality aspect, those elements are computed: position, area, shape, orientation and granularity. A case study was performed for the historical peninsula region of Istanbul province. Findings demonstrated OSM BF data have heterogeneous nature in terms of geometric quality and a lower level of detail than the reference data used in comparison.

Keywords: Building Footprint Data, Geometric Data Quality, OpenStreetMap, Topographic Map Data, Volunteered Geographic Information

Web 2.0 teknolojileri, kullanıcıların Web'e içerik eklemesini olanaklı hale getirmiş ve buna paralel olarak bireylerin coğrafi bilgi oluşturma, toplama ve yayma konularına ilgisini arttırmıştır [1] [2]. Bu ilgiye yönelik olarak, OpenStreetMap (OSM), Wikimapia, Map Insight, Flickr, Google MyMaps gibi birçok platform ortaya çıkmıştır [3].

Gönüllü coğrafi bilgi (GCB), teknolojik gelişmelere bağlı olarak insanların dünya çapında mekansal verilerini iki taraflı zorunluluk olmadan isteyerek paylaşmasıdır [1]. Günümüzde ticari firmalar bile bu kitle kaynak algısını kullanmaktadır. Bu saf, eğitilmemiş, koordinasyonsuz bilgi paylaşımının mekansal uygulamalarda rahat ve ucuz olarak kullanılabileceği fikri, kalite değerlendirme ihtiyacını da beraberinde getirmiştir.

Bu bölümde kalite değerlemesine dair yapılan çalışmalar, bu tezin amacı ve hipotezleri sunulmuştur. Kavramların açıklamaları, uygulama ve sonuçlar da diğer bölümleri oluşturmaktadır.

1.1 Literatür Özeti

Son on yılda GCB ve GCB verilerine yönelik kalite değerlendirmesi önem kazanmış ve bu amaçla çeşitli yaklaşımlar ve yöntemler önerilmiştir. Genelde bu değerlendirme OSM (veya başka GCB verileri) ve referans verilerin (referans verilerin yüksek standartlarda üretildiği ve minimum hatalı olduğu varsayımıyla) doğrudan eşleştirilmesi ile [4] [5] [2] [6] [7] bazen de referans verilere ulaşamayacağı ya da erişiminin sınırlı olduğu durumlar için çeşitli yapay zeka algoritmaları ile otomatik olarak gerçekleştirilmiştir [8] [9]. Haklay [4] OSM ve Ordnance Survey veri setlerindeki karayolu detaylarını konumsal doğruluk ve tamlık açısından karşılaştırmıştır. Analiz sonucu konumsal fark yaklaşık 6 m çıkmış ayrıca verilerin % 80'inin örtüştüğü görülmüştür. Sonrasında Girres ve Touya [2] OSM verilerindeki yol detaylarının kalite değerlemesini bu çalışmanın uzantısı olarak Fransa'da (ülke genelinde 80 bölge)

yapmıştır. Ayrıca OSM verilerini diğer mekansal veri kalitesi bileşenleri açısından (geometrik, özneliksel, semantik ve zamansal doğruluk, mantıksal tutarlılık, tamlik, köken ve amaca uygunluk) da analiz etmişlerdir. Zielstra ve Zipf [7] Almanya'da beş büyük ve beş orta büyüklükte olmak üzere 10 şehirde karayolu ağı ile ilgili olarak belirlenen OSM verilerinin tamlığı hakkında açıklamalar elde etmek için referans veriler olarak özel bir şirket olan TeleAtlas verilerini kullanıp karşılaştırma yapmışlardır. Koukoletsos vd. [10] İngiltere'de ITN (resmi yol ağı verileri) ile OSM verileri arasında otomatik bir eşleştirme yöntemi önermiştir. Mohammadi ve Malek [9] konumsal doğruluğa etki eden iç göstergeleri saptamış ve seçilenleri yapay zeka bazlı melez bir sistemde kullanmışlardır. Böylelikle, OSM verilerinin konumsal doğruluğunu referans verilerin elde edilemediği durumlarda da değerlendirmek mümkün olmuştur. Forghani ve Delavar [11] OSM yol ağı verileri ile Tahran belediye referans haritasını karşılaştırarak veri kalitesini grid hücrelerine dayalı olarak değerlendirmişlerdir. Bu amaçla, detayların yol uzunluğu, dışbükey çokgeni, standart sapma elipsi, medyan merkezi gibi kalite ölçülerini hesaplamışlar ve bulanık mantık yöntemi ile birleştirerek yol detayları için kalite ölçüsü elde etmişlerdir.

Daha sonra Hecht [12] OSM bina verilerinde tamlik düzeyinin yol ağı verilerine göre hala net olmadığına dikkat çekmiş ve Kuzey Ren-Vestfalya ve Saksonya eyaletlerinde bina detaylarının tamlığını, alt idari birimler temelinde toplam bina sayısı ve toplam bina alanına göre değerlendiren bir yöntem önermiştir. Fan vd. [5] ise Münih için OSM bina detaylarının veri kalitesini, tamlik ve semantik, konumsal ve şekilsel doğruluk açısından, Alman Resmi Topografik-Kartografik Bilgi Sistemi (ATKIS) verileri ile karşılaştırarak değerlendirmiştir. Dorn vd. [13] OSM arazi kullanımı/arazi örtüsü verilerinin kalitesini Almanya'daki Resmi Gayrimenkul Kadastro Bilgi Sistemi (ALKIS) verilerini referans alarak araştırmışlardır. Camboim vd. [14] OSM verilerinin, güncel olmayan ve düzensiz dağılımlı bir resmi harita kapsamına sahip Brezilya eyaletlerinde uygun bir kaynak olup olamayacağını anlamak için kırsal ve kentsel alanlarda OSM verilerinin tamlığını ve güncellenme durumlarını inceleyen bir analiz yapmışlardır. Costa [8] OSM verilerinin Polonya Harita Kurumu'nun resmi verilerini güncellemede kullanılabilirliğini incelemiştir. Bu açıdan mekansal veri kalitesi bileşenlerini

değerlendirmiştir. Bu amaçla, yapının dış hatlarındaki tutarsızlıklarından fazla etkilenmeyen yeni bir eşleştirme yöntemi geliştirmiştir. Konumsal doğruluk açısından Haklay'ın [4] elde ettiği konumsal doğruluktan yaklaşık beş kat daha iyi (kentsel alanda 0.6 m, kırsal alanda 1.7 m) sonuç alındığı belirtilmiştir. Du vd. [15] konum (geometri) ile sözel bilgileri de eşleştirme için kullandıkları ve İngiltere'deki ve Fransa'daki resmi verilere uyguladıkları bir analiz yapmışlardır. Xu vd. [16] bilinmeyen karmaşık çok değişkenli olasılık dağılımlarında farklı ilişki dereceleriyle eşleştirilmiş verilerin tamlığını, konumsal, semantik ve şekilsel doğruluğunu ve doğrultu tutarlılığını girdi olarak kullandıkları derin otomatik kodlayıcı ağ ile değerlendirmişlerdir. Touya vd. [17] bina detayları yerine POI'lere odaklanıp Paris'te zamana bağlı değişimlerini incelemişlerdir. Bu çalışma mekansal özniteliklerin eşleştirilmesi, özniteliklerin tarihi (zamana bağlı değişimleri) gibi farklı yöntemlerin birleşimini daha güçlü bir kalite değerlendirmesi için önermiştir. Zhou [18] kentsel alanlarda bina yoğunluğunu ve bina tamlığını iki veri setini karşılaştırmak için hesaplamıştır. Tamlık hakkında bilgi sahibi olmak için referans veri setine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiş fakat yoğunluk ve tamlık verilerinin bu çalışmada yaklaşık lineer bir ilişki göstermesi nedeniyle sadece yoğunluk bilgilerinin de tamlık verileri hakkında fikir verebileceğini ifade etmiştir. Son olarak Brovelli ve Zamboni [19] İtalya'da Lombardy bölgesi için bina detaylarının mekansal doğruluğunu incelemek için bir harita eşleştirme yöntemi geliştirmişlerdir. Resmi verilerle karşılaştırma yapılmış ve 3 m'nin altında bir fark elde edilmiştir. Ayrıca, bazı çalışmalar [8] [11] [6] [4] [2] OSM verilerinin kırsal ve kentsel alanlarda birbirlerine göre dikkate değer bir heterojenlik içerdiğini ortaya koymuştur.

1.2 Tezin Amacı

OSM verileri ücretsiz olarak indirilebilir ve kolay erişilebilir olmalarına rağmen bölgeden bölgeye hatta detaydan detaya çeşitlilik gösterebildikleri için dolayı mekansal uygulamalarda kullanılmadan önce kalite değerlendirmesi yapılmalıdır. Mekansal veri kalitesi çeşitli bileşenler ile incelenir. Bu konuda, ilgili standartlar mevcuttur ve genellikle resmi mekansal verilere uygulanır. Ancak, OSM verileri böyle bir süreçten geçmediği için bölgesel ya da lokal kalite değerlendirmesi gerekmektedir. Bu

çalışmada, bir resmi referans veri setiyle karşılaştırmalı olarak OSM bina detaylarının geometrik kalitesinin değerlendirilmesine odaklanılmaktadır.

Ülkemizde 1:50 000 ölçekli topografik veri üretiminde OSM verilerinin kullanılmasının üretim süresini azaltacağı sonucuna varılan bir çalışma yapılmıştır [20]. Ancak, Türkiye'de OSM bina detay verilerine yönelik kapsamlı bir geometrik kalite değerlendirme çalışması yoktur. Bu eksiklikten hareketle, bu çalışmada OSM bina detaylarının geometrik veri kalitesi, 1:1 000 ölçekli topografik haritalardaki (TOPO) bina detayları ile karşılaştırılarak değerlendirilmektedir.

1.3 Hipotez

Hipotez 1 – OSM verileri çeşitli mekansal uygulamalarda kullanılmadan önce diğer mekansal veri kalitesi bileşenlerinin yanında özellikle geometrik veri kalitesi açasından kapsamlı olarak değerlendirilmelidir.

Hipotez 2 – Geometrik veri kalitesi için yaygın olarak incelenen konum bileşeninin yanında alan, şekil, doğrultu ve granülarite bileşenleri de değerlendirilmelidir.

Kitle Kaynaklı Harita Yapımı ve Gönüllü Coğrafi Bilgi

2.1 Web 2.0 ve Kitle Kaynaklı Harita Yapımı

Web 2.0, kullanıcıların internet ortamına dahil olmasını sağlayan bir akımdır. “Crowdsourcing” kavramı “crowd” ve “outsourcing” kavramlarının birleşmesinden oluşan son yıllarda popüler bir kavramdır. Türkçe’ye kitle kaynak olarak çevirilmiştir. Kitle kaynak, bir projeyi dışarıdan çok sayıda (binlerce hatta milyonlarca) katılımcıyla, resmi olarak bir kuruma bağlı olmadan, daha düşük maliyetle ve karşılaşılan problemlere uzmanlık kullanımıyla çözüm bularak gerçekleştirmek olarak tanımlanabilir.

Açık kaynaklı yazılım, herhangi biri tarafından serbestçe erişilebilen bir yazılım oluşturmayı amaçlayan, ilgisiz diğer programcılar arasındaki iş birliğinin bir örneğidir. Daha da önemlisi, yazılımı oluşturmak için kullanılan kod da herkesin görebileceği, inceleyebileceği, yeniden kullanabileceği veya geliştirebileceği şekilde paylaşılır [21]. Birçok sektöre uyarlanabilen bu akım mekansal bilgi söz konusu olduğunda “neocoğrafya”, “neokartografya” ya da gittikçe kalıplaşan “gönüllü coğrafi bilgi” adını almaktadır. Bu süreçte, gönüllüler mekansal içerikli çalışmalarını tüm dünya ile paylaşabilmekte ve aynı şekilde diğer gönüllülerin yaptığı çalışmalardan da faydalanabilmektedirler [22].

2.2 Gönüllü Coğrafi Bilgi (GCB)

Gönüllü Coğrafi Bilgi (GCB) terimi ilk olarak 2007’de Michael Goodchild tarafından kullanılmıştır. Süreklilik arz eden coğrafi bilgi ve harita üretimi sürecine, genelde gönüllülüğe dayalı olarak eğitilmemiş çok sayıda vatandaşın yaygın olarak dahil edilmesi ‘gönüllü coğrafi bilgi’ olarak adlandırılır [1].

Coğrafi bilginin bu şekilde paylaşılması aslında yeni değildir. Ancak, geçmişte bu tarz mekansal deneyimler mekansal veri ve haritaların gelişimine belirgin bir katkı sağlamak

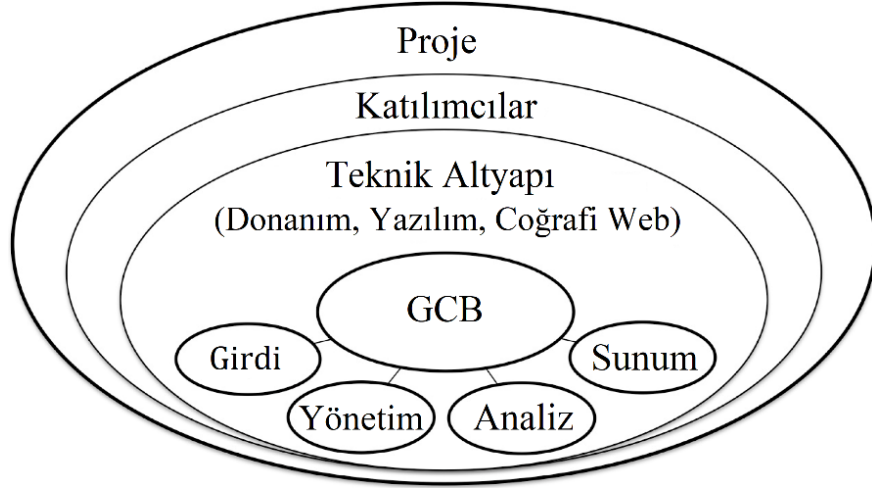
için yeterli ayrıntıda olmadığı için GCB coğrafi araştırmalarda göze çarpan bir başlık olmamıştır. Süreç içinde teknolojik gelişmeler, konuma duyarlı cihazlarla gönüllülerden coğrafi bilgi toplamak ve işlemek için araçlar ve kaynaklar hazır hale gelmiştir [23]. Bu gönüllüler “yeni coğrafyacılar” ya da “sensör vatandaşı” adını almıştır ve bu tür kitle kaynaklı coğrafi bilginin web ortamına yayılması uzun sürmemiştir [21].

Goodchild GCB tanımlamasını yaparken internet bağlantısı olan herkes, dünya yüzeyindeki bir alanı seçebilir ve diğer kaynaklara bağlantılar da dahil olmak üzere bir açıklama sağlayabilir diyerek bu tarz bir bilginin yanlış olması durumunda oluşabilecek tehlikeden de bahsetmiştir.

Yine de bu tür bir iş birliği, büyük miktarda veri ihtiyacı olan diğer araştırma disiplinleri gibi coğrafya alanında da giderek daha popüler hale gelmektedir ve birçok olumlu yanı da vardır [24]. Örn. doğal afet zamanlarında (Haiti depremi, Santa Barbara yangını) GCB gerçekten yararlılığını ispat etmiştir.

İnsanların birer sensör olarak düşünüldüğü bu olguda fiziksel sensörlere göre insan farklı duyuları ile farklı parametreleri algılayarak üstün olmaktadır. Ayrıca sensörlerin aksine, özgür hareket edebilmeleri, lokal bilgiye sahip olmaları, etraflarında ne olup bittiğinden haberdar olmaları da insanları farklı kılmaktadır [25].

CBS gibi GCB de bir sistem ürünüdür. Bu sistem teknik, bağlamsal ve örgütsel düşünceleri ele alan etkileşimlere sahip birbirine bağlı bileşenlerden oluşur [23]. Projeden projeye değişiklik gösterebilse de genele bakıldığında Şekil 2.1’de görüldüğü gibi bir şema çizmek mümkündür. GCB genelde bir proje içinde yer alır veya onunla başlar. Katılımcılar, aktif ya da pasif olarak değerlendirilebilir. GCB isteğe bağlı / açık veya istemsiz / açık olabilir. İlk tür GCB, bilinçli olarak etkileşime giren kullanıcılar tarafından oluşturulan tüm sayısal coğrafi referanslı izlerden oluşur. İkinci tür GCB, teknolojilerle etkileşime giren ancak etkileşimlerinin / faaliyetlerinin, Twitter, Flickr, Foursquare'in (ve benzeri sosyal paylaşım sitelerinin çoğu kullanıcısı gibi) siber alanda sayısal bir iz bırakacağına farkında olmadan web’de düzenli olarak faaliyet gösteren (örn. arkadaşlarla konuşmak veya oda rezervasyonu) kullanıcılar tarafından üretilmektedir [21].



