

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AÇIK KAYNAKLI COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ ORTAMINDA
ORTA ÖLÇEKLİ TOPOGRAFİK HARİTA
GENELLEŞTİRMESİ İÇİN YENİ BİR BİNA ÖTELEME
YAKLAŞIMI**

Kadir ŞAHBAZ

DOKTORA TEZİ
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Uzaktan Algılama ve CBS Programı

Danışman
Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER

Aralık, 2021

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AÇIK KAYNAKLI COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ ORTAMINDA ORTA
ÖLÇEKLİ TOPOGRAFİK HARİTA GENELLEŞTİRMESİ İÇİN YENİ BİR
BİNA ÖTELEME YAKLAŞIMI**

Kadir ŞAHBAZ tarafından hazırlanan tez çalışması 06.12.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Uzaktan Algılama ve CBS Programı **DOKTORA 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. Öğretim Üyesi Alper ŞEN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nesibe Necla ULUĞTEKİN, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Türkay GÖKGÖZ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ahmet Özgür DOĞRU, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Açık Kaynaklı Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Orta Ölçekli Topografik Harita Genelleştirmesi İçin Yeni Bir Bina Öteleme Yaklaşımı 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.

Kadir ŞAHBAZ

İmza

Aileme

TEŞEKKÜR

Ciddi bir emek ve heyecan ile hazırlamış olduğum doktora tezimi tamamlamış bulunuyorum. Burada şahsıma önemli yardım, tavsiye ve teşviklerde bulunan insanlara teşekkür etmek istiyorum.

Öncelikle konu seçimi, araştırılması, izlenecek işlem adımları, kullanabileceğimiz yöntem ve algoritmalar gibi daha bir çok konuda yardımlarını esirgemeyen, doktora öğrenciliğimin son yıllarında farklı şehirlerde bulunmamız ve pandeminin neden olduğu engeller dolayısıyla hem teze ilişkin makalemin hem tezimin yazımı sürecinde aylarca sabahlara kadar çevrimiçi çalışmamız suretiyle her türlü desteği sağlayan, ayrıca danışmanlığımı üstlenen değerli hocam Prof. Dr. Melih BAŞARANER'e çok teşekkür ediyorum. Tez izleme komitemde yer alıp değerli tavsiye ve görüşleri ile araştırmamın ve uyguladığımız yöntemlerin şekillenmesinde önemli katkıları bulunan Prof. Dr. Necla ULUĞTEKİN ve Dr. Öğr. Üyesi Alper ŞEN hocalarıma teşekkür ediyorum. Bunun yanında tez savunmama katılarak önemli noktalarda yapıcı eleştirileriyle tezimin son şeklini almasına katkıda bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Türkay GÖKGÖZ ve Doç. Dr. Ahmet Özgür DOĞRU'ya teşekkür borç bilirim.

Çalışmalarım süresince yardım ve dostluklarını esirgemeyen arkadaşlarıma ve arkadaşlarım içerisinde doktora sürecimin stresli anlarında muhabbet ve sohbetiyle derdime ortak olan Arş. Gör. Batuhan KILIÇ'a teşekkür ederim.

Ve burada ismini anmadan geçemeyeceğim, doktora eğitim süreciyle başlayan evliliğimiz boyunca doktora eğitimim ve araştırmam ile ilgili her türlü sıkıntıma ortak olmak zorunda kalan, tatlı dilli ve güler yüzlü eşim, hayat ve yol arkadaşım Esmâ Ezgi Hanım'a sonsuz teşekkür ederim.

Son olarak, hayatım boyunca beni destekleyen ve haklarını asla ödeyemeyeceğim annem ve babama ve eşimin ailesine çok teşekkür ederim.

Kadir ŞAHBAZ

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xi
TABLO LİSTESİ	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xvi
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	3
1.4 Tezin İçeriği	3
2 KAYNAK DEĞERLENDİRMESİ	5
2.1 Bina Örüntü Tipolojisi	5
2.2 Bina Örüntülerinin Belirlenmesi	7
2.3 Bağlamsal Bina Genelleştirme	10
2.4 Ülkemizdeki Bina Genelleştirme Çalışmaları	12
3 MEKANSAL ÖRÜNTÜ TANIMA VE BAĞLAMSAL GENELLEŞTİRME	14
3.1 Mekânsal Örüntü Tanıma	14
3.2 Bağlamsal Genelleştirme	15
3.2.1 Öteleme	16
3.3 Bağlamsal Bina Genelleştirmesinde Kısıtlar	16
4 YÖNTEM	19
4.1 Mekânsal Bölümleme	20
4.2 Bina Gruplarının Oluşturulması	20
4.3 Genelleştirme Bölgelerinin Oluşturulması	20

4.4	Öteleme Yapılacak Bölgelerin Belirlenmesi	21
4.5	Bina Örüntülerinin Belirlenmesi	23
4.6	Grid Nokta Ağının Oluşturulması	25
4.7	Grid Noktalarının Ağırlıklandırılması	27
4.7.1	Çekirdek Yoğunluk Kestirimi (KDE)	27
4.8	Öteleme İşleminin Uygulanması	28
4.8.1	Bölge Merkezine Öteleme	28
4.8.2	Bölge İçine Öteleme	30
4.8.3	Bölge İçi Öteleme	31
4.9	Ek Öteleme İşlemleri	36
4.10	Öteleme Kalitesinin Değerlendirilmesi	37
5	UYGULAMA	42
5.1	Yazılım	42
5.2	Uygulama Arayüzü Oluşturulması	42
5.3	Veriler ve Çalışma Alanı	44
6	BULGULAR	45
7	TARTIŞMA	49
8	SONUÇ VE ÖNERİLER	52
A	ÖNEMLİ FONKSİYONLARA AİT KODLAR	54
B	ÇALIŞMA ALANI	63
C	ÖRNEK ÖTELEME SONUÇLARI	67
	KAYNAKÇA	71
	TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	76

SİMGE LİSTESİ

m_α	Açı karşılaştırma ölçüsü
KP_α	Açı karşılaştırma ölçüsü kalite puanı
m_θ	Açıklık açısı karşılaştırma ölçüsü
A	Alan
x_{ort}	Alan ağırlıklı ortalama ağırlık merkezi x koordinatı
y_{ort}	Alan ağırlıklı ortalama ağırlık merkezi y koordinatı
E_{at}	Ana tampon alan yardımıyla oluşturulan eşsiz çokgen
x_{AHK}	Anlık hedef konum x koordinatı
y_{AHK}	Anlık hedef konum y koordinatı
h	Bant genişliği
w_0	Başlangıç ağırlık değeri
Δd_C	Bina grubu alan ağırlıklı ortalama ağırlık merkezinin öteleme öncesi ve sonrası ötelenme miktarı
n_B	Bina sayısı
d_{ara}	Binalar arasındaki minimum mesafe
n_{BP}	Binaları temsil eden nokta sayısı
P	Çevre uzunluğu
A_{GB}	Genelleştirme bölgesi alanı
σ_α	İç açıların standart sapmaları
x	İlgili nesnenin x koordinatı
y	İlgili nesnenin y koordinatı
Yog_{GB}	Genelleştirme bölgesi yoğunluğu
x_{HK}	Hedef konum x koordinatı
y_{HK}	Hedef konum y koordinatı

KD	Kalite derecesi
KP	Kalite puanı
m_k	Kenar karşılaştırma ölçüsü
KP_k	Kenar karşılaştırma ölçüsü kalite puanı
μ_l	Kenar uzunlukların ortalaması
σ_l	Kenar uzunlukların standart sapmaları
d	Mesafe
A_{bina}	Minimum bina alanı
l_{gran}	Minimum bina girinti/çıkıntı uzunluğu
l_{kenar}	Minimum bina işaret kenar uzunluğu
d_{b-y}	Minimum bina-yol işaret mesafesi
n_p	Nokta sayısı
m_s	Şekil karşılaştırma ölçüsü
KP_s	Şekil karşılaştırma ölçüsü kalite puanı
t	Tolerans
$\sum$	Toplam sembolü
$g(x, y)$	(x, y) konumundaki çekirdek yoğunluk değeri
E_{yt}	Yardımcı tampon alan yardımıyla oluşturulan eşsiz çokgen
w_a	Yenilenmiş anlık ağırlık

KISALTMA LİSTESİ

AHK	Anlık Hedef Konum
ASCDT	Adaptive Spatial Clustering based on Delaunay Triangulation
CAC	Küme Değerlendirme Daireleri
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
DBSCAN	Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise
DT	Decision Tree
EKBK	En Küçük Bina Kenarı
GA	Genetic Algorithm
HDBSCAN	Hierarchical Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise
HGM	Harita Genel Müdürlüğü
HK	Hedef Konum
IGA	Immun Genetic Algorithm
İSÜ	İlk ve son üçgenler
k-NN	k En Yakın Komşuluk
KDED	Konumsal Doğruluk Eşik Değeri
KDE	Kernel Density Estimation
MASD	Minimum Alanlı Sınırlayıcı Dikdörtgen
MST	Minimum Spanning Tree
MM	Minimum Mesafe
NB	Naive Bayes
NTD	Negatif Tampon Alan Değeri
PSO	Parçacık Sürüsü Optimizasyonu
SVM	Support Vector Machine

VB	Voronoi Bezemesi
ZDÜ	Zorlanmış Delaunay Üçgenlemesi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Bina örüntü tipolojisi (grid, dairesel, doğrusal ve yıldız (X) şekilli) [9]	6
Şekil 2.2	Bina örüntü tipolojisi [10]	6
Şekil 2.3	Bina örüntü tipolojisi [12]	6
Şekil 2.4	Bina örüntü tipolojisi [13]	6
Şekil 3.1	Öteleme işlemi (a) orijinal harita (b) ölçeği küçültülmüş (c) öteleme işlemi sonrası [7]	16
Şekil 3.2	Ulusal topografik haritalar için tek bina, bina-bina ilişkisi ve bina-yol ilişkisine ait grafik limitler [47]	18
Şekil 4.1	Tez çalışmasında takip edilen ana işlem adımları. (Öteleme işlem adımları için bkz. Şekil 4.7)	19
Şekil 4.2	Blok, genelleştirme bölgesi ve bina grupları ([8]'den uyarlanarak)	22
Şekil 4.3	En ideal biçimde hizalanmış bina grubundaki örüntüyü belirlemek için kullanılan (1) pozitif ve (2) negatif tampon alan büyüklükleri	24
Şekil 4.4	Doğrusal örüntü içeren bölgelerin belirlenmesi (a) doğrusal örüntü var, (b) doğrusal örüntü yok	24
Şekil 4.5	Doğrusal örüntü içeren bölgelerin daraltılması. (a) Geçici tampon alanlara uygulanan negatif tampon alan (açık yeşil) ve daha sonra eklenen alanlar (taralı), (b) daraltılmış bölge (koyu yeşil)	25
Şekil 4.6	Genelleştirme bölgesinde oluşturulan düzenli nokta ağı. Bina içine düşen (kırmızı) noktalar binaların ağırlıklandırılmasında dayanak noktası olarak kullanılmaktadır	26
Şekil 4.7	Öteleme işlemi akış diyagramı	29
Şekil 4.8	Bölge merkezine öteleme öncesi (dolgusuz) ve sonrası (dolgulu) binalar. Bu işlemten sonra yollarla olan uyumsuzluklar (a) kısmen ya da (b) tamamen çözülür	30
Şekil 4.9	Bölge içine öteleme	31

Şekil 4.10 Nokta ağırlığının binaya özgü olarak değiştirilmesi işleminde kullanılan öğelerin bir bina örneğinde gösterimi. (a) ana tampon alan yardımıyla oluşturulan eşsiz çokgen (E_{at}), (b) yardımcı tampon alan yardımıyla oluşturulan eşsiz çokgen (E_{yt}), (c) grid noktalarının KDE ile hesaplanan başlangıç değerlerine göre renklendirilmesi ve iki eşsiz çokgenin kendi aralarında ve noktalar ile aralarındaki topolojik ilişki	34
Şekil 4.11 Bölge içi öteleme işlemi	35
Şekil 4.12 Ek öteleme işlemi	36
Şekil 4.13 Kalite değerlendirmesi için kullanılan eşlenik üçgenler	38
Şekil 4.14 Üç binalı bir grup örneği ve bu gruba ait öteleme öncesi ve sonrası üçgenlerin durumu	40
Şekil 4.15 Açıklık açısı farkları	41
Şekil 5.1 QGIS arayüzü	43
Şekil 5.2 Öteleme işleminin yürütülmesi için oluşturulan eklenti arayüzü	43
Şekil 5.3 Öteleme işleminin gerçekleştirildiği bağımsız uygulama arayüzü . . .	44
Şekil 6.1 Öteleme uygulanan tüm genelleştirme bölgelerine ait kalite derece oranları	46
Şekil 6.2 Bölge temelli bina öteleme miktarı ortalaması (μ_{dd}) ve bina grubu ağırlık merkezi bölgesel öteleme miktarına (Δd_C) ait kutu grafikler . . .	46
Şekil 6.3 Tüm bölgeler için açı, uzunluk ve şekil karşılaştırma ölçülerine ait kutu grafikler	47
Şekil 6.4 Doğrusal örüntü içeren bölgelerdeki açı, uzunluk ve şekil karşılaştırma ölçülerine ait kutu grafikler	48
Şekil B.1 Çalışma alanına ait 1:25 000 ölçeğinde topografik harita. (Gerçek ölçeğinde değildir)	64
Şekil B.2 Çalışma alanına ait 1:50 000 ölçeğinde tek bina genelleştirme uygulanmış topografik harita. (Gerçek ölçeğinde değildir)	65
Şekil B.3 Çalışma alanına ait 1:50 000 ölçeğinde öteleme işlemi uygulanmış topografik harita. (Gerçek ölçeğinde değildir)	66

TABLO LİSTESİ

Tablo C.1 Örnek bölgelere ait, kalite değerlerini de içeren öteleme sonuçları . 67

Açık Kaynaklı Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Orta Ölçekli Topografik Harita Genelleştirilmesi İçin Yeni Bir Bina Öteleme Yaklaşımı

Kadir ŞAHBAZ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER

Haritalar, coğrafi bilgileri görsel olarak kullanıcılara iletmek amacıyla üretilirler. Farklı mekânsal uygulama alanları için farklı ölçek ve içerikte haritalara gereksinim duyulmaktadır. Bu bağlamda, mevcut mekânsal veri setlerinden çeşitli kartografik genelleştirme işlemleri yardımıyla amaca uygun haritalar türetilir. Kartografik genelleştirme, tek nesnelere (bağımsız genelleştirme) ve mekânsal olarak ilişkili bir grup nesneye (bağlamsal genelleştirme) olmak üzere iki ana aşamada uygulanır. Hedef ölçeğe geçerken nesneler kartografik ilkelere göre yeniden düzenlenir ve bunun sonucunda aralarında mekânsal uyumsuzluklar ortaya çıkabilir. Bu uyumsuzluklar çözülürken hem görselleştirme açısından grafik limitlere uyulmalı hem de nesnelerin mekânsal karakteristikleri ve ilişkilerinin ortaya çıkardığı farklı coğrafi örüntüler mümkün olduğunca korunmalıdır. Bu kapsamda uygulanan en karmaşık bağlamsal genelleştirme işlemlerinden biri ötelemedir. Şimdiye kadar birçok öteleme yöntemi geliştirilmiş olmasına rağmen, bunlar çoğunlukla uygulaması güç niteliktedir. Bu nedenle, bu çalışmada pratik bir öteleme yaklaşımı önerilmiş ve gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, yollar yardımıyla oluşturulan bloklar içinde tampon alan analizleri ile bina grupları elde edilmektedir. Sonrasında Voronoi çokgenleri ve tampon alanlar kullanılarak bu bina grupları için genelleştirme bölgeleri oluşturulmaktadır. Daha sonra en yaygın bina örüntü türlerinden biri olan doğrusal dizilim gösteren binalar çoklu tampon alan analizleri yoluyla belirlenmekte ve bu binaların içinde yer aldığı bölgeler, örüntülerin korunmasına yönelik olarak yeniden düzenlenmektedir. Sonrasında bölge için düzenli nokta ağı üretilmekte

ve bu noktaların bulundukları konumların öteleme için ne kadar uygun olduğu, çekirdek yoğunluk kestirimi ve çoklu tampon alan analizleri ile elde edilen ağırlıklar kullanılarak hesaplanmaktadır. Buna göre binalar, uyuşmazlıkları gidermek veya azaltmak için iteratif oturumlar içinde uygun konumlara ötelenmektedir. Mekânsal ilişkilerin fazla bozulmaması için her oturumda öteleme miktarı küçük tutulmaktadır. Önerilen yaklaşımda, minimum mesafe ve konumsal doğruluk kısıtları doğrudan uygulanırken, mekânsal örüntü ve ilişkiler, bölgesel ve toplu öteleme aracılığıyla dolaylı olarak korunmaya çalışılmaktadır. Öteleme kalite değerlendirmesi, minimum mesafe ve konumsal doğruluk analizine ek olarak, öteleme öncesi ve sonrası binaların ağırlık merkezlerinden oluşturulan (Delaunay) üçgenlerinin açı, uzunluk ve şekil ölçülerine ilişkin değerlerin veya iki bina arasındaki çizginin açıklık açısının karşılaştırmalı analiziyle gerçekleştirilir. Bulgular, önerilen yaklaşımın bölgesel bina ötelemesi için oldukça etkili ve pratik olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Öteleme, bina genelleştirmesi, genelleştirme bölgeleri, nokta ağı ağırlıklandırması, doğrusal örüntüler, öteleme değerlendirme ölçüleri

ABSTRACT

A New Building Displacement Approach for Medium Scale Topographic Map Generalization in an Open Source Geographic Information System Environment

Kadir ŞAHBAZ

Department of Geomatic Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER

Maps are made to visually convey geographic information to users. Maps of different scale and content are needed for different spatial application domains. In this context, intended maps are derived from existing spatial data sets by means of various cartographic generalization operations. Cartographic generalization is applied in two main stages: generalization of single objects (independent) and generalization of a group of spatially related objects (contextual). When transition to the target scale, objects are rearranged according to cartographic principles, and as a result, spatial conflicts can arise between them. While resolving these conflicts, both the graphical limits in terms of visualization should be obeyed and the different geographical patterns revealed by the spatial characteristics and relations of the objects should be preserved as much as possible. One of the most complex contextual generalization operations applied in this context is displacement. Although many displacement methods have been developed so far, they are usually difficult to apply in practice. Therefore, a practical displacement approach is proposed and implemented in this study. In this context, building groups are obtained by buffering within the blocks created through the roads. Then, generalization zones are created for these building groups using Voronoi polygons and buffers. Then, buildings exhibiting linear alignments, being one of the most common building pattern types, are determined through multiple buffer analyses and the zones in which those buildings are located are rearranged in order to preserve the patterns. Afterwards, a regular grid of points is generated for the zones and how suitable the locations of those points are for

displacement is computed using the weights obtained by kernel density estimation and multiple buffering. Accordingly, the buildings are displaced to appropriate locations within iterative sessions to resolve or reduce the conflicts. In order not to deteriorate the spatial relations too much, the amount of displacement is kept small in each session. In the proposed approach, while the minimum distance and positional accuracy constraints are applied directly, spatial patterns and relations are tried to be preserved indirectly through zonal and collective displacement. In addition to the analysis of minimum distance and positional accuracy, the displacement quality assessment is performed by a comparative analysis of the values of the angle, length and shape measures of the (Delaunay) triangles formed from the centroids of the buildings, or the bearings of the line between two buildings, before and after the displacement. The findings show that the proposed approach is highly effective and practical for the zonal building displacement.

Keywords: Displacement, building generalization, generalization zones, grid point set, linear patterns, displacement evaluation measures

1.1 Literatür Özeti

Yeryüzüne ilişkin mekânsal bilgiler, günümüzde savunma, kaynak yönetimi, iklim, turizm, ulaşım, eğitim, şehir ve bölge planlama, istatistik vb. kamu ve özel sektördeki birçok uygulama alanında ve bireyler tarafından yoğun bir şekilde kullanılmakta ve bu gereksinim günden güne artmaktadır. Bu durum, farklı amaçlar için farklı ayrıntı düzeylerinde/ölçeklerde mekânsal bilgilerin üretilmesini gerektirmektedir. Mekânsal bilgiler, geleneksel olarak haritalar ile sunulur. Harita üreten kurumlar artan talebe yanıt vermek ve büyük ölçekli haritalardan küçük ölçekli harita üretim sürecini kısaltmak için otomatik genelleştirme çözümlerine gereksinim duymaktadırlar. Günümüzde haritaların basılı yayımlanması dışında web ortamında ve akıllı telefonlar gibi taşınabilir cihazlarda da sunulması harita üreticileri için genelleştirme işlemini öncesine kıyasla daha önemli kılmaktadır [1].

Genelleştirme kavramı, araştırmacılar tarafından farklı ifadelerle tanımlanmıştır. Anson vd. [2]'ye göre ölçeğine ve amacına uygun olarak haritadaki nesnelerin seçilmesi ve basitleştirilmesi işlemidir. Sester [3] genelleştirmeyi; önemli yapıları koruyarak mekânsal veri hacminin azaltılması olarak tanımlamıştır. Daha ayrıntılı bir ifade ile genelleştirme; haritadaki nesnelerin hedef ölçek için gerekli olmayanlarını eleyip gerekli olana vurgu yapmak, nesneler arasındaki mantıksal ve açık ilişkileri devam ettirmek ve haritanın estetik kalitesini korumak suretiyle haritadaki karışıklığı azaltma işlemidir [4].

Genelleştirme, sayısal kartografya ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) alanlarındaki gelişmelere bağlı olarak model ve kartografik genelleştirme olarak iki farklı şekilde ele alınmaktadır. Model genelleştirme, birincil coğrafi veri tabanından daha düşük geometrik ve semantik çözünürlüğe sahip ikincil coğrafi veri taban(lar)ı elde edilirken yapılan genelleştirme işlemleridir [5]. Genelleştirme denince ilk akla gelen kartografik genelleştirme ise, daha küçük ölçekte ve/veya farklı konularda haritalar üretirken, yeryüzü gerçekliğinin kullanıcılara doğru ve anlaşılır bir biçimde aktarabilmesi için

ihtiyaç duyulan genelleştirme işlemidir. Bu amaçla, genelleştirme işlemi ilk olarak bina, yol gibi tek coğrafi nesnelere uygulanır. Bunu bir grup nesneye uygulanan genelleştirme işlemi anlamına gelen bağlamsal genelleştirme izler.

Kartografik genelleştirme sırasında bağlamsal mekânsal bilgi, hedef ölçeğin mekânsal bilgileri kullanıcılara yeterince doğru bir şekilde iletmesine izin verdiği ölçüde korunmalıdır. Ayrıca, nesnelerin işaretleri hedef ölçeğe uyarlanmalıdır. Fakat bunun sonucunda, genelleştirme kısıtı olarak kullanılan grafik limitler kapsamındaki minimum mesafe kriteri çoğunlukla ihlal edilir. Bu durum genelleştirme işlemlerinden birisi olan ötelemeyi gerekli kılar. Öteleme işlemi, yalnızca nesneler arasında olması gereken minimum mesafeyi sağlamakla kalmayıp aynı zamanda mekânsal özellikleri ve ilişkileri de olabildiğince bozmamalıdır. Bu nedenle öteleme, uygulanması en karmaşık olan bağlamsal kartografik genelleştirme işlemi olarak kabul edilir [6–8] ve genellikle genelleştirmenin son adımı olarak uygulanır.

Haritalarda gösterilen yapılaşmış alanların büyük bir kısmını kaplayan en temel yapay coğrafi nesneler binalardır. Dolayısıyla, bina genelleştirmesi kartografik genelleştirmedeki aktif araştırma konularından birisi olagelmıştır.

Bina genelleştirmesi 1:100 000 ölçeğine kadar uygulanır. Bu ölçekten sonra binalar, ayrı nesneler olarak değil birleştirilerek yerleşim alanı olarak gösterilirler. Akarsu ve ulaşım ağları binaları çevrelediğinden bu tür nesneler binalar için doğal ve yapısal sınırları oluştururlar. Bu nedenle, binalar bu tür nesnelerden sonra genelleştirilir. Bina, yol vb. nesnelerin büyütülmesi ve dolayısıyla birbirleriyle üst üste binmeleri veya aralarındaki mesafelerin azalması, aralarında uyumsuzluk oluşmasına yol açar. Bunlar dışında, daha önce uygulanmış olan basitleştirme, yumuşatma vb. diğer genelleştirme işlemleri de bu uyumsuzluğun ortaya çıkmasına neden olabilir. Binalarla ilgili olarak ortaya çıkan bu uyumsuzlukların çözümü binaların ötelenmesiyle çözüme kavuşturulur.

1.2 Tezin Amacı

Binaların bağlamsal genelleştirmesine ilişkin yapılan önceki çalışmalar, çoğunlukla bağımsız genelleştirme sonucunda binalar arasında ortaya çıkabilecek uyumsuzlukları bütünüyle dikkate almadan çözüm önermektedirler. Ayrıca, yaygın mekânsal örüntülerin korunması ve genelleştirme sonrası mekânsal ilişkilerin değişiminin analizi için yeterince pratik bir yaklaşım sunmamaktadırlar.

Bu çalışmanın temel amacı, sözü edilen eksiklikleri dikkate alarak bloklarda oluşturulan genelleştirme bölgeleri içerisinde uygulanabilecek pratik ve yeterince

etkili bir bina öteleme yaklaşımı geliştirmektir.

1.3 Hipotez

CBS ortamında yeterince pratik ve etkin bina öteleme yaklaşımlarına halen gereksinim vardır. Bu kapsamda aşağıdaki hipotezler öne sürülmekte ve test edilmektedir:

- Başaraner'in [8] önerdiği gibi çizgisel nesneler (yol vb.) yardımıyla bloklar ve blokların içinde bina gruplarına göre genelleştirme bölgeleri oluşturularak daha doğru ve hassas bağlamsal bina genelleştirmesi çözümleri üretilebilir.
- Uyuşmazlıklar, artırılmış öteleme ile çözülebilir. Bu amaçla binaların öteleneyeceği konumlar bölge içinde oluşturulan düzenli bir nokta ağı ve bu ağdaki noktaların dinamik olarak ağırlıklandırılmasıyla iteratif olarak belirlenebilir.
- Sıkça rastlanan bazı bina örüntüleri (örn. doğrusal bina dizilimleri), çoklu tampon bölge analizleri aracılığıyla belirlenebilir ve bölge geometrisi uygun biçimde değiştirilerek bu örüntüler korunabilir.
- Öteleme kalitesi, mekânsal analizler ve yardımcı yapılar aracılığıyla öteleme esnasında ve sonrasında incelenebilir ve değerlendirilebilir.