Şekil 2.1 Gönüllü coğrafi bilgi bileşenleri [23]

2.3 OpenStreetMap (OSM) Projesi

OSM projesi 2004 yılında Londra'da bir yüksek lisans öğrencisi olan Steve Coast'ın fikridir. Coast, her bir kişinin lokal bilgisiyle hâkim olduğu alan ile ilgili ayrı ayrı bilgi paylaşması ve bunların birleştirilmesiyle o bölgeye ait bir mekansal veri tabanı oluşturmaya başlanabileceğini düşünmüştür [26]. İnsanların daha ucuz, daha güncel ve daha kesin vektör temelli haritalardan lisans için para ödemededen yararlanabileceğini iddia etmiştir [27]. Daha sonra bu fikir dünyanın düzenlenebilir ücretsiz bir haritasını oluşturma noktasına ulaşmıştır.

2006 yılından itibaren ise bu proje akademik çevrelerce fazlasıyla ele alınmaya başlanmış, 2007 yılında ise Goodchild ilk kez GCB den bahsederken örnek olarak OSM örneğini vermiştir [1]. Ancak, Haklay OSM ve GCB'nin bu kadar eşit gözükmesinden hoşlanmadığı için yeni ve daha kesin bir tanımlama önerisinde bulunmuştur: "Son birkaç yılda artan popüleriteye sahip, en çok kullanılan, analiz edilen ve alıntı yapılan GCB platformlarından biri OSM'dir." [28].

Bu proje coğrafi bilgilerin toplanmasına yeni bir yaklaşım getirmiştir. OSM verileri, bir kullanıcı bir hesap oluşturduğunda, temel harita verilerinin görüntülenebileceği ve düzenlenebileceği wiki benzeri bir arayüz aracılığıyla çevrimiçi olarak düzenlenebilir (Şekil 2.2). OSM, GCB'nin sadece kitle kaynaklı bir mekansal veri tabanı değil; aksine, geniş bir veri ekosistemi, yazılım sistemleri ve uygulamaları, araçlar ve wiki'ler gibi Web

tabanlı bilgi depoları haline gelmiştir [26]. OSM verileri “Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0” lisansınca yetkilendirilmiştir [29] ve gönüllülerin yanısıra OSM'nin daha çok kişiye ulaşmasını hedefleyen yazılım geliştiricilerini de bünyesinde barındırır [24].

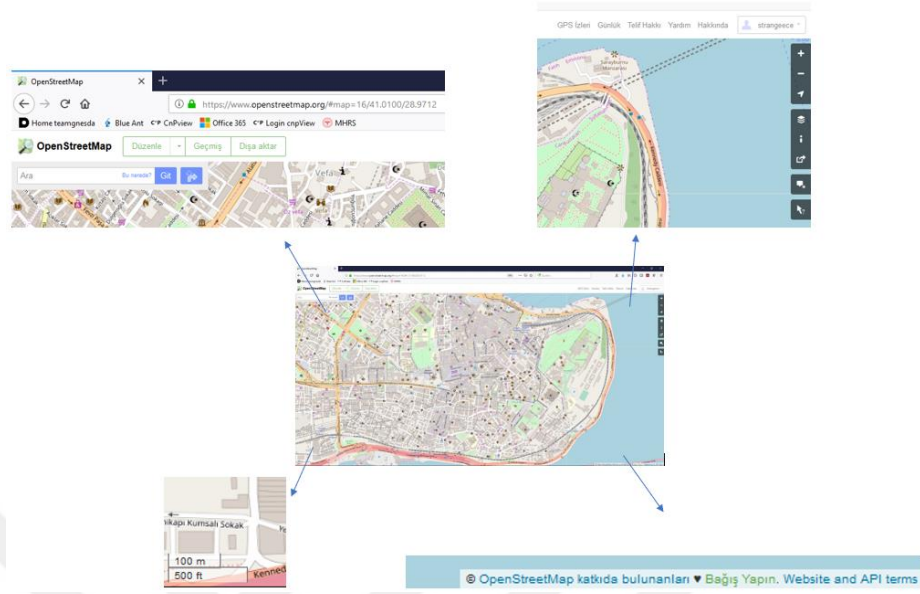
OSM projesi başından beri OSM'nin amacına en iyi şekilde cevap veren kendi veri formatlarını ve özel yazılımlarını kullanmaya karar vermiştir. OSM için, yazılım ve veri formatlarının CBS deneyimi olmayan kişiler tarafından kullanılabilmesi; açık, uluslararası bir projede ihtiyaç duyulan nesnelere serbest stil özelliklerini desteklemek için gereken teknolojiye sahip olması çok önemlidir [27].

Herkes OSM'ye ücretsiz olarak kaydolabilir ve katkıda bulunmaya başlayabilir. OSM'ye katkıda bulunmanın çeşitli yolları vardır. En basiti detayların (binalar, yollar, nehirler vb.) açık lisanslı uydu görüntülerinden sayısallaştırılmasıdır [26]. Ayrıca GPS alıcısına sahip cihazlarla da uzaktan katkı sağlanabilir. Bu sayede farklı çeşitlilikte (bina, sokak, durak vs.) coğrafi/mekansal bilgi toplanabilir. Her kullanıcı tarafından kolaylıkla uygulama ve analizlerde kullanılmak üzere indirilebilir ve düzenlenebilir. Gönüllüler, afet bölgelerinde, güncel haritaların gerekli olduğu ve mağdurlar için hayati olabilecek insani yardım çalışmaları için veri paylaşanlardan; sadece mahallelerinin haritasını yapmak ya da başkalarının ilgisini çekebilecek belli başlı yerleri vurgulamak isteyenlere kadar çeşitli amaçlar paylaşmaktadırlar [30].

İçeriğinin çoğunluğunun farklı yerlerde oluşturulduğu Wikipedia'dan farklı olarak OSM topluluğu ayrıca yerel coğrafi alanlar için içerik oluşturmayı ve tanımlama eklemeyi amaçlayan bir dizi yerel atölye çalışması gerçekleştirirler.

2007 civarında, birkaç şirket (Cloudmade, Geofabrik, Mapnik Consulting ve Itoworld) OSM tabanlı hizmetlere destek ve danışmanlık sağlayarak kitle kaynaklı veriler üzerinde çalışmaya başlamıştır. Bu da OSM verisi ve etrafında kurulabilecek işe inancı göstermiştir. Daha sonra iki şirket daha, yolları ve harita veri üretim araç seti oluşturmaya başlamıştır. Mapbox, 2010'dan beri ulaşılabilen özel tasarımı haritalar için açık kaynaklı harita üretim platformudur. CartoDB ise 2011'de geliştirilmiş bir web

tarayıcısında görüntüleme için CBS ve web harita üretim araçları sağlayan bir hizmet bulutu bilişim platformu olarak kullanılan bir yazılımdır [27].



Şekil 2. 2 OSM websitesi görünümü [29]

OSM projesi isminden de anlaşılabilceği gibi öncelikle yol ve sokak haritalarının yapımına odaklanmıştır. Zamanla projeye binlerce gönüllü tarafından dünyanın her yerinden çok çeşitli coğrafi nesnelere (örn. binalar, arazi kullanımı, ilgi çekici noktalar) eklenmiştir [28].

OSM projesinin amacı ve avantajı güncel coğrafi bilginin sayısal ortamda rahatlıkla bulunmasıdır. Ticari firmalar ve ulusal haritacılık kurumları bu sürekliliği sağlamaya çalışsa da ani değişiklikler ve fazla lokal bilgiler için yeterli olmadıkları durumlar vardır. Kullanıcılar, yine teknolojik veya diğer kısıtlamalar nedeniyle uzmanların sağlayamayacakları durumda veri sağlayabilir.

OSM verileri aşağıdaki çalışmalar için kullanılmaktadır:

- OSM'nin kolay kullanılması ve ucuz elde edilmesinden kaynaklı sadece veri olarak kullanıldığı çalışmalar,
- Veritabanındaki nesnelere kalitesini, geçmişini ve gelişimini; verinin doğası ve diğer yönleri hakkında öğrenebileceklerimizi inceleyen çalışmalar,

- Ayrıca örüntüleri ve verinin etkileşimlerini (örn. güvenilirliği anlamak) inceleyen çalışmalar,
- Ayrıca OSM'nin daha geniş toplumsal yönlerini inceleyen (örn. veri kapsamının mekansal ve toplumsal etkileri nedir?) gibi çalışmalar,
- OSM'nin toplumsal uygulamaların olduğu bir proje olarak kullanıldığı çalışmalar [28].

Yine de verilerin nasıl düzenlenmesi gerektiğiyle ilgili özel kurallar olsa da kullanıcılar bu yönergeleri izlemeyebilirler ve tutarsız sonuçlar üretebilirler. Ayrıca, harita oluşturulurken insan hataları oluşabilir. OSM'yi tutarsız kılan bir başka faktör, kullanıcıların verileri farklı kaynaklardan toplayabilmesidir; bu nedenle ölçümler farklı hassasiyet seviyelerindedir. Örn. hava görüntülerini sayısallaştırma doğruluğu, GPS izlerini sayısallaştırma işleminden farklıdır. Dahası, GPS izleri, belirli cihaza veya noktaların toplanma sıklığına bağlı olarak farklı hassasiyet seviyelerine sahiptir. Bu nedenle, OSM verilerinin doğruluğu, coğrafi veri toplama yöntemlerinin doğası gereği tam olarak değerlendirilemez. GCB verilerinin kalitesini değerlendirmek için üzerlerinde ileri araştırma ya da üst düzey veri setleriyle karşılaştırma yapılmalıdır [31].

2.4 Mekansal Veri Kalitesi ve Kalite Bileşenleri

Kullanıcılar tarafından üretilen mekansal verilerin anlaşılması ve bunların uygulamalarda kullanılabilmesi amacıyla kalite değerlendirmesi yapmak için öncelikle mekansal verilerin kalite incelemelerinin genel yönlerini ele almak gerekir. Mekansal veri kalitesi, sağladığı bilgiler sayesinde, gereksinimlerin karşılanıp karşılanmadığını irdelemektedir.

2002 yılında ISO TC/211 (Coğrafi Bilgi/Geomatik Teknik Kurulu), ISO 19113 (kalite prensipleri) ve ISO 19114(kalite değerlendirme prosedürleri) standartları mekansal verilere ait bir değerlendirme raporunda nelere bakılacağını özetlemişlerdir. Son sürüm 2013'de ISO 19157: 2013, "Coğrafi Bilgi-Veri Kalitesi", dokümantasyonu hem veri üreticilerinin hem de veri tüketicilerinin bakış açılarından mekansal veri kalitesi ölçülerinin bileşenlerini ve yapılarını standartlaştırmıştır [32]. Bu amaçla, mekansal veri

1. Tamlık
2. Konumsal Doğruluk
3. Mantıksal Tutarlılık
4. Zamansal Doğruluk
5. Tematik (Semantik) Doğruluk

gibi nicel ölçütleri sağlamalıdır. Ayrıca, bunlara amaç, kullanım ve köken gibi nitel kalite ölçütleri de eklenebilir. Bu standartların yanısıra detay doğruluğu, kısıtlamalar, kalite varyasyonu, meta-kalite, çözünürlük, doğrultu ve şekil doğruluğu da kalite değerlendirme ölçütleri olarak bazı çalışmalarda yer almıştır. Birden fazla ölçü dikkate alınarak yapılan değerlemelerde mekansal verilerin doğruluğu ve amaca uygunluğu hakkında daha eksiksiz bir görüş elde edilebilir [24].

2.4.1 Tamlık

Tamlık veri eksikliğini ya da fazlalığını gösterecek bir ölçüttür. Nesnelerin ve onların özelliklerinin, ilişkilerinin varlığı yokluğu gibi bir karşılaştırmadan söz edilebilir. Yeryüzünde temsil edilen nesnelere ile tüm bu nesnelerin soyut evreni arasındaki ilişkiyi tanımlar [33]. Soyut evreni kesin olarak tanımlamak zor olduğundan tamlık da kendi içinde sınıflandırılır (Şekil 2.3). Tamlık çalışmanın amacına göre çok farklı sonuçlar gösterebilir.

2.4.2 Konumsal (Geometrik) Doğruluk

Detayların yer gerçekliğindeki konumu ile haritadaki konumunun ne kadar yakın olduğunu ölçer. Konumsal doğruluk tampon bölge yöntemi, eş nesnelerin (yol, bina vs.) kesişim noktaları arasındaki mesafe, nokta detayların Öklid uzaklığı, çizgi detayların ortalama Öklid mesafesi, yine çizgi detayların Hausdorff mesafesi, alan detayların yüzey mesafesi, granülaritesi ve kompaktlığı, şekil benzerliği, x ve y eksenlerindeki hata mesafesi gibi birçok farklı yöntem kullanılarak ölçülmektedir [34].

2.4.3 Mantıksal Tutarlılık

Bu, topolojik doğruluk ve veri tabanında kodlanmış ilişkiler açısından, veri setinin iç tutarlılığının açıklamasıdır [4]. Mantıksal tutarlılık kuralları yalnızca nesne ve nesne parçaları ve onların niteliklerine değil aynı zamanda nesnelere arasındaki ilişkilere ve nesnelere arasındaki ilişkilerin bileşimine de uygulanır. Örn. uygulama, kamu ve özel binalar arasında ayırım yapabilir. Veri seti bu ayırımı alçak binalar ve yüksek binalar arasında yapabilir [35]. Verinin yapısı, niteliği ve ilişkilerin mantık kurallarına uyma derecesi (veri yapısı kavramsal, mantıksal veya fiziksel olabilir) olarak da nitelebilir [36].

2.4.4 Zamansal Doğruluk

Veri giriş tarihi veya revizyon tarihi, kullanıcı için veri kalitesini değerlendirirken (kullanıma uygunluk anlamında) önemli bir faktördür. Zamansal tutarlılık veri toplama, güncelleştirme türleri ve geçerlilik süreleri tarihleri ile ilgilidir [37]. Örn. mekansal etiketli verilerde zamansal doğruluk, veri üretimi ile veri kullanımı arasındaki zaman farkı olarak ölçülür.

2.4.5 Tematik (Semantik) Doğruluk

Detayların seçili veri modeline göre tanımlandığı kalite elemanıdır. Anlamsal doğruluk, hava fotoğraflarından veya uydu görüntülerinden elde edilen coğrafi veri kümelerini, görüntülerden (örn. yollar ve sulak alanlar) elde edilen mekansal detayların doğru bir şekilde kategorize edildiğini gösteren göreceli kesinlik ilkesidir [32].

2.4.6 Amaç

Bir veri setini oluşturma mantığını açıklar ve kullanım amacı hakkında bilgi içerir [35].

2.4.7 Kullanım

Bir veri kümesinin kullanılabileceği uygulamayı açıklar [35].

2.4.8 Köken

Verilerin nereden geldiğini, elde edilme amacını, süreci, onları elde etmek için kullanılan yöntemleri, yani, “nasıl” ve “neden” i bulmak ve verilerin kullanıcının gereksinimlerini karşılayıp karşılamadığını ölçmek içindir [36]. Sonuç ürünü üretmek

için verilerin nasıl dönüştürüldüğünün veya başka bir biçimde işlendiğinin bir tanımını içeren verilerin kaynağını ve kanıtını açıklar [32].

Bu kalite bileşenleri mümkün olduğunca kapsamlı ve düzenli bir şekilde dikkate alınmalıdır. Bu sayede daha sonra meta veri olarak kullanılabilirler ve coğrafi verilerin çoklu kullanımını ve değişimini kolaylaştırırlar. Tüm resmi coğrafi veriler bu standartlara uygun olarak yüksek kalitede üretilirken, OSM verileri bu prosedürden geçmemektedir [38].



Büyük ölçekli topografik harita verileriyle karşılaştırılmalı olarak OSM bina detaylarının veri kalitesini değerlendiren bu çalışma üç ana aşamadan oluşmaktadır: 1) Geometrik veri kalitesi bileşenleri ve ölçülerinin belirlenmesi, 2) Çokgenlerin geometrik eşlenmesi, 3) Parametrelerin karşılaştırılması

3.1 Geometrik Veri Kalitesi Bileşenleri ve Ölçüleri

OpenStreetMap gibi projelerin ortaya çıkmasıyla, veri kullanıcıları, ölçeği ve detayları heterojen olan coğrafi verilerle başa çıkma görevi ile giderek daha fazla karşı karşıya kalmaktadır. Eskiden ölçek/ayrıntı düzeyi bilgisi doğrudan metaveride bulunurken OSM gibi kullanıcılar tarafından oluşturulan veri setlerinden sonra hedeflenen ve elde edilen ölçek/ayrıntı düzeyi bilgisi belgelenmemiş olur [39].