Bu kapsamda, öteleme işlemi hedef ölçek için tek bina genelleştirmesi uygulanmış binalar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sınırlayıcı nesnelerin oluşturduğu bloklar içinde belirlenen bina grupları aracılığıyla genelleştirme bölgeleri oluşturulur ve bunlar arasından öteleme işleminin uygulanmasına olanak tanıyan bölgeler belirlenir. Bölge içerisinde oluşturulan nokta ağının ağırlıklandırılmasıyla binaları ötelemek için uygun konumlar belirlenir ve buna göre öteleme işlemi gerçekleştirilir. İşlemi belirlenen kriterlere ulaşıncaya kadar iteratif olarak uygulanır.

1.4 Tezin İçeriği

İkinci bölümde farklı araştırmacılar tarafından sunulan bina örüntü tipolojileri incelenmiş ve bu kapsamdaki çalışmalar değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar ışığında öteleme ile ilgili geline durum bağlamsal genelleştirme başlığı altında anlatılmıştır. Sonrasında, bina genelleştirmesi konusunda ülkemizde yapılan çalışmalara değinilmiştir. Üçüncü bölümde mekânsal yapı tanıma ve bağlamsal genelleştirme hakkında teorik bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde tez kapsamında uygulanan yöntemler açıklanmış, beşinci bölümde bu yöntemlerin uygulandığı veri,

yazılım ve programlama ortamından bahsedilmiştir. Altıncı bölümde uygulamadan elde edilen bulguların betimsel istatistikleri sunulmuş, yedinci bölümde bu bulgulara dayanarak, uygulanan yöntemlerin güçlü ve zayıf yönleri belirtilmiş ve önerilen hipotezlerin ne kadarının doğrulandığı açıklanmıştır. Son bölümde ise tezin katkılarından ve çalışmanın daha ileriye götürülmesine yönelik uygulanabilecek araştırma konularına değinilmiştir.

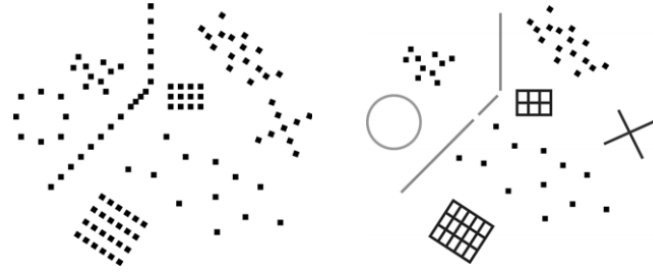
2 KAYNAK DEĞERLENDİRMESİ

Bu bölümde bina tipolojisi (örüntü sınıflandırması), bina örüntülerinin belirlenmesi ve bağlamsal bina genelleştirmesine ilişkin şimdiye kadar yapılmış önemli çalışmalar özetlenmektedir.

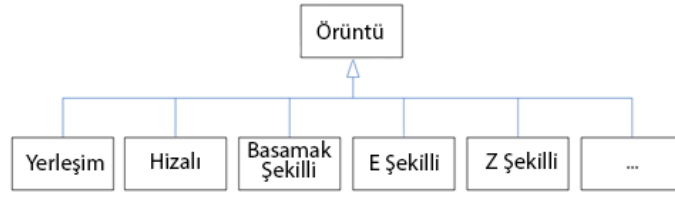
2.1 Bina Örüntü Tipolojisi

Mevcut çalışmalarda, bina örüntü tipolojisi sunulmuş ve/veya bu tipolojiye uyan bina örüntülerinin ortaya çıkartılmasına çalışılmıştır (bkz. Bölüm 2.2). İlkinde insan algısına göre bina örüntülerinin nasıl sınıflandırıldığı üzerinde durulurken, diğerinde bu algıya uygun olarak bina örüntülerinin tanınması, ortaya çıkarılması ve gösterimi üzerinde durulmuştur.

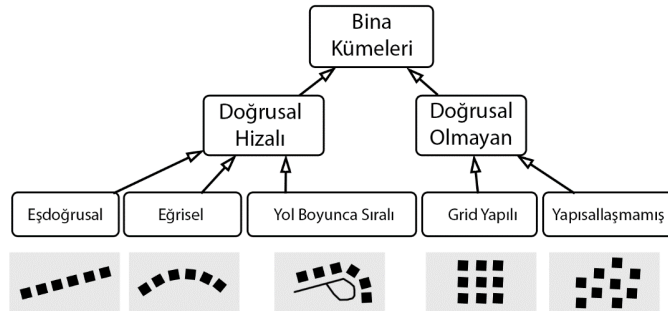
Bina örüntü tipolojisi sunan çalışmalarda sunulan tipolojiler çalışma alanına göre farklılık göstermektedir. Genelleştirme işlemi düşünüldüğünde bina örüntüleri doğrusal, dairesel, grid, yıldız şekilli ve düzensiz olarak sınıflandırılabilir (Şekil 2.1) [9]. Anders bu sınıflandırmayı tipikleştirme amacıyla yapmıştır. Yang [10], hizalı, T, L, E, Z, H, basamak ve grid şekilli olarak bina örüntü tipolojisi oluşturmuştur (Şekil 2.2). Zhang vd. [11] hiyerarşik yapıda bir örüntü tipolojisi sunmuştur. İlk düzeyde, bina örüntülerini doğrusal (linear) ve doğrusal olmayan (nonlinear) örüntüler, orta düzeyde ise doğrusal örüntüleri; eşdoğrusal (collinear), eğrisel (curvilinear) ve yol boyunca hizalı, doğrusal olmayanları ise grid ve dağınık olarak sınıflandırmıştır (Şekil 2.3). Zhang vd. [12] daha sonra eşdoğrusal örüntüleri, merkezden hizalı ve kenardan hizalı olarak genişletmiştir. Du [13], bina örüntülerini eşdoğrusal, eğrisel ve grid olarak sınıflandırmış (Şekil 2.4), grid örüntüleri tespit etmek için öncelikle eşdoğrusal örüntülerin birbirine paralel ve/veya dik olması durumunu incelemiştir.



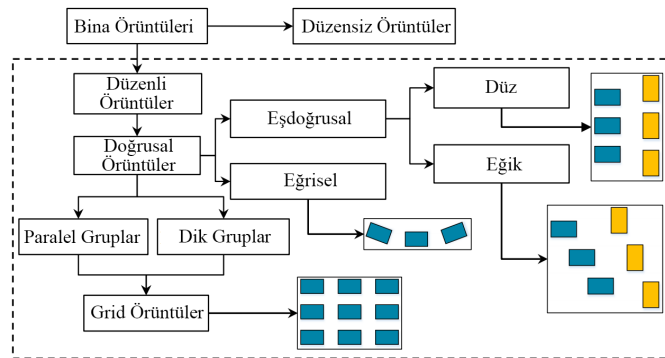
Şekil 2.1 Bina örüntü tipolojisi (grid, dairesel, doğrusal ve yıldız (X) şekilli) [9]



Şekil 2.2 Bina örüntü tipolojisi [10]



Şekil 2.3 Bina örüntü tipolojisi [12]



Şekil 2.4 Bina örüntü tipolojisi [13]

2.2 Bina Örüntülerinin Belirlenmesi

Tipoloji oluşturduktan sonraki adımda, tanımlanan tipolojiye uyan örüntülerin çıkarılması işlemleri **binaların gruplanması** ve **örüntü analizi** olarak iki grupta incelenebilir.

Binaları gruplama yöntemleri yakın binalar arasındaki ilişkileri çizge (graf) yardımıyla temsil eder. Daha sonra bu çizge, binalar arasındaki benzerliklere göre gruplara ayrılır. Bu amaçla, bölgesel yoğunluk [14], üçlü parametre (bina orta noktaları arasındaki komşu vektörler, vektörlerin mesafe ve doğrultusu) [15], çoklu parametre (minimum mesafe, alan oranı, çevre oranı, minimum çevreleyici dikdörtgen) [16] gibi birçok benzerlik ölçüsü kullanılmıştır. Gruplama yöntemleri açısından bakılırsa minimum aralık ağacı (minimum spanning tree - MST) [11, 17, 18], Delaunay üçgenlemesi, Voronoi çokgenleri [19], Gestalt prensipleri [20] başarıyla kullanılmıştır. Çetinkaya vd. [21], MST, ASCDT (Adaptive Spatial Clustering based on Delaunay Triangulation), DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) ve Chameleon kümeleme algoritmalarının performanslarını küme değerlendirme daireleri (CAC) ve S_Dbw adlı göstergeler yardımıyla değerlendirmiş ve DBSCAN ile ASCDT algoritmalarının diğer ikisine göre binaların gruplanması için daha başarılı olduğu sonucuna varmıştır.

Makine öğrenmesinin, bilgisayarlara karmaşık örüntüleri algılama ve veriye bağlı olarak akılcı kararlar verme yeteneği kazandırmak olduğu dikkate alınırsa, bina gruplarını saptamak için makine öğrenmesi yöntemlerinden faydalanılabilir. Sınıflandırma (classification), makine öğrenmesinde en çok uygulanan işlemidir. Var olan verilerin bir kısmı eğitim için kullanılarak sınıflandırma kuralları oluşturulur. Bu kurallar yardımıyla yeni bir durum ortaya çıktığında nasıl karar verileceği belirlenir. Kümeleme (clustering) ise verilerin, kendi aralarındaki benzerlikleri göz önüne alınarak gruplandırılması işlemidir ve kümeleme yöntemlerinin çoğu veriler arasındaki uzaklıkları kullanır [22].

Lee vd. [23], naive Bayes (NB), karar ağacı (Decision Tree - DT), k-en yakın komşuluk (k-NN) ve destek vektör makinesi (Support Vector Machine - SVM) sınıflandırma algoritmalarını kullanarak binaları sınıflandırmışlardır. Bunun için 1:1000 ve 1:25 000 ölçekli veri setlerini kullanmış, büyük ölçekli veri setindeki binaların orta ölçekli veri setindeki karşılıklarını dikkate alarak, binaları “elenmiş”, “kaynaştırılmış” ve “korunmuş” olarak üç sınıfa ayırmışlardır. Veriyi, %70’i eğitim, %10’u doğrulama ve %20’si test olarak kullanmış ve her bir algoritma için; NB %79,40, DT %88,96, k-NN %88,27, SVM %87,57 doğruluk elde etmişlerdir. Liqiang vd. [24], Delaunay üçgenleri ve SVM yardımıyla Gestalt’ın yakınlık, benzerlik ve ortak doğrultu ilkelerini dikkate

olarak bina kümeleri oluşturmıştır. Steiniger vd. [18], uzman sistemler ve makine öğrenmesi yöntemlerini kullanarak kartografik genelleştirme kalitesini artırmayı amaçlamış, bu yöntemleri karşılaştırmış ve iki yöntemin birlikte kullanılmasının daha iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. Bu yöntemleri, tek bir binanın kendi içindeki kısıtlamalarını belirlemede ve genelleştirilmesinde kullanmışlardır. Şahbaz ve Başaraner [25], HDBSCAN (Hierarchical DBSCAN) yardımıyla bina parametrelerine dayalı bir kümeleme yaklaşımı sunmuşlar ve bu yaklaşımın uygun bina parametreleri kullanıldığında doğrusal (eşdoğrusal ve eğrisel) örüntülerin belirlenmesinde başarılı sonuç verdiğini belirlemişlerdir.

Bina örüntü analizi yöntemleri ise iyi bilinen belirli örüntüleri ve özel bina dizilimlerini ortaya çıkartmak üzere tasarlanmıştır. Mevcut çalışmalar, aynı örüntü içindeki binaların dizilimlerini ve homojenliğini ölçmek için yakınlık, doğrultu vb. parametreleri, binalar arasındaki komşuluk ilişkilerini belirtmek için çizgeleri ve anlamlı örüntüleri ortaya çıkartmak için çizge temelli algoritmaları kullanmaktadır. Kullanılacak parametreler ve örüntü çıkarma yöntemleri örüntü türüne göre farklılık gösterir. Cristophe vd. [26], doğrusal örüntüler için eşdoğrusallığa dayalı bir yöntem, Zhang vd. [11], yol boyunca sıralanmış ve yapısallaşmamış örüntüler için Delaunay üçgenlemesi ve MST, Zhang vd. [27], merkezden ve kenardan hizalı örüntüler için kendi sundukları yöntemleri kullanmışlardır.

Örüntü tanıma konusunda MST yöntemi kullanılarak kapsamlı bir araştırma yapılmıştır [28]. Bu yöntem bazı klasik nokta kümeleme problemlerine başarılı bir şekilde uygulandıktan sonra genelleştirme amacıyla bina kümelerinin saptanmasında da kullanılmıştır. Bu yöntem bina örüntülerinin belirlenmesinde yeterince etkin değildir [29].

Christophe vd. [26], düz çizgiler kullanarak bina dizilimlerini belirlemiş ve algısal olarak doğrusal örüntüleri elde etmiştir.

Zhang vd. [27], büyük ölçekten orta ölçeğe genelleştirilmiş haritalarda bina dizilimlerinin otomatik değerlendirilmesi için binalara ilişkin mezo kısıtlamaları kullanarak üç aşamalı bir yaklaşım sunmuştur. Yine Zhang vd. [11], Delaunay üçgenleri ve MST yardımıyla doğru dizilimli ve dağınık bina örüntülerini, daha sonraki çalışmada doğru ve eğri dizilimli bina örüntülerinin belirlenmesini ele almıştır [12].

Du [30], bina örüntülerini açığa çıkarmak için üç aşamalı ilişki temelli bir yaklaşım sunmuştur. İlk aşamada binaları temsil edecek minimum alanlı sınırlayıcı dikdörtgenlerin (MASD) birbiriyle göreceli konumlarına bağlı olarak 169 ilişki belirlemiştir. Ayrıca binalar için açılış çeşitleri (dik, dar, geniş, paralel açılış) ve göreceli büyüklükler (büyük, daha büyük, eşit, küçük, daha küçük) tanımlamıştır. İkinci

aşamada bazı semantik ilişkileri tanımlamak için açtıkları çeşitleri, bina büyüklükleri ve 169 adet MASD ilişkisini kullanmıştır. Üçüncü aşamada, bu ilişkilere bağlı olarak örüntülerin düzenli ya da karmaşık olduğu sonucuna ulaşmıştır. 169 adet ilişkiyi tanımlamak için iki farklı zaman aralığı için kullanılan 13 temel ilişkiden (önce, sonra, aynı anda, beraber, vd.) faydalanmıştır. Birbirine yakın iki binanın 169 ilişkiden hangisine sahip olduğunu, bu binaların en uzun kenarlı MASD'ye sahip olanının orta noktasını bir koordinat sisteminin merkezi, uzun kenar doğrultusunu yatay eksen, buna dik doğrultuyu da dikey eksen olarak kabul edip ve bu eksenler referans alınarak MASD'lerin birbiri üzerine izdüşümlerini inceleyerek belirlemiştir. Bu, bu çalışmada örnek veri seti üzerinde yüksek oranda (%90-95) başarı elde etmiştir [30].

Deng [31], yakınlık ve/veya çoklu gruplama prensiplerini ele alarak binaları gruplayan toplam dokuz yöntemin karşılaştırmalı bir analizini yapmıştır. Bu çalışma, aşağıdaki sorulara cevap aramaktadır:

1. Genelleştirme yöntemi ile bina gruplarını belirleyen bu yöntemlerin doğruluğu nedir?
2. Bu yaklaşımlar kullanıldığında gruplama ne kadar etkilidir?
3. Yakınlık temelli yaklaşımlarla karşılaştırıldığında devamlılık ve benzerlik prensipleri de dikkate alınırsa çoklu gruplama prensibi bina gruplandırma performansını önemli ölçüde artırmakta mıdır?

Dokuz farklı yaklaşımı dört farklı grupta (doğal prensip temelli, parçalara ayırma, çizge temelli, alan birleştirme) incelenmiş ve şu sonuçlara ulaşılmıştır: 1. Mevcut yaklaşımlar farklı performanslara sahiptir ve hassasiyetleri beklendiği kadar iyi değildir. 2. Bunların içinde en iyi sonuç veren yaklaşım tampon alan analizi [19] ile yerel kısıt temelli [20] yaklaşımlardır. 3. Yakınlık-temelli yaklaşımlarla kıyaslandığında benzerlik ve devamlılık prensipleri de dikkate alınırsa bina gruplandırma işleminin performansında ciddi bir değişiklik olmamaktadır.

Yine Du [13], bina örüntülerine ait üç tipoloji sunmuş ve bu örüntüleri çıkaracak üç strateji geliştirmiştir. Önerilen strateji, şu adımlardan oluşur: (1) *Binaların kümelenmesi*: Bina kenarları üzerinde eşit aralıklı noktalar türetilir ve bu noktalar yardımıyla zorlanmış Delaunay üçgenleri elde edilir. Alan şekil ve mesafe benzerliğinden oluşan toplam benzerlik elde edilir ve çok seviyeli çizge bölümlleme ile bina kümeleri oluşturulur. (2) *Doğrusal ve eğrisel örüntülerin çıkarılması*: Bina kümeleri oluşturulduktan sonra küme içindeki binaların nasıl bir örüntü oluşturulduğu saptanır. Düz ve eğik doğrusal örüntü oluşturanlar, binaların birbiri üstüne izdüşümleri

yardımla belirlenir. Eğrisel örüntülerin belirlenmesinde ardışık iki bina hattı arasındaki kırılma açısından faydalanılır. (3) *Grid şeklindeki örüntülerin çıkarılması*: Doğrusal örüntülerin birbirine paralel veya dik olması durumuna göre belirlenir.

2.3 Bağlamsal Bina Genelleştirmesi

Bağlamsal bina genelleştirmesi; tipikleştirme, eleme, birleştirme, kaynaştırma ve öteleme gibi bir binanın diğer binalar ile olan ilişkileri dikkate alınarak gerçekleştirilen işlemleri içerir [19]. Bu tezin konusu öteleme olduğu için burada bina ötelemesi ile ilgili özellikle son yıllarda yapılmış önemli çalışmalar özetlenmektedir.

Araştırmacıların sunduğu bina öteleme yaklaşımları iteratif ve bütüncül (global/holistik) olarak ikiye ayrılmaktadır. İlk yaklaşımda her bina, uyuşmazlıkları çözülmüceye kadar iteratif olarak sırayla ötelenirken, diğer yaklaşımda binaların ötelenmiş konumu gösteren öteleme vektörü bir defada hesaplanır [32].

İteratif yaklaşımı temel alan bir çok öteleme yöntemi bulunmaktadır.

Ruas [33] uyuşmazlıkların belirlenmesi, çözümü ve öteleme sonuçlarının değerlendirilmesini sağlayan sıralı bir öteleme yaklaşımı sunmaktadır.

Lonergan ve Jones [34] haritanın okunabilirlik kısıtını dikkate alarak en yakın komşuluk mesafesinin arttırımına dayalı iteratif bir bina öteleme yaklaşımı sunmuşlardır. Ayrıca bu yöntemi benzetilmiş tavlama (simulated annealing) temelli bir öteleme yöntemi ile karşılaştırarak birincisinin ikincisinden daha iyi olduğunu göstermişlerdir.

Ai ve Oosterom [35] alan temelli bir öteleme yaklaşımı kullanmışlardır. Delaunay üçgenleri yardımla öteleme alanları oluşturarak, bu alanların yayılma yönü ve büyüklüğü yardımla binalar arasındaki uyuşmazlıkların giderilmesi biçiminde bir yöntem izlemişlerdir.

Lu vd. [36] elektrik alan kuvveti (electric field force) modeli yardımla binalar arasındaki uyuşmazlıkları belirlemişler ve öteleme vektörlerinin hesaplamışlardır. Bu amaçla, elektrik yüklü parçacıkları temsil etmesi adına haritadaki nesnelerin dış hatları üzerinde noktalar oluşturulur ve partiküller arasındaki elektriksel itme kuvveti yardımla nesneler arasındaki uyuşmazlıklar ve öteleme miktarı belirlenir.

Basaraner [8] binaların ötelenmesi için iteratif bir genelleştirme yöntemi sunmuştur. Bu kapsamda ilk olarak uyuşmazlık gösteren nesneleri tanımlamak için yakınlığa bağlı olarak kümeler oluşturulmaktadır. Tampon alan ve Voronoi çokgenleri yardımla

genelleştirme bölgeleri elde edildikten sonra Voronoi çokgenleri, mekânsal analizler ve çok ölçütlü karar verme yöntemleri yardımıyla bu bölgeler içinde ötelemeye aday olan binalar belirlenmekte ve öteleme vektörü hesaplanmaktadır.

Sun vd. [37] bina hizalılığı kısıtını karşılayan geliştirilmiş immün genetik algoritması (IGA) kullanmaktadır. Bu çalışmada, yol ağı yardımıyla oluşturulan bölgelere uygulamak suretiyle IGA ile genetik algoritması (GA) karşılaştırılmaktadır. Bulgular, grafik uyumsuzlukların çözümünde ve mekânsal ilişkilerin korunmasında IGA'nın GA'dan daha başarılı olduğunu göstermiştir.

Wei vd. [38] kentsel binaların genelleştirilmesinde diğer bağlamsal genelleştirme işlemlerinden de yararlanan işbirlikçi bir öteleme yaklaşımı sunmaktadırlar. İlk olarak, Delaunay üçgenlemesi yardımıyla oluşturulan vektör alan (vector field) tabanlı öteleme işlemi uygulanıp daha sonra ek bir öteleme işlemine gereksinim olup olmadığını belirlemek için binalar arasında ve yollar ile binalar arasındaki uyumsuzluklar hesaplanmaktadır. Son olarak kartografik açıdan kabul edilebilir bir sonuç elde edebilmek için eleme ve birleştirme gibi diğer genelleştirme operatörleri uygulanmaktadır.

Diğer taraftan binanın öteleneyeceği konumu gösteren öteleme vektörünün bir defada hesaplandığı çeşitli **bütüncül yaklaşımlar** da mevcuttur.

Mackaness [39] döngüsel ve iteratif bir yaklaşım önermiştir. Kümeleme yardımıyla mekânsal uyumsuzlukları belirledikten sonra radyal (merkezden dışa doğru) öteleme ile mekânsal ilişkileri önemli ölçüde koruyarak bu uyumsuzlukları çözmektedir.

Bader vd. [40] bina ötelemesi için bir optimizasyon tekniği sunmuşlardır. Bu kapsamda, binalar arasındaki önemli mekânsal ilişkilerin korunması için sünek (biçimlendirilebilir) kafes (ductile truss) mantığı kullanılmaktadır.

Liu vd. [41] zorlanmış Delaunay üçgenlemesi (ZDÜ) ve esnek kiriş (elastic beam) yöntemine dayalı bir yaklaşım önermektedir. Veri setini yollara göre böldükten sonra, uyumsuzlukları belirlemek ve yakınlık çizgesi oluşturmak için ZDÜ ile boşlukların iskeletini elde ederken, bunları öteleme ile çözmek için döngüsel ve yinelemeli bir işlem uygulamaktadırlar. Oluşturulan çizge, küme bilgisi kullanılarak düzenlendikten sonra, daha önce belirlenmiş olan uyumsuzluklardan türetilen kuvvetler kullanılarak geliştirilmiş olan esnek kiriş algoritması ile deforme edilmektedir. Kullanılan öteleme yöntemi bu şekilde kartografik kısıtlamaları karşılamaya çalışmaktadır.

Ai vd. [42] bina ötelemesinde çoklu uyumsuzlukları çözmek için bir vektör alanı modeli oluşturmaktadırlar. Bu amaçla, işlem görececek olan binaları gruplara ayırmak

için Delaunay üçgenlemesi kullanılarak skaler bir alan oluşturulmaktadır. Daha sonra uyumsuzlukların belirlenmesi için bir vektör alan oluşturulmaktadır. Ötelemenin yönü ve büyüklüğü, bu vektör alanının eş değerli çizgi modeline göre hesaplanmaktadır.

Sun vd. [32] binaların ötelenmesinde yılan algoritmasını kullanmıştır. Bu amaçla, ilk olarak harita alanı ulaşım ve akarsu ağına göre bölünmektedir. Daha sonra, ZDÜ'den türetilen ağırlıklı yakınlık çizgesi yardımıyla binaların kendi aralarındaki ve yollar ile binalar arasındaki mekânsal yakınlık ilişkilerini temsil eden çatı makası yapısı oluşturulur. Çizge ile birbirine bağlı nesneler arasındaki kuvvetler tampon alan yöntemi ile hesaplanıp yılan algoritmasında kullanılır. Bu şekilde, kartografik ve mekânsal ilişki kısıtlarını sağlamaktadırlar.

Huang vd. [43] öteleme işlemi için iyileştirilmiş parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO) algoritması kullanmaktadırlar. Bu bağlamda, kartografik öteleme kurallarına bağlı olarak ilk hareket vektörü hesaplanmaktadır ve binaların ilk konumları parçacıkların ilk konumları olarak kullanılmaktadır. Buna ek olarak, PSO'yu immün genetik algoritma (IGA) ile karşılaştırarak PSO'nun IGA'dan daha doğru sonuç verdiğini göstermişlerdir.

Maruyama vd. [44] binaların ötelenmesini doğrusal programlama kullanarak kısıtlanmış optimizasyon problemi olarak ele almışlardır. Haritadaki nesnelerin mekânsal ilişkilerini kısıtlar olarak tanımlayıp harita ölçeğine göre aşırı ötelenen binaların gereğinden fazla ötelenmesini engelleyen bir maliyet fonksiyonu ile öteleme işlemini optimize ederler.

2.4 Ülkemizdeki Bina Genelleştirme Çalışmaları

Ülkemizde, 1:25 000 - 1:500 000 ölçek aralığındaki topografik haritaların üretiminden Harita Genel Müdürlüğü (HGM) sorumludur. 2000'li yıllara kadar klasik yöntemlerle yapılan harita üretimi sonrasında bilgisayar destekli olarak sürdürülmüştür [45].

Ülkemizde bina genelleştirmesi konusunda yapılan doktora tez çalışmalarının özet bilgileri aşağıdaki gibidir:

Bildirici [46], alanında ilk ticari kartografik genelleştirme yazılımı olan, Hannover Üniversitesi Kartografya Enstitüsü tarafından geliştirilen ve bina ile yol objelerini işleyebilen CHANGE sistemini tanıtmıştır. Bu sisteme eklediği fonksiyonlar ve AutoCAD Map yazılımı yardımıyla Türkiye'ye ait verileri kullanılarak yapılan uygulama üzerinden genelleştirme parametrelerinin önemini ve nasıl seçilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Uygulamadan elde edilen bulguların klasik yöntemle üretilen

haritalarla karşılaştırılabilecek kalitede olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Başaraner [47], nesne yönelimli LAMPS2 yazılımı içerisinde topografik verileri modelleyerek orta ölçekli topografik haritaların genelleştirme yoluyla üretilmesinde bina ve yerleşim alanlarına yönelik otomatik genelleştirme yöntemleri geliştirmiştir. Genelleştirme çözümlerini, tek binaların ve bina gruplarının genelleştirilmesi olarak iki aşamalı olarak uygulamıştır. Bu amaçla, bağımsız bina genelleştirmesini takiben yol ağı yardımıyla çalışma alanını bloklara ayırmış ve bu bloklar içinde bina grupları için Voronoi diyagramlarına dayalı bir yöntem önermiştir. Bu yöntemde, binaları grafik uyumsuzluklarına göre kümelemiş, blok ve bina kenarları üzerinde sıklaştırma yoluyla noktalar üretilip bu noktalardan Voronoi çokgenlerini ve bu çokgenlerin bina grupları temelinde birleştirilmesiyle bağlamsal genelleştirme çözümlerinin üretileceği Voronoi bölgelerini elde etmiştir. Voronoi bölgelerinin yoğunluğuna ve ilgili mekânsal karakteristikler ve ilişkilere özgü ölçülerin değerlerine bağlı olarak tipikleştirme, birleştirme ve kaynaştırma uygulamıştır. Bu çalışmada öteleme uygulanmamış, fakat öteleme uygulanacak bölgeler belirlenmiştir.

Aslan [45] binaların ulaşım ağlarından ötelenmesi ve tipikleştirme işlemlerinin otomasyonu için yeni yaklaşımlar sunmuştur. Orta ölçekli haritaların üretilmesinde binaların tipikleştirilmesi için mesafe ve açı yöntemleri geliştirmiş ve bu yöntemleri kırsal alanlardaki binalara uygulamıştır. Bu yöntemlerde hedef ölçekteki işaret büyüklükleri ve minimum bina mesafesi kriterlerini parametre olarak kullanmıştır. Tipikleştirme uygulanan veriyi, ağ temelli basitleştirme yöntemi ile de karşılaştırmış ve sonuçların benzer olduğunu belirlemiştir. Ayrıca, hedef ölçekte binaların ve yol ağının işaretlerinin çakışmasını engellemek için yol ağı ile uyumsuzluk gösteren binaya uygulanan tampon alan ve bina-yol mesafesinden yararlanarak yeni bir öteleme yöntemi geliştirmiştir. Uygulanan yöntemlerin sonucunda, binalar arasında olması gereken minimum mesafe kriterinin daha iyi sağlandığını gözlemlemiştir.

MEKANSAL ÖRÜNTÜ TANIMA VE BAĞLAMSAL GENELLEŞTİRME

Haritadaki bir nesnenin doğru bir şekilde genelleştirilebilmesi için öncelikle o nesnenin içinde bulunduğu mekânsal bağlamın yani haritadaki diğer nesnelerle olan ilişkisinin bilinmesi gerekir [48]. Başka bir ifadeyle, genelleştirme işlemi nesnelerin mekânsal bağlamıyla ilintilidir [49]. Dolayısıyla, aynı türdeki (sınıftaki) eşdeğer ya da benzer özelliklere sahip nesnelere, bulundukları yerlerdeki diğer nesnelerle olan mekânsal ilişkilerine göre farklı genelleştirme işlemleri uygulanabilir. Klasik genelleştirmede, kartograf mekânsal bağlamı bütüncül olarak algılar. Sayısal ortamda ise yardımcı veri yapıları kullanılarak nesnelerin mekânsal örüntülerinin ortaya çıkartılması gerekir.

3.1 Mekânsal Örüntü Tanıma

Örüntü, veri içindeki belirli bir düzen olarak tanımlanabilir [19]. Mekânsal örüntüler, coğrafi veri içerisinde gizli olarak bulunurlar ve ortaya çıkarılabilmeleri için ileri yöntem ve analizlere gerek duyulur. Bunlar arasında sıklıkla kullanılanlar; MST, Delaunay üçgenleri ve Voronoi çokgenleridir. Bu yöntemler yardımıyla elde edilen bilgiler, mekânsal nesnelerin ilişkilerinin belirlenmesi, uyumsuzluk saptaması, genelleştirme operatörü, algoritması ve parametresi seçimi işlemlerinde kullanılmaktadır [48].

Mekânsal örüntü tanıma, bağlamsal genelleştirme için bir ön işlemdir. Mekânsal örüntü tanımanın başlıca amacı; (1) uygulanacak genelleştirme işleminde gerekli olan bilgiyi ortaya çıkarmak, (2) kaynak veriyi zenginleştirmek ve (3) yoğunluk, yakınlık, dağılım ve topolojik ilişkiler gibi genelleştirmeye rehberlik edecek ikincil ölçütleri türetmektir [4].

Yıllardan beri hem klasik hem sayısal genelleştirmede mekânsal örüntülerin belirlenmesi için Gestalt ilkeleri yol gösterici olmuştur [4]. Bunlar sırasıyla yakınlık

(proximity), benzerlik (similarity), kapanma (closure), süreklilik (continuity) ve ortak kader/aynı yön (common fate) ilkeleridir. Bina dizilimlerinin belirlenmesi dikkate alındığında ortak bölge (common region) ilkesi de bu listeye eklenmelidir [50].

Binaların içinde bulunduğu doğrusal örüntüler, Gestalt'ın süreklilik ilkesiyle ilişkilidir. Bu örüntüler, diğer örüntülere göre haritalarda daha yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, mümkün olduğunca korunmaları için spesifik bir yaklaşım geliştirilmesi gerekir.

3.2 Bağlamsal Genelleştirme

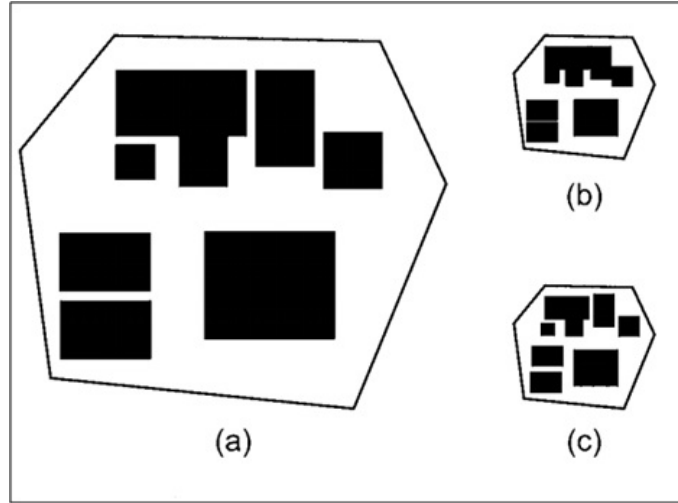
Genelleştirme işlemi, uygulanacağı nesne sayısı göz önüne alındığında bağımsız (individual) ve bağlamsal (contextual) olarak ikiye ayrılabilir. Bağımsız genelleştirme, diğer nesnelerle olan ilişkilerine bakılmaksızın tek nesneye uygulanır. Basitleştirme, yumuşatma, dönüştürme, büyültme ve abartma bu işlemlerdendir. Bağımsız nesneleri ilgilendiren genelleştirme işlemlerine ait birçok algoritma bilim insanları tarafından geliştirilmiştir. Bağlamsal genelleştirmede ise öncelikle nesnelerin yakın çevresindeki nesnelerle ilişkileri (yakınlık, semantik bilgi, büyüklük, şekil, dönüklük vb.) bağl olarak analiz edilir. Yani, bağlamsal genelleştirmede bir nesnenin özellikleri tek başına bir anlam ifade etmez.

Bağlamsal genelleştirme işlemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir [47]:

- Kaynaştırma (amalgamation), aynı sınıftaki nesnelerin birleştirilmesidir. Örneğin, yakın iki binanın tek bina olarak gösterilmesi.
- Birleştirme (aggregation), aynı üst sınıfa ait nesnelerin birleştirilmesidir. Örneğin, binaların yakınındaki yerleşim alanıyla birleştirilmesi.
- Tipikleştirme (typification), aynı sınıftaki bir grup nesnenin mekânsal dağılımını mümkün olduğunca bozmadan nesne sayısının azaltılmasıdır.
- Eleme (elimination), bir grup nesne arasından daha az gerekli olan(lar)ın silinmesidir.
- Öteleme (displacement), nesnelerin mekânsal dağılımını mümkün olduğunca koruyarak haritanın okunabilirliğini sağlamak adına nesnelerin konumunun değiştirilmesidir.

3.2.1 Öteleme

Haritanın hedef ölçeğe küçültülmesi ve tek binalar ile onları çevreleyen nesnelerin (yol ve akarsu gibi) işaret büyüklüklerinin arttırılması ve genelleştirilmesi sonucunda öteleme gereksinimi ortaya çıkabilir. Bu durumda, nesneler arasındaki mesafeler gözün ayırt etme sınırının altına düşebilir ve nesneler arasında uyuşmazlık meydana gelebilir. Bu şekilde nesneler arasında uyuşmazlık oluştuğunda çözüm olarak bir ya da daha fazla nesne elenir, birleştirilir ya da ötelenir. Bunlar içerisinde öteleme otomatikleştirilmesi en zor olan genelleştirme işlemidir [51].



Şekil 3.1 Öteleme işlemi (a) orijinal harita (b) ölçeği küçültülmüş (c) öteleme işlemi sonrası [7]

3.3 Bağlamsal Bina Genelleştirmesinde Kısıtlar

Haritalar genelleştirilirken, genelleştirme problemini etkileyen kriter ve gereksinimlerin dikkatlice tanımlanma ihtiyacı genelleştirme kısıtları kavramını doğurur. Binaların bağlamsal genelleştirilmesinde bu kısıtlar coğrafi, kartografik ve işlemsel kısıtlar olarak üçe ayrılabilir. Coğrafi kısıtlar, nesnelerin mekânsal karakteristikleri ve nesne gruplarının mekânsal ilişkileriyle ilgilidir. Kartografik kısıtlar, grafik limitler ile bağlantılıdır. İşlemsel kısıtlar ise, minimum nesne sayısı ve iterasyon sayısı ile ilgilidir. Minimum nesne sayısının belirlenmesi ise coğrafi ve kartografik kısıtlarla ilintilidir.

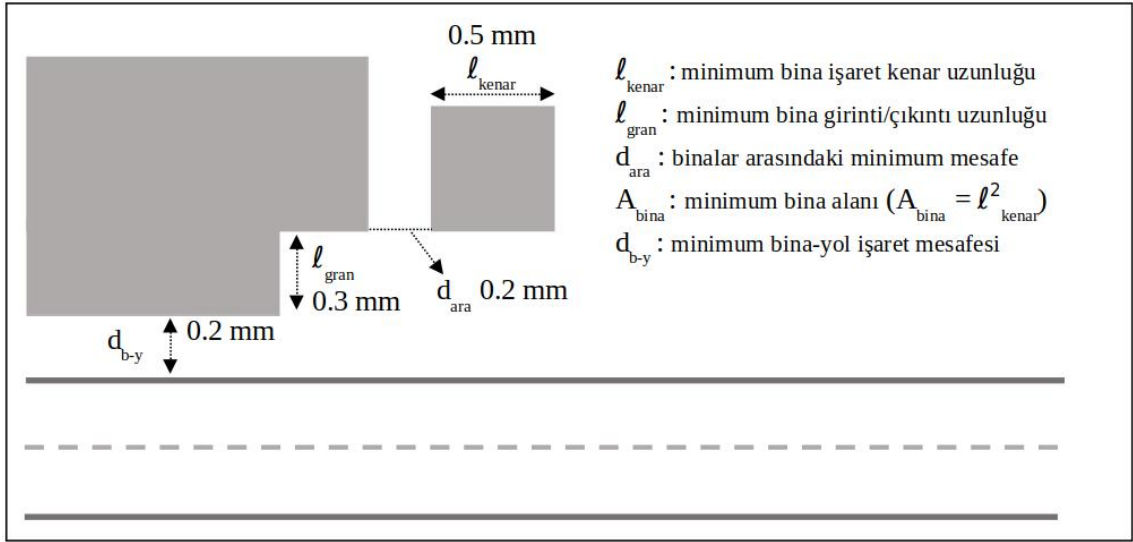
Bina ötelemesi sırasında ortaya çıkan ve dikkate alınması gereken kısıtlar aşağıdaki gibidir [8, 40, 41]:

- Minimum mesafe (MM): Binaların diğer binalar ya da ulaşım ve akarsu ağı gibi çevreleyen nesneler ile arasındaki minimum mesafe hedef ölçeğe ayırt edilebilir

olmalıdır. Minimum mesafe değeri, kartografyada kullanılan grafik limitlere göre 0,2 mm (1:50 000 ölçeği için 10 m)'dir (Şekil 3.2).

- Konumsal doğruluk: Öteleme haritadaki nesnelerin konumlarını değiştirir. Ölçek sınırları içinde nesnelerin konumsal doğruluklarını korumak için maksimum öteleme miktarı sınırlandırılır. Binaların konumsal doğruluğu için uygulanan maksimum öteleme miktarı 0,5 mm (1:50 000 ölçeği için 25 m)'dir [8].
- Mekânsal örüntü ve ilişkiler: Haritadaki önemli olan coğrafi bilgilerin etkili bir şekilde iletebilmesi için nesnelerin oluşturduğu mekânsal örüntü ve ilişkiler mümkün olduğunca korunmalıdır. Bina bağlamında, binalar ya da bina ile çevreleyici nesneler arasındaki yakınlık ilişkilerinin ya da nesnelerin topolojik ilişkilerinin dikkate alınması gerekir. Örneğin, Gestalt prensiplerine göre, belirli bir dizilim gösteren binalar görsel algı için önemlidir ya da topolojik açıdan öteleme sonrasında binalar yolun aynı tarafında kalmalıdır.
- Minimum nesne sayısı: Tipikleştirme/eleme işlemi haritadaki nesne sayısını azaltır. Genelleştirme sonucunda ilgili nesne sayısı kabul edilebilir bir eşik değerin altına düşmemelidir. Bu eşik değeri, kentsel alanlardaki binalar için kaynak haritadaki bina sayısının yarısı olarak alınabilir [52].
- Yineleme (iterasyon) sayısı: Yinelemeli öteleme işleminde uyumsuzlukların belirli sayıda yineleme sonucunda çözülmesi beklenir. Bazı durumlarda, bir çözüm üretmek mümkün olmayabilir. Bu nedenle maksimum yineleme sayısı belirlenir. Bu değeri, öteleme algoritmasında kullanılan bina sayısı ve anlık öteleme mesafesi gibi parametrelere bağlı olarak hesaplanabilir.

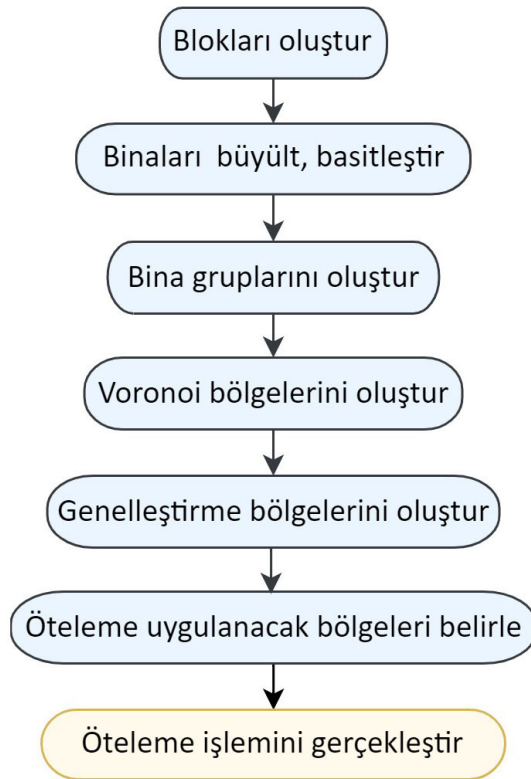
Kısıtlar açısından, mekânsal örüntü ve ilişkilerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi daha karmaşık olduğundan ilk iki kısıt, üçüncüden daha güçlü kabul edilir. Bu nedenle öteleme sırasında ilk iki kısıta doğrudan çözüm bulunmaya çalışılırken, üçüncü kısıtın dolaylı olarak karşılanması için uygun yöntemler geliştirilmelidir. Son iki kısıt ise genelleştirme esnasında doğrudan karşılanmalıdır.



Şekil 3.2 Ulusal topografik haritalar için tek bina, bina-bina ilişkisi ve bina-yol ilişkisine ait grafik limitler [47]

4 YÖNTEM

Bu tez çalışmasında öteleme işlemine başlamadan önce kaynak ölçekteki veriler ötelemeye uygun hale getirilir. Bu kapsamda, çalışma bölgesi küçük birimlere ayrılır. Binalara öteleme işlemi öncesinde uygulanması gereken diğer genelleştirme işlemleri uygulanır. Birbiriyle yakınlık ilişkisi fazla olan binalar belirlenip bu binalar için öteleme işleminin uygulanacağı daha küçük bölgeler oluşturularak öteleme işlemi bu bölgeler içinde gerçekleştirilir. Bu çalışmada takip edilen ana işlem adımlarına ait akış diyagramı Şekil 4.1’de görülmektedir.



Şekil 4.1 Tez çalışmasında takip edilen ana işlem adımları. (Öteleme işlem adımları için bkz. Şekil 4.7)

4.1 Mekânsal Bölümleme

Bina ötelemesi işleminde topolojik ilişkileri korumak önemlidir. Bu ilişkilerin korunması için çalışma bölgesi ulaşım ağı ve akarsu ağı gibi çizgisel nesneler yardımıyla bloklara ayrılır (Şekil 4.2). Böylece bu nesnelerin farklı taraflarında bulunan binalar birbiriyle etkileşim kuramazlar. Başka bir ifadeyle, genelleştirme işleminde aynı bloktaki binalar birlikte işlenir. Bu yaklaşım farklı taraflarda bulunan binaların öteleme sırasında/sonrasında akarsu ve ulaşım ağının yanlış tarafına geçmesini engeller.

Bu çalışmada akarsu ağı bulunmadığı için bloklar sadece 1:50 000 ölçeğindeki yol ağı kullanılarak oluşturulmuştur.

4.2 Bina Gruplarının Oluşturulması

Haritanın hedef ölçeğe küçültülmesinden ve tek bina genelleştirmesi işlemlerinden (özellikle binaların hedef ölçekteki en küçük bina işaret büyüklüğüne büyütülmesinden) sonra binalar arasında uyumsuzluklar ortaya çıkar. Bu uyumsuzlukların çözülmesi için en önemli kriter, grafik limitlere bağlı olarak minimum mesafe kısıtının sağlanmasıdır. Ayrıca yakın nesneler, coğrafi anlamda daha benzer özellikler taşıma eğilimindedir. Gestalt ilkeleri bağlamında ise yakınlık, nesnelerin görsel olarak bir grup biçiminde algılanması sonucunu doğurur. Dolayısıyla binaları minimum mesafe kısıtına bağlı olarak gruplamak öteleme açısından önemli ve mantıklıdır. Bu bağlamda grafik limitlere bağlı minimum mesafe kısıtına göre aynı bloklardaki binalara tampon alan uygulanarak beraber işlem görecektir bina grupları oluşturulmaktadır. Böylelikle uyumsuzluk gösteren ve birlikte ötelenecek binalar grup olarak elde edilir (Şekil 4.2) [19]. Gruplama bakımından, yakınlık kriteri dikkate alındığında tampon alan analizi yaklaşımının, kendini düzenleyen haritalar, çizge kümelemesi, çok düzeyli çizge bölümleme, MST, hiyerarşik kısıt, yerel kısıt, çoklu parametre ve mekânsal biliş yaklaşımlarından önemli ölçüde daha iyi performans sergilediği gösterilmiştir [31].

4.3 Genelleştirme Bölgelerinin Oluşturulması

Binalar, kendi aralarındaki ve diğer nesnelerle olan ilişkilere bağlı olarak farklı örüntüler oluşturabilirler. Bu durum kartografik genelleştirme bakımından ele alınacak farklı mekânsal bağlamlar anlamına gelmektedir. Her ne kadar bloklar bir defada beraber işlem görecektir binaların sayısını sınırlasa da bloklar içerisinde her örüntüye uygun bir öteleme kararı vermek kolay değildir. Bu nedenle genelleştirme problemini daha küçük bölgelere indirgeyecek genelleştirme birimleri oluşturmak

daha uygun olacaktır. Bu gereksinimden yola çıkarak [8]'de önerildiği gibi Voronoi bezemesi (VB) ve tampon alan yöntemleri yardımıyla bloklar içerisinde genelleştirme bölgeleri oluşturulur. VB, blok içindeki alanın bina gruplarına eşitlikçi anlayışla paylaştırılmasını sağlar. Tampon alan ise konum doğruluğu açısından öteleme mesafesini sınırlar. Bunun için tüm bina ve yerleşim alanı kenarlarında 5 m aralıklı nokta sıklaştırması yapılır. Bu noktalar aracılığıyla Voronoi çokgenleri oluşturulur. Ardından, bu çokgenlerden aynı grupta olan binalarla kesişenler birleştirilerek Voronoi bölgeleri oluşturulur. Ayrıca bina grupları için konumsal doğruluk eşik değeri (KDED, 1:50 000 ölçeği için 25 m) kadar kombine tampon alan oluşturulur. Sonrasında, aynı bina grubuna ait olan Voronoi bölgeleri ile kombine tampon alanların kesişimi elde edilir. Son olarak, bu kesişim alanı, bloktan içeri doğru minimum mesafe değeri kadar kırpılır. Sonuç geometri, genelleştirme bölgesi olarak adlandırılır (Şekil 4.2).

Genelleştirme bölgeleri¹, blok içinde birbirine yakın binaların birlikte genelleştirilmesini sağlayarak binalar arasındaki mekânsal ilişkilerin korunmasına katkı sağlar. Ayrıca, bölgeler, özel bina örüntüsü içeriyorlarsa, uygun biçimde düzenlenerek bu örüntülerin korunması sağlanır.

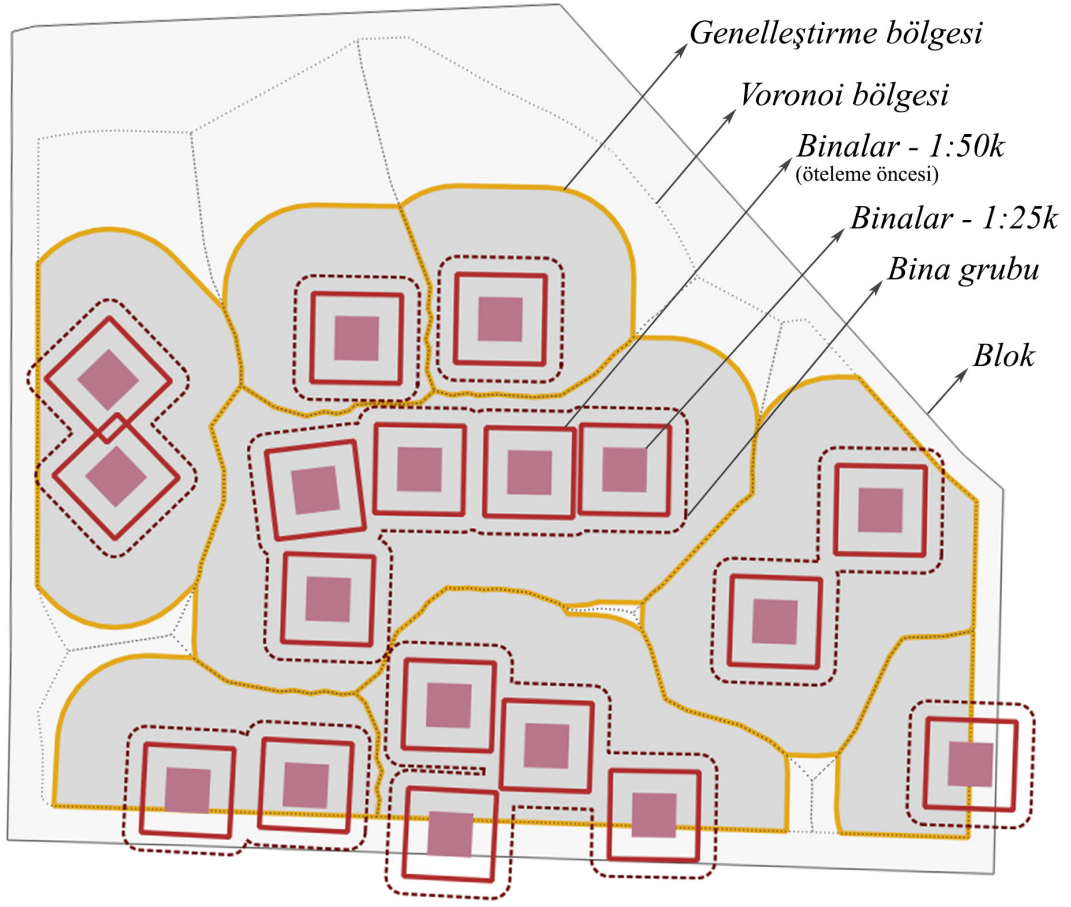
4.4 Öteleme Yapılacak Bölgelerin Belirlenmesi

Öteleme işlemi, genellikle tek nesne genelleştirmesi ile diğer bağlamsal genelleştirme işlemlerinden sonra uygulanır. Bölgeler oluşturulduktan sonra bölgelerin bina öteleme için uygun olup olmadığını belirlemek için bölgesel bina yoğunluğu analizi yapılır (Eşitlik 4.1). Çünkü her bölge, içerdiği bina yoğunluğuna bağlı olarak öteleme için uygun olmayabilir. Bina yoğunluğunun yüksek olmadığı bölgelerde öteleme işlemi uygulanır.

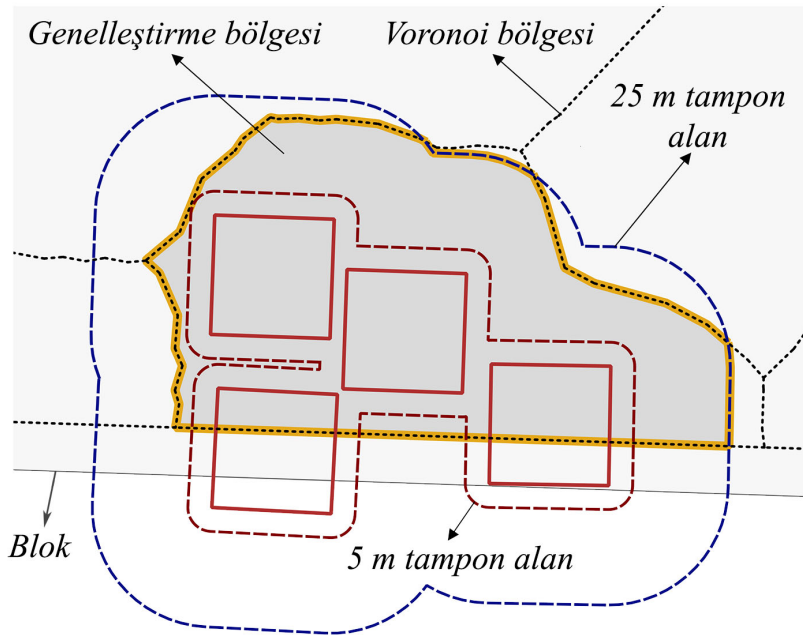
Diğer taraftan, öteleme uygulanmaya karar verilen bölgelerde ilk öteleme denemesinde uyuşmazlıklar çözülmezse bina sayısı tipikleştirme/eleme ile azaltılarak kalan binalar üzerinden öteleme işlemine devam edilir (bkz. Bölüm 4.8.3.3). Bu işlem esansında bina sayısının kabul edilebilir bir sınırın (bölgedeki ilk bina sayısının yarısının) altına düşmesine izin verilmez [52].