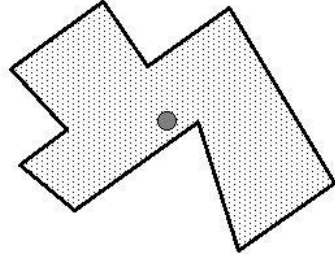
Bu çalışmada, geometrik veri kalitesi değerlendirmesi için konum, alan, şekil, doğrultu ve granülarite bileşenleri kullanılmakta ve bu bileşenlere ilişkin ölçüler aşağıda açıklanmaktadır.

3.1.1 Konum

Bina detayının konumu, bina çokgeninin ağırlık merkezine karşılık gelir (Şekil 3.1) ve (3.1) ve (3.2) eşitlikleri kullanılarak hesaplanır.

$$x_{0_{TOPO}} = \frac{1}{6A} \sum_{i=1}^n (x_i + x_{i+1}) (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \quad (3.1)$$

$$y_{0_{TOPO}} = \frac{1}{6A} \sum_{i=1}^n (y_i + y_{i+1}) (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \quad (3.2)$$

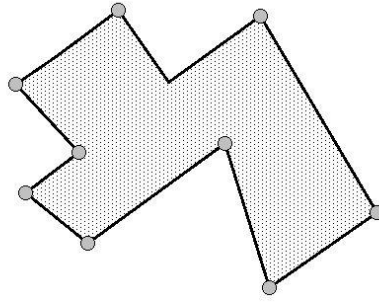


Şekil 3.1 Çokgenin ağırlık merkezi

3.1.2 Alan

Bina çokgeninin alanı, (3.3) eşitliği ile hesaplanır. (x_0, y_0)

$$A_{PN} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (y_i x_{i+1} - x_i y_{i+1}) \quad (3.3)$$



Şekil 3.2 Çokgenin alanı

3.1.3 Şekil

Bina detayının şekli, farklı ölçüler ile karakterize edilir. Bu amaçla, bina çokgeninden ve türetme geometrilerinden (çokgenin ağırlık merkezi, çokgen kenarları boyunca sıklaştırılmış noktalar, çokgenle eşit çevreli çember, minimum sınırlayıcı dikdörtgen (MABR), MABR kenarları ve dışbükey çokgen) yararlanılır ve bunların alan, çevre ve/veya uzunluk değerleri kullanılır. Şekil ölçüleri, mekansal uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil analizi, gönüllü coğrafi bilgiler için ölçek çıkarımına katkıda bulunabilir [40].

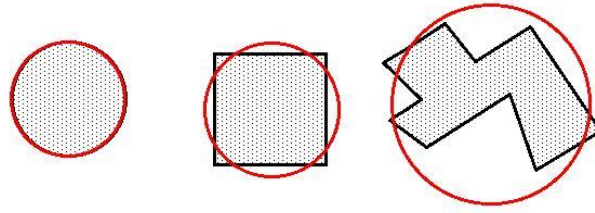
Bu çalışmada, binaları karakterize etmede başarılı bulunan ve/veya yaygın kullanılan dairesellik, dışbükeylik, dikdörtgensellik, eşdeğer dikdörtgen göstergesi, pürüzlülük

göstergesi [41] ve uzanım ölçüleri kullanılmakta ve aşağıda açıklanmaktadır. Bu şekil ölçüleri, biri dışında 0-1 arasında (0 hariç 1 dahil) değerler üretmektedirler. Eşdeğer dikdörtgen göstergesi, dikdörtgen ya da kare için 1 değeri üretirken daire için 1.128 değeri üretmektedir [42]. Değerler, sıfıra ne kadar yakın olursa şekil karmaşıklığı o kadar fazla olmaktadır.

3.1.3.1 Dairesellik

Kompaktlık, nesnelerin kendine özgü bir özelliğidir. Yunanlılar bir dairenin, belirtilen bir çevre için en geniş alanı çevreleyen geometrik bir şekil olduğunu bilmişler, izoperimetrik eşitsizliği kullanmış ve incelemişlerdir. Bu nedenle, mantıken daire sürekli düzlemde en kompakt şekil olarak bilinmekte ve nesne şeklini eşit bir çevreye sahip olan bir daire ile karşılaştırmak kompaktlık ölçüsünü belirlemektedir [43]. Dairesellik, bir nesnenin ne kadar kompakt (derli toplu) şekle sahip olduğunu gösteren bir ölçüdür (Şekil 3.3). Dairesellik, bir çokgen (PN) ve eşit çevreli dairesi (EPC) arasındaki alansal sapmayı ölçer ve (3.4) eşitliğiyle hesaplanır [41]. Bu eşitlikte CI daireselliği, A_{PN} çokgenin alanını, A_{EPC} çokgen ile eşit uzunlukta çevreye sahip dairenin alanını, P_{PN} ise çokgenin çevresini ifade etmektedir.

$$CI = \frac{A_{PN}}{A_{EPC}} = \frac{4\pi A_{PN}}{P_{PN}^2} \quad (3.4)$$

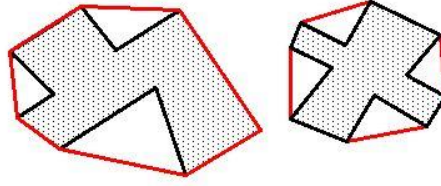


Şekil 3.3 Dairesellik

3.1.3.2 Dışbükeylik

Bir çokgen ve dışbükey çokgeni arasındaki alansal sapmayı ölçer ve (3.5) eşitliğiyle hesaplanır. Dışbükeylik, bir çokgenin içe veya dışa bükümlülük düzeyini ortaya koymaktadır [42]. Bu eşitlikte CNV dışbükeyliği, A_{PN} çokgenin alanını, A_{CH} dışbükey çokgeninin alanını ifade etmektedir.

$$CNV = \frac{A_{PN}}{A_{CH}} \quad (3.5)$$

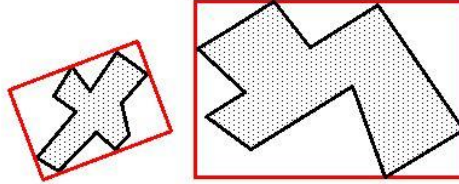


Şekil 3.4 Dışbükeylik

3.1.3.3 Dikdörtgensellik

Bir çokgen ve minimum alanlı sınırlayıcı dikdörtgen (MABR) arasındaki alansal sapmayı ölçer. Böylece, bir çokgenin içe veya dışa bükümlülük düzeyi (3.6) eşitliğiyle hesaplanır. Bu eşitlikte *REC* dikdörtgenselliği, A_{PN} çokgenin alanını, A_{MABR} minimum alanlı sınırlayıcı dikdörtgen alanını ifade etmektedir.

$$REC = \frac{A_{PN}}{A_{MABR}} \quad (3.6)$$



Şekil 3.5 Dikdörtgensellik

3.1.3.4 Eşdeğer Dikdörtgen Göstergesi

Dikdörtgensellik, bir bina çokgeninin girinti çıkıntılarına karşı çok hassastır. Bu durum çokgenin minimum alanlı sınırlayıcı dikdörtgeninin boyutunu bazen büyük ölçüde artırmakta ve şekil için yanıltıcı bir değer elde edilmesine yol açabilmektedir. Eşdeğer dikdörtgen göstergesi (ERI), çokgenin eşit alanlı bir dikdörtgenden (EAR) çevresel sapmasını ölçer ve böylelikle dikdörtgenselliğin bu potansiyel dezavantajını gidermeyi amaçlar. Bu gösterge hesaplanırken MABR alanının çokgenin alanıyla eşitleninceye kadar ölçeklendirilmesi işlemine gerek kalmamakta yalnızca ölçekleme katsayısının elde edilmesi yeterli olmaktadır. Eşdeğer dikdörtgen göstergesi, (3.7), (3.8) ve (3.9)

eşitlikleriyle hesaplanır. Bu eşitliklerde ERI eşdeğer dikdörtgen göstergesini, k ölçekleme katsayısını, A_{PN} çokgenin alanını, A_{MABR} minimum alanlı sınırlayıcı dikdörtgen alanını, P_{EAR} eşit alanlı dikdörtgenin çevresini, P_{MABR} minimum alanlı sınırlayıcı dikdörtgenin çevresini, P_{PN} ise çokgenin çevresini ifade etmektedir.

$$k = \sqrt{\frac{A_{PN}}{A_{MABR}}} \quad (k \leq 1) \quad (3.7)$$

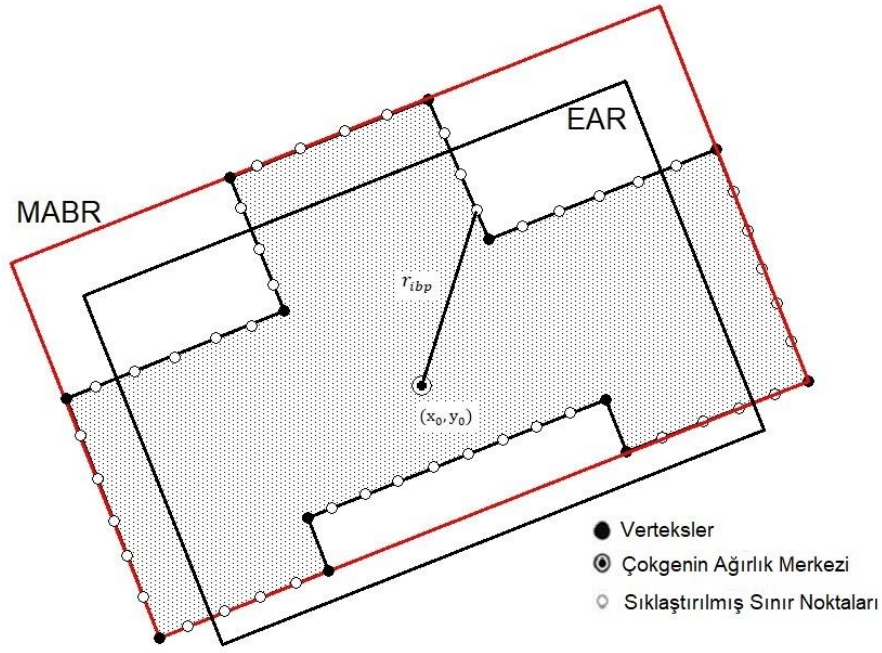
$$P_{EAR} = k \times P_{MABR} \quad (3.8)$$

$$ERI = \frac{P_{EAR}}{P_{PN}} = \sqrt{\frac{A_{PN}}{A_{MABR}}} \cdot \frac{P_{MABR}}{P_{PN}} \quad (3.9)$$

3.1.3.5 Pürüzlülük Göstergesi

Pürüzlülük göstergesi, bir tür kompaktlık ölçüsüdür. Fakat, dairesellik ölçüsüne kıyasla uzanımına karşı daha duyarsız, pürüzlülüğe (girinti/çıkıntı) ise daha duyarlıdır. Çokgenin ağırlık merkezi (x_0, y_0) ile çokgen kenarları boyunca sıklaştırılmış noktalar (binalar için 300 nokta) arasındaki ışın çizgilerinin ortalama uzunluğu $(\mu_{r_{ibp}})$, alan (A_{PN}) ve çevre (P_{PN}) aracılığıyla (3.10) eşitliği kullanılarak hesaplanır (Şekil 3.6). Bir katsayı kullanılmadan, pürüzlülük göstergesi bir daire için $\frac{r^2}{(\pi r^2 + 4\pi^2 r^2)} = \frac{1}{(\pi + 4\pi^2)} = \frac{1}{42.62}$ 'ye eşit olacaktır, bu yüzden oranı 1'e eşitlemek için 42.62 ile çarpılması gerekmektedir [41]. RI pürüzlülük göstergesini, r_{ibp} çokgenin ağırlık merkezi ve sınırı üzerinde yer alan herhangi bir nokta arasındaki ışımsal mesafeyi ifade etmektedir.

$$RI = \frac{\mu_{r_{ibp}}^2}{A_{PN} + P_{PN}^2} \cdot 42.62 \quad (3.10)$$

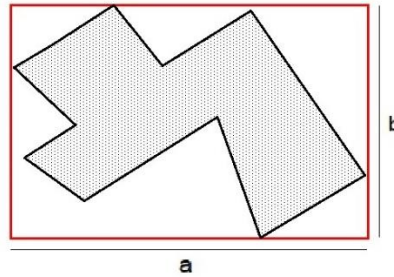


Şekil 3.6 Eşdeğer dikdörtgen göstergesi ve pürüzlülük göstergesi hesabında kullanılan geometrik bileşenler [41]

3.1.3.6 Uzanım

Uzanım, çokgenin ana eksenleri oranı ile hesaplanır. Ana eksenler, çokgenin minimum alanlı sınırlayıcı dikdörtgeni (MABR)'nin kısa ve uzun kenarına karşılık gelir. Uzanım, (3.11) eşitliğiyle, yani kısa kenarın uzun kenara bölünmesiyle hesaplanır [42]. Bu eşitlikte E uzanımı, a ve b ise minimum alanlı sınırlayıcı dikdörtgenin kenarlarını ifade etmektedir.

$$E = \frac{\min(a,b)}{\max(a,b)} \quad (3.11)$$



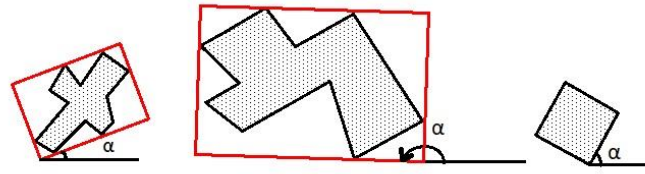
Şekil 3.7 Çokgenin MABR'inin en kısa ve en uzun kenarı

3.1.4 Doğrultu

Doğrultu, X eksenini ile minimum alanlı sınırlayıcı dikdörtgenin (MABR) uzun kenarı arasındaki açıya karşılık gelir (Şekil 3.8) ve (3.12) eşitliğiyle hesaplanır [42]. Bu eşitlikte α bina doğrultusunu, ΔX ve ΔY , sırasıyla MABR'ın uzun kenarının başlangıç ve bitiş noktalarının X ve Y koordinatları farkını ifade etmektedir.

$$\alpha = \arctan \left(\frac{\Delta X}{\Delta Y} \right) \quad (3.12)$$

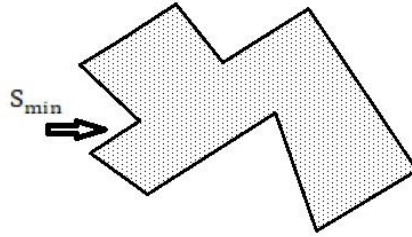
($0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ kare , $0^\circ \leq \alpha < 180^\circ$ diğerleri)



Şekil 3.8 Doğrultu

3.1.5 Granülarite

Granülarite, bir çokgenin en kısa kenarının uzunluğuna karşılık gelmektedir. Şekil 3.9'da S_{min} ile gösterilmiştir.



Şekil 3.9 En kısa kenar uzunluğu

3.2 Bina Çokgenlerinin Geometrik Eşleştirilmesi

Binaların tanımı ve modellenmesine yönelik farklı yaklaşımlar nedeniyle, aynı nesneyi temsil eden bina detaylarının doğrudan karşılaştırılması genellikle mümkün olmaz [38]. Resmi topografik veriler/haritalar, referans veriler olarak kullanılır ve (daha) doğru olarak kabul edilebilirler. Dolayısıyla, büyük ölçekli topografik haritalardaki (TOPO)

binaların, OSM veri setindeki ilgili binalar tarafından ne ölçüde temsil edildiği araştırılır. Her iki veri setindeki binalar arasındaki şu ilişki dereceleri ortaya çıkabilir [5].

- *1:1 ilişki* – TOPO veri setindeki bir binanın OSM veri setinde bir bina ile temsil edilmesi
- *1:0 ilişki* – TOPO veri setindeki bir binanın OSM veri setinde temsil edilmemesi
- *1: n ilişki* – TOPO veri setinde tek bir binanın OSM veri setinde çok sayıda bina ile temsil edilmesi
- *0:1 ilişki* – OSM veri setindeki bir binanın TOPO veri setinde temsil edilmemesi
- *n:1 ilişki* – TOPO veri setindeki birden fazla binanın OSM veri setinde tek bina ile temsil edilmesi
- *n:m ilişki* – TOPO veri setindeki birden fazla binanın OSM veri setinde farklı sayıda birden fazla bina ile temsil edilmesi

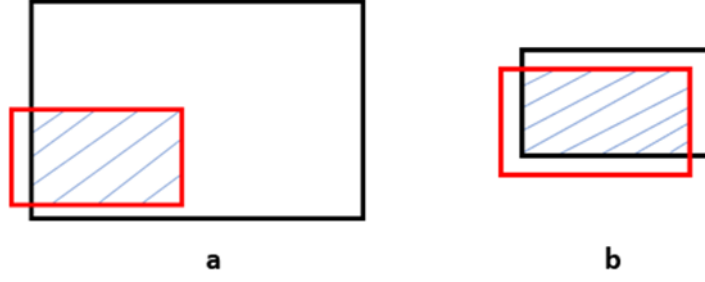
Tablo 3.1 bu kapsamda çalışmada kullanılan veri setlerinden örnekler göstermektedir.