Başlangıçta bölge içinde bina yoğunluğu düşükse bina sayısını azaltmaya gerek kalmadan öteleme işlemi gerçekleştirilebilir. Mekânsal bağlamın çeşitlilik sergilemesinden dolayı tüm bölgeler için kesin bir yoğunluk sınırı belirlemek zordur. Bu nedenle denemeler sonucunda yüksek yoğunluk eşik değeri %85 olarak belirlenmiştir. Bu değerden daha yüksek yoğunluğa sahip olan bölgelerde,

¹Tezin bundan sonraki kısımlarında “bölge” kelimesi ile “genelleştirme bölgesi”, “binalar” kelimesi ile ilgili genelleştirme bölgesi içindeki binalar ifade edilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 4.2 Blok, genelleştirme bölgesi ve bina grupları ([8]'den uyarlanarak)

kaynaştırma veya birleştirme işlemlerinin uygulanması uygundur. Yani öteleme işlemi, bina yoğunluğu %85 ve altı olan bölgelerde uygulanır. Bölgedeki yoğunluk yeterince düşük değilse, uygulanan öteleme işlemi başarısızlığa uğrayacaktır. Bu nedenle, tipikleştirme/eleme ile yoğunluk bir miktar azaltıldıktan sonra öteleme işlemi tekrarlanır.

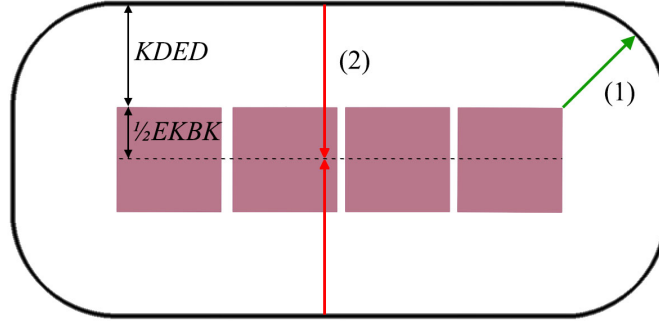
$$Yog_{GB} = \frac{1}{A_{GB}} \sum_{i=1}^{n_B} A_i \quad (4.1)$$

Bu eşitlikte A bina alanını, n_B ise bölge içindeki bina sayısını göstermektedir.

4.5 Bina Örüntülerinin Belirlenmesi

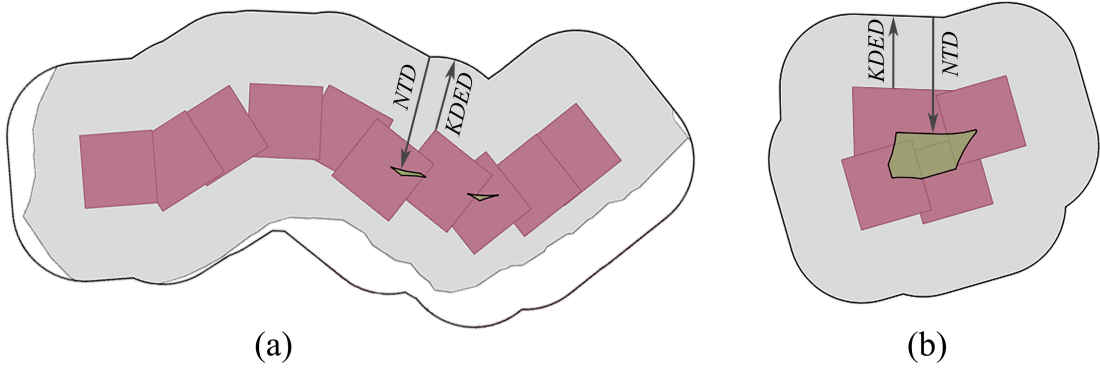
Bölüm 2.2 'de söz edildiği gibi bina örüntülerinin belirlenmesi ve tanımlanması için farklı ve genellikle karmaşık birçok yaklaşım vardır [13, 27, 53–55]. Özellikle doğrusal (eşdoğrusal ve eğrisel) örüntülerin belirlenmesi için yaklaşımlar geliştirilmesine gereksinim vardır. Çünkü diğer örüntü türlerine göre çok daha kolay bozulmaya uğrarlar ve bu bozulmalar çok belirgindir [27]. Bu amaçla, bu çalışmada ardışık tampon bölgeler oluşturulmasına dayalı bir yaklaşım ile doğrusal örüntü gösteren binaların belirlenmesi ve bu örüntülerin mümkün olduğunca korunması için ilgili bölgelerin daraltıldığı pratik bir yöntem önerilmekte ve uygulanmaktadır. Bu yöntemde konumsal doğruluk eşik değeri ve en küçük bina kenar (EKBK) uzunluğu değeri olan 0,5 mm (1:50 000 için 25 m) kullanılmaktadır. Aşağıdaki adımlar takip edilerek bölgenin doğrusal örüntü içerip içermediği belirlenmektedir (Şekil 4.3 ve 4.4):

- Binaların kombine tampon alanı oluşturulur. Tampon alan mesafesi daha pürüzsüz bir geometri elde etmek için KDED kadar uygulanır.
- Oluşan geometriye negatif yönde tampon alan uygulanır. Uygulanan bu işlem kusursuz biçimde doğrusal dizilimli binalar için Şekil 4.3'te de görüleceği üzere boş bir geometri döndürecektir. Birçok örüntü bu kadar düzenli bir hizalılık içermeyeceği için örüntü belirlenirken negatif tampon alan oluşturma işlemi bir tolerans değeri eklenerek uygulanır. Bu nedenle negatif tampon alan değeri (NTD), $KDED + \frac{1}{2}EKBK + t$ den elde edilen değer (1:50 000 için 40 m) kadar uygulanır. Bu çalışmada yapılan denemeler sonucunda t (tolerans) değeri EKBK uzunluğunun $1/5$ 'i olan 2,5 m olarak belirlenmiştir.
- Elde edilen son geometrinin alanı minimum bina alanının karekökü olan 25 m²'den küçükse ya da boş bir geometri elde edilmişse bu bölgedeki binaların



Şekil 4.3 En ideal biçimde hizalanmış bina grubundaki örüntüyü belirlemek için kullanılan (1) pozitif ve (2) negatif tampon alan büyüklükleri

doğrusal örüntü gösterdiği kabul edilir (Şekil 4.4a). Eğer 25 m²'den büyükse o bölgedeki binalar doğrusal örüntü içermiyordur (Şekil 4.4b). Eğer son geometri, çoklu çokgen türünde ise (Şekil 4.4a) çokgen parçalarının en büyük alanlı olanı dikkate alınır.

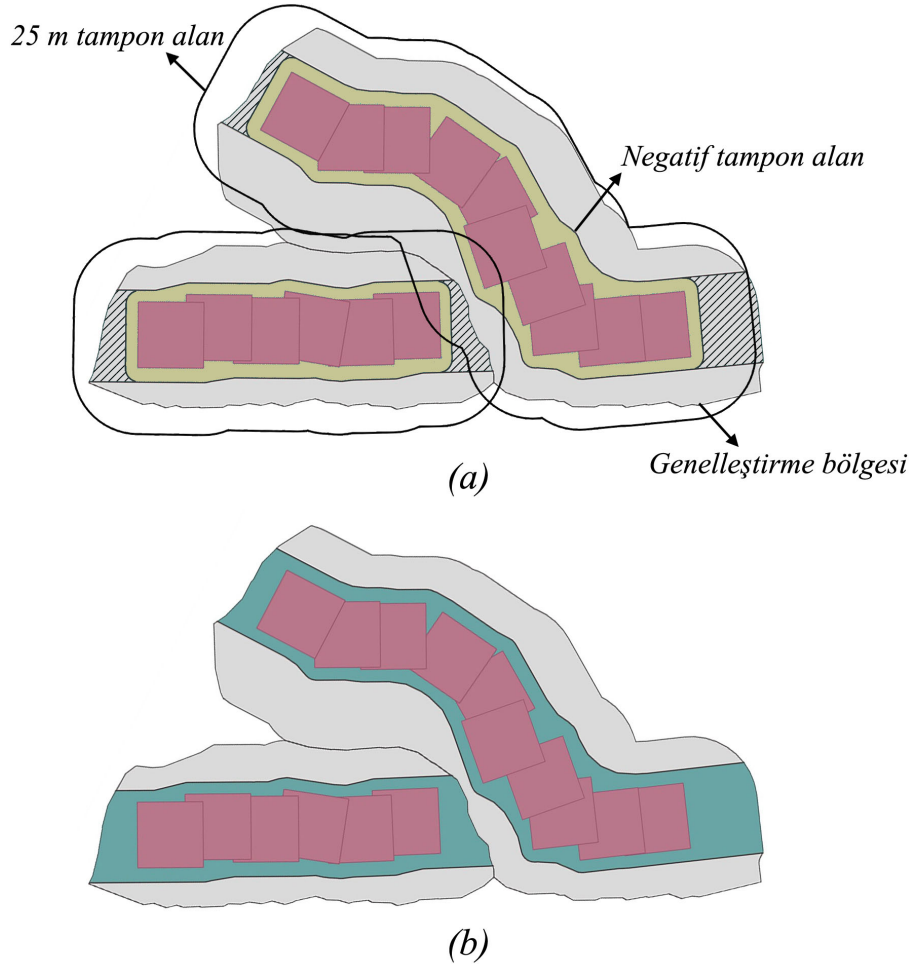


Şekil 4.4 Doğrusal örüntü içeren bölgelerin belirlenmesi (a) doğrusal örüntü var, (b) doğrusal örüntü yok

Doğrusal örüntü içerdiği tespit edilen bölgeler öteleme esnasında bu örüntülerin bozulmaması için daraltılır. Daraltma işlemi aşağıdaki adımlar izlenerek gerçekleştirilir:

- “Bölge içine öteleme” (bkz. Bölüm 4.8.2) işleminden sonra binalara konumsal doğruluk mesafesi kadar geçici kombine tampon alan oluşturulur.
- Geçici tampon alanlardan negatif tampon alan oluşturulur. Bölgenin daraltılmış durumunda binalara hareket alanı sağlamak için negatif tampon alan büyüklüğü, Konumsal doğruluk mesafesinden 5 m çıkarılarak (20 m) uygulanır (Şekil 4.5a).

- Doğrusal örüntü içeren bina grubunun en ucunda yer alan iki binanın bölgenin uç kısımlarına en yakın olan kenarları bölge sınırına uzatılır. En uçtaki binalar, bölgedeki binaların ortalama konumuna en uzak olan binalardır. Bu binaların bölgenin uç kısmına en yakın olan kenarları ise, ilgili bina kenarlarının orta noktalarından binaların ortalama konumuna en uzak olanlarıdır. Arada kalan alanın 5 m'lik tampon alanı (Şekil 4.5a'daki taralı alan), bir önceki adımda oluşturulan alanla birleştirilerek örüntü içeren binalar için daraltılmış yeni bölge oluşturulur (Şekil 4.5b).



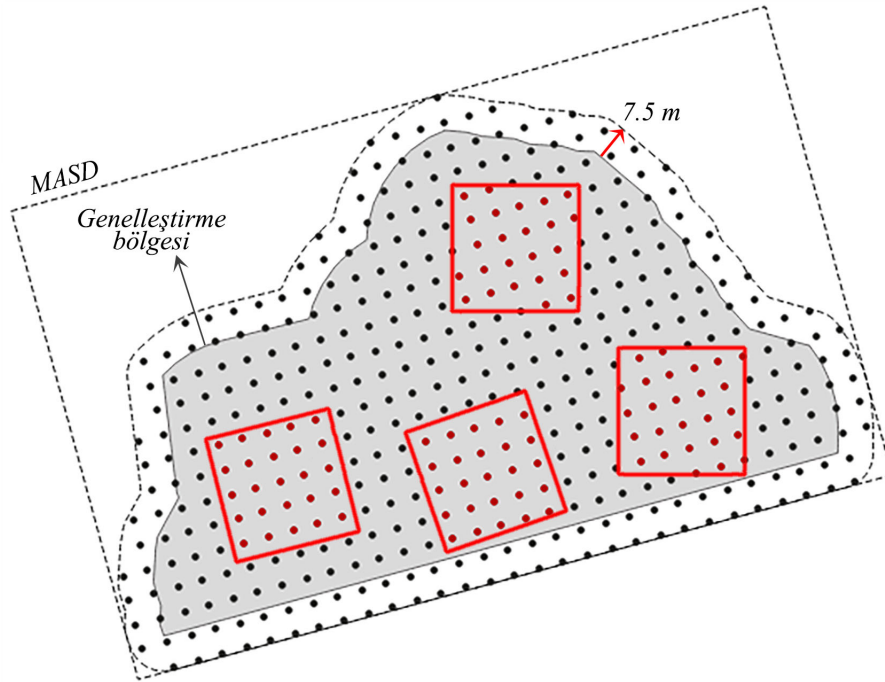
Şekil 4.5 Doğrusal örüntü içeren bölgelerin daraltılması. (a) Geçici tampon alanlara uygulanan negatif tampon alan (açık yeşil) ve daha sonra eklenen alanlar (taralı), (b) daraltılmış bölge (koyu yeşil)

4.6 Grid Nokta Ağının Oluşturulması

Binaların ötelenmesi sırasında bölge içindeki farklı konumların binaların ötelenmesine ne derece uygun olduğunu belirlemek için grid nokta ağı türetilir. Bu amaçla, grid nokta aralığının 5 m (1:50 000'de 0.1 mm) olması uygun görülmüştür. Bu nokta

ağının, bölge kenarına yakın binaların öteleme sırasında bölge kenarına daha kolay yaklaşmasına yardımcı olabilmesi için mevcut bölge sınırının bir miktar dışına da taşırılması uygun görülmüştür. Bu bağlamda, grid nokta aralığı köşegen değeri dikkate alınarak bölgenin 7,5 m'lik tampon alanı oluşturulmuştur. Sonrasında, bu tampon alanın minimum alanlı sınırlayıcı dikdörtgeni (MASD) içerisinde grid noktaları türetilmiştir (Şekil 4.6).

Bu nokta ağında binaların içine düşen noktalar, binaları temsil eden dayanak noktaları olarak kabul edilir ve tüm noktaların bina yoğunluğuna bağlı olarak ağırlıkları, bu dayanak noktaları yardımıyla hesaplanır. Ön denemeler sonucunda, 5 m'den daha geniş aralıklı (düşük çözünürlüklü) nokta ağının, binaların her bir adımda öteleneceği doğrultuların hassasiyetini düşürdüğü gözlenmiştir. Bu durum, bölge içindeki öteleme işleminin çok çabuk sonuçlanmasını sağlasa da bölgedeki bina sayısını öteleme çözümü bulunabilmesi için yeterli sayılabilecek sayının altına çekmekte ve binalar arasındaki komşuluk ilişkilerini kolayca bozmaktadır. Ayrıca binayı temsil edecek yeterli sayıda nokta oluşturulamamaktadır. Daha dar aralıklı noktalar ise sonuçlar üzerinde belirgin bir katkı sağlamamakla birlikte işlem süresini oldukça artırmaktadır.



Şekil 4.6 Genelleştirme bölgesinde oluşturulan düzenli nokta ağı. Bina içine düşen (kırmızı) noktalar binaların ağırlıklandırılmasında dayanak noktası olarak kullanılmaktadır

4.7 Grid Noktalarının Ağırlıklandırılması

Grid noktaları, binaların ötelenmesi için uygunlukları bakımından ağırlıklandırılırlar. Bu amaçla, Çekirdek Yoğunluk Fonksiyonu (KDE – Kernel Density Estimation) kullanılmaktadır. Bu fonksiyon ile yoğunluk yüzeyi oluştururken öncelikle binaları temsil edecek dayanak noktalarına gereksinim vardır. Bu kapsamda, bir önceki adımda oluşturulan grid nokta ağından binaların içine düşenler kullanılırlar (Şekil 4.6). Bu noktalardan hesaplanan KDE değerlerinin tersleri ($1/\text{değer}$) alınır. Böylelikle, binalara yakın noktalar düşük, binalardan uzak olan noktalar büyük değere sahip olur. Öteleme açısından bakıldığında, noktanın ağırlık değerinin büyük olması o noktanın konumunun öteleme için daha uygun olduğunu gösterir.

4.7.1 Çekirdek Yoğunluk Kestirimi (KDE)

KDE, ayrıık noktaları sürekli bir yoğunluk yüzeyine dönüştürmek için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Daha çok noktaya sahip alanlar için daha az noktaya sahip alanlara kıyasla daha yüksek değerler üreterek noktaların yoğunluk özelliklerini korur [56]. KDE, Eşitlik 4.2 kullanılarak hesaplanır [57].

$$g(x, y) = \frac{1}{h^2} \sum_{i=1}^{n_{BP}} K\left(\frac{d_i}{h}\right) \quad (4.2)$$

Bu eşitlikte, n_{BP} binaları temsil eden noktaların sayısını, $g(x, y)$ bir noktadaki yoğunluk değerini, d_i binayı temsil eden noktanın KDE değeri hesaplanacak olan noktaya olan mesafesi, h bant genişliğini, K ise çekirdek fonksiyonunu göstermektedir.

Bu eşitlikteki en önemli iki değişken, bant genişliği ve çekirdek fonksiyonudur. Bu ikisinin KDE hesaplanmadan önce belirlenmesi gerekir. Çünkü hesaplanacak yoğunluk yüzeyindeki değer değişimlerinin daha ani ya da daha kademeli olması bu değişkenlere bağlıdır. Uygun bir bant genişliği değeri belirlemek çoğunlukla zordur. Birçok durumda bu değerin belirlenmesi veriye bağlıdır ve genellikle deneysel olarak belirlenir. Aynı şekilde çekirdek fonksiyonunun belirlenmesi de deneyseldir. Çoğunlukla Gauss çekirdek fonksiyonu kullanılır. Bu iki değişken karşılaştırıldığında, bant genişliğinin belirlenmesi çekirdek fonksiyonunun belirlenmesinden çok daha büyük öneme sahiptir [56, 57]. Bu çalışmada, Gauss çekirdek fonksiyonu kullanılmış ve ön denemeler sonucunda bant genişliği 25 m olarak belirlenmiştir.

4.8 Öteleme İşleminin Uygulanması

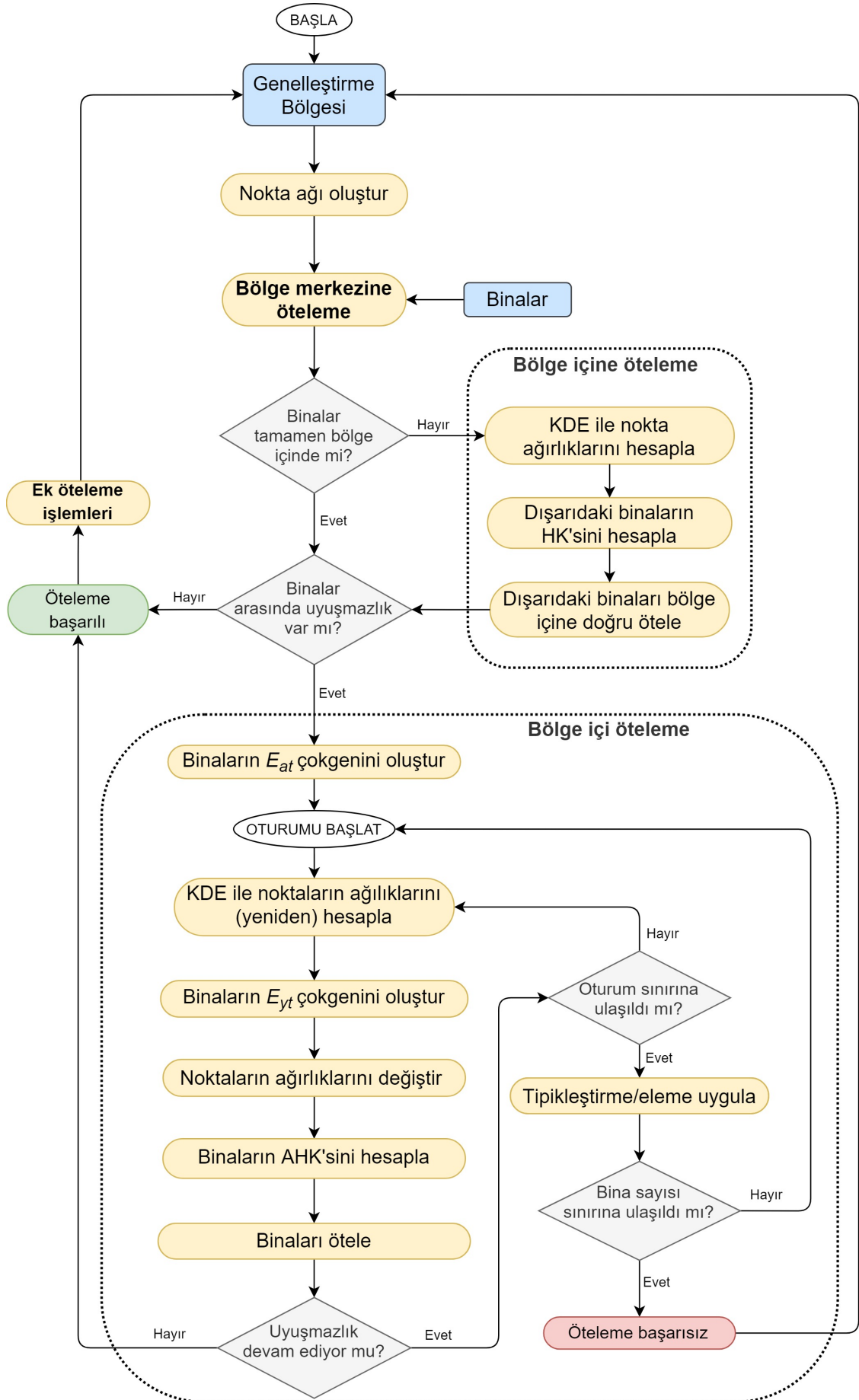
Öteleme işlemi üç ana adımdan oluşmaktadır (Şekil 4.7). İlk olarak, bölgedeki binalar bina grubunun alan ağırlıklı hesaplanan ağırlık merkezi, bölge ağırlık merkeziyle çakışacak şekilde toplu olarak ötelenir (bölge merkezine öteleme). Daha sonra, eğer varsa, bölge sınırı ile kesişen binalar ayrı ayrı bölge sınırı ile kesişmeyecek duruma gelinceye kadar kısa adımlarla bölge içine ötelenir (bölge içine öteleme). Son olarak, binalar bölge içinde uygun konumlara iteratif olarak ötelenir (bölge içi öteleme).

Öteleme sırasında herhangi bir binanın toplam konumsal değişim miktarı, konumsal doğruluk eşik değeri kısıtı ile sınırlandırılır. Yani bir binanın ilk konumuna olan uzaklığı 25 m'yi geçemez. Öteleme işlemi, (1) bölge içindeki tüm binalar arasında minimum mesafe kısıtı sağlandığında, (2) oturma sayısı sınırına ulaşıldığında (bkz. Bölüm 4.8.3.3) ya da (3) bölgedeki binaların sayısı minimum bina sayısı eşik değerine ulaştığında düştüğünde sonlandırılır. Diğer taraftan, mekânsal örüntü ve ilişki kısıtının öteleme işlemi üzerine doğrudan bir etkisi olmamakla birlikte bu kısıt aşağıdaki mekanizmalar yardımıyla dolaylı olarak karşılanmaya çalışılır:

- Oluşturulan bölgeler, binaların hareket edebileceği alanı sınırlar.
- Doğrusal örüntü içeren bölgeler, geometrik olarak daraltılarak örüntü mümkün olduğunca korunur.
- Konumsal doğruluk kısıtı, binaların konumsal değişimlerini sınırlar. Binalar izin verilen mesafeden daha uzağa gidemez.
- Bölge merkezine öteleme adımı bina grubu bölge merkezine ötelenerek binaların yolla olan uyumsuzluğu tamamen çözülür yada azaltılır.
- Bölge içi ötelemede, her oturumda, her bir bina hesaplanan doğrultuda küçük miktarlarda ötelenir.

4.8.1 Bölge Merkezine Öteleme

Bu adımda, binalar bina grubunun alan ağırlıklı hesaplanan ağırlık merkezi (Eşitlik 4.3 ve 4.4), bölgenin ağırlık merkeziyle çakışacak şekilde doğrudan ötelenir. Bu ötelemenin miktarı, 25 m'yi aşamaz. Bu şekilde bir sonraki adım olan bölge içine öteleme sırasında binaların mekânsal örüntüsünün bozulma miktarı ve ihtimali azaltılmış olur. Ayrıca, bu sayede binalar boş alanlara ötelenme bakımından daha



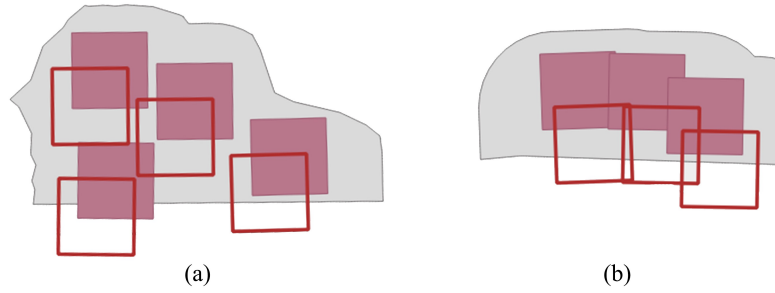
Şekil 4.7 Öteleme işlemi akış diyagramı

uygun konumlara taşınır ve yollarla olan uyuşmazlıkları azaltılır (Şekil 4.8a) ya da tamamen çözülür (Şekil 4.8b).

$$x_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^{n_B} (x_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^{n_B} A_i} \quad (4.3)$$

$$y_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^{n_B} (y_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^{n_B} A_i} \quad (4.4)$$

Bu eşitliklerde, n_B bölge içindeki bina sayısını, x_{ort} ve y_{ort} bina grubunun alan ağırlıklı ortalama ağırlık merkezinin koordinatlarını, x_i ve y_i bir binanın ağırlık merkezi koordinatlarını ve A_i bir binanın alanını göstermektedir.



Şekil 4.8 Bölge merkezine öteleme öncesi (dolgusuz) ve sonrası (dolgulu) binalar. Bu işlemten sonra yollarla olan uyuşmazlıklar (a) kısmen ya da (b) tamamen çözülür

4.8.2 Bölge İçine Öteleme

Bölge merkezine öteleme işlemi sonrasında tamamen bölge içinde olmayan binalar, bölge içine doğru birbirinden bağımsız olarak ötelenir (Şekil 4.9). Bir önceki adımda binalar tamamen bölge içine alınmışsa bu adım ilgili bölge için uygulanmaz. Bir bina için bölge içine öteleme işlemi aşağıdaki adımlar izlenerek gerçekleştirilir:

1. Başlangıç konumundaki binanın maksimum öteleme miktarı değerince (25 m) oluşturulan tampon alanı ve bölgenin kesişimi içinde kalan grid noktaları

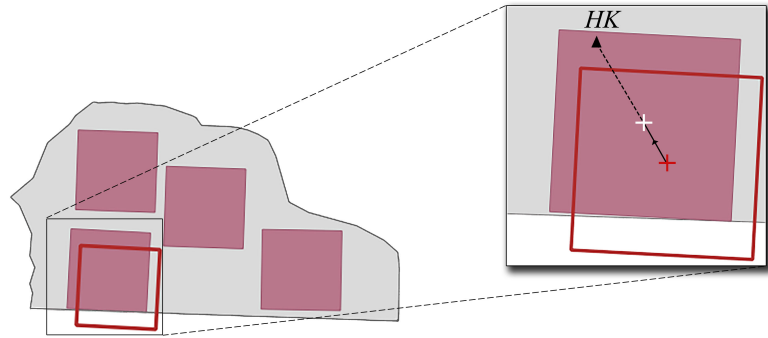
kullanılarak binanın hedef konumu (HK) hesaplanır (Eşitlik 4.5 ve 4.6).

$$x_{HK} = \frac{\sum_{i=1}^{n_p} (x_i \times w_{0,i})}{\sum_{i=1}^{n_p} w_{0,i}} \quad (4.5)$$

$$y_{HK} = \frac{\sum_{i=1}^{n_p} (y_i \times w_{0,i})}{\sum_{i=1}^{n_p} w_{0,i}} \quad (4.6)$$

Bu eşitliklerde, x_{HK} ve y_{HK} HK koordinatlarını, x_i ve y_i kesişim alanı içindeki bir grid noktasının koordinatlarını, $w_{(0,i)}$ grid noktasının KDE ile hesaplanmış ağırlığını göstermektedir.

2. Bina tamamen bölge içine girinceye kadar HK doğrultusunda küçük miktarlarla (0,5 m) ötelenir. Eğer binayı bölgenin büyüklüğü ve şekli dolayısıyla tamamen bölge içine almak mümkün değilse o bina elenir.



Şekil 4.9 Bölge içine öteleme

4.8.3 Bölge İçi Öteleme

Bölge içi öteleme işlemi, tüm binalar bölge içine alındıktan sonra gerçekleştirilir. Bu adımda, binalar iteratif oturumlar kapsamında ötelenir. Bir oturum, her binanın birer defa küçük adımlarla ötelenmesini ifade etmektedir. Yani tüm binalar birer defa ötelendikten sonra bir oturum tamamlanmış olur. Binalar için en uygun konum, her oturumda yeniden hesaplanır. Binalar arasındaki minimum mesafe kısıtı sağlanıncaya ya da 4.8'de belirtilen sonlandırma şartları oluşuncaya kadar bölge içi öteleme işlemine devam edilir.

Her oturumun başında grid noktalarının ağırlıklarını KDE ile yeniden hesaplanır. Bir

sonraki başlıkta anlatılacağı gibi bu ağırlıklar binaya özgü olarak anlık değiştirilir. Her oturumda binalar birer defa ötelendiği için binaların ötelenme sırası önemli değildir.

Eğer bir önceki adımda binalar arasında minimum mesafe kısıtı sağlanmışsa bu adımın uygulanmasına gerek kalmaz ve bir sonraki bölgeye geçilir.

4.8.3.1 Nokta Ağırlıklarının Güncellenmesi

Bölge içi ötelemede binaların öteleneceği yön ve öteleme miktarı, bina içine öteleme adımına benzer şekilde her binaya özgü hedef konumlar hesaplanarak belirlenir. Fakat bu adımdaki hedef konum, öncekinden farklı olarak anlık hedef konumdur (AHK) ve her oturumda bina ötelenmeden hemen önce anlık olarak belirlenir.

Grid noktalarının KDE yardımıyla hesaplanan değerleri (ağırlıkları) noktaların temsil ettiği alanların yoğunluğu hakkında bilgi verse de binaların anlık hedef konumunu hesaplamak için yeterli olmamaktadır. Bu nedenle KDE ile hesaplanan ağırlıklar, AHK hesaplanmadan önce güncellenir. Böylelikle, bir bina ile daha ilgili olan noktaların ağırlıklarının etkileri artırılarak o bina için daha uygun bir öteleme doğrultusu belirlenir. Bina ile daha ilgili olan noktalar, farklı değerlerdeki tampon alanlar kullanılarak belirlenir. Bu amaçla her bina için iki farklı tampon alana bağlı iki farklı çokgen oluşturulur:

1. Ana tampon alan yardımıyla oluşturulan eşsiz çokgen (E_{at}): İlgili binanın konumsal doğruluk eşik değeri (25 m) kadar oluşturulan tampon alanının diğer binaların aynı mesafeli tampon alanından olan farkının bölge ile olan kesişiminden elde edilen çokgendir (Şekil 4.10a). Bu 25 m'lik tampon alanlar ve E_{at} çokgeni sadece öteleme işlemine başlamadan önce binalar henüz ilk başlangıç konumlarındayken oluşturulur. Bir bina, konumsal doğruluk kısıtı gereği bu tampon alan dışına çıkamayacağı için tampon alan mesafesi olarak KDED kullanılır. Buna ek olarak, diğer binalar, elde edilen bu fark çokgeni içine yine konumsal doğruluk kısıtı gereği hiçbir zaman giremezler. Başka bir ifadeyle, bir binanın ötelenebileceği en uygun alan E_{at} çokgeninin olduğu alandır. Bu nedenle bu çokgen içine düşen noktaların ağırlıkları artırılır.
2. Yardımcı tampon alan yardımıyla oluşturulan eşsiz çokgen (E_{yt}): İlgili binanın KDED'nin yarısı (12,5 m) kadar oluşturulan tampon alanının diğer binaların aynı mesafeli tampon alanından olan farkından elde edilen çokgendir (Şekil 4.10b). Yardımcı tampon alan için kullanılan 12,5 m değeri ön denemeler sonucunda belirlenmiştir. Bu tampon alan ve E_{yt} çokgeni, her oturumda binalar ötelenmeden hemen önce oluşturulur. Bölge dışında oluşturulan noktaların da

hesaplamaya dahil olması için bu çokgenin bölge ile kesişimi alınmaz. Yani bu çokgen E_{at} çokgeni gibi bölgeye göre kırılmaz. Bu çokgenin oluşturulma nedeni, birbirine yakın olan binalar arasında yer almayan noktaların ağırlıklarını artırmaktır. Bu şekilde, birbirine yakın olan binaların birbirinden uzaklaşması ve aralarındaki uyuşmazlığın daha kolay çözülmesi mümkün olmaktadır.

Grid noktası ağırlıklarının binaya özgü değiştirilmesi, bu noktaların bahsedilen iki eşsiz çokgenin içinde olup olmamasına bağlı olarak (Şekil 4.10c) Eşitlik 4.7'ye göre gerçekleştirilir.

$$w_a = \begin{cases} w_0^2 & p \in E_{at} \setminus E_{yt} \text{ veya } p \in E_{yt} \setminus E_{at} \\ 2w_0^2 & p \in E_{at} \cap E_{yt} \\ w_0 & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (4.7)$$

Bu eşitlikte, w_0 oturum başında noktanın KDE ile hesaplanan ağırlık değeri, w_a ise noktanın sadece ilgili bina için yenilenmiş anlık ağırlık değeridir.

4.8.3.2 Öteleme Sırasının Belirlenmesi

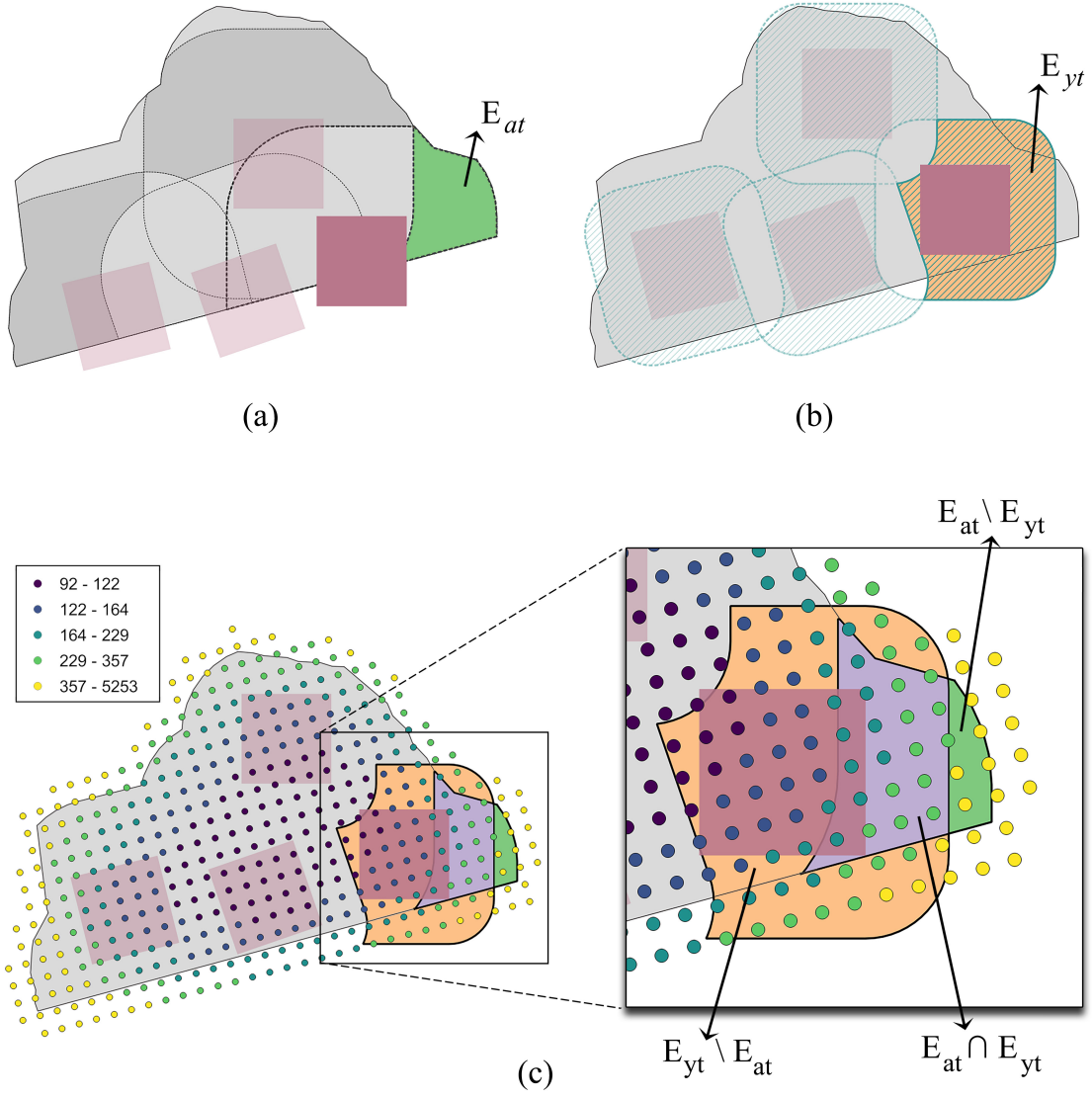
Bölge içi öteleme esnasında binalar sıralı olarak ötelendiği için binaların ötelenme sırası belirlenir. Bu amaçla, her binanın Eşitlik 4.8 ve 4.9 ile hesaplanan AHK'sı ile ağırlık merkezi arasındaki mesafesi hesaplanır ve bu mesafeye göre büyükten küçüğe sıralanır. Binalar bu sıraya göre ötelenir.

Bina sıralaması her oturumda yeniden hesaplanır. Fakat, her oturumda tüm binalar hesaplanan öteleme mesafesiyle orantılı olarak ötelendiği için pratikte bu sıralamanın bir etkisi yoktur.

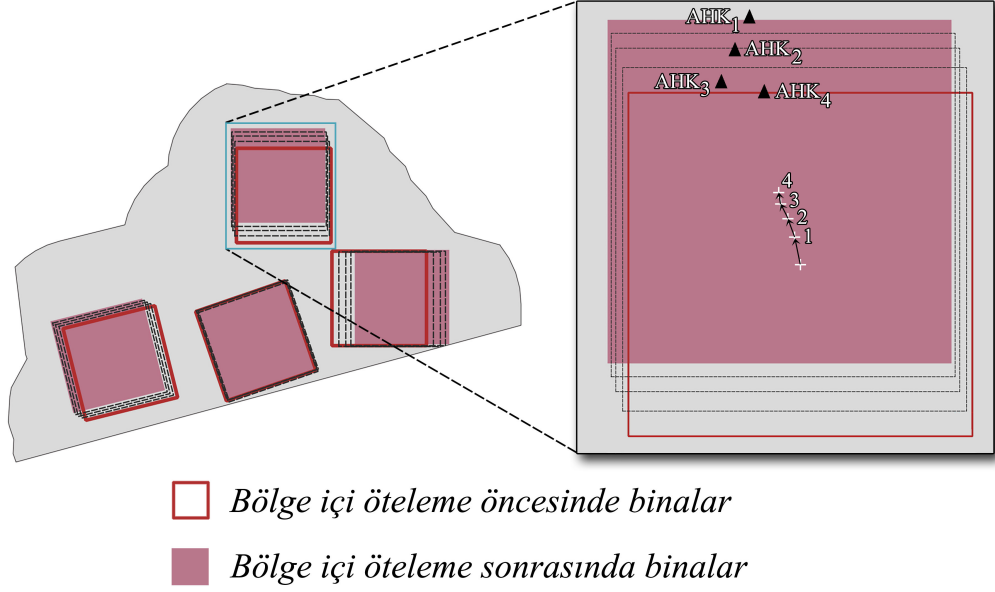
4.8.3.3 Bölge İçi Öteleme Adımları

Önceki iki başlıkta anlatılan ön işlemlerden sonra bölge içi öteleme işlemine geçilir. Bu işlem, aşağıda açıklandığı biçimde uygulanır (Şekil 4.11):

Bina AHK'sı Eşitlik 4.8 ve 4.9 ile hesaplandıktan sonra AHK ile bina ağırlık merkezi arasındaki mesafe bulunur. Bina AHK'ya doğru hesaplanan mesafenin 1/10'u kadar ötelenir. Öteleme miktarının küçük tutulmasının nedeni, binalar arasındaki mekânsal ilişkilerin bozulma ihtimalini mümkün olduğunca azaltmaktır. AHK ve mesafe değeri her oturumda yeniden hesaplanır.



Şekil 4.10 Nokta ağırlığının binaya özgü olarak değiştirilmesi işleminde kullanılan öğelerin bir bina örneğinde gösterimi. (a) ana tampon alan yardımıyla oluşturulan eşsiz çokgen (E_{at}), (b) yardımcı tampon alan yardımıyla oluşturulan eşsiz çokgen (E_{yt}), (c) grid noktalarının KDE ile hesaplanan başlangıç değerlerine göre renklendirilmesi ve iki eşsiz çokgenin kendi aralarında ve noktalar ile aralarındaki topolojik ilişki



Şekil 4.11 Bölge içi öteleme işlemi

$$x_{AHK} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i \times w_{a,i})}{\sum_{i=1}^n w_{a,i}} \quad (4.8)$$

$$y_{AHK} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i \times w_{a,i})}{\sum_{i=1}^n w_{a,i}} \quad (4.9)$$

Bu eşitliklerde; x_{AHK} ve y_{AHK} AHK koordinatını, x_i ve y_i bina ile ilişkili olan grid noktalarının koordinatlarını, $w_{a,i}$ güncellenen grid nokta ağırlıklarını ifade etmektedir.

Bölge içi öteleme işlemi, en fazla maksimum oturum sayısına erişilinceye kadar devam ettirilir. Bu çalışmada yapılan denemeler sonucunda oturum sayısı 40 olarak belirlenmiştir. Bu değer önceki adımda hesaplanan mesafenin 1/10'unun kullanılmasıyla da ilişkilidir. Daha küçük değerlerin (1/15, 1/20 vb.) kullanılması oturum sayısının artırılmasını, daha büyük değerlerin kullanılması ise azaltılması sonucunu doğurmaktadır.

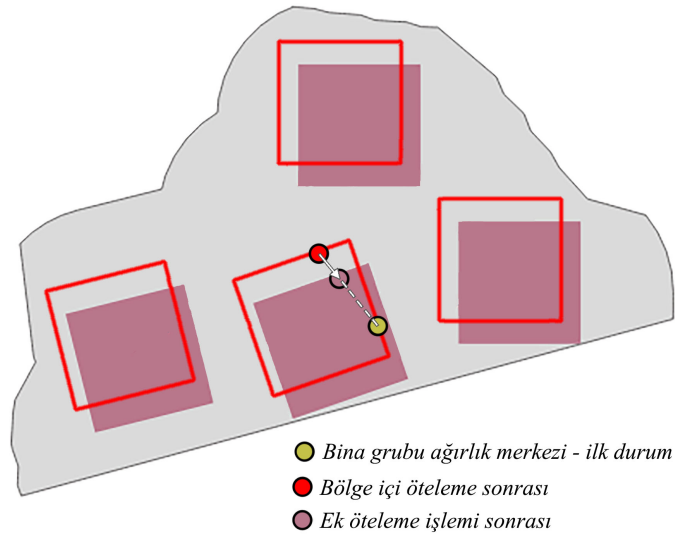
Oturumların herhangi bir anında tüm binalar arasında minimum mesafe kısıtı sağlanırsa o oturumda tüm binaların ötelenmesi beklenmeden bölgedeki öteleme işlemi sonlandırılır ve bir sonraki bölgeye geçilir.

Maksimum oturma sayısına erişildiği halde binalar arasında minimum mesafe kısıtı sağlanmamışsa bina sayısı eleme veya tipikleştirme işlemiyle bir azaltılır. Bu işlem, bölge içi öteleme öncesi konumlarına göre aralarında en fazla uyumsuzluk bulunan iki binaya uygulanır. Bu iki binanın alanları aynı ise biri, farklı ise alanı büyük olan korunup diğeri elenir. Tipikleştirme/eleme işleminden sonra kalan bina, işlem gören iki binanın alan ağırlıklı ortalama konumuna ve diğer binalar bölge içi öteleme işlemi öncesi konumlarına taşınarak işlem tekrarlanır.

Eğer eleme/tipikleştirme sonrasında bina sayısı, bölgedeki ilk bina sayısının yarısından az oluyorsa bu bölgede öteleme işlemiyle bir çözüm üretilemeyeceğine karar verilerek işlem iptal edilir ve sonraki bölgeye geçilir. Bu tür bölgelerde muhtemelen kaynaştırma veya birleştirme işlemiyle çözüm üretmek gerekecektir.

4.9 Ek Öteleme İşlemleri

Bölge içi öteleme işleminde uyumsuzluklar çözülüp başarılı bir öteleme sonucu elde edildikten sonra kalan binalar toplu olarak bölgede öteleme işlemine başlamadan önceki binaların alan ağırlıklı ortalama ağırlık merkezine doğru küçük adımlarla ötelenir (Şekil 4.12). Böylelikle, öteleme ile ilk konumlarından uzaklaşan binalar ilk konumlarına doğru bir miktar kaydırılarak öteleme sonucunda ortaya çıkan konum değişimi azaltılmış olur. Toplu öteleme işlemi, herhangi bir bina bölge sınırına temas ettiği anda durdurulur.



Şekil 4.12 Ek öteleme işlemi

4.10 Öteleme Kalitesinin Değerlendirilmesi

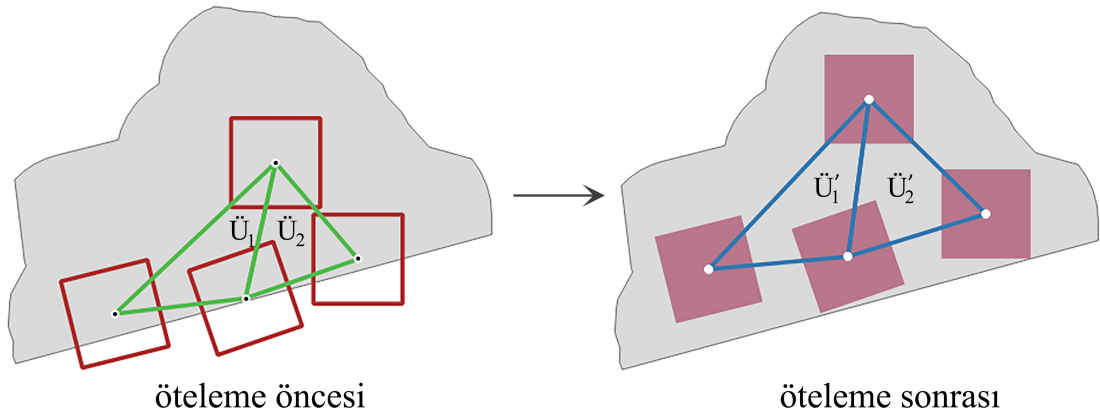
Öteleme kalitesinin değerlendirilmesinde daha önce açıklanan üç kısıt dikkate alınır: (1) minimum mesafe, (2) konumsal doğruluk ve (3) mekânsal örüntü ve ilişkiler. Bölge içinde ötelemede uyumsuzluk çözümü, minimum mesafe kısıtının sağlanmasını gerektirir. Ayrıca, binaların KDED'den daha fazla ötelenmesi de engellenerek konumsal doğruluk kısıtı da sağlanır. Üçüncü kısıt ise doğrudan uygulanamamakta fakat bölüm 4.8'de belirtilen mekanizmalar yardımıyla kabul edilebilir sınırlar içinde tutulmaktadır. Öteleme esnasında, ilk iki kısıtın sağlanması zorunlu tutulmaktadır. Aksi takdirde, üçüncü kısıtın değerlendirilmesine gerek kalmamakta ve kalite, aşağıda açıklandığı gibi "çok kötü" olarak derecelendirilmektedir. Bu nedenle, öteleme kalitesi özellikle üçüncü kısıtın ölçülmesi ve değerlendirilmesini esas almaktadır.

Bir bölgedeki öteleme sonucunun kalitesi, 1 ile 5 arasında puanlanmakta ve buna göre sırasıyla "çok kötü", "kötü", "orta", "iyi" ve "çok iyi" olarak derecelendirilmektedir. Eğer öteleme sonucunda minimum mesafe kısıtı bütünüyle sağlanamazsa, bu bölgenin kalite puanı 1, kalite derecesi de "çok kötü" olur. Bu durumda öteleme işlemi başarısız olmuştur ve bölge içindeki binaların genelleştirilmesi için kaynaştırma, birleştirme veya eleme (tek binalar için) uygulanması gerekir.

Öteleme sonrasında ilk iki kısıt sağlanıyorsa, öteleme kalitesi, öteleme öncesi ve sonrası binaların mekânsal ilişkilerine göre belirlenir. Bu kapsamda, bina sayısı ile bağlantılı olarak bazı ölçüler (measures) önerilmiş, ayrıca kalite puanları ve derecelerini elde etmek için uygun eşik değerler türetilmiştir.

En az üç bina içeren bölgeler için öteleme öncesi ve sonrası üçgenler oluşturulur. İlk durumda, binalar arasındaki ilişkileri ortaya çıkartmak için Delaunay üçgenlemesi uygulanır. İkinci durumda ise, öteleme sonucu binaların konumları ve mekânsal ilişkileri bir miktar değiştiğinden Delaunay üçgenlemesi yerine ilk durumda üretilen üçgenlerle eşlenik olan yani aynı noktaları esas alan üçgenler üretilir (Şekil 4.13).

Bu üçgenlerle ilgili olarak bina öteleme kalitesini hesaplamak için binaların ilk ve son durumlarında oluşan eşlenik üçgenleri (U_1 ve U'_1 gibi) açı, uzunluk ve şekil bakımından karşılaştıran üç ölçü sunulmaktadır. Bunlar (1) üçgen iç açılarının standart sapması temelinde hesaplanan (Eşitlik 4.10) açı karşılaştırma ölçüsü (m_α), (2) üçgen kenar uzunluklarının standart sapmasının ortalamasına oranı temelinde hesaplanan (Eşitlik 4.11) uzunluk karşılaştırma ölçüsü (m_k), (3) üçgen alan ve çevresi temelinde hesaplanan (Eşitlik 4.12) şekil karşılaştırma ölçüsüdür (m_s). Üçüncü ölçünün hesaplanmasında şekil analizinde sıkça kullanılan kompaktlık (dairesellik)



Şekil 4.13 Kalite değerlendirmesi için kullanılan eşlenik üçgenler

tercih edilmiştir [58, 59].

$$m_{\alpha} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| (\sigma_{\alpha,i} - \sigma'_{\alpha,i}) \right| \quad (4.10)$$

$$m_l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \left(\frac{\sigma_{l,i}}{\mu_{l,i}} - \frac{\sigma'_{l,i}}{\mu'_{l,i}} \right) \right| \quad (4.11)$$

$$m_c = \frac{4\pi}{n} \sum_{i=1}^n \left| \left(\frac{A_i}{P_i^2} - \frac{A'_i}{P_i'^2} \right) \right| \quad (4.12)$$

Bu eşitliklerde, n bölgedeki üçgen sayısını, σ_{α} ve σ'_{α} ilk ve son üçgenlerin (İSÜ - öteleme öncesi ve sonrası oluşturulan üçgenlerin) iç açılarının standart sapmalarını, σ_l ve σ'_l İSÜ kenar uzunluklarının standart sapmalarını, μ_l ve μ'_l İSÜ kenar uzunlukları ortalamalarını, A ve A' İSÜ alanlarını, P ve P' İSÜ'nün çevre uzunluklarını göstermektedir.