Tablo 3.1 TOPO ve OSM bina detayları arasındaki ilişki derecelerine yönelik uygulamada kullanılan veri setlerinden örnekler

1 : 1	1 : 0	1 : n
		
n : 1	0 : 1	n : m
	 	

Geometrik veri kalitesi değerlendirmesi işlemi, iki veride de 1:1 eşleştirilen bina çokgenleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. İki veri seti arasında bağıl olarak konumsal fark olduğu için çokgenlerin tam anlamıyla çakışması söz konusu değildir. Bu bağlamda yapılan testler sonucunda, eşleştirme işlemi için iki farklı veri setindeki çokgenlerin kesişmesi ve kesişim alanının her bir çokgenin alanına oranının % 50'den büyük olması koşullarının kullanılması uygun bulunmuştur (Şekil 3.10). Dolayısıyla, bu koşullar (3.13)'teki gibi ifade edilebilir.

$$\frac{Alan(P_{TOPO} \cap P_{OSM})}{Maksimum (Alan(P_{TOPO}), Alan(P_{OSM}))} > 0.50 \quad (3.13)$$



Şekil 3.10 Bina çokgenleri için eşleştirme analizi: (a) eşleşme yok, (b) eşleşme var

Binaların en az 20 m² 'lik bir alana sahip olması beklendiği için bu değerin altında bir alan büyüklüğüne sahip çokgenler elenmektedir. Böylelikle yanlışlıkla bina olarak sınıflandırılan detaylar analiz dışı bırakılmaktadır.

3.3 Geometrik Veri Kalitesi Analizinde Kullanılan Ölçülerin Karşılaştırılması

Bu aşamada öncelikle her iki veri seti için geometrik veri kalitesi bileşenlerine ilişkin ölçülerin maksimum, minimum, ortalama ve medyan değerler olarak istatistik değerleri sonrasında ise fark istatistikleri hesaplanmıştır. Her iki veri seti için ölçülerin ve ölçü farklarının histogramları grafik olarak verilmiştir.

Ölçü farkları, genel anlamda topografik veri (TOPO) için elde edilen değerlerden OSM verileri için elde edilen değerlerin çıkarılması ile elde edilmiştir. Buna ilişkin genel eşitlik (3.14)'de görülmektedir. Fark istatistikleri ise (3.15)'e dayalı olarak mutlak değerde hesaplanmaktadır. Bu eşitliklerde, $\Delta\bar{O}$ sırasıyla alansal, şekilsel ve granülarite ölçü farklarını, \bar{O} bu ölçü farklarının mutlak değerlerini, \bar{O}_{TOPO} ve \bar{O}_{OSM} sırasıyla TOPO ve OSM için alansal, şekilsel ve granülarite ölçüleri ifade etmektedir.

Konumsal fark ΔK ve doğrultu farkı ΔD ise (3.16) ve (3.17) eşitlikleri ile hesaplanmaktadır. Bu eşitliklerde x_{0-TOPO}, y_{0-TOPO} topografik verilerdeki x_{0-OSM}, y_{0-OSM} OSM verilerdeki detayların ağırlık merkezi koordinatlarını ifade etmektedir.

$$\Delta\ddot{O} = \ddot{O}_{TOPO} - \ddot{O}_{OSM} \quad (3.14)$$

$$\Delta\ddot{O}' = |\Delta\ddot{O}| \quad (3.15)$$

$$\Delta K = \sqrt{(x_{0-TOPO} - x_{0-OSM})^2 + (y_{0-TOPO} - y_{0-OSM})^2} \quad (3.16)$$

$$\Delta D = \text{Min}(|\alpha_{TOPO} - \alpha_{OSM}|, 180 - |\alpha_{TOPO} - \alpha_{OSM}|) \quad (3.17)$$



4.1 Çalışma Alanı

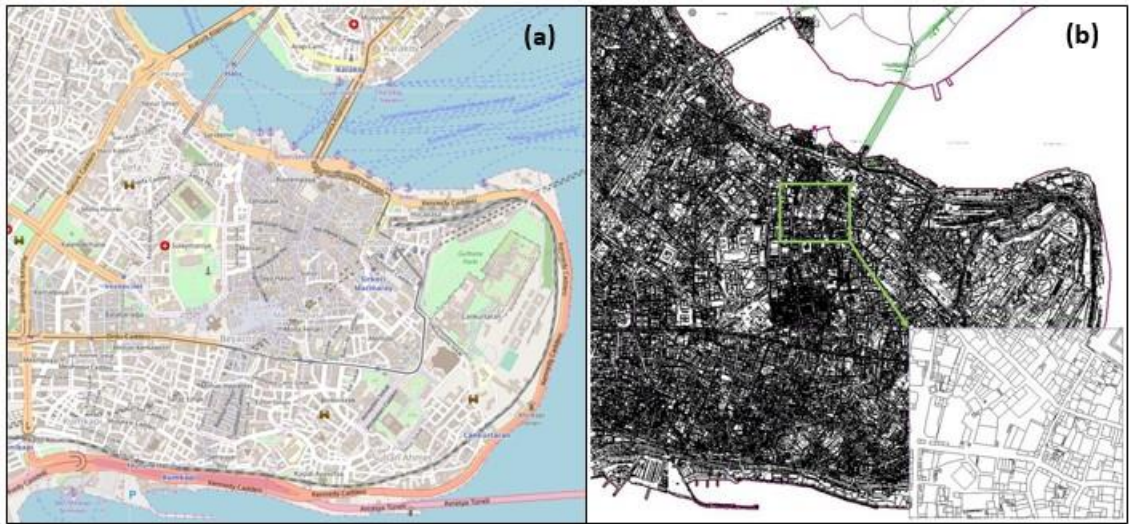
Çalışma alanı olarak yoğun yapılaşmanın olduğu İstanbul Tarihi Yarımada seçilmiştir (Şekil 4.1). Ülkemizin en ilgi çeken, popüler, turistik bölgelerinden biri olan yarımadanın içerisinde Sultanahmet Camii, Ayasofya Camii, Topkapı Sarayı ve Kapalı Çarşı gibi tarihi, turistik yapılar olmakla beraber konutlar, üniversite ve hastane gibi nispeten daha yeni binalar da bulunmaktadır.



Şekil 4.1 İstanbul Tarihi Yarımada uydu görüntü haritası

4.2 Veriler

Çalışmada, en popüler GCB projesi olan OSM websitesinden [28] ve karşılaştırmada kullanılmak üzere referans veri olarak 1:1 000 ölçekli *dgn* uzantılı topografik haritalardan İstanbul Tarihi Yarımada bölgesine ait bina detayı verileri kullanılmıştır. Bu bölgede, OSM verileri 7792, TOPO verileri 13174 adet bina detayı içermektedir (Şekil 4.2). Topografik harita verileri, birkaç yıl öncesine, OSM verileri ise 2019 yılına ilişkindir. Bununla birlikte özellikle OSM verilerinde detayların oluşturulma tarihi farklılık gösterebilir. Bölge, yoğun yapılaşmış ve sit alanlarını içerdiği için yapısal değişimin oldukça az olduğu ifade edilebilir. Dolayısıyla zamansal farklılık, dikkate değer bir sorun teşkil etmemektedir. Orijinal olarak, OSM verileri *Geographic (WGS 84)* koordinat sisteminde, topografik harita verileri de *Gauss-Krüger (GK) Orta Meridyen 30° (ITRF96)* koordinat sisteminde tanımlıdır.

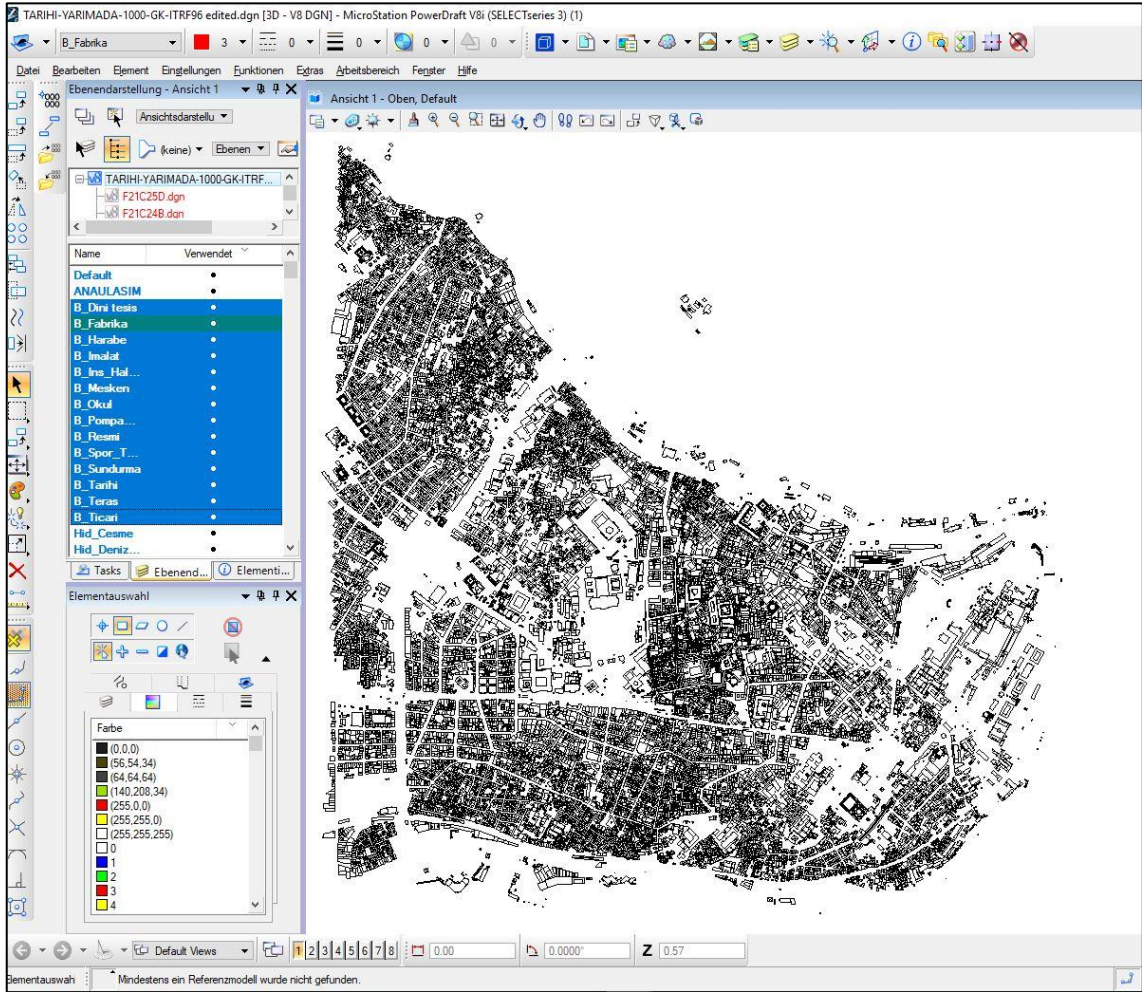


Şekil 4.2 OpenStreetMap (OSM) (a) ve topografik harita (TOPO) (b) verileri (gerçek ölçeklerinden farklı gösterilmişlerdir)

4.3 Yazılımlar

Geometrik veri kalitesi analizi için MapInfo Pro v16.0 CBS yazılımı kullanılmıştır. OSM verilerinin ayıklanması ve MapInfo Pro'ya uygun bir formata dönüştürülmesi için açık kaynaklı kodlu CBS yazılımı QGIS 2.18.17 Las Palmas kullanılmıştır. Topografik harita verilerinden ilgili katmanların ayıklanması için Microstation V.18 kullanılmıştır.

Geometrik veri kalitesi bileşenlerine ilişkin ölçüler MapInfo Professional 16.0 CBS yazılımı üzerinde tez yürütücüsü tarafından geliştirilmiş bir eklenti ile hesaplanmıştır.



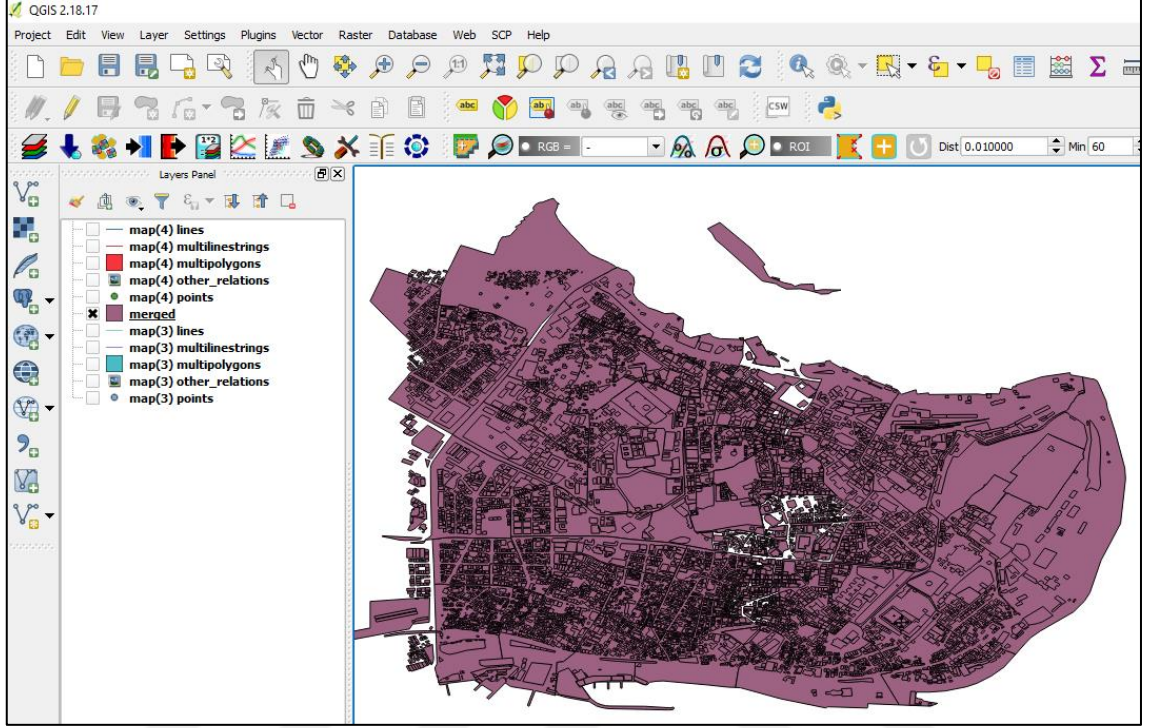
Şekil 4.3 MicroStation ortamında referans veri – bina çokgenleri , katmanlar

4.4 Bina Detayı Verilerinin Derlenmesi ve Düzenlenmesi

OSM verisi *osm* uzantılı olup doğrudan MapInfo Pro ortamında açılmadığından veriler önce QGIS yazılımında açılmış ve bina detayları, çoklu çokgenler (multipolygons) katmanı içinden ilgili öznelikler kullanılarak ayrıştırılmıştır. Sonrasında iki parça halinde veriler birleştirilmiştir (Şekil 4.4). Ardından bu veriler, MapInfo Pro yazılımına aktarım için *shp* formatında kaydedilmiştir.

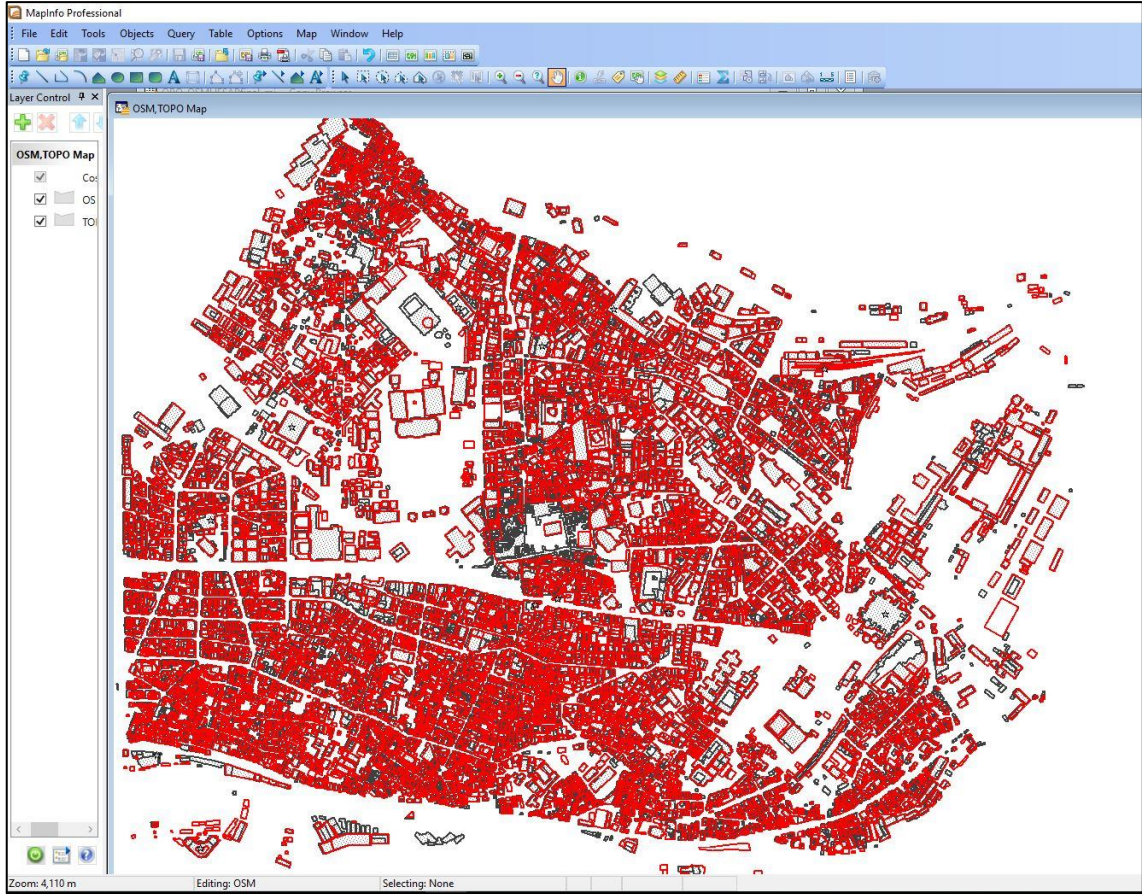
Topografik harita verileri *dgn* formatında elde edilmiş çok katmanlı bir veri olup tüm katmanlar arasından bina detaylarına ilişkin katmanlar ayrıştırılmıştır (Şekil 4.3).

Veriler, MapInfo Pro ortamına aktarıldıktan sonra TOPO ve OSM veri olarak iki katman oluşturulmuştur (Şekil 4.5). OSM verileri, TOPO verileriyle karşılaştırılabilmeleri için *GK Orta Meridyen 30° (ITRF96)* koordinat sistemine dönüştürülmüştür.



Şekil 4.4 QGIS ortamında OSM veri – bina çokgenleri, katmanlar

Bu aşamalardan sonra verilerdeki hataların ayıklanması için MapInfo Pro yazılımında mevcut araçlar kullanılmış ve her iki veride de bina çokgenlerinde karşılaşılabilen çift nokta (aynı noktanın iki kez sayısallaştırılmış olması) ve çokgen içindeki boşluk problemi giderilmiştir. Ayrıca, özellikle OSM verilerinde karşılaşılan tekrarlı çizilmiş çokgenler elenmiştir.



Şekil 4.5 MapInfo ortamında TOPO ve OSM bina detayları

Verilerdeki sorunlar giderildikten sonra, her iki veri seti için MapInfo Pro üzerinde daha önce söz edilen eklenti ile geometrik veri kalitesi bileşenlerine ilişkin ölçüler hesaplanmıştır.

Bina detaylarının eşleştirilmesi için 3.2 bölümünde açıklanan koşullar için aşağıda verilen SQL sorgulaması gerçekleştirilmiş ve her iki veri setinde 1:1 eşleşen 3116 bina detayı çifti elde edilmiştir. Karşılaştırma, bu bina çiftleriyle gerçekleştirilmiştir.

SELECT

```
TOPO.B_ID, OSM.B_ID, CartesianArea(Overlap(TOPO.obj, OSM.obj), "sq m")/CartesianArea(TOPO.obj, "sq m")"OVERLAP RATIO 1", CartesianArea(Overlap(OSM.obj, TOPO.obj), "sq m")/CartesianArea(OSM.obj, "sq m")"OVERLAP RATIO 2", TOPO.Circularity, OSM.Circularity, TOPO.Convexity, OSM.Convexity, TOPO.Rectangularity, OSM.Rectangularity, TOPO.EquiRectangularIndex, OSM.EquiRectangularIndex, TOPO.RoughnessIndex,
```

OSM.RoughnessIndex, TOPO.Elongation, OSM.Elongation, TOPO.Granularity,
OSM.Granularity, TOPO.BlgArea, OSM.BlgArea, TOPO.Orientation, OSM.Orientation,
TOPO.CoGx, OSM.CoGx, TOPO.CoGy, OSM.CoGy

FROM

TOPO, OSM

WHERE

TOPO.Obj intersects OSM.Obj and (CartesianArea (Overlap (TOPO.obj, OSM.obj), "sq
m") / CartesianArea (TOPO.obj, "sq m") > 0.5 and CartesianArea (Overlap (OSM.obj,
TOPO.obj) , "sq m") / CartesianArea (OSM.obj , "sq m") > 0.5)

ORDER BY

TOPO.B_ID, OSM.B_ID

Bu bölümde birbiriyle 1:1 eşleşen bina detayları için geometrik kalite bileşeni ölçülerine ilişkin elde edilen istatistiksel sonuçlar hem histogramlar ile hem de tablo halinde sunulmuştur. Ayrıca, dikkate değer bulgular hakkında açıklamalara yer verilmiştir.

Eşleşen 3116 TOPO ve OSM bina detayı için hesaplanan ölçü değerlerinin farklarına ilişkin istatistikler, maksimum, minimum, ortalama ve medyan değerler halinde Tablo 5.1’de verilmiştir. Her iki veri seti için ölçülerin ve ölçü farklarının histogramları sırasıyla aşağıda verilmektedir. Ayrıca Tablo 5.1 ve histogramlara göre bulgular yorumlanmaktadır.

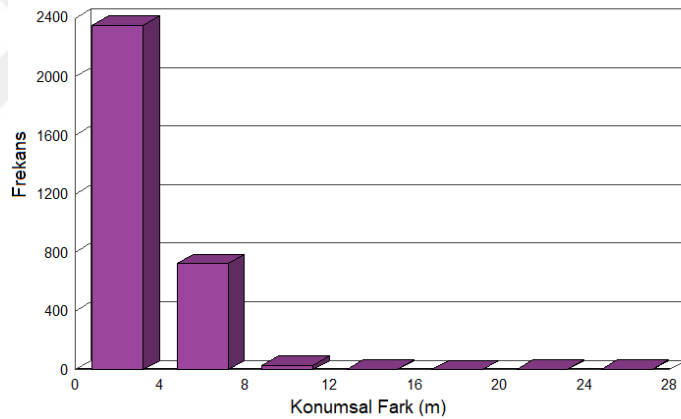
Tablo 5.1 Ölçü farklarına ilişkin istatistikler

İstatistikler Ölçü farkları	Minimum	Maksimum	Ortalama	Medyan
Konum (m)	0.063	24.378	3.154	3.010
Alan (m ²)	0.01	3854.44	42.35	18.04
Dairesellik	0.000	0.527	0.057	0.037
Dışbükeylik	0.000	0.356	0.030	0.016
Dikdörtgensellik	0.000	0.498	0.069	0.049
Eşdeğer Dikdörtgen Göstergesi	0.000	0.486	0.034	0.017
Pürüzlülük Göstergesi	0.000	0.574	0.048	0.027
Uzanım	0.000	0.704	0.098	0.069
Doğrultu (°)	0.0002	89.9918	11.7569	2.0021
Granülarite (m)	0.002	61.594	5.213	3.964

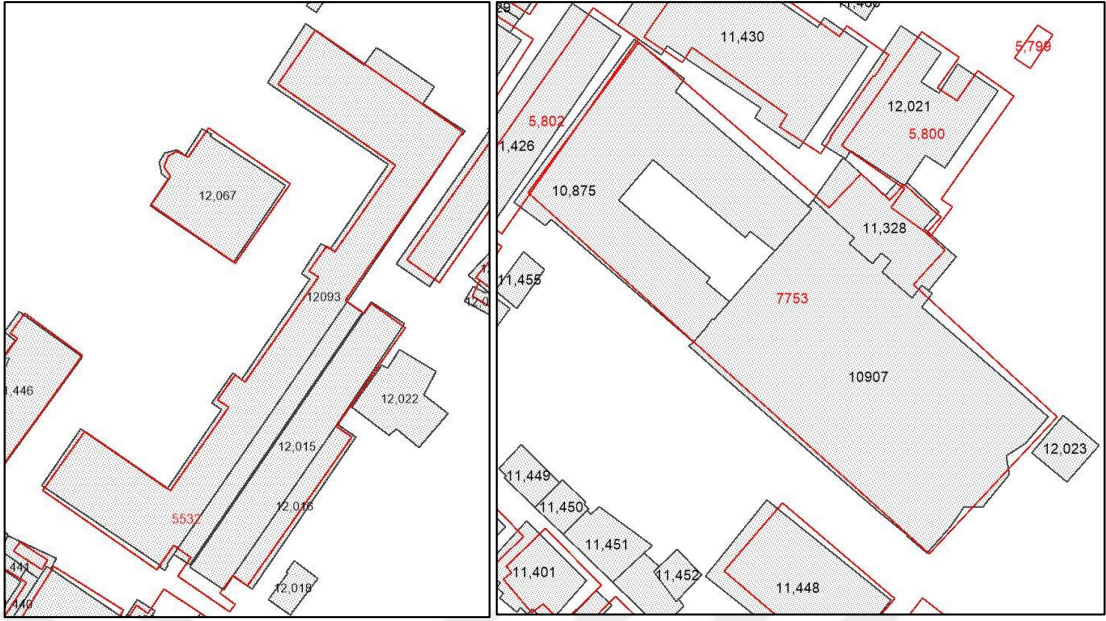
5.1 Konumsal Fark

İki veri setindeki binalar için konumsal farkın ortalama ve medyan değeri yaklaşık 3 m çıkmıştır. Bu değer önceki çalışmalardaki değerler ile benzerlik göstermektedir. 3 m’lik fark, muhtemelen OSM verilerinin sayısallaştırıldığı altlık görüntülerin konumsal

doğruluğunun topografik verilerden görece daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, veri girişi yapan gönüllülerin detayları farklı ayrıntı düzeyinde yorumlama becerisi de ilave bir neden olabilir. Konumsal fark değerlerinin yaklaşık % 75'i 0-4 m ve yaklaşık % 24'ü 4-8 m aralığındadır. 8 m üstü değerler ise % 1 oranındadır (Şekil 5.1). Şekil 5.2'de maksimum konumsal fark (20-24 m arası) üreten bazı bina detayları gösterilmiştir. Böyle büyük değerlerin ortaya çıkış nedeni, TOPO verilerindeki ana bina ve ek binalar halindeki ayırık bina detaylarının (örnekte İstanbul Arkeoloji Müzesi, Aya İrini Anıt Müzesi) OSM verisinde tek bir detay ile temsil edilmesidir. Bu durum, muhtemelen OSM bina detaylarının sayısallaştırıldığı altlık (referans) görüntülerin çözünürlüğünün görece düşük olması ve bu nedenle ayırık binaların tek detay olarak yorumlanmasından ya da detay geometrisinin bilinçli olarak yorumlanabilecek olandan daha düşük bir ayrıntı düzeyinde oluşturulmasından kaynaklanmaktadır.



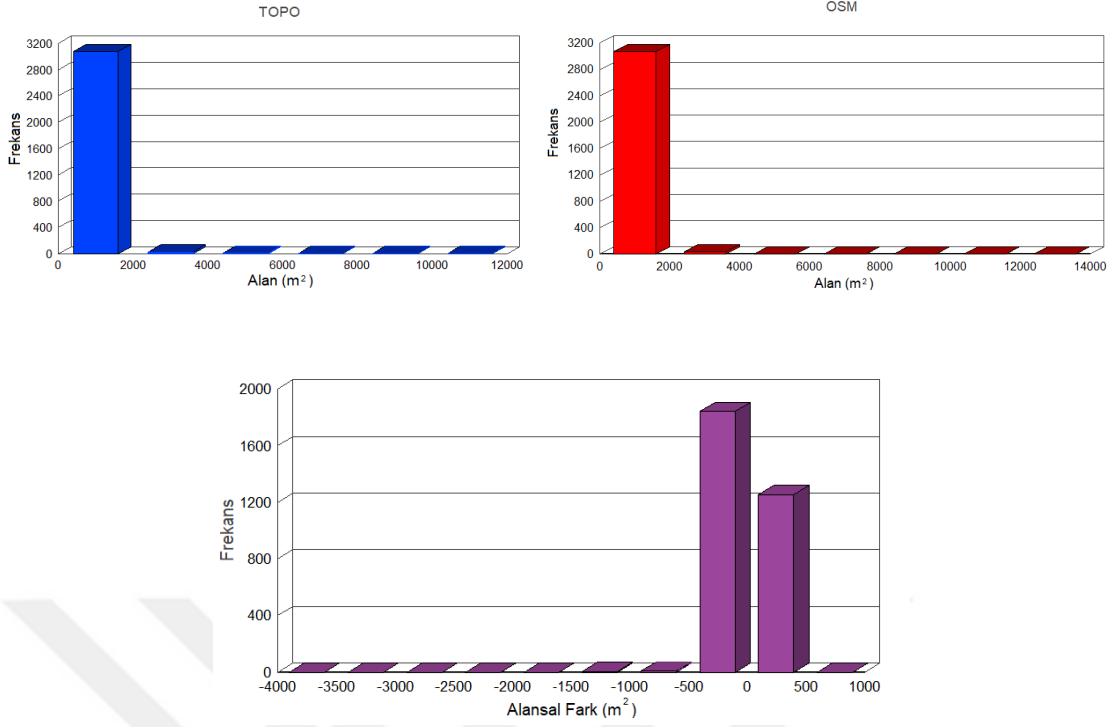
Şekil 5.1 Konumsal fark (m) histogramı



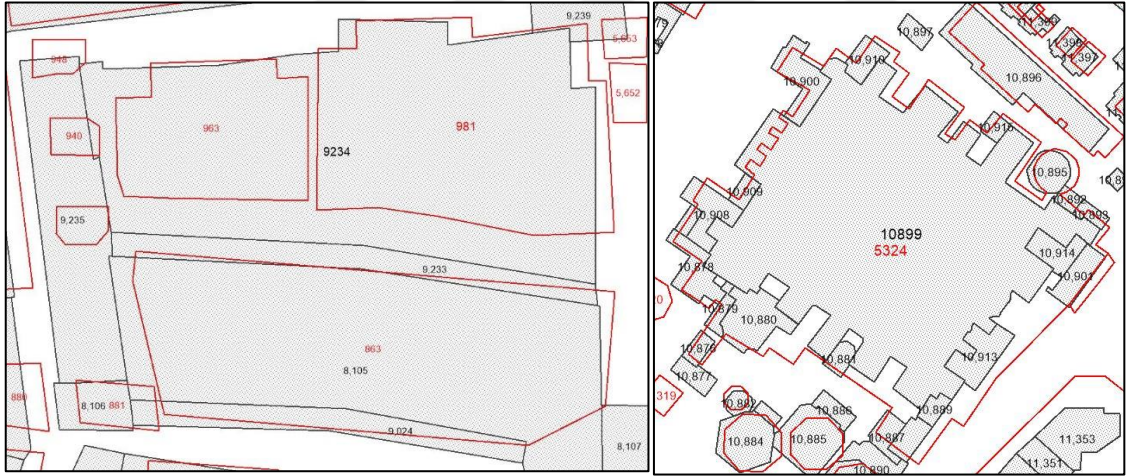
Şekil 5.2 Yüksek konumsal fark üreten eş bina detayı örnekleri (TOPO: 12093 ↔ OSM: 5532, TOPO: 10907 ↔ OSM: 7753)

5.2 Alan ve Alansal Fark

TOPO ve OSM bina detaylarına ilişkin alan histogramları Şekil 5.3'te verilmektedir. Alanların çoğu 2000 m² nin altındadır. Alansal fark için ortalama değer yaklaşık 42 m², medyan değer ise yaklaşık 18 m² çıkmıştır. İki değer farklı olması uyumsuz değerlerin varlığını göstermektedir. Ne kadar uyumsuz değer varsa fark o kadar fazla olmaktadır. TOPO bina detaylarının yaklaşık % 60'ının OSM bina detaylarından 0-500 m² kadar daha küçük bir alana sahip oldukları ve yaklaşık % 40'ünün ise aynı miktarda daha büyük bir alana sahip oldukları görülmüştür. Bu heterojen farklar, muhtemelen bina ek detaylarının (sundurma) ana binayla birleştirilmiş olmasından ya da ek detaylar dikkate alınmamış olsa da ana binanın daha düşük ayrıntı düzeyinde yorumlanmasından kaynaklanmaktadır. 500 m² yi aşan alansal farklar ise % 1'in altında bir orana sahiptir.