Açı (KP_{α}), uzunluk (KP_l) ve şekil (KP_s) karşılaştırma ölçülerine ait kalite puanları sırasıyla Eşitlik 4.13, 4.14 ve 4.15'e göre belirlenir.

$$KP_{\alpha} = \begin{cases} 5, & m_{\alpha} \leq 6,5^{\circ} \\ 4, & 6,5^{\circ} \leq m_{\alpha} \leq 14,3^{\circ} \\ 3, & 14,3^{\circ} \leq m_{\alpha} \leq 31,5^{\circ} \\ 2, & 31,5^{\circ} \leq m_{\alpha} \end{cases} \quad (4.13)$$

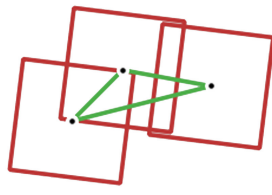
$$KP_l = \begin{cases} 5, & m_l \leq 0,045 \\ 4, & 0,045 < m_l \leq 0,1 \\ 3, & 0,1 < m_l \leq 0,16 \\ 2, & 0,16 < m_l \end{cases} \quad (4.14)$$

$$KP_c = \begin{cases} 5, & m_c \leq 0,045 \\ 4, & 0,045 < m_c \leq 0,1 \\ 3, & 0,1 < m_c \leq 0,27 \\ 2, & 0,27 < m_c \end{cases} \quad (4.15)$$

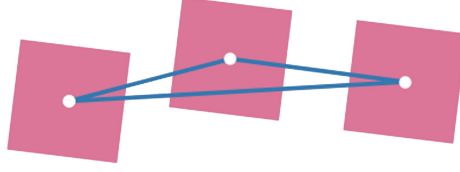
Eşitlik 4.13, 4.14 ve 4.15'teki puanların eşik değerlerinin belirlenmesinde aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

1. Görsel değerlendirme ile bölgedeki öteleme sonuçlarına dereceler verilmiş ve bu dereceler karşılık geldiği puanlar bölgelere atanmıştır.
2. Tüm bölgelere puan atandıktan sonra her bir ölçünün (m_a , m_k ve m_s) 2, 3, 4 ve 5 puanlarına ait kutu grafikleri oluşturulmuştur. Kaba değerlerin olumsuz etkisini olabildiğince azaltmak için kutu grafiğin çiziminde %10 ile %90'lık yüzdeler arasındaki değerler kullanılmıştır.
3. Her ölçünün puanları arasındaki eşik değer, yüksek puanın en büyük değeri ile düşük puanın en küçük değerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Örneğin, Eşitlik 13'te m_a ölçününde 4 ve 5 puanları arasında eşik değer olan 6,5 değeri, 5 puan grubundaki en büyük m_a değeri olan 6,45 ile 4 puan grubundaki en küçük m_a değeri olan 6,55'in ortalamasıdır.

Üçgenlerle ilgili olan bu ölçülerin eşik değerleri bölge içindeki bina sayısına (n_b) bağlı olarak belirlenmektedir. Görsel değerlendirme ile belirlenen puanlar dikkate alındığında sadece üç bina içeren bölgeler için hesaplanan eşik değerlerin farklı olması gerekmektedir. Örneğin, Şekil 4.14'te gösterilen binalar için -üçgenleri oluşturan bina sayılarını dikkate almadan yapılan- genel değerlendirme sonucu hesaplanan puan 3 olduğu halde görsel değerlendirme ile atanan öteleme puanı 4'tür. Bu nedenle eşik değerlerin belirlenmesine yönelik yukarıda anlatılan adımlar üç bina içeren bölgeler için ayrıca uygulanmıştır. Elde edilen eşik değerler, Eşitlik 4.16, 4.17 ve 4.18'de verilmektedir.



öteleme öncesi



öteleme sonrası

Şekil 4.14 Üç binalı bir grup örneği ve bu gruba ait öteleme öncesi ve sonrası üçgenlerin durumu

$$KP_{\alpha} = \begin{cases} 5, & m_{\alpha} \leq 6,45^{\circ} \\ 4, & 6,45^{\circ} \leq m_{\alpha} \leq 26^{\circ} \\ 3, & 26^{\circ} \leq m_{\alpha} \leq 47,2^{\circ} \\ 2, & 47,2^{\circ} \leq m_{\alpha} \end{cases} \quad (4.16)$$

$$KP_l = \begin{cases} 5, & m_l \leq 0,085 \\ 4, & 0,085 < m_l \leq 0,11 \\ 3, & 0,11 < m_l \leq 0,165 \\ 2, & 0,165 < m_l \end{cases} \quad (4.17)$$

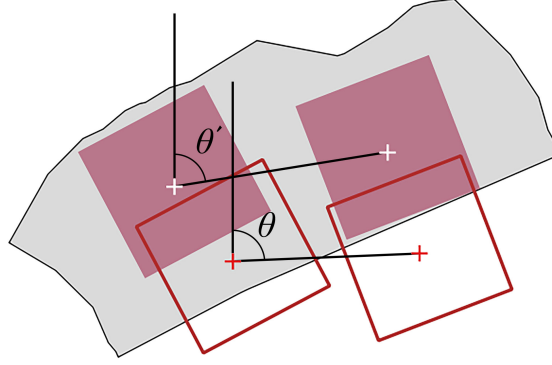
$$KP_c = \begin{cases} 5, & m_c \leq 0,052 \\ 4, & 0,052 < m_c \leq 0,23 \\ 3, & 0,23 < m_c \leq 0,36 \\ 2, & 0,36 < m_c \end{cases} \quad (4.18)$$

Son olarak, bölge için kalite puanı (KP) yukarıdaki koşullara göre hesaplanan üç ölçünün ortalaması alınarak hesaplanır (Eşitlik 4.19). Hesaplanan bu değere göre, daha önce açıklandığı biçimde bölgeye öteleme kalite derecesi (KD) (“çok iyi”, “iyi” vb.) atanır. Üç ölçünün değerlendirmedeki katkıları benzer olduğundan bunların ağırlıkları eşit alınmıştır.

$$KP = \left\lfloor \frac{KP_{\alpha} + KP_l + KP_c}{3} \right\rfloor \quad (4.19)$$

Eğer bölgedeki bina sayısı iki ise bu durumda binalar arasında üçgen oluşmayacağı için öteleme kalite değerlendirmesi için iki binanın ağırlık merkezlerini birleştiren doğrunun açıklık açısı hesaplanır. Bu açının farkları alınarak açıklık açısı karşılaştırma değeri elde edilir (Eşitlik 4.20). Açıklık açısı karşılaştırma ölçüsünün puanlamasına ait

eşik değerler üçgenlerdeki duruma benzer olarak görsel değerlendirme ve kutu grafik yardımıyla hesaplanır. Hesaplanan eşik değerlere bağlı olarak kalite puanları belirlenir (Eşitlik 4.21).



Şekil 4.15 Açıklık açısı farkları

$$m_{\theta} = |\theta - \theta'| \quad (4.20)$$

$$KP = \begin{cases} 5, & m_{\theta} \leq 10^{\circ} \\ 4, & 10^{\circ} \leq m_{\theta} \leq 13^{\circ} \\ 3, & 13^{\circ} \leq m_{\theta} \leq 30^{\circ} \\ 2, & 30^{\circ} \leq m_{\theta} \end{cases} \quad (4.21)$$

Tek bina içeren bölgelerin değerlendirilmesi, öteleme sonucunda binanın bölge içine tamamen girip girmediğine bağlıdır. Daha açık bir ifadeyle, eğer bina bölge içine tamamen girmişse kalite puanı 5 (“çok iyi”), girmemişse 1 (“çok kötü”) olarak atanır.

5.1 Yazılım

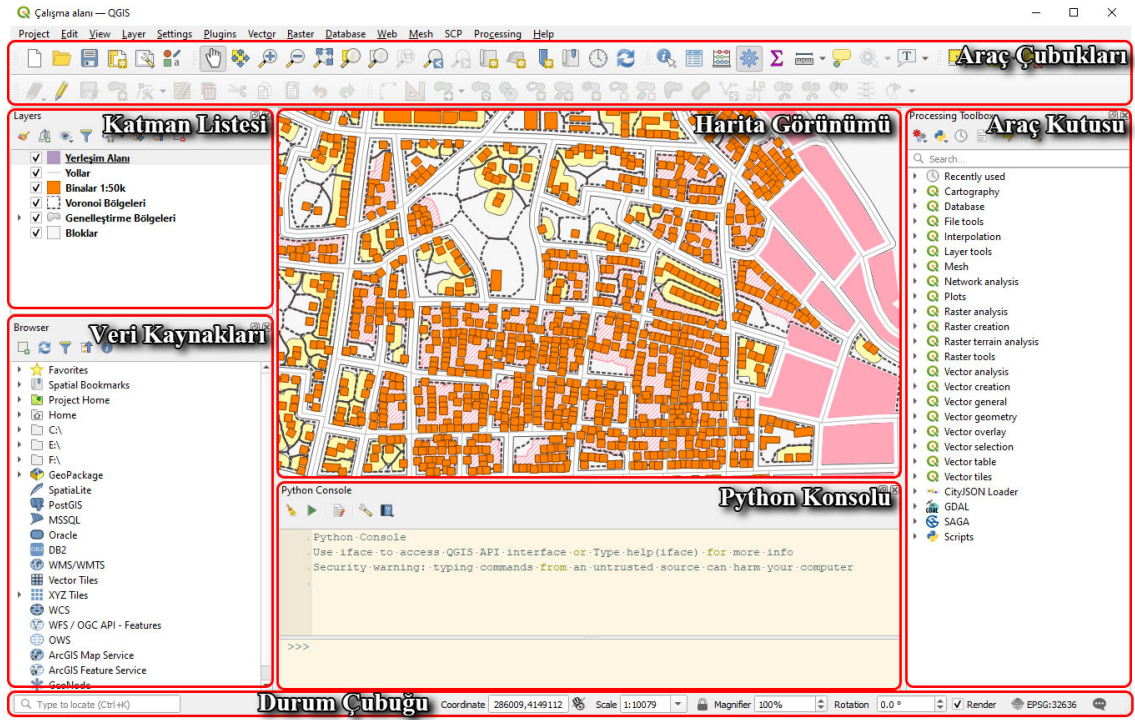
Bu çalışmada, son yıllarda bilim insanları arasında yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanan Python programlama dili (bkz. Ek A) ve yine CBS alanında kullanıcılar tarafından sıklıkla tercih edilen açık kaynaklı QGIS (bilinen eski adıyla Quantum GIS) yazılımı (Şekil 5.1) kullanılmıştır. QGIS, alanında ilgili birçok araç barındırmakla birlikte kullanıcıların C++, Python ve R programlama dilleri yardımıyla kendi geliştirdikleri araçları uygulama içine eklemelerine izin vermektedir.

QGIS arayüzü, C++ kütüphanesi olan Qt ile oluşturulmuştur. Bu kütüphanenin Python versiyonu olan PyQt aracılığıyla yazılım içerisinde eklentiler ya da yazılım dışında kendi arayüzüne sahip bağımsız uygulamalar geliştirmek mümkündür. Bu iki farklı özelliği dolayısıyla çalışmanın tüm aşamalarında bu yazılımdan yararlanılmıştır.

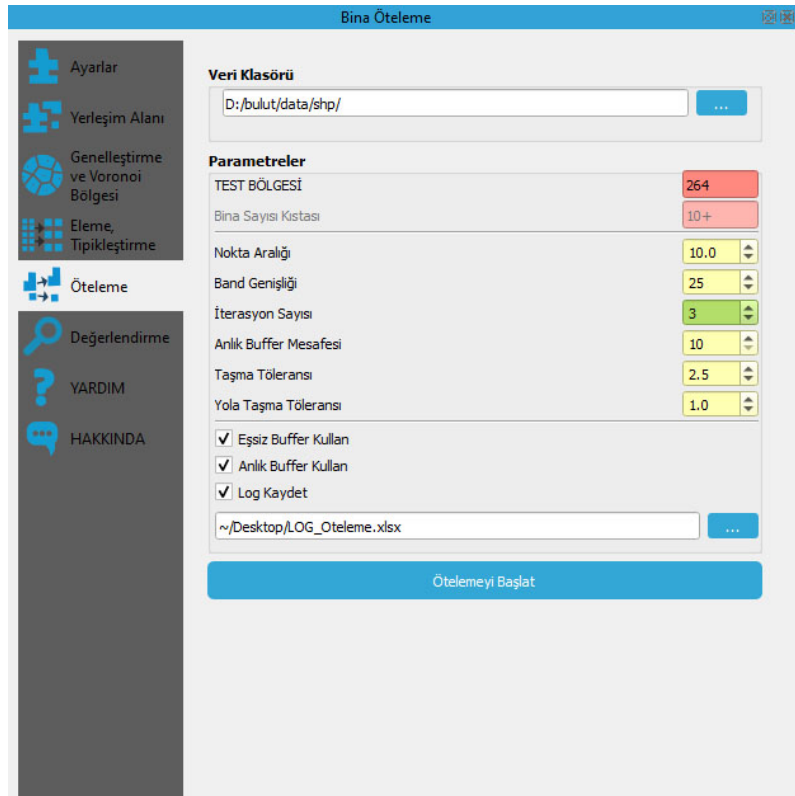
QGIS, kartografik bina genelleştirmesi anlamında dikkate değer araçlar sunmamaktadır. Sunduğu genelleştirme araçları ise sadece tek bina genelleştirmesi kapsamında olan araçlardır.

5.2 Uygulama Arayüzü Oluşturulması

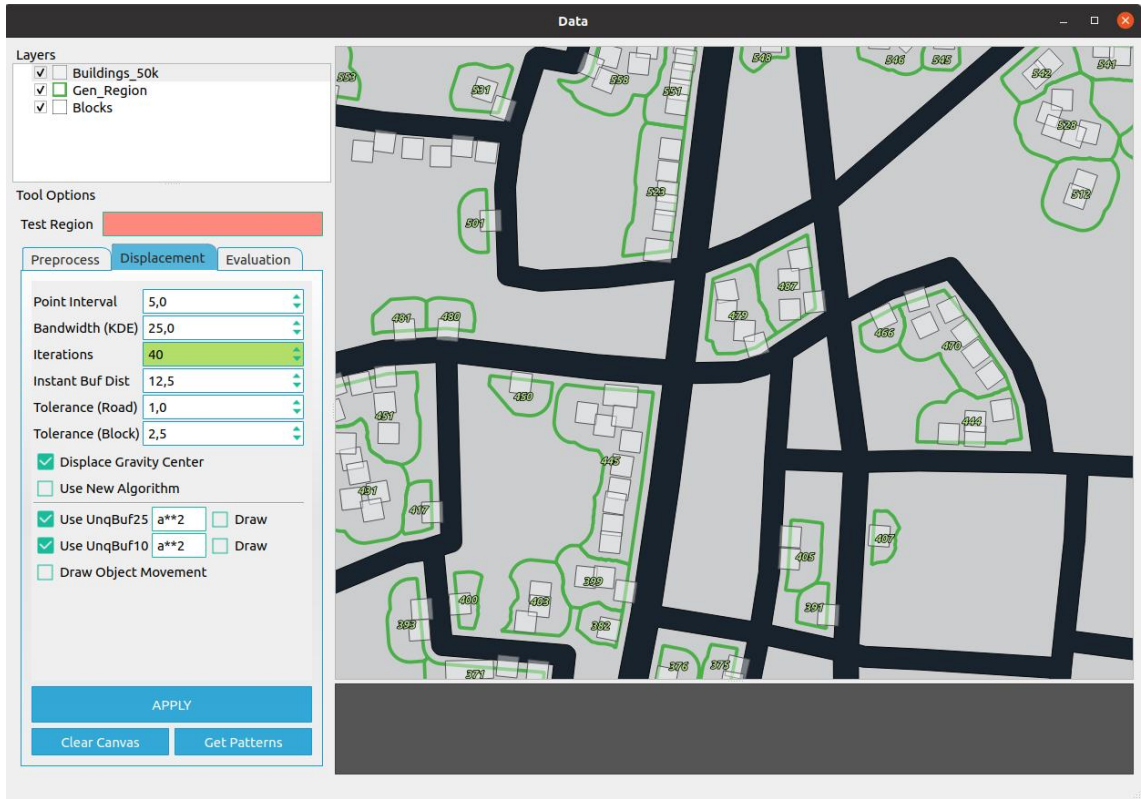
Doktora tezinin ilk aşamasında, geliştirdiğimiz QGIS eklentisi ile öteleme yaklaşımı uygulanmaya çalışılmıştır (Şekil 5.2). Daha sonra PyQt yardımıyla oluşturulan, arka planda QGIS'in uygulama programlama arayüzünü kullanan bağımsız bir uygulama arayüzü oluşturulmuş ve çalışmada sunulan öteleme yaklaşımı bu arayüz üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.3). Bu gereksinim, QGIS yazılımının güncellenen sürümlerinde harita penceresinde görüntü yenileme sorunları nedeniyle ortaya çıkmıştır. Çünkü bu çalışma yinelemeli (iteratif) bir yaklaşım geliştirmeyi amaçladığından öteleme işleminden sonra sadece sonuç ürünü elde etmenin dışında uygulanan yaklaşımın doğru çalıştığından emin olma gereksinimi ara adımların da izlenmesini zorunlu kılmaktadır.



Şekil 5.1 QGIS arayüzü



Şekil 5.2 Öteleme işleminin yürütülmesi için oluşturulan eklenti arayüzü



Şekil 5.3 Öteleme işleminin gerçekleştirildiği bağımsız uygulama arayüzü

5.3 Veriler ve Çalışma Alanı

Çalışmada kullanılan veri setinde ulaşım, yerleşim alanı ve bina verileri mevcuttur. Çalışma alanı bir ilçe merkezine ait kentsel alanlardaki binaları içermektedir. Çalışmanın ana amacı otomatik bina öteleme yaklaşımı geliştirmek olduğundan binalar ve yerleşim alanı için 1:25 000 ölçeğindeki ([47] ve [60]'taki yaklaşımlara göre 1:50 000 ölçeği için bağımsız genelleştirme işlemi tamamlanmış) veriler, ulaşım ağı için ise 1:50 000 ölçeğindeki yol verisi kullanılmıştır.

Çalışma alanında 757 genelleştirme bölgesi oluşturulmuştur. Veri setinde 4586 adet bina bulunmakta olup bunların 1569'u öteleme uygulamaya elverişli bölgelerde bulunmaktadır. Diğerleri ise ötelemeye gerek olmayan ya da eleme, kaynaştırma ve birleştirme gibi diğer genelleştirme işlemleri gerektiren bölgelerdir (bkz. Ek B).

6 BULGULAR

Bu bölümde, binaların ötelenmesinde esas alınan kısıtlara ilişkin betimsel istatistikler ve kalite değerlendirmesi sunulmaktadır.

Çalışma alanında oluşturulan 757 genelleştirme bölgesinin 456 adedi öteleme için elverişli bulunmuştur. Bu bölgelerde öteleme işlemi öncesi toplam 1569 adet olan bina sayısı, öteleme esnasında gerek duyulduğu için uygulanan eleme/tipikleştirme işlemi dolayısıyla 1194 adete düşmüştür. Kalan bina sayısı, genelleştirme işlemi sonrasında hedef ölçekteki haritada en az kaç tane nesne kalması gerektiğini ifade eden ve Eşitlik 6.1 ile 1109 olarak hesaplanarak Töpfer'in radikal yasasını sağlamaktadır.

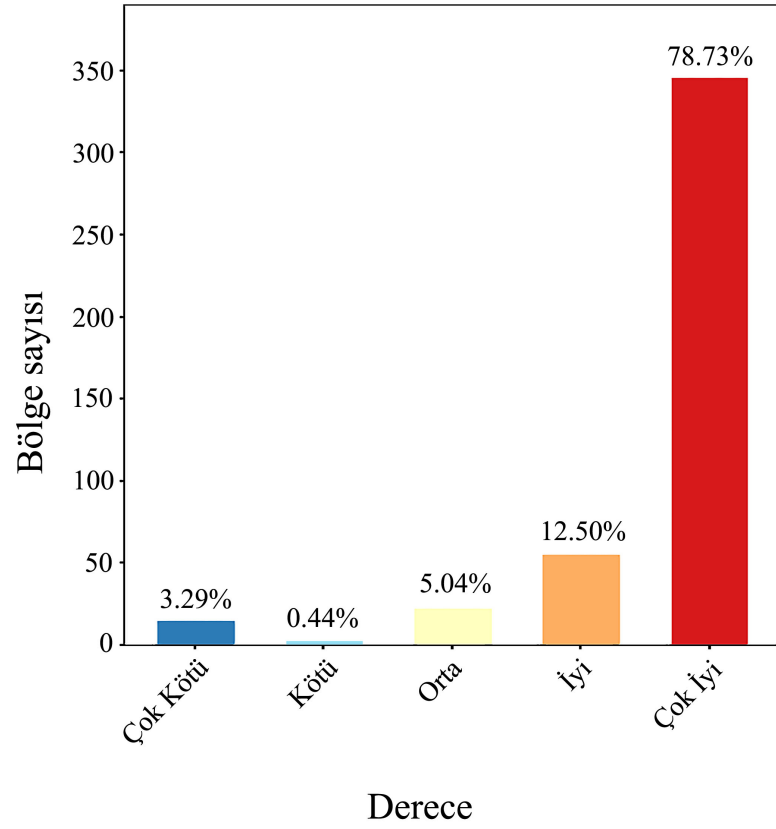
$$n_h = n_k \sqrt{\frac{s_k}{s_h}} \quad (6.1)$$

Bu eşitlikte, s_h ve s_k , sırasıyla hedef ve kaynak ölçek sayısını, n_h ve n_k , sırasıyla hedef ve kaynak ölçekteki nesne sayısını göstermektedir.

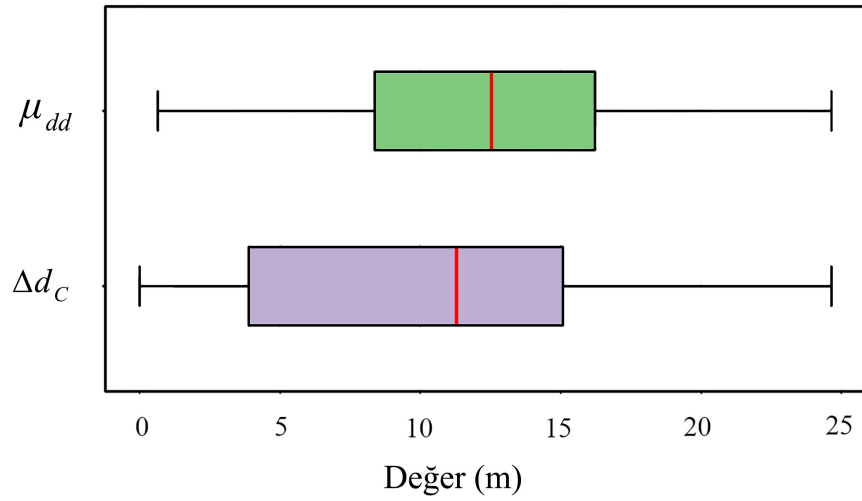
Kullanılan değerlendirme yöntemine göre (bkz. Bölüm 4.10) öteleme kalitesi bakımından bölgelerin %78,73'ünün derecesi “çok iyi” olmuştur. Bunu sırayla %12,50, %5,04, %0,44 ve %3,29 oranları ile “iyi”, “orta”, “kötü” ve “çok kötü” dereceleri izlemektedir (Şekil 6.1).

Bölge temelli bina öteleme miktarı ortalaması (μ_{dd}) 0,63 m ile 24,64 m aralığında değişmekte olup medyan değeri 12,52 m'dir. 10. ve 90. yüzdellikler arasındaki değerler (değerlerin %80'i) ise 4,38 m ile 19,31 m aralığında değişmektedir. Eşitlik 4.3 ve 4.4 ile hesaplanan bina grubu alan ağırlıklı ortalama ağırlık merkezinin öteleme öncesi ve sonrası ötelenme miktarı (Δd_c) 0,00 m ile 24,64 m aralığında değişmekte olup medyan değeri 11,22 m'dir. 10. ve 90. yüzdellikler arasındaki değerler ise 1,31 m ile 17,86 m aralığında değişmektedir (Şekil 6.2).

Öteleme öncesi ve sonrasında oluşturulan üçgenler esas alınarak yapılan karşılaştırma



Şekil 6.1 Öteleme uygulanan tüm genelleştirme bölgelerine ait kalite derece oranları

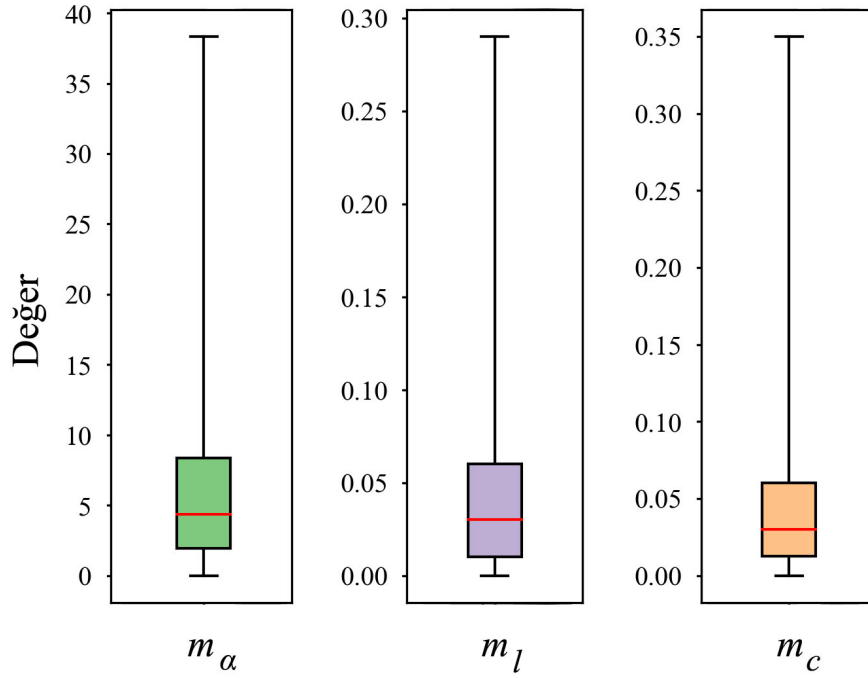


Şekil 6.2 Bölge temelli bina öteleme miktarı ortalaması (μ_{dd}) ve bina grubu ağırlık merkezi bölgesel öteleme miktarına (Δd_C) ait kutu grafikler

ölçülerine ilişkin değer dağımı aşağıdaki gibidir (Şekil 6.3):

- Açık karşılaştırma ölçüsü $0^{\circ},00 - 38^{\circ},33$ aralığında değer almıştır. Medyan değeri $4^{\circ},36$ olup 10. ve 90. yüzdeler $0^{\circ},65 - 12^{\circ},77$ arasında değişmektedir.
- Uzunluk karşılaştırma ölçüsü $0,00 - 0,29$ aralığında değer almıştır. Medyan değeri $0,03$ olup 10. ve 90. yüzdeler $0,00 - 0,10$ arasında değişmektedir.
- Şekil karşılaştırma ölçüsü $0,00 - 0,35$ aralığında değer almıştır. Medyan değeri $0,03$ olup 10. ve 90. yüzdeler $0,01 - 0,10$ arasında değişmektedir.

Tüm ölçü değerlerinin %90'ının derecesi “iyi”, medyan değerlerinin derecesi ise “çok iyi”dir.



Şekil 6.3 Tüm bölgeler için açık, uzunluk ve şekil karşılaştırma ölçülerine ait kutu grafikler

Binalar arasındaki mekansal ilişkilere bağlı olan kalite değerlendirme ölçülerinin eşik değerlerini belirlemek için iki aşamalı bir yol izlenmiştir. Öncelikle, ötelemeye ilişkin kartografik sonuçlar, tez yürütücüsü ve tez öğrencisi tarafından görsel algıya dayalı olarak karşılaştırmalı biçimde yorumlanmış ve buna göre öteleme kalitesi puanlanmıştır. Daha sonra, bu puanlara göre karşılaştırma ölçü değerleri, niceliksel olarak analiz edilerek eşik değerler belirlenmiştir. Yorumlama esnasında, bölgede üç bina yani tek üçgen olması durumunda farklı eşik değerler kullanılması gerektiği fark edilmiştir.

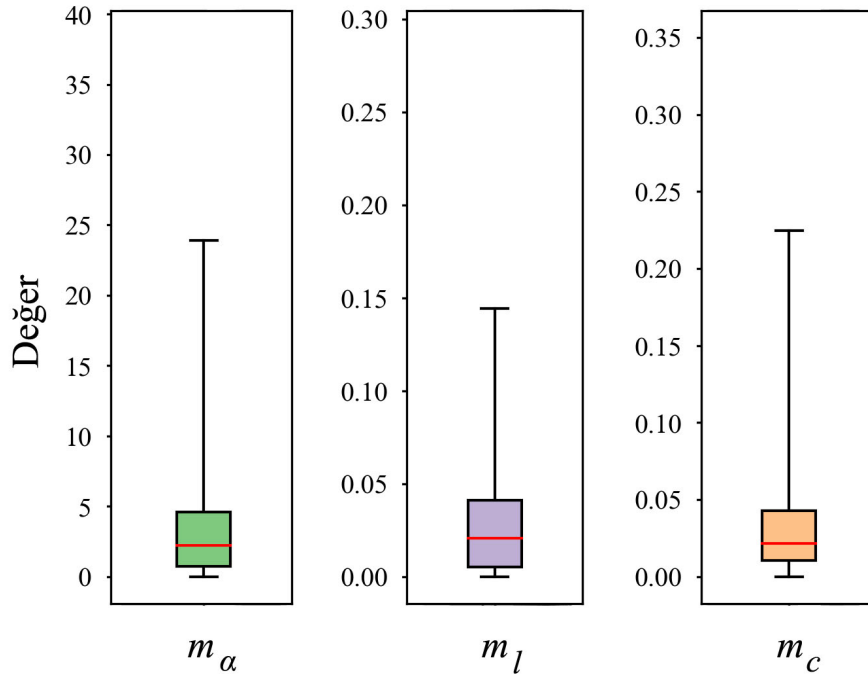
İki bina içeren bölgelerde kalite değerlendirmesinde üçgen temelli ölçüler kullanılamayacağı için açıklık açısı karşılaştırma ölçüsü kullanılmıştır.

Doğrusal örüntü içeren bölgeler için ise şu bulgular elde edilmiştir (Şekil 6.4):

- Açık karşılaştırma ölçüsü $0^{\circ},00 - 23^{\circ},25$ aralığında değer almıştır. Medyan değeri $2^{\circ},16$ olup 10. ve 90. yüzdeler $0^{\circ},19 - 6^{\circ},88$ arasında değişmektedir.
- Uzunluk karşılaştırma ölçüsü $0,00 - 0,14$ aralığında değer almıştır. Medyan değeri $0,02$ olup 10. ve 90. yüzdeler $0,00 - 0,05$ arasında değişmektedir.
- Şekil karşılaştırma ölçüsü $0,00 - 0,21$ aralığında değer almıştır. Medyan değeri $0,02$ olup 10. ve 90. yüzdeler $0,00 - 0,07$ arasında değişmektedir.

Doğrusal örüntü içeren bölgelerdeki öteleme sonuçlarının %84'ünün derecesi “çok iyi” olup bunu sırasıyla %15 ve %1 ile “iyi” ve “orta” dereceleri izlemiştir.

Örüntü tespit edilen bölgelerde tüm ölçüler (açı, uzunluk ve şekil karşılaştırma ölçüleri) için medyan değerleri ve 75. yüzdeler (değerlerin %75'inin) derecesi “çok iyi” olmuştur.



Şekil 6.4 Doğrusal örüntü içeren bölgelerdeki açı, uzunluk ve şekil karşılaştırma ölçülerine ait kutu grafikler

Bu tez çalışmasında orta ölçekli topografik haritalarda binaların genelleştirmesinde kullanılan en karmaşık işlemlerden biri olan öteleme işleminin [6–8] otomatik gerçekleştirimi ve kalite değerlendirmesi için algoritmik yaklaşımlar ve yazılım araçları geliştirilmiştir. Bu kapsamda, kartografya ve CBS hakkında temel bilgilere sahip birisinin kolaylıkla anlayacağı ve kullanacağı yapıda bir arayüz oluşturulmuştur. Öteleme işlemi, gerekli ön parametreler belirlendikten sonra bu arayüz ile otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile özellikle orta ölçekli ulusal topografik haritaların üretimini gerçekleştiren Harita Genel Müdürlüğü'nün genelleştirme çalışmalarına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada önerilen öteleme yönteminin iki ana bileşeni, Python programlama dili ve QGIS yazılımıdır. Python dili C, C++ gibi düşük seviyeli (low-level) dillere göre yavaş çalışmakla birlikte kullanımı kolaydır. Bu nedenle son zamanlarda bilim insanları tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. QGIS yazılımı ise özelleştirilebilir kullanıcı arayüzü oluşturulması ve kullanılması konusunda alternatif CBS yazılımlarına göre daha kararlı bir ortam sunmaktadır.

Tez çalışmasında, öteleme öncesi bina ve yol verisi eksiksiz olarak oluşturulduktan sonra tasarlanan arayüz yardımıyla öteleme işleminin uygulanması ve değerlendirilmesi otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Öteleme adımları işlemin uygulanması sırasında etkileşimli olarak izlenebilmektedir.

Tecrübeli kartografların¹ görsel algısını büyük oranda esas alan kalite değerlendirmesine göre (bkz. Bölüm 4.10) bu çalışmada önerilen öteleme yaklaşımı oldukça tatmin edici sonuçlar vermiştir (Ek B, Ek C). Şekil 6.1'de görüldüğü üzere bölgelerin toplamda %91,23'ünün derecesi “çok iyi” veya “iyi” olup elde edilen sonucun deneyimli bir kartografin manuel olarak yapabileceği öteleme işleminin

¹Bina genelleştirmesi, tez danışmanının doktora tezi ve başlıca araştırma konusudur. Tez öğren-cisinin de yüksek lisans konusudur. Dolayısıyla bu çalışma kapsamında tecrübeli kartograflar olarak addedilmektedirler.

sonucuna oldukça yakın olduğu söylenebilir.

Yine Şekil 6.2'den anlaşılacağı üzere uyuşmazlıkların çözüldüğü bölgelerde (kalite değerlendirmesi “çok kötü” olan %3,29 dışında) konumsal doğruluk kısıtı tamamen sağlanmaktadır. Yollarla komşu olan genelleştirme bölgelerindeki öteleme miktarları genellikle daha büyüktür. Bu durum binaların dışında yolların da hedef ölçekteki işaret büyüklüklerinin artması nedeniyle binalar ve yollar arasındaki uyuşmazlıkların artmasından kaynaklanmaktadır.

Tüm karşılaştırma ölçü değerlerinin %90'nının derecesinin “iyi”, medyan değerlerinin derecesinin de “çok iyi” olması, sunulan yöntemin çoğu bölgede binaların mekânsal ilişkilerini korumada oldukça başarılı olduğunu göstermektedir (Şekil 6.3).

Doğrusal örüntü içeren bölgeler ayrıca değerlendirildiğinde ise bölgelerin toplamda %99'unun derecesi “çok iyi” veya “iyi” olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu bulgular, bu bölgelerin daraltılması sonrası öteleme işleminin gerçekleştirilmesiyle doğrusal örüntüleri korumada büyük ölçüde başarılı olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, Eşitlik 4.8 ve 4.9'daki x_{AHK} ve y_{AHK} değerleri her oturumun başı yerine her bina ötelenmesinden sonra hesaplanabilir. Fakat öteleme adımları kısa tutulduğu için bunları her binanın ötelenmesi sonrasında hesaplamak mekânsal ilişkilerin korunmasına dikkate değer bir katkı sağlamamaktadır. Daha da önemlisi bu durum işlem performansını önemli ölçüde düşürmektedir. Çünkü bu çalışmada kullanılan yaklaşımın uygulanmasında performansı en çok düşüren işlem bölgedeki tüm noktaların ağırlıklarının hesaplanmasıdır.

Kısaca özetlemek gerekirse, çalışmada kullanılan yöntem CBS yazılımları ve programlama yardımıyla pratik bir şekilde uygulanmış ve birçok durumda bölgesel bina ötelemesi için başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Bu bağlamda, KDE ve çoklu tampon alan analizi yardımıyla ağırlıklandırılan bölgesel grid noktaları, her oturumda binalar için en uygun öteleme doğrultusunun hesaplanmasına olanak sağlayarak genel olarak tatmin edici öteleme sonuçlarının elde edilmesine yardımcı olmuştur. Başka bir ifadeyle, bu strateji, binaların uyuşmazlıklarının kademeli olarak giderilmesini sağlamıştır. Ayrıca CBS kapsamında yeni ve pratik sayılabilecek bir yöntemle bölgelerdeki doğrusal örüntüleri oldukça etkin bir şekilde belirlemek mümkün olmuş ve ilgili bölgelerin daraltılması, bu tür bina örüntülerinin korunmasını sağlamıştır. Son olarak, öteleme değerlendirme kriterleri olarak yeni önerilen ve binaların mekânsal ilişkilerini analiz eden açı, uzunluk, şekil ve açıklık açısı karşılaştırma ölçütleri görsel değerlendirme sonuçları ile oldukça uyumlu sonuçlar üretmiştir. Ayrıca minimum mesafe ve konumsal doğruluk kısıtlarının da

öteleme sonrasında karşılanması sağlanmıştır.

Öte yandan çalışmanın bazı sınırlılıkları da vardır. Bunlar aşağıda belirtilmektedir:

- Kullanılan yöntem doğrusal örüntüleri belirgin olarak bozabildiğinden yalnızca bu örüntüler üzerine odaklanılmıştır. Bununla birlikte, binalar, daha karmaşık örüntülere sahip olabilir. Öteleme işleminde binaların hareketinin genelleştirme bölgesinin şekli ile sınırlandırılması binaların mekânsal örüntülerini belirli ölçüde korumaya yardımcı olsa da doğrusal örüntü dışında daha farklı bir örüntü oluşturan (örn. matris şeklinde) binaların örüntüleri bir miktar bozulabilmektedir.
- Sunulan yaklaşım bölgelerdeki doğrusal örüntüleri korumakta etkili olmakla birlikte, bazı bölgelerde değişik örüntüler bir arada bulunabilmektedir. Bu çalışmada kullanılan örüntü belirleme yaklaşımı bu tarz durumları belirleyememektedir. Daha açık bir ifadeyle, doğrusal ve dağınık örüntülü binalar birbirine yakın olmaları nedeniyle aynı bölgede bulunabilmektedir. Bu durumda doğrusal örüntüler ayırt edilememektedir.
- Kullanılan yöntem bölgesel öteleme çözümü sunmaktadır. Dolayısıyla öteleme sonrasında bitişik bölgelerdeki binalar arasında ortaya çıkabilecek uyumsuzlukları dikkate almamaktadır. Bu durumda uyumsuzluk gösteren iki binadan birisi tipikleştirme/eleme işlemiyle silinebilir ya da ilgili iki bölge tek bölgeye dönüştürülerek öteleme işlemi iki bölgedeki kalan binaların son konumlarından devam ettirilebilir.
- Öteleme kalitesinin değerlendirilmesinde bir üçgenin iç açılarının ve kenarlarının standart sapmaları ile eşleniği olan üçgende aynı değerler karşılaştırılmıştır. Burada, eşlenik üçgenlerin eşlenik açıları ve eşlenik kenarlarının analizine dayalı bir kalite değerlendirme yaklaşımı, daha yüksek doğruluklu bir sonuç verebilir.
- Çekirdek yoğunluk kestirimi (KDE) yönteminde tüm bölgeler için aynı bant genişliği ve kernel parametresi kullanılmıştır. Bölgeye özgü parametre belirlenmesi bazı bölgelerdeki işlem hızını artırırken bazı bölgelerde de kısıtlara daha uyumlu sonuçlar verebilir.
- Binaların semantik farklılıkları dikkate alınmamıştır. Örneğin dini binaların konumları hiç değiştirilmeden ya da diğer binalara göre çok az bir öteleme ile değiştirilerek konumları mümkün olduğunca korunmalıdır. Ayrıca eleme/tipikleştirme esnasında semantik farklılıklar, silme tercihinde etkili olabilir.

8 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, orta ölçekli topografik haritalarda bağlamsal bina genelleştirmesine ilişkin bölge temelli bir öteleme yaklaşımı önerilmiştir. Bu kapsamda, hedef ölçekte okunaklı ve yeterince doğru bilgi sunan bir harita üretmek için minimum mesafe, konumsal doğruluk ve mekânsal örüntü ve ilişki kısıtları dolaylı olarak dikkate alınmıştır. Tek nesne genelleştirmesi uygulanmış binalar ve hedef ölçekteki yollar girdi olarak kullanılmış ve bu nesneler arasındaki (binaların kendi aralarındaki ve binalar ile yollar arasındaki) uyumsuzluklar uygulanan yaklaşımda yönlendirici olmuştur. Özellikle yolların çevrelediği bloklar içerisindeki uyumsuzluk halindeki binaları ortaya çıkartmak için bina grupları minimum mesafe kısıtı kullanılarak elde edilmiştir. Voronoi çokgenleri ve tampon alan yöntemi yardımıyla oluşturulan genelleştirme bölgeleri sayesinde blok içindeki alanlar bina grupları arasında adil olarak paylaştırılmıştır. Böylece tüm veri setinde karşılaşılan öteleme ihtiyacı genelleştirme bölgeleri için bağımsız olarak çözüm geliştirmeye indirgenmiştir. Bu aşamalar, Başaraner [8, 19] tarafından önerilmiş olup aynen kullanılmıştır. Burada yalnızca doğrusal örüntü içeren bölgelerde değişiklik yapılmıştır. Bu amaçla, çoklu tampon alan analizleri ile bu tür örüntü içeren bölgeler belirlenmiş ve örüntülerin bozulmasını önlemek için bu bölgeler daraltılmıştır. Öteleme işlemleri kapsamında binalar önce bölge merkezine topluca ötelenmiş, ardından tamamen bölge içinde olmayan binalar bağımsız olarak bölge içine ötelenmiştir. Daha sonra iteratif olarak binaların öteleneceği en uygun konumu bulmak için her bir bölgeye ait düzenli nokta ağı oluşturulmuş ve bunlardan binaların içine düşenler dayanak noktaları olarak kullanılarak KDE ve tampon alanlar yardımıyla ağırlıklandırılmıştır. Bu ağırlıklar yardımıyla her bir bina için öteleme doğrultusu belirlenerek binalar oturumlar halinde küçük adımlarla ötelenmiştir. Her oturumda noktaların ağırlıkları yeniden hesaplanarak binanın o anki konumuna göre ötelenebileceği en uygun konum belirlenmiştir. Öteleme işlemi, uyumsuzluklar çözüldüğünde, oturum sayısı eşiğine ulaşıldığında veya bina sayısı eleme/tipikleştirme sonucunda belirlenen oranın altına düştüğünde sonlandırılmıştır. Eğer bölgede öteleme işlemi başarılı olmuşsa, konumsal değişimi bir miktar azaltmak için kalan binalar öteleme öncesi

konumlarındaki ortalama ağırlık merkezine doğru bir miktar kaydırılmıştır. Öteleme kalitesi kısıtlara bağlı olarak değerlendirilmiştir. Minimum mesafe ve konumsal doğruluk kısıtları öteleme sırasında analiz edilmiş ve sonucun bu kısıtlara uyması sağlanmıştır. Mekânsal örüntü ve ilişkiler, eğer bölgede en az üç bina varsa bina merkezlerinden elde edilen üçgenlerin öteleme öncesi ve sonrası durumdaki açı, uzunluk ve şekil karşılaştırma ölçüleri yardımıyla, iki bina olması durumunda bina bağlantı doğrularının açıklık açılarının karşılaştırılması yoluyla değerlendirilmiştir. Bölgeler, öteleme kalitesi bakımından görsel-algisal yorumlama sonuçları esas alınarak ölçüler için niceliksel analizle belirlenen eşik değerlere göre puanlandırılmış ve derecelendirilmiştir.

Tez kapsamında gelinen aşama dikkate alındığında, gelecek çalışmalar aşağıdaki gibi listelenebilir:

- Öteleme sonrasında farklı bölgelerdeki binalar arasında uyumsuzluk oluşuyor mu? Oluşuyorsa bu uyumsuzluklar nasıl çözülecek? Öteleme öncesinde minimum mesafe kısıtına göre bina grupları oluşturulmakta ve bölgeler bu gruplara göre oluşturularak bölge içinde öteleme çözümü geliştirilmektedir. Bu durum, farklı bölgelerdeki binalar arasında başlangıçta var olmayan uyumsuzlukları meydana getirebilir.
- Bölge içindeki binaların tamamı değil de bir kısmı örüntü içeriyorsa farklı bir yaklaşım izlenebilir. Bu durumda bölgenin ilgili kısmı (sadece örüntü içeren binaların bulunduğu kısmı) daraltılarak oradaki örüntünün korunması sağlanabilir.
- Bu çalışmadaki yaklaşım doğrusal örüntü içeren bölgeler daraltılmadan uygulandığında örüntüler ciddi anlamda bozulmaktadır. Bu nedenle örüntü içeren bölgelerin şekli daraltılmıştır. Doğrusal örüntülere ek olarak farklı türdeki örüntüler de belirlenerek bunlara uygun öteleme yöntemleri uygulanabilir.
- Kalite değerlendirmesi eşlenik üçgenler dışında üçgenlerin eşlenik kenar ve açıları karşılaştırılarak geliştirilebilir.
- Bölgede öteleme başarısız olduğunda farklı aralıklı düzenli nokta ağı ve yeni KDE parametreleri ile öteleme yinelenabilir.
- Her bölge için sabit parametreler kullanmak yerine bölgeye göre değişebilen parametrelerle öteleme işlemi gerçekleştirilebilir.

A

ÖNEMLİ FONKSİYONLARA AİT KODLAR

```
from math import pi, ceil, sqrt, exp
import numpy as np
from qgis.core import *
from qgis.PyQt.QtGui import QColor
from qgis.PyQt.QtWidgets import QApplication
from sklearn import base
from utils import *

def otelemeyi_baslat(P, D, gb, otele_lyr, nokta_lyr):
    bina_lyr = D.BINA_HAM
    request = '"Gen_Reg_ID"=' + str(gb["FID"])
    bina_list = list(bina_lyr.getFeatures(request))
    kirp_buf_dict = kirpilmis_bufferlar(bina_list, gb, D.KBM, "g"
    )
    bolge_icinde_nokta_agi(gb.geometry(), nokta_lyr, D.NA, gb["FID"])

    D.ADIMLAR = ""
    disaridaki_binalari_iceri_otele(P, D, gb, otele_lyr,
    nokta_lyr, kirp_buf_dict)
    binalari_otele(P, D, gb, otele_lyr, nokta_lyr)

def binalari_otele(P, D, gb, otele_lyr, nokta_lyr):
    gb_dpr = D.GB_LYR.dataProvider()
    request = '"Gen_Reg_ID" = ' + str(gb["FID"])
    binalar = {b["FID"]: b for b in otele_lyr.getFeatures(request
    )}

    if uyusmazlik_yok(binalar) and len(D.DIS_LIST) > 0:
        D.ADIMLAR += " I_OTE +"
        gb_dpr.changeAttributeValues({gb.id(): {D.FIELD_ADIM: D.
        ADIMLAR}})

    return

blok_lyr = D.BLOK_LYR
bina_ham_list = list(D.BINA_HAM.getFeatures(request))
```

```

dis_binalar = [b for b in bina_ham_list if b.geometry().
                overlaps(gb.geometry())]
bina_ham_list = gb_merkezine_otetele(bina_ham_list, gb)

if len(dis_binalar) == len(bina_ham_list):
    D.PATTERN_GEOM = None
else:
    D.PATTERN_GEOM = pattern_geometrisi(bina_ham_list, gb)
    D.PATTERN_GEOMS.append(D.PATTERN_GEOM)

blok = [b for b in blok_lyr.getFeatures() if gb.geometry().
        intersects(b.geometry())][0]

if D.PATTERN_GEOM is None:
    gb_temas_siniri = temas_siniri(D, gb, blok)
    bolge_icinde_nokta_agi(gb.geometry().buffer(5, 15),
                          nokta_lyr, D.NA, gb["FID"])
else:
    gb_temas_siniri = D.PATTERN_GEOM
    bolge_icinde_nokta_agi(D.PATTERN_GEOM, nokta_lyr, D.NA, gb[
                          "FID"], pattern=True)

D.ADIMLAR += " OTE"
nokta_list = list(nokta_lyr.getFeatures(request))

while True:
    binalar = {b["FID"]: b for b in otele_lyr.getFeatures(
        request)}

    bina_sayisi = len(binalar)
    kirpilmis_buflar = kirpilmis_bufferlar(binalar, gb, D.KBM,
                                           "g")
    essiz_buf = kirpilmis_bufferlar(binalar, gb, D.KBM, "b")
    essiz_buf_noktalar = {}

    for FID, buf in essiz_buf.items():
        essiz_buf_noktalar[FID] = {n for n in nokta_list if n.
                                     geometry().within(buf)}

    IT = 1
    TIT = D.IT * len(binalar)
    while IT <= TIT:
        nokta_agirliklarini_tablo_yaz(D, nokta_lyr, otele_lyr)
        nokta_list = list(nokta_lyr.getFeatures(request))
        anlik_buflar = None

        if P.ch_anlik_buffer_kullan.isChecked():
            anlik_buflar = kirpilmis_bufferlar(binalar, gb, D.ABM,
                                                "b")

```

```

bamlar = bufferlarin_agirlik_merkezi(D, kirpilmis_buflar,
                                     nokta_list, essiz_buf_noktalar
                                     , anlik_buflar, P, binalar)
uzakliklar = {FID: binalar[FID].geometry().centroid().
               asPoint().distance(n) for FID,
               n in bamlar.items()}

IT += 1
while True:
    if uyusmazlik_yok(binalar):
        D.ADIMLAR += " +"
        gb_dpr.changeAttributeValues({gb.id(): {D.FIELD_ADIM:
                                                  D.ADIMLAR}})

        return

    if not uzakliklar:
        IT += 1
        break

    en_uzak_bina_fid = max(uzakliklar, key=uzakliklar.get)
    bina = binalar[en_uzak_bina_fid]
    bina_geom = bina.geometry()
    FID = en_uzak_bina_fid
    cent = binalar[FID].geometry().centroid().asPoint()
    dx, dy = oteleme_miktari2(cent, bamlar[FID], uzakliklar
                              [en_uzak_bina_fid])

    if uyusmazlik_yok(binalar, bina):
        dx, dy = dx / 2, dy / 2

    ilk_uzaklik1 = bina_geom.centroid().distance(D.
                                                  ILKKONUMLAR[FID])
    bina_geom.translate(dx, dy)
    ilk_uzaklik2 = bina_geom.centroid().distance(D.
                                                  ILKKONUMLAR[FID])
    temas_ediyor = bina_geom.overlaps(gb_temas_siniri)

    if temas_ediyor: bina_geom.translate(-dx, -dy)

    mesafe_sarti = ilk_uzaklik2 <= D.AOM
    if ilk_uzaklik1 - ilk_uzaklik2 > 0:
        mesafe_sarti = True

    oteleme_yapilacakmi = (not temas_ediyor) and
                           mesafe_sarti

    if oteleme_yapilacakmi:

```

```

        otele_lyr.dataProvider().changeGeometryValues({F(FID,
                                                    otele_lyr).id(): bina_geom})
        otele_lyr.updateExtents()
        bina.setGeometry(bina_geom)

        uzakliklar.pop(FID)
        if not uzakliklar:
            IT += 1
            break
        IT += 1

    if len(binalar) == 0:
        D.ADIMLAR += " KAY"
        gb_dpr.changeAttributeValues({gb.id(): {D.FIELD_ADIM: D.
                                                    ADIMLAR}})

    return

binalar = {b["FID"]: b for b in otele_lyr.getFeatures(
    request)}
FID1, FID2 = en_fazla_uyusmayan_iki_bina(binalar)
otele_lyr, sonuc = uyusmayanlari_tipiklestir(D, gb,
    otele_lyr, FID1, FID2)

if sonuc is None:
    D.ADIMLAR += " KAY"
    gb_dpr.changeAttributeValues({gb.id(): {D.FIELD_ADIM: D.
                                                    ADIMLAR}})
    otele_lyr.dataProvider().deleteFeatures([b.id() for b in
        otele_lyr.getFeatures()])

    return

adimlar_str = str(gb["ADIMLAR"]) + "-TIP"
gb_dpr.changeAttributeValues({gb.id(): {D.FIELD_ADIM:
    adimlar_str}})
binalar = {b["FID"]: b for b in otele_lyr.getFeatures(
    request)}
kirpilmis_buflar = kirpilmis_bufferlar(binalar, gb, D.KBM,
    "g")
D.ADIMLAR += " TIP"
disaridaki_binalari_iceri_otele(P, D, gb, otele_lyr,
    nokta_lyr, kirpilmis_buflar)

def uyusmayanlari_tipiklestir(D, gb, otele_lyr, FID1, FID2):
    FID = gb["FID"]
    binalar = {b["FID"]: b for b in D.TIPIK_ARA_LYR.getFeatures('
        "Gen_Reg_ID"=' + str(FID))}
    binalar_ = list(binalar.values())