Şekil 5.3 TOPO ve OSM bina detaylarının alan histogramları (üstte), alansal fark (m²) histogramı (altta)

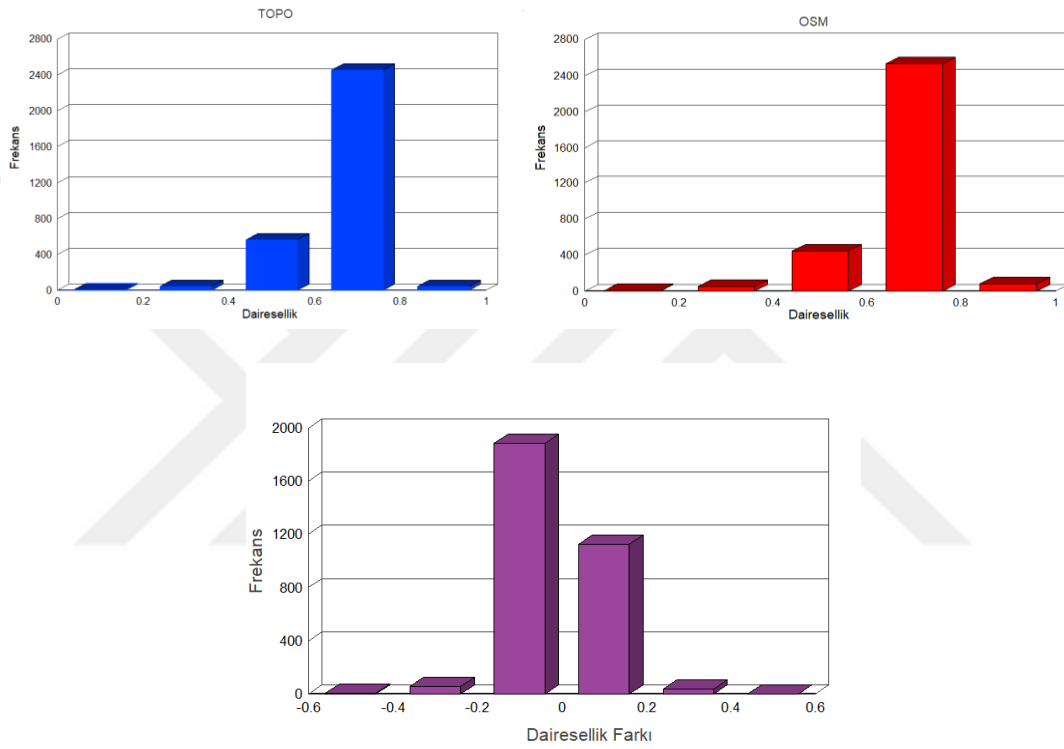


Şekil 5.4 Yüksek alansal fark üreten eş bina detayı örnekleri (TOPO: 9234 ↔ OSM: 981, TOPO: 10899 ↔ OSM: 5324)

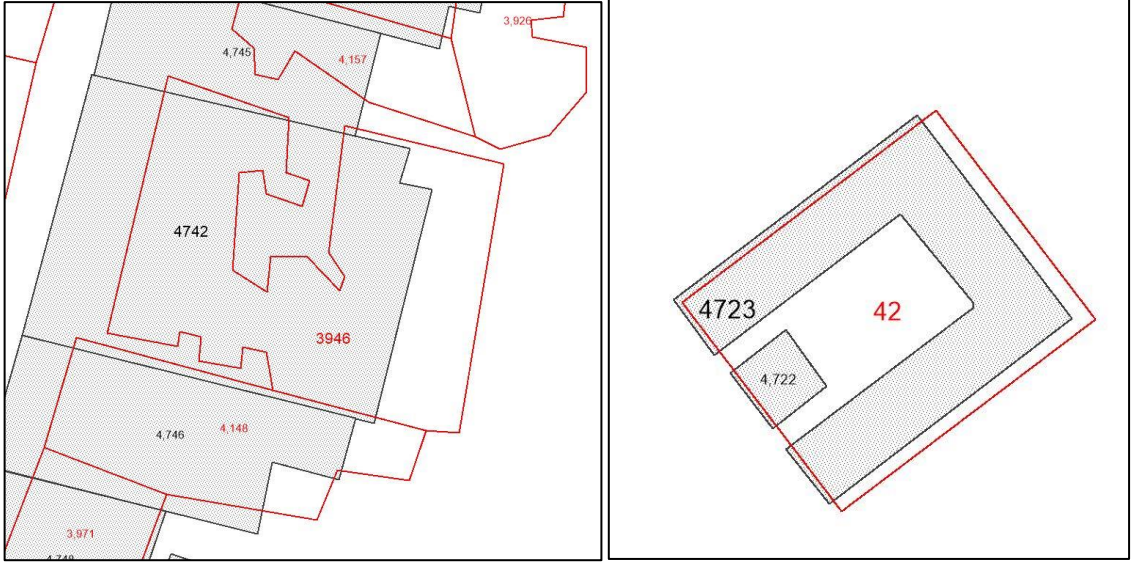
5.3 Şekilsel Fark

Şekil bileşeni, daha önce ifade edildiği gibi dört farklı ölçüyle değerlendirilmektedir. Dairesellik açısından her iki veri setinde yakın sonuçlar görülse de TOPO bina detaylarının çoğunlukla OSM bina detaylarına göre dairesellikten daha uzak olduğu

görülmüştür. Bu da TOPO bina detaylarının biraz daha karmaşık şekillere sahip olduğu biçiminde yorumlanabilir. Bunun en muhtemel nedeni, TOPO verilerinin genel olarak daha yüksek ayrıntı düzeyine sahip olmasıdır. Bundan dolayı, bina detayları daha girintili-çıkıntılı bir geometriye sahip olmaktadır. Bu da dairesellik değerlerini düşürmektedir. Dairesellik farkı değerlerinin yaklaşık % 60'ı -0.2-0 aralığındadır. Yüksek dairesellik farkı üreten binalar Şekil 5.6'da görülmektedir. Bu şekilde soldaki örnek istisnai bir durumu göstermektedir.

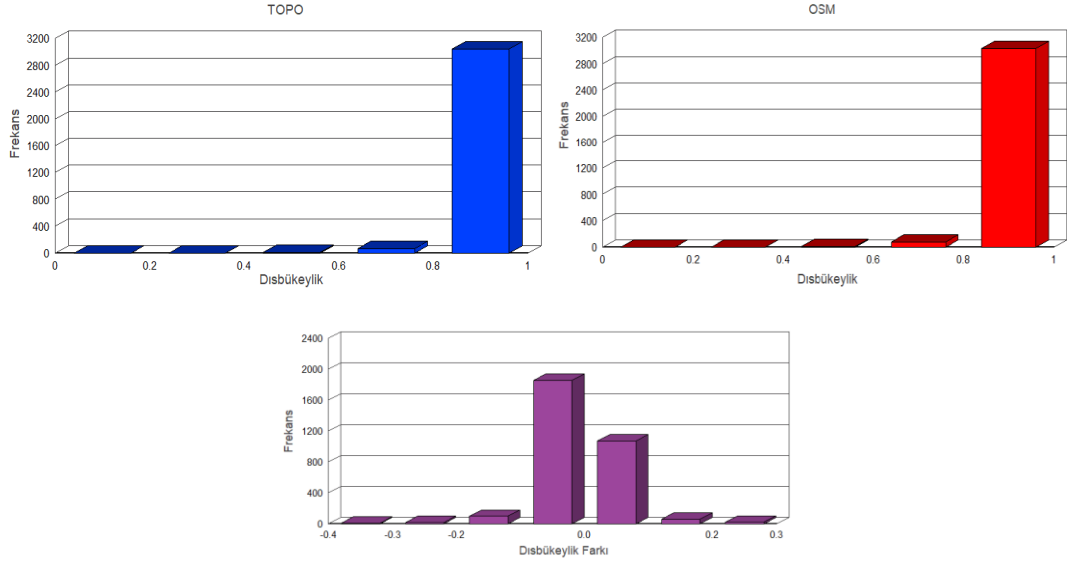


Şekil 5.5 TOPO ve OSM bina detaylarının dairesellik histogramları (üstte), dairesellik farkları histogramı (altta)

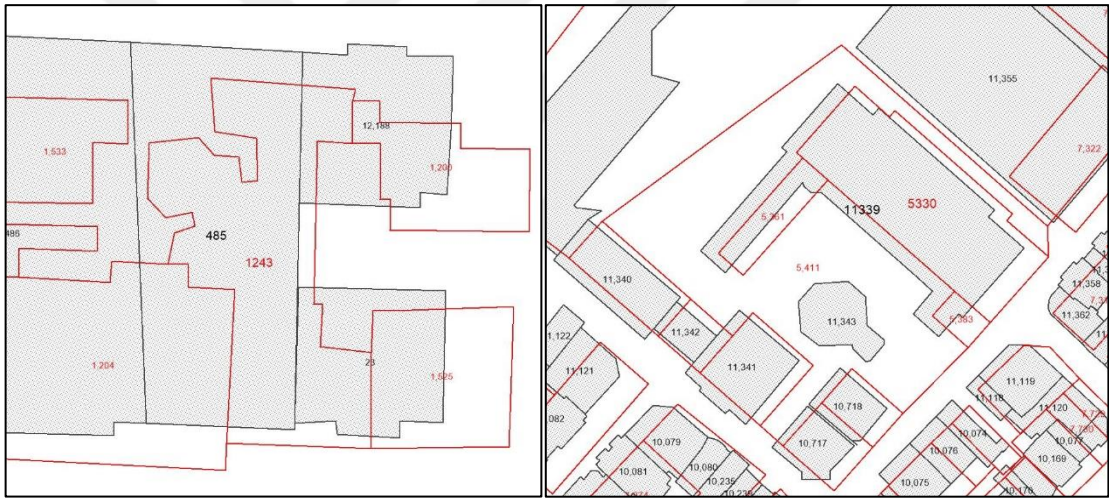


Şekil 5.6 Yüksek dairesellik farkı üreten bina detayı örnekleri (soldaki TOPO bina detayı (4742), OSM bina detayından (3946) daha yüksek daireselliğe yani daha basit bir şekle sahip iken sağ taraftaki bina detayları (TOPO: 4723 ↔ OSM: 42) için tam tersi bir durum söz konusudur.)

Dışbükeylik açısından iki veri setinde de benzer sonuçlar görülmüştür (Şekil 5.7). Dışbükeylik farklarına ilişkin değerlerin yaklaşık %60'ı -0.2-0 aralığındadır. Yüksek dışbükeylik farkı üreten binalar Şekil 5.8'de görülmektedir. Bu bina örnekleri incelendiğinde dairesellik farkının en yüksek olduğu örnekler ile aynı oldukları görülmüştür. Bu da ölçüler arasında korelasyonun oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Yine TOPO bina detayları, daha yüksek ayrıntı düzeyine sahip olmaları nedeniyle OSM bina detaylarına göre dışbükeylikten küçük bir ölçüde daha uzaktır.

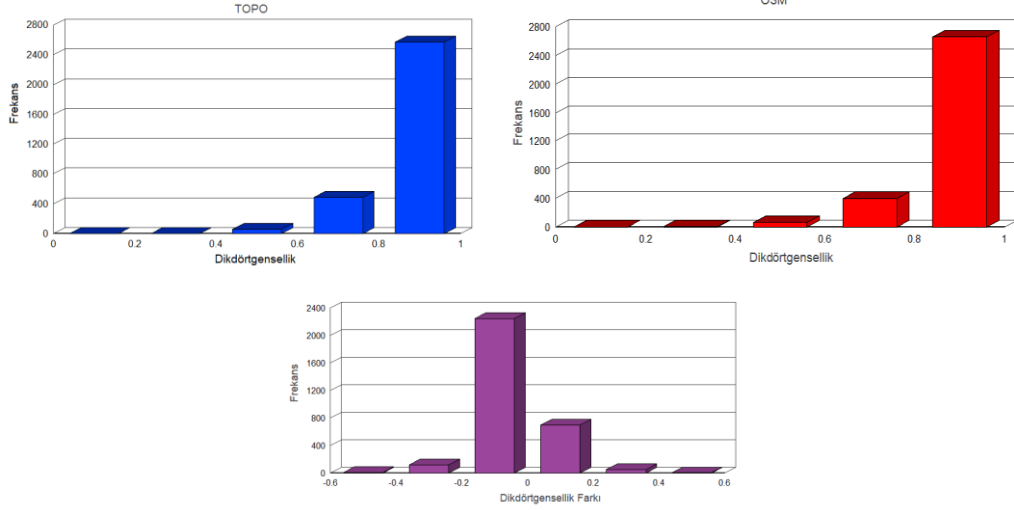


Şekil 5.7 TOPO ve OSM bina detaylarının dışbükeylik histogramları (üstte), dışbükeylik farkları histogramı (altta)



Şekil 5.8 Yüksek dışbükeylik farkı üreten bina detayı örnekleri (soldaki TOPO bina detayı (485) OSM bina detayından (1243) daha dışbükey yani daha basit bir şekle sahip iken sağdaki bina detayları (TOPO: 11339 ↔ OSM: 5330) için tam tersi bir durum söz konusudur.)

Dikdörtgensellik açısından OSM verisinde değerlerin yaklaşık % 85'i 0.8-1 aralığındadır. TOPO verisinde ise bu oran % 82'dir. Yine TOPO bina detaylarının daha yüksek ayrıntı düzeyine sahip olması OSM bina detaylarına göre dikdörtgensellikten küçük bir ölçüde daha uzak olmaları sonucunu doğurmaktadır. Dikdörtgensellik farkı değerlerinin yaklaşık % 72'si -0.2-0 aralığındadır. Yüksek dikdörtgensellik farkı üreten binalar Şekil 5.10'da görülmektedir.

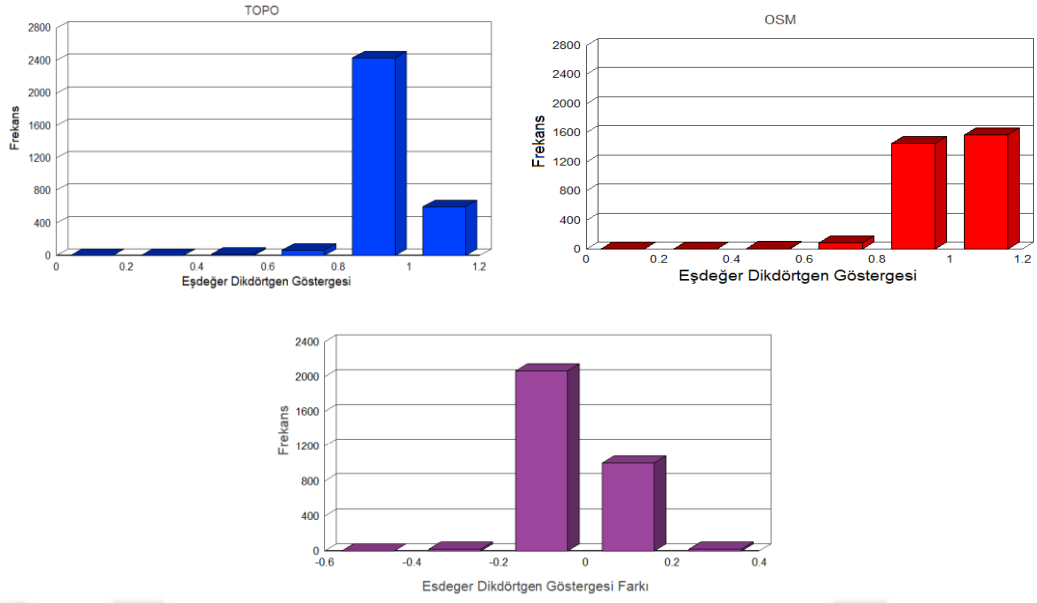


Şekil 5.9 TOPO ve OSM bina detaylarının dikdörtgensellik histogramları (üstte), dikdörtgensellik farkları histogramı (altta)



Şekil 5.10 Yüksek dikdörtgensellik farkı üreten bina detay örnekleri (soldaki TOPO bina detayı (5455) OSM bina detayından (2327) daha dikdörtgensel yani daha basit bir şekle sahip iken sağdaki bina detayları (TOPO: 8229 ↔ OSM: 6495) için tam tersi bir durum söz konusudur.)

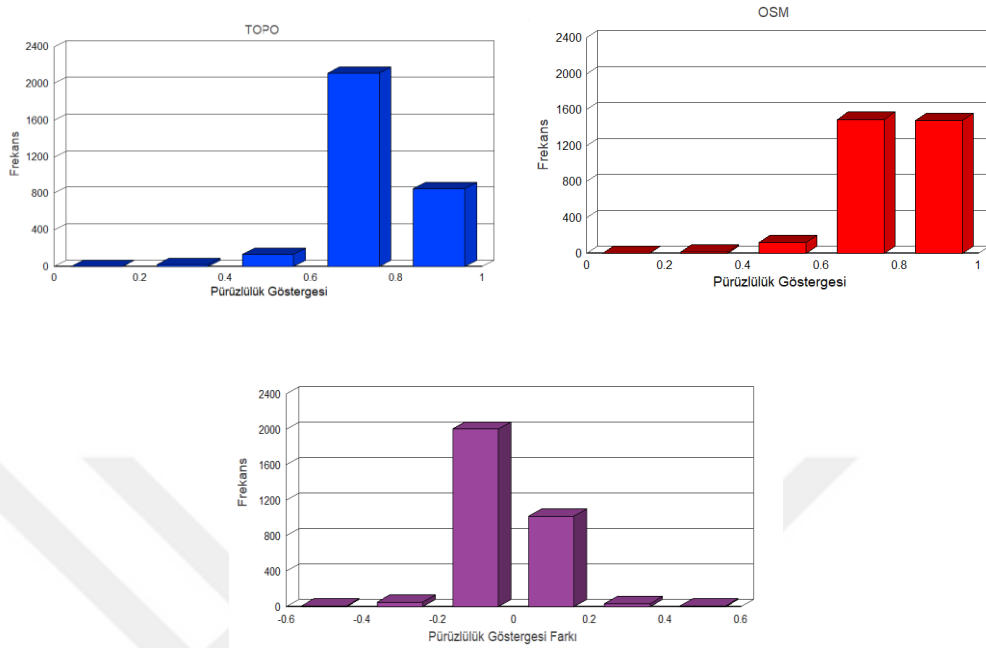
Eşdeğer dikdörtgen göstergesi açısından değerler benzer çıkmamaktadır (Şekil 5.11). Eşdeğer dikdörtgen göstergesi (ERI) fark değerlerinin yaklaşık % 65'i -0.2-0, yaklaşık % 30'u ise 0-0.2 aralığındadır (Şekil 5.11). Bu değerler, genel olarak TOPO bina detaylarının çoğunun OSM bina detaylarından daha karmaşık bir şekle yani daha yüksek ayrıntı düzeyine sahip olduğunu göstermektedir. Yüksek eşdeğer dikdörtgen göstergesi farkı üreten binalar Şekil 5.12'de görülmektedir.



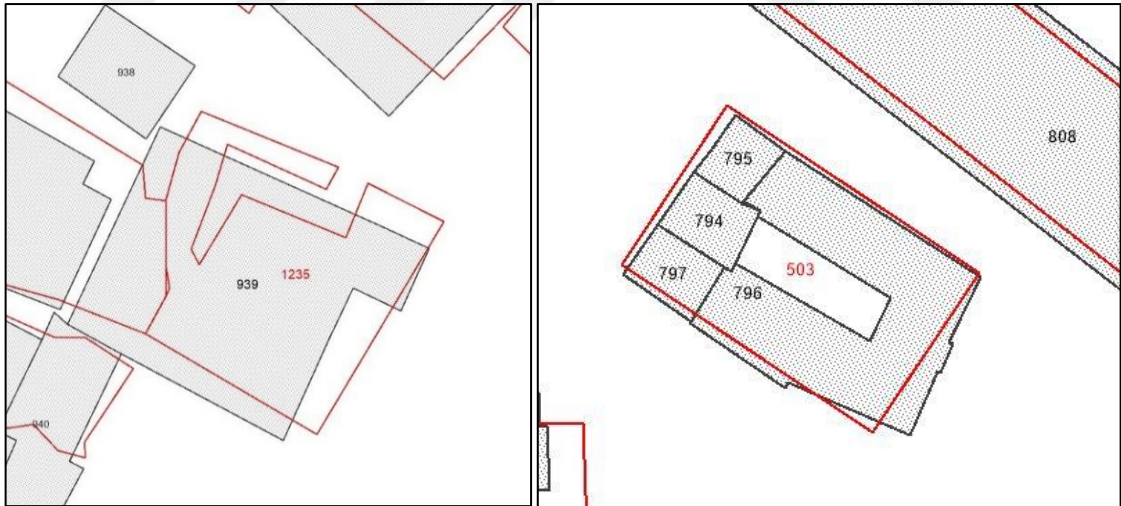
Şekil 5.11 TOPO ve OSM bina detaylarının eşdeğer dikdörtgen göstergesi histogramları (üstte), eşdeğer dikdörtgen göstergesi farkları histogramı (altta)



bahsedildiği gibi pürüzlülük göstergesinin bir kompaktlık ölçüsü olduğunu kanıtlar niteliktedir. Diğer yüksek pürüzlülük farkı üreten binalar Şekil 5.14’de görülmektedir.

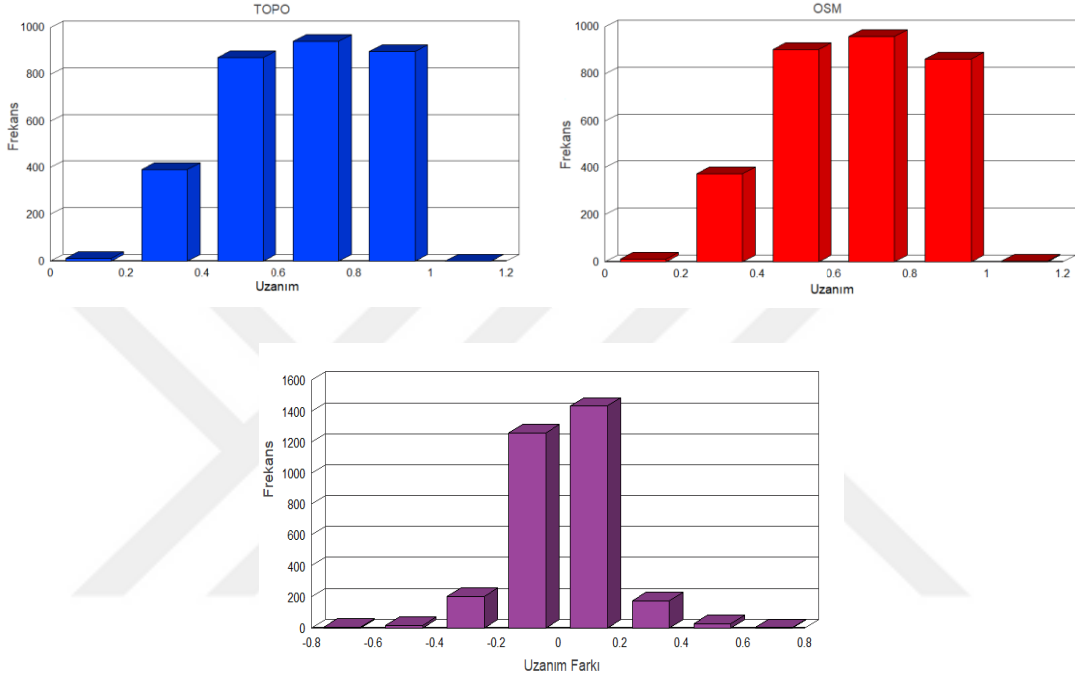


Şekil 5.13 TOPO ve OSM bina detaylarının pürüzlülük göstergesi histogramları (üstte), pürüzlülük göstergesi farkları histogramı (altta)



Şekil 5.14 Yüksek pürüzlülük göstergesi farkı üreten bina detay örnekleri (soldaki TOPO bina detayının (939) pürüzlülük göstergesi OSM bina detayından (1235) daha büyük değere sahip iken sağdaki bina detayları (TOPO: 796 ↔ OSM: 503) için tam tersi bir durum söz konusudur.)

Uzanım değerleri birbirine çok benzer çıkmıştır. Bu yüzden uzanım fark değerlerinin yaklaşık % 85'i -0.2-0.2 aralığındadır (şekil 5.16). Maksimum fark değeri -0.704 çıkmıştır. 0.6-0.8 aralığındaki değerler toplam beş adettir ve eşleştirme koşullarını sağlasa da şekil 5.16'ya bakıldığında ilgili binalar için eşleştirmenin doğru olmadığı söylenebilir.



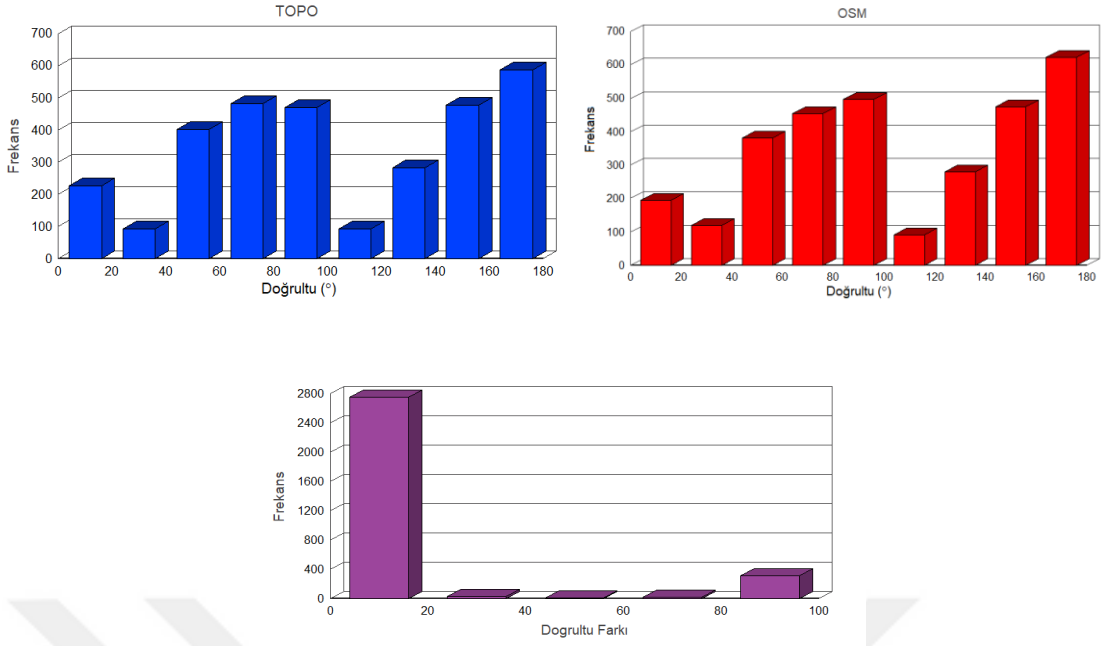
şekil 5.15 TOPO ve OSM bina detaylarının uzanım histogramları (stte), uzanım farkları histogramı (altta)



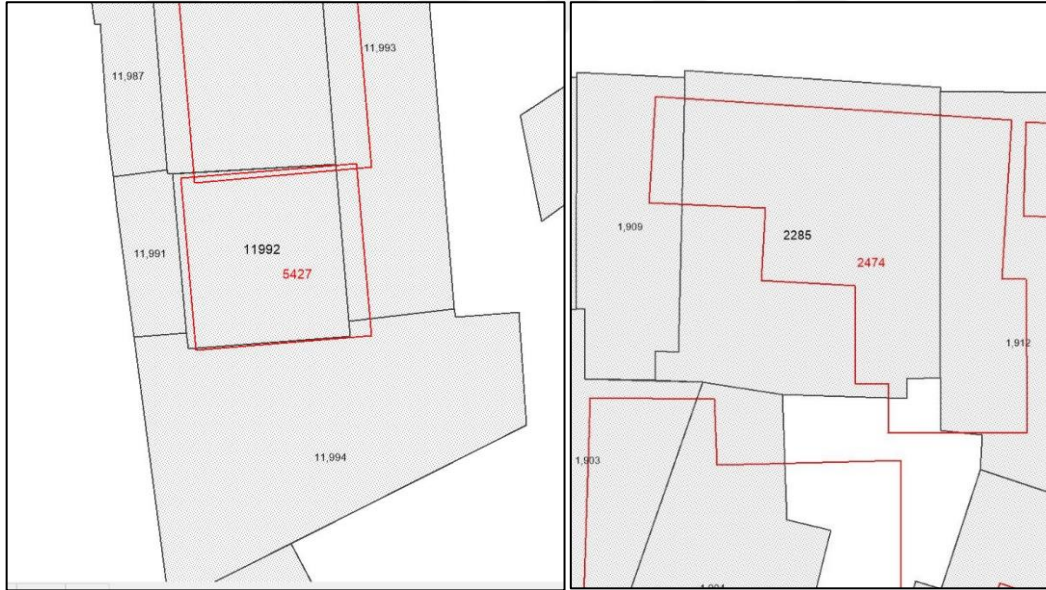
Şekil 5.16 Yüksek uzanım farkı üreten bina detayı örnekleri (soldaki TOPO bina detayının (9421) uzanımı OSM bina detayından (6652) daha büyük değere sahip iken sağdaki bina detayları (TOPO: 8804 ↔ OSM: 5905) için tam tersi bir durum söz konusudur.)

5.4 Doğrultu Farkı

Doğrultu farkı ortalama değeri yaklaşık 11°, medyan değeri yaklaşık 2° çıkmıştır. Aradaki farkın büyük olması yine uyumsuz değerlerin varlığını göstermektedir. İstisnai değerler haricinde doğrultu değerleri benzer çıkmıştır.



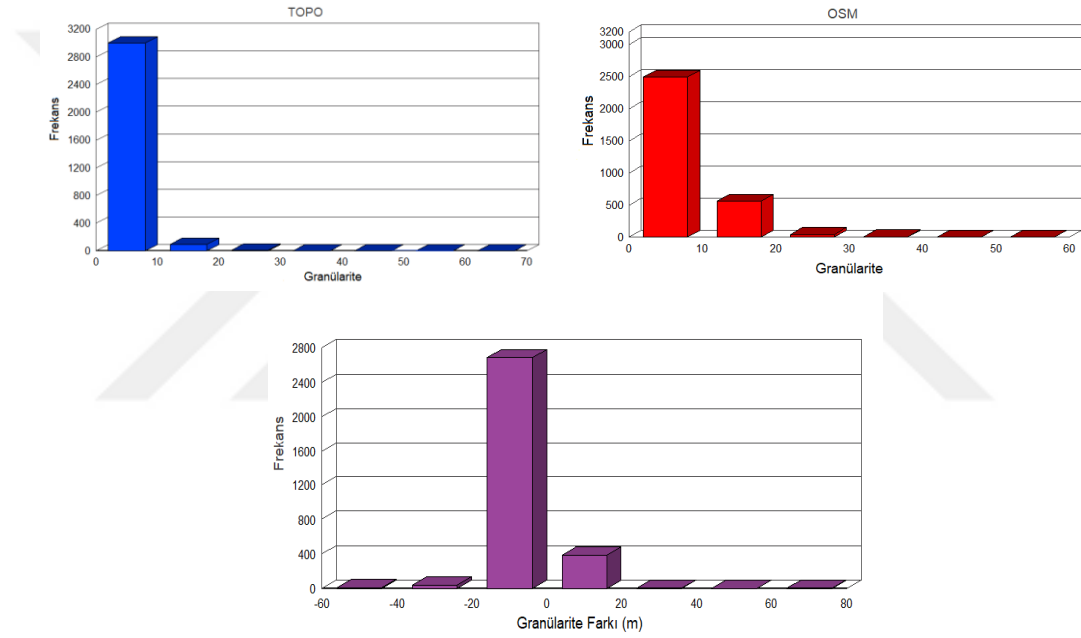
Şekil 5.17 TOPO ve OSM bina detaylarının doğrultu histogramları (üstte), doğrultu fark histogramı (altta)



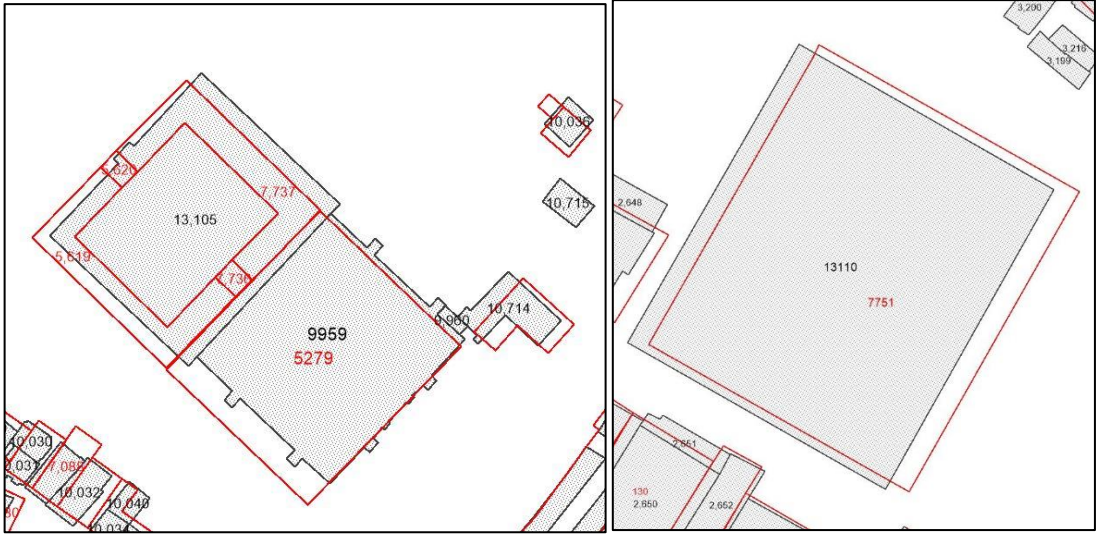
Şekil 5.18 Yüksek doğrultu farkı üreten bina detayı örnekleri TOPO: 11992 ↔ OSM: 5427, TOPO: 2285 ↔ OSM:2474

5.5 Granülarite

TOPO verileri ayrıntı düzeyinin daha yüksek olması nedeniyle, OSM verilerine göre daha küçük granülarite değerleri üretmiştir. Granülarite ortalama değeri, yaklaşık 5 m çıkmıştır. TOPO verileri ayrıntı düzeyinin daha yüksek olması nedeniyle, OSM verilerine göre daha küçük granülarite değerleri üretmiştir. Yalnız bazı istisnai durumlar vardır. Şekil 5.20’de görüldüğü gibi kenar uzunlukları aynı gözükse de TOPO bina detayının en küçük kenarı 0.28 m çıkarken eşleştiği OSM bina detayının en küçük kenarı 57.78 m çıkmıştır. Bu belirgin fark, TOPO bina detaylarını toplayan operatörlerin, düz doğru biçimindeki bina detayı kenarına fazladan nokta eklemesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.19 TOPO ve OSM bina detaylarının granülarite histogramları (üstte), granülarite farkı histogramı (altta)



Şekil 5.20 Yüksek granülarite farkı üreten bina detayı örnekleri solda TOPO: 9959 ↔ OSM: 5279, sağda TOPO: 13110 ↔ OSM: 7751

Genel anlamda özetlersek, OSM ve TOPO bina detayları arasında ortalama yaklaşık 3 m konumsal fark bulunmuştur. Bu fark, büyük olasılıkla her iki verinin toplandığı referans verilerin konum doğruluğu ve operatörlerin yorumlama becerisinden/tercihinden kaynaklanmaktadır. TOPO verilerinin genel olarak OSM verilerinden daha yüksek doğruluğa sahip olduğu varsayılmaktadır.

Şekil histogramlarına göre, OSM bina detaylarının TOPO bina detaylarına göre genellikle daha az karmaşık şekillere sahip olduğunu söylemek mümkündür. Bu, TOPO bina detaylarının ayrıntı düzeyinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle, [5]'te ifade edildiği gibi OSM verilerindeki bina detayları, resmi topografik harita verilerindeki bina detaylarının genelleştirilmiş hali gibidir. Bununla birlikte, ayrıntı düzeyindeki değişimden çok etkilenmediği için uzanım değerleri birbirine çok benzer çıkmıştır.

Doğrultu farkları ise birkaç istisnai durum haricinde yaklaşık 2° civarındadır ve gözardı edilebilir niteliktedir.

Granülarite açısından ayrıntı düzeyi daha yüksek olduğu için TOPO bina detaylarında OSM'ye göre daha küçük değerler elde edilmiştir.

Bu tez çalışmasında OSM bina detaylarının geometrik veri kalitesi incelenmiştir. OSM verileri gönüllüler tarafından oluşturulduğu için mekansal veri kalitesi prosedürleri uygulanmadan kullanıma sunulmaktadır. Dolayısıyla, herhangi bir uygulamada kullanılmadan önce bu açıdan değerlendirilmeleri uygun olacaktır. Bu amaçla, 1:1 000 ölçekli topografik harita verileri karşılaştırma için referans veri olarak kullanılmıştır. Çalışmada öncelikle veri setlerinden ayrı ayrı bina detayları elde edilmiş, sonrasında geometrik veri kalitesi, konum (ağırlık merkezi koordinatlarına dayalı), alan, şekil (dairesellik, dışbükeylik, dikdörtgensellik, eşdeğer dikdörtgen endeksi ve pürüzlülük göstergesi ölçülerine dayalı), doğrultu (minimum alanlı sınırlayıcı dikdörtgen verisine dayalı) ve granülarite (en kısa kenar uzunluğuna dayalı) bileşenleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

Deneysel çalışma, İstanbul sınırları içerisindeki Tarihi Yarımada bölgesindeki bina detayları için gerçekleştirilmiştir. Geometrik veri kalitesi bileşenlerine ilişkin ölçüler, tez yöneticisi tarafından geliştirilen bir eklenti ile uygulamada kullanılan CBS yazılımı içinde otomatik olarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda, her iki veri setinde bina detayları karşılıklı %50'den fazla alansal çakışma olması durumunda eşleşmiş olarak kabul edilmiştir. Bu değer, testler sonucunda belirlenmiştir. Öte yandan her iki veri setinde ayrıntı düzeyi ve detay sayısı farklı olduğu için bu koşul az sayıda da olsa bazı durumlarda çok uygun olmayan eşleşmelere yol açmaktadır. Örneğin, topografik veri setindeki birkaç bina detayına OSM veri setinde tek bina detayı denk gelebilmektedir. Fakat karşılaştırma 1:1 esaslı olduğu için yalnızca ana bina (alanı büyük olup çakışma koşulunu sağlayan) karşılaştırmada kullanılmaktadır. Böyle durumlarda, her iki veri setinin geometrik veri kalitesini değerlendirmesi için kullanılan ölçü değerleri arasındaki farklar daha belirgin olmaktadır.

Analiz sonucu elde edilen bulgular, OSM bina detaylarının çoğunlukla 1:1 000 ölçekli topografik harita verilerindeki bina detaylarından daha düşük ayrıntı düzeyine sahip

olduğunu göstermektedir. Bağıl ortalama ve medyan konumsal fark yaklaşık 3 m civarındadır. Fakat OSM verileri, gönüllüler tarafından oluşturulduğu için hem altlık görüntü verilerinin çözünürlüğüne hem de veri girişi yapan kişinin yorumuna bağlı olarak heterojenlikler de içermektedir. İstisnai durumlar söz konusu olabilse de test bölgesi için bina detaylarının geometrik veri kalitesinin genel olarak ülkemizde üretilen 1:1 000 ve 1: 5 000 ölçekli topografik harita verilerinden daha düşük fakat 1:25 000 ölçekli topografik harita verilerinden ise biraz daha yüksek olduğu ifade edilebilir. Heterojen doğasından dolayı OSM geometrik veri kalitesi değerlendirmesinin detay bazında yapılması, daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Ülkemizde OSM ve GCB kavramları gelişmeye çok açık durumdadır. Bu alanda çalışmalar ve araştırmalar yeni yeni başlamıştır [44]. OSM verileri sürekli değişim göstermekte ve günden güne yayılmaktadır. Dolayısıyla, mekansal uygulamalarda gittikçe daha fazla kullanılacağı öngörülebilir. Bu nedenle, kalite değerlendirmesi işleminin gerekli ve önemli olduğu ifade edilebilir.

- [1] M. F. Goodchild, "Citizens as sensors: the world of volunteered geography," *GeoJournal*, vol.69(4), pp. 211-221, 2007.
- [2] J. F. Girres ve G. Touya, "Quality assessment of the french OpenStreetMap dataset," *Transactions in GIS*, vol.14, no.4, pp. 435-459, 2010.
- [3] H. Senaratne, A. Mobasher, A. L. Ali, C. Capineri ve M. Haklay, "A review of volunteered geographic information quality assessment methods," *International Journal of Geographical Information Science*, vol.31(1), 2016.
- [4] M. Haklay, "How good is volunteered geographic information? A comparative study of OSM and ordnance survey datasets," *Environment and Planning B*, 37, pp. 682-690, 2010.
- [5] H. Fan, A. Zipf, Q. Fu ve P. Neis, "Quality assessment for building footprints data on OpenStreetMap," *International Journal of Geographical Information Science*, vol.28(4), pp. 700-719, 2014.
- [6] J. Estima ve M. Painho, "Investigating the potential of OpenStreetMap for land use/land cover production: a case study for continental Portugal," in *OpenStreetMap in GIScience : Experiences, Research and Applications*, J. J. Arsanjani, A. Zipf, P. Mooney and M. Helbich, Ed. Switzerland:Springer Switzerland, 2015, pp. 273-293.
- [7] D. Zielstra ve A. Zipf, "A comparative study of proprietary geodata and volunteered geographic information for Germany" in *13th AGILE International Conference on Geographic Information Science 2010*, 11-14 May, Guimara, Portugal, 2010
- [8] J. N. D. Costa, "Novel tool for examination of data completeness based on a comparative study of vgi data and official datasets," *Geodetski Vestnik*, vol.60, no.3, pp. 495-508, 2016.

- [9] N. Mohammadi ve M. Malek, "Artificial intelligence-based solution to estimate the spatial accuracy of volunteered geographic data," *Journal of Spatial Science*, vol. 60(1), pp. 119-135, 2015.
- [10] T. Koukoletsos, M. Haklay ve C. Ellul, "Assessing data completeness of VGI through an automated matching procedure for linear data," *Transactions in GIS*, vol.16(4), pp. 477-498, 2012.
- [11] M. Forghani ve M. R. Delavar, "A quality study of the OpenStreetMap dataset for Tehran," *ISPRS International of Geo-Information*, vol. 3, pp. 750-763, 2014.
- [12] R. Hecht, C. Kunze ve S. Hahmann, "Measuring completeness of building footprints in openstreetmap over space and time," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 2, pp. 1066-1091, 2013.
- [13] H. Dorn, A. Zipf ve T. Törnros, "Quality evaluation of VGI using authoritative data—a comparison with land use data in southern Germany," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 4, pp. 1657-1671, 2015.
- [14] S. P. Camboim, J. V. M. Bravo ve C. R. Sluter, "An investigation into the completeness of, and the updates to, OpenStreetMap data in a heterogeneous area in Brazil," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 4, pp. 1366-1388, 2015.
- [15] H. Du, N. Alechina, M. Jackson ve G. Hart, "A method for matching crowd-sourced and authoritative geospatial data," *Transactions in GIS*, vol. 21(2), pp. 406-427, 2017.
- [16] Y. Xu, Z. Chen, Z. Xie ve L. Wu, "Quality assessment of building footprint data using a deep autoencoder network," *International Journal of Geographical Information Science*, vol.31(10), pp. 1929-1951, 2017.
- [17] G. Touya, V. Antoniou, A.M. Olteanu-Raimond ve M.D. V. Damme, "Assessing crowdsourced POI quality: combining methods based on reference data, history, and spatial relations," *International Journal of Geo-Information*, vol. 6 (80), 2017.

- [18] Q. Zhou, "Exploring the relationship between density and completeness of urban building data in OpenStreetMap for quality estimation," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 32(2), pp. 257-281, 2017.
- [19] M. A. Brovelli ve G. Zomboni, "A new method for the assessment of spatial accuracy and completeness of OpenStreetMap building footprints" *International Journal of Geo-Information*, vol. 7(8):289, 2018.
- [20] S. Çabuk, M. Erdoğan ve E. Önal, "OpenStreetMap verilerinden yararlanılarak 1/50k ölçekli harita üretilebilirliğinin araştırılması," *Harita Dergisi*, vol. 154, 2015.
- [21] V. Antoniou, C. Capineri ve M. Haklay, "VGI and beyond – form data to mapping," in *The Routledge Handbook of Mapping and Cartography*, A. J. Kent, P. Vujakovic, Ed. Taylor and Francis Group, 2017, pp. 475-488.
- [22] B. Anbaroğlu, "Gönüllü coğrafi bilgi: mekansal bilişim çalışmalarına web 2.0 devrinde yeni bir yaklaşım," *Harita Dergisi*, vol. 158, 2017.
- [23] V. Fast ve C. Rinner, "A system perspective on volunteered geographic information," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 3, pp. 1278-1292, 2014.
- [24] J. C. H. Meier, *An Analysis of Quality for Volunteered Geographic Information*, Thesis, Wilfrid Laurier University, Ontario, 2015.
- [25] K. Poser ve D. Dransch, "Volunteered geographic information for disaster management with application to rapid flood damage estimation," *Geomatica*, vol.64 no.1 pp. 89-98, 2010.
- [26] P. Mooney ve M. Minghini, "A review of OpenStreetMap data," in *Mapping and the Citizen Sensor*, G. Foody, L. See, S. Fritz, P. Mooney, M. Olteanu-Raimond, C. C. Fonte and V. Antoniou Ed. London: Ubiquity Press, 2017, pp. 37-59.
- [27] S. Chilton, "Neocartography and OpenStreetMap," in *The Routledge Handbook of Mapping and Cartography*, A. J. Kent, P. Vujakovic, Ed. :Taylor and Francis Group, 2017, pp. 276-284.

- [28] J. J. Arsanjani, A. Zipf, P. Mooney ve M. Helbich, *OpenStreetMap in GIScience : Experiences, Research and Applications*. Switzerland:Springer Switzerland, 2015.
- [29] «openstreetmap,»2019.[Çevrimiçi].Available:<https://www.openstreetmap.org/copyright>
- [30] K. Curran, J. Crumlish ve G. Fisher, "OpenStreetMap," in *Geographic Information Systems: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications (4 Volume)* Information Resources Management Association (IRMA): IGI Publishing, 2013, pp. 540-549.
- [31] O. Kounadi, *Assessing the Quality of OpenStreetMap Data*, MSc Thesis, University College of London, Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, London, 2009.
- [32] J. J. Johnston, "Data quality standards," in *The International Encyclopedia of Geography*, Douglas Richardson, USA: John Wiley & Sons, Ltd., 2017.
- [33] K. Brassel, F. Bucher, E.-M. Stephan ve A. Vckovski, "Completeness," in *Elements Of Spatial Data Quality*, Stephen C. Guptill and Joel L. Morrison, Ed. UK:Elsevier Science, 1995, pp. 81-108.
- [34] V. Antoniou ve A. Skopeliti, "Measures and indicators of VGI quality: an overview," in *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, La Grande Motte, Fransa, 2015.
- [35] W. Kresse ve K. Fadaie, *ISO Standards for Geographic Information*, Berlin: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2004.
- [36] R. Devillers ve R. Jeansoulin, "Spatial data quality: concepts," in *Fundamentals of Spatial Data Quality*, R. Devillers and R. Jeansoulin Ed. London: ISTE, 2006, pp. 31-43.
- [37] S. Servigne, N. Lesage ve T. Libourel, "Quality components, standards, and metadata," in *Fundamentals of Spatial Data Quality*, R. Devillers and R. Jeansoulin Ed. London: ISTE, 2006, pp. 179-208.

- [38] C. Kunze, Vergleichsanalyse des Gebäudedatenbestandes aus OpenStreetMap mit amtlichen Datenquellen, Studienarbeit, Technische Universität Dresden, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden, 2012.
- [39] G. Touya ve A. Reimer, "Inferring the scale of Openstreetmap features," in *OpenStreetMap in GIScience : Experiences, Research and Applications*, J. J. Arsanjani, A. Zipf, P. Mooney and M. Helbich, Ed. Switzerland:Springer Switzerland, 2015, pp. 81-101.
- [40] M. Başaraner ve S. Çetinkaya, "Shape analysis of multi-scale building features," in *International Conference on Cartography and GIS*, 18-23 June, Sozopol, Bulgaristan, 2018.
- [41] M. Başaraner ve S. Çetinkaya, "Performance of shape indices and classification schemes for characterising perceptual shape complexity of building footprints in GIS," in *International Journal of Geographical Information Science*, vol.31,no.10 pp. 1952-1977, 2017.
- [42] M. Başaraner, *Nesne Yönelimli Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Orta Ölçekli Topografik Haritalar İçin Bina ve Yerleşim Alanlarının Otomatik Genelleştirilmesi*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.
- [43] R. S. Montero ve E. Bribiesca, "State of the art of compactness and circularity measures," in *International Mathematical Forum*, vol.27, pp. 1305-1335, 2009.
- [44] M. Zia, Z. Çakır ve D. Z. Şeker, "Turkey OpenStreetMap dataset – spatial analysis of development and growth proxies" in *Open Geosciences*, , vol.11, pp. 140-151, 2019.

İletişim Bilgisi: zgeece.erden@gmail.com

Konferans Bildirileri

1. Ö. E. Erden ve M. Başaraner, "Geometric Quality Analysis Of Building Footprints From OpenStreetMap Data In Comparison To Topographic Map Data," in *International Symposium on Advanced Engineering Technologies 2-4 Mayıs*, Kahramanmaraş KSÜ, Türkiye, 2019.