```

```

bina1 = binalar[FID1]
bina2 = binalar[FID2]
koru, sil = bina_sec(bina1, bina2)
g = koru.geometry()
x1 = koru.geometry().centroid().asPoint().x()
y1 = koru.geometry().centroid().asPoint().y()
x2 = sil.geometry().centroid().asPoint().x()
y2 = sil.geometry().centroid().asPoint().y()
a1, a2 = koru.geometry().area(), sil.geometry().area()
x = (x1*a1 + x2*a2) / (a1+a2)
y = (y1*a1 + y2*a2) / (a1+a2)
dx, dy = x - x1, y - y1
if not konveks_mi(koru): g.translate(dx, dy)
koru.setGeometry(g)
koru["REPR"] += sil["REPR"]
binalar.pop(sil["FID"])
D.ILKKONUMLAR[koru["FID"]] = koru.geometry().centroid()
silinecek = [b.id() for b in binalar_]
D.TIPIK_ARA_LYR.dataProvider().deleteFeatures(silinecek)
D.TIPIK_ARA_LYR.dataProvider().addFeatures(binalar.values())
D.TIPIK_ARA_LYR.updateExtents()
silinecek = [b.id() for b in otele_lyr.getFeatures('"
                                                Gen_Reg_ID"=' + str(FID)))]
otele_lyr.dataProvider().deleteFeatures(silinecek)
otele_lyr.updateExtents()

for b_feat in binalar.values():
    feat = QgsFeature(b_feat)
    otele_lyr.dataProvider().addFeature(feat)

limit = ceil(D.BINA_SAYISI / 2)
bina_sayisi_sarti_saglanmiyor = len(binalar) < limit

if D.BINA_SAYISI == 2 and len(binalar) == 1:
    bina_sayisi_sarti_saglanmiyor = False

if bina_sayisi_sarti_saglanmiyor:
    return otele_lyr, None

return otele_lyr, 1

def en_fazla_uyusmayan_iki_bina(binalar):
    def mesafe(a, b):
        s1 = a.geometry().distance(b.geometry())
        s2 = a.geometry().centroid().distance(b.geometry().centroid())

        return (s1+s2)/2

```

```

bv = binalar.values()
mesafeler = {(a["FID"], b["FID"]): mesafe(a, b) for a in bv
              for b in bv if a["FID"] < b["FID"]}

mesafeler = sorted(mesafeler.items(), key=lambda x: x[1])
bina1 = binalar[mesafeler[0][0][0]]
bina2 = binalar[mesafeler[0][0][1]]
return bina1["FID"], bina2["FID"]

def temas_siniri(D, gb, blok):
    if isinstance(blok, QgsFeature):
        blok_buf = blok.geometry().buffer(D.Y_TOL-10, 15)
    elif isinstance(blok, QgsGeometry):
        blok_buf = blok.buffer(D.Y_TOL-10, 15)

    gb_buf = gb.geometry().buffer(D.TOL, 15)
    gb_temas_siniri = gb_buf.intersection(blok_buf)
    return gb_temas_siniri

def disaridaki_binalari_iceri_otele(P, D, gb, otele_lyr,
                                   nokta_lyr, kirp_buf_dict):
    request = '"Gen_Reg_ID"' + str(gb["FID"])
    D.yontem = "Mesafe" if P.kendi_yontemimiz.isChecked() else "KDE"

    otele_lyr.startEditing()
    binalar = {b["FID"]: b for b in otele_lyr.getFeatures(request)}
    dis_binalar = {i: binalar[i] for i in binalar if binalar[i].
                  geometry().overlaps(gb.geometry())}
    D.DIS_LIST = list(dis_binalar.keys())
    if len(D.DIS_LIST) == 0: return

    nokta_agirliklarini_tablo_yaz(D, nokta_lyr, otele_lyr)
    blok = [b for b in D.BLOK_LYR.getFeatures() if gb.geometry().
            intersects(b.geometry())][0]
    gb_temas_siniri = temas_siniri(D, gb, blok)
    for i, bina in dis_binalar.items():
        buftaki_noktalar = {n.id(): n for n in nokta_lyr.
                           getFeatures() if n.geometry().
                           within(kirp_buf_dict[i])}

        G = agirlik_merkezi(buftaki_noktalar)
        b_geom = bina.geometry()
        dx = G.x() - b_geom.centroid().asPoint().x()
        dy = G.y() - b_geom.centroid().asPoint().y()
        dx, dy = dx/25, dy/25

```

```

bina_ilk_centroid = b_geom.centroid()

dokunuyor = True
while dokunuyor:
    b_geom.translate(dx, dy)
    bina_son_centroid = b_geom.centroid()
    fark = bina_son_centroid.distance(bina_ilk_centroid)
    dokunuyor = b_geom.overlaps(gb_temas_siniri)

    if fark < D.AOM:
        if dokunuyor:
            continue
        otele_lyr.changeGeometry(F(i, otele_lyr).id(), b_geom)
    else:
        otele_lyr.deleteFeature(F(i, otele_lyr).id())
        break

otele_lyr.commitChanges()

class KernelDensity():
    def __init__(self, base_points, h):
        self.h = h
        self.base_points = base_points

    def evaluate(self, p):
        def K(z): return exp(-(z**2)/2)/(2*pi)
        def D(p, b): return sqrt((p[0]-b[0])**2 + (p[1]-b[1])**2)
        density = sum([K(D(p, b)/self.h) for b in self.base_points]
                       )/self.h**2

        return 1/density

def bolge_icinde_nokta_agi(pol, nokta_lyr, d, FID, pattern=
                           False):

    if pattern:
        nokta_siniri = pol
    else:
        nokta_siniri = pol.buffer(2, 15)

    bb, _, angle, _, _ = nokta_siniri.orientedMinimumBoundingBox
                           ()

    cent = bb.centroid().asPoint()
    bb.rotate(-angle, cent)
    bb = bb.boundingBox()
    minX, maxX = bb.xMinimum(), bb.xMaximum()
    minY, maxY = bb.yMinimum(), bb.yMaximum()
    boslukX = ((maxX-minX) % d) / 2
    boslukY = ((maxY-minY) % d) / 2

```

```

xs = np.arange(minX + boslukX, maxX, d)
ys = np.arange(minY + boslukY, maxY, d)
fields = nokta_lyr.fields()
dpr = nokta_lyr.dataProvider()

with edit(nokta_lyr):
    listOfIds = [feat.id() for feat in nokta_lyr.getFeatures()]
    nokta_lyr.dataProvider().deleteFeatures(listOfIds)
    nokta_list = []

    for i in xs:
        for j in ys:
            p = QgsGeometry.fromPointXY(QgsPointXY(i, j))
            p.rotate(angle, cent)
            if p.intersects(nokta_siniri):
                nokta_list.append(p)
                f = QgsFeature(fields)
                attr = [FID]
                f.setGeometry(p)
                f.setAttributes(attr)
                dpr.addFeatures([f])

    return nokta_list

def kirpilmis_bufferlar(binalar, gb, mesafe, kirpma_referansi="
                        gen_bolgesi"):
    if isinstance(binalar, dict):
        binalar = binalar.values()

    bb = {b["FID"]: b.geometry().buffer(mesafe, 15) for b in
          binalar}

    bbf = {}

    if kirpma_referansi == "gen_bolgesi" or kirpma_referansi == "
        g":
        bbf = {FID: bb[FID].intersection(gb.geometry()) for FID in
              bb}
    elif kirpma_referansi == "diger_binalar" or kirpma_referansi
        == "b":

        for FID in bb:
            diger_bina_bufferlari = [bb[j] for j in bb if FID != j]
            toplam = QgsGeometry.unaryUnion(diger_bina_bufferlari)
            fark = bb[FID].difference(toplam)

            if fark.area() < 156.25:
                bbf[FID] = QgsGeometry.fromPointXY(QgsPointXY(1, 1))

```

```

        else:
            bbf[FID] = multipolygon_ayristir(fark, 156.25)

    return bbf

def pattern_geometrisi(bina_list, gb, buf_dist=25, D=None):
    if len(bina_list) < 3:
        return None

    hepsi_kare = [kare_mi(b) for b in bina_list]
    hepsi_dikdortgen = [dikdortgen_mi(b) for b in bina_list]
    hepsi_ayni_sekilli = all(hepsi_kare) or all(hepsi_dikdortgen)
    if not hepsi_ayni_sekilli: return None

    buf25 = dissolved_buffer(bina_list, buf_dist, True)
    buf = buf25.buffer(-40, 5, 1, 2, 2).simplify(5)
    buf = en_buyuk_parca(buf)
    if D: D.BUFS.append(buf)
    if buf.isEmpty() or buf.area() <= 25:
        return hareket_alani(bina_list, gb, buf_dist)

    return None

def hareket_alani(bina_list, gb, buf_dist):
    buf25 = dissolved_buffer(bina_list, buf_dist, False)
    pat_geom = buf25.buffer(-25, 5)
    cent = pat_geom.centroid()
    d = {b: cent.distance(b.geometry()) for b in bina_list}
    dd = sorted(d.items(), key=lambda x: x[1], reverse=True)
    bs = list(zip(*dd[:2]))[0]

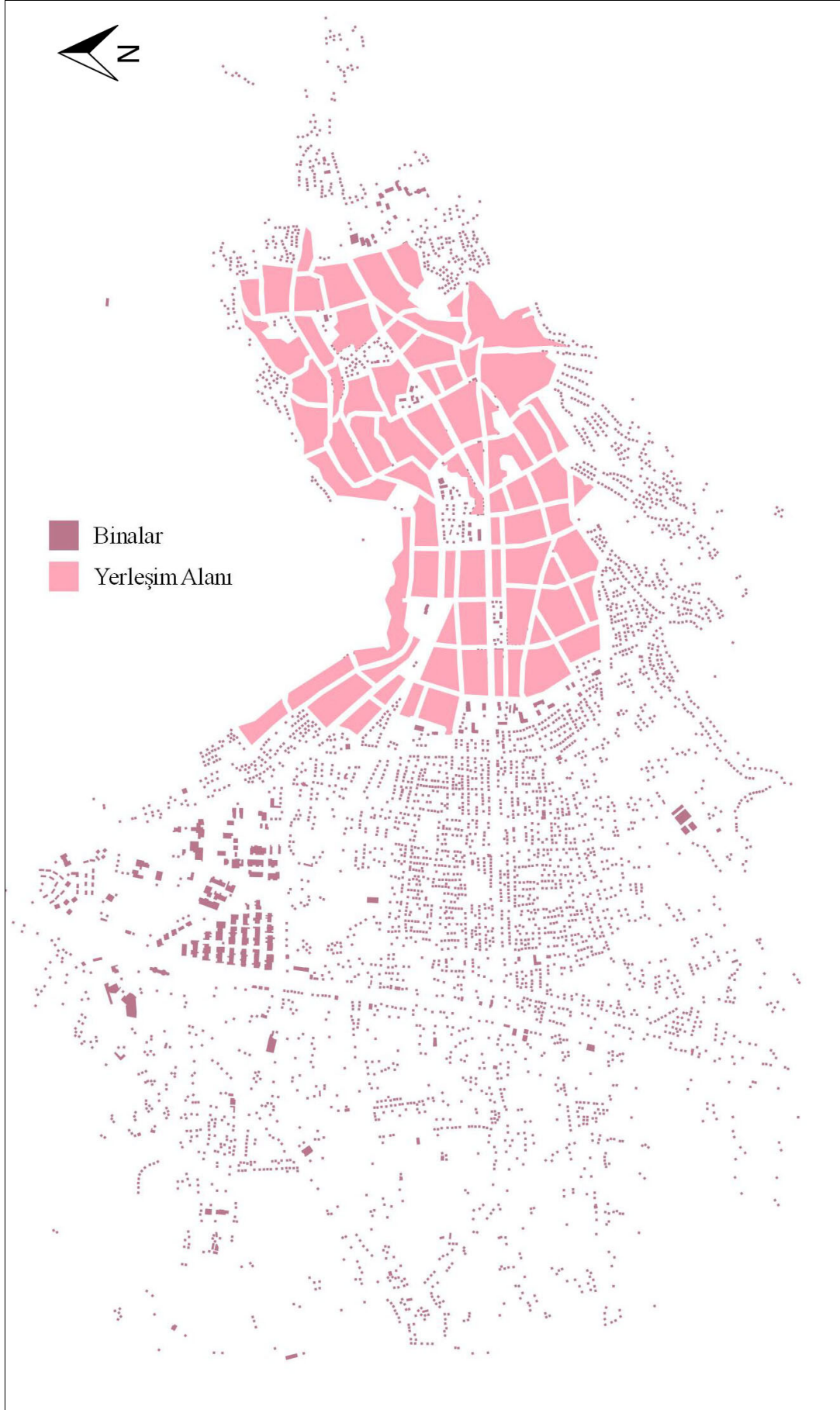
    for b in bs:
        kenar = en_uzak_kenar(b, cent)
        buf = kenar.singleSidedBuffer(35, 5, 0)
        if buf.intersection(pat_geom).area() > 10:
            buf = kenar.singleSidedBuffer(35, 5, 1)
        pat_geom = pat_geom.combine(buf)
    pat_geom = pat_geom.buffer(5, 5)
    pat_geom = pat_geom.intersection(gb.geometry())

    return pat_geom

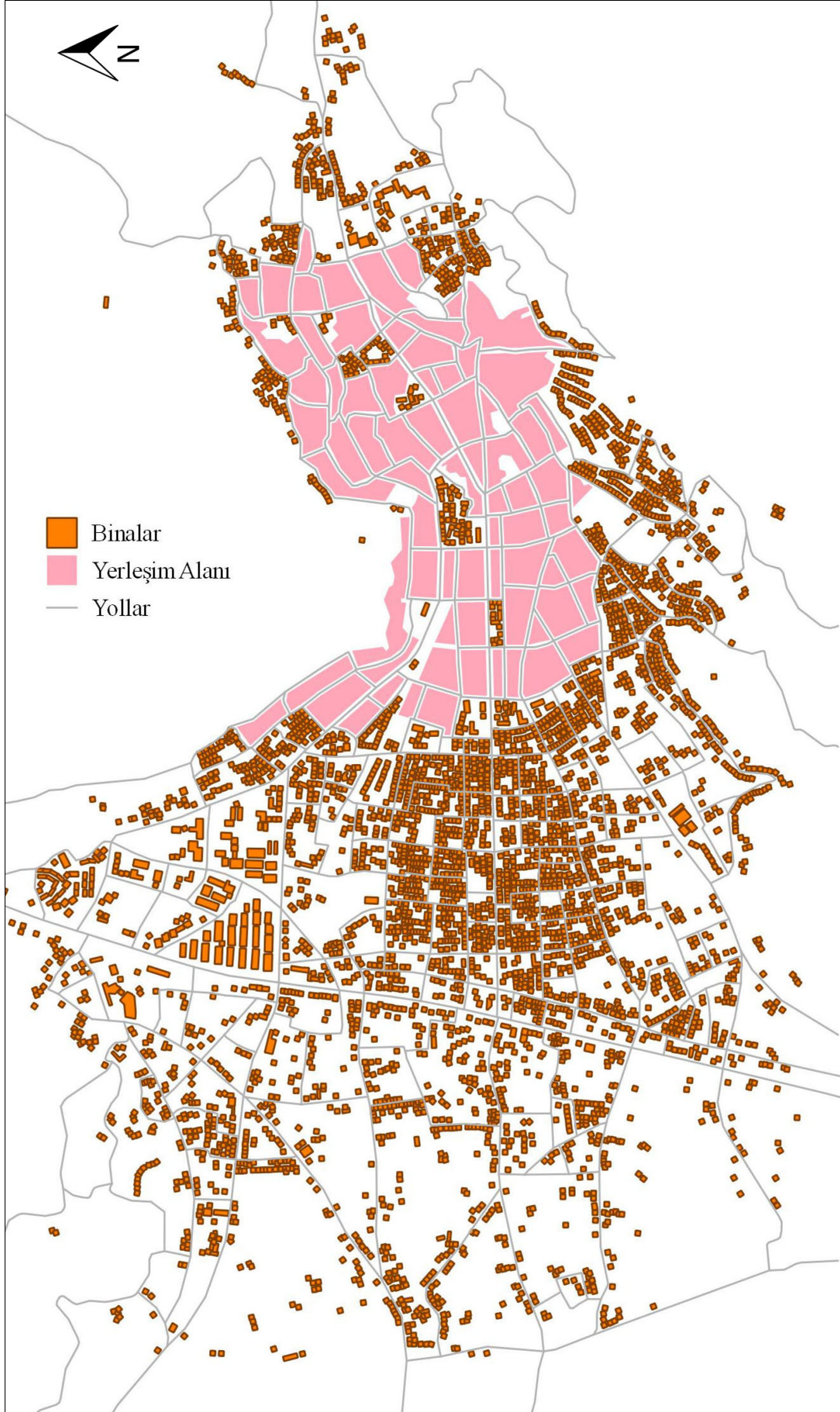
```

B **ÇALIŞMA ALANI**

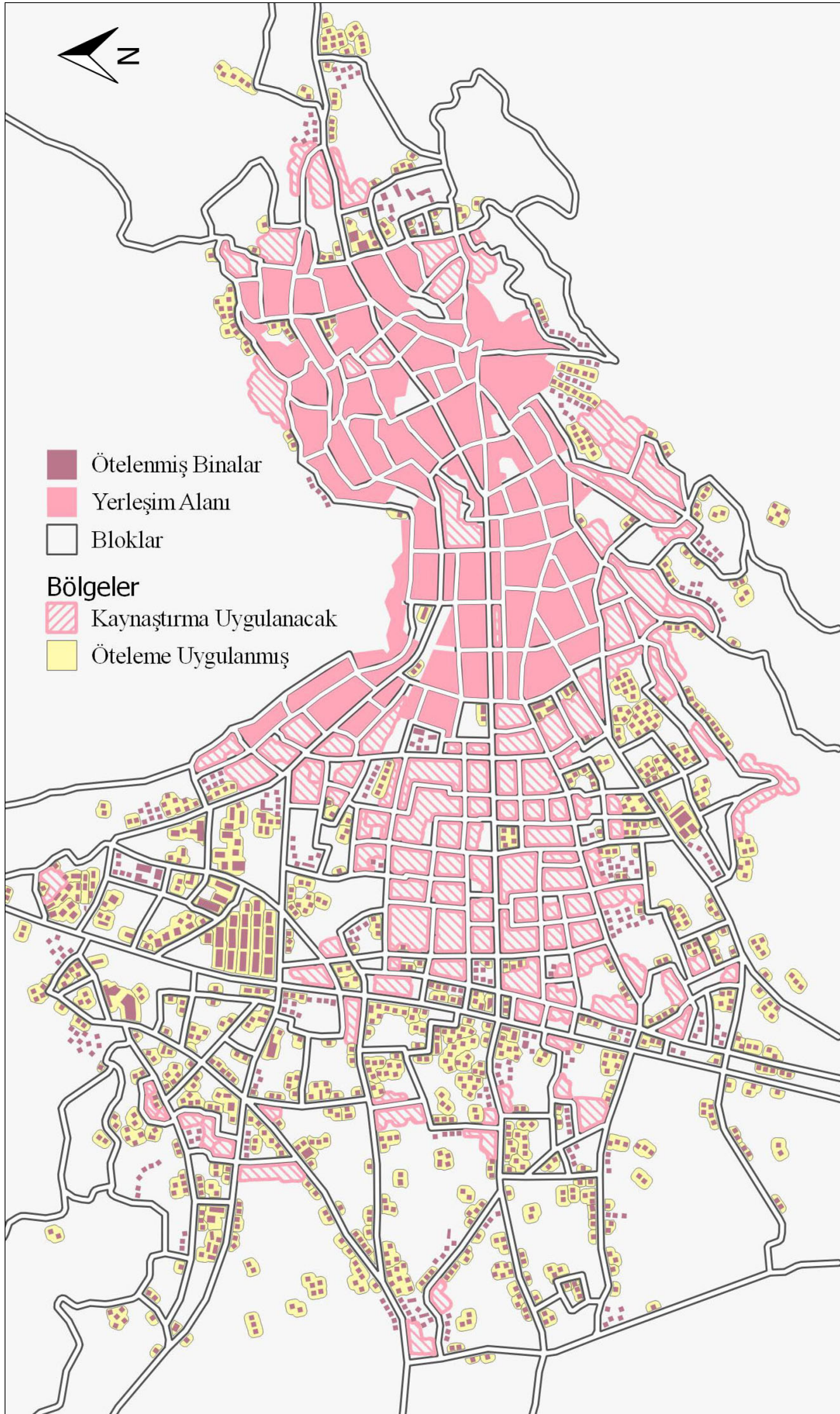
Çalışmada alanında ulaşım, yerleşim alanı ve bina verileri mevcuttur. Çalışma alanı kentsel bina dağılımlarını birlikte içermektedir (Şekil B.1). Uygulamada binalar ve yerleşim alanı için 1:25 000 ölçeğindeki veriler, ulaşım ağı için ise 1:50 000 ölçeğine genelleştirilmiş yol verisi kullanılmıştır (Şekil B.2).



Şekil B.1 Çalışma alanına ait 1:25 000 ölçeğinde topografik harita. (Gerçek ölçeğinde değildir)



Şekil B.2 Çalışma alanına ait 1:50 000 ölçeğinde tek bina genelleştirmesi uygulanmış topografik harita. (Gerçek ölçeğinde değildir)

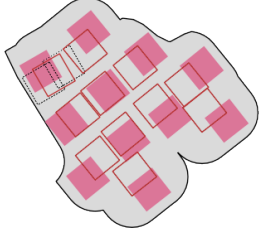
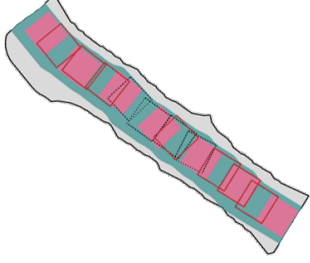
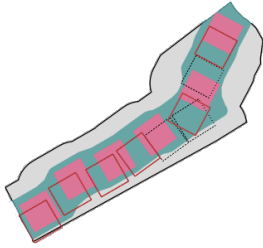
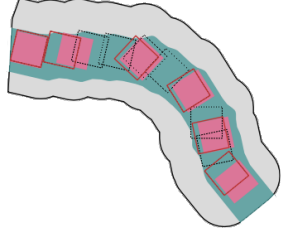
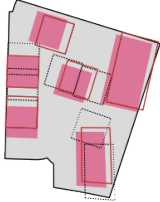
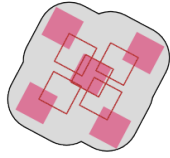


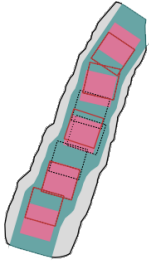
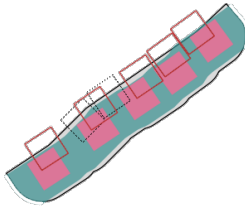
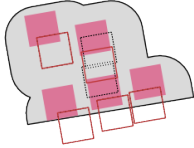
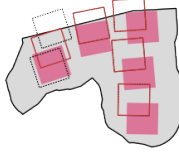
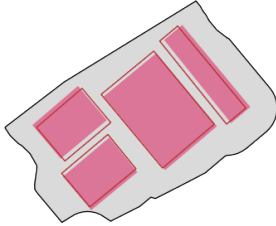
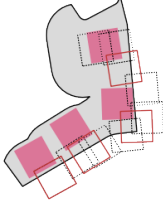
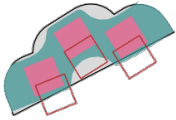
Şekil B.3 Çalışma alanına ait 1:50 000 ölçeğinde öteleme işlemi uygulanmış topografik harita. (Gerçek ölçeğinde değildir)

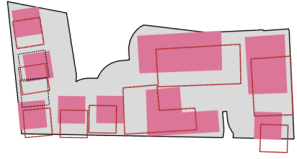
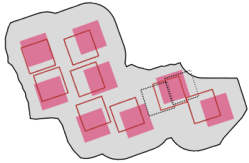
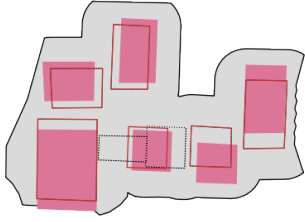
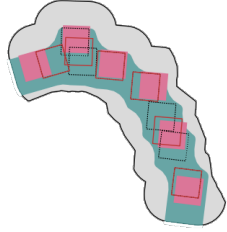
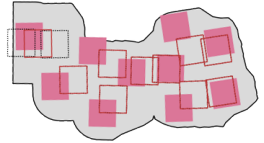
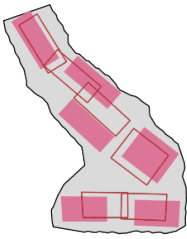
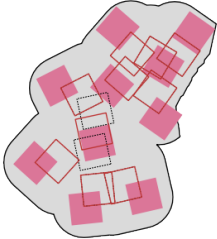
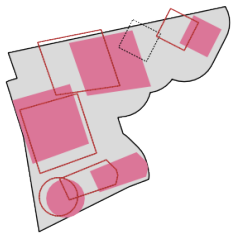
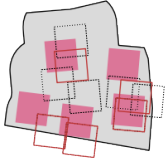
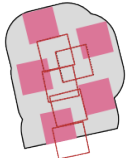
C

ÖRNEK ÖTELEME SONUÇLARI

Tablo C.1 Örnek bölgelere ait, kalite değerlerini de içeren öteleme sonuçları

		
m_α 6,10 μ_{dd} 12,75	m_α 4,01 μ_{dd} 3,87	m_α 3,31 μ_{dd} 20,53
m_k 0,05 Δd_C 4,13	m_k 0,04 Δd_C 2,08	m_k 0,04 Δd_C 19,64
m_s 0,03 KD Çok İyi	m_s 0,04 KD Çok İyi	m_s 0,02 KD Çok İyi
		
m_α 2,42 μ_{dd} 13,31	m_α 7,45 μ_{dd} 17,29	m_α 1,11 μ_{dd} 5,75
m_k 0,02 Δd_C 12,99	m_k 0,04 Δd_C 16,25	m_k 0,02 Δd_C 5,36
m_s 0,03 KD Çok İyi	m_s 0,04 KD Çok İyi	m_s 0,02 KD Çok İyi
		
m_α 3,36 μ_{dd} 13,81	m_α 3,14 μ_{dd} 6,06	m_α 2,99 μ_{dd} 8,22
m_k 0,04 Δd_C 13,76	m_k 0,03 Δd_C 3,02	m_k 0,03 Δd_C 1,79
m_s 0,03 KD Çok İyi	m_s 0,02 KD Çok İyi	m_s 0,02 KD Çok İyi

		
m_α 3,46 μ_{dd} 8,96	m_α 2,51 μ_{dd} 16,52	m_α 0,88 μ_{dd} 15,17
m_k 0,03 Δd_C 5,72	m_k 0,01 Δd_C 14,95	m_k 0,01 Δd_C 15,06
m_s 0,03 KD Çok İyi	m_s 0,02 KD Çok İyi	m_s 0,01 KD Çok İyi
		
m_α 3,53 μ_{dd} 19,69	m_α 0,83 μ_{dd} 15,98	m_α 6,08 μ_{dd} 16,07
m_k 0,03 Δd_C 19,07	m_k 0,01 Δd_C 14,82	m_k 0,04 Δd_C 15,5
m_s 0,02 KD Çok İyi	m_s 0,01 KD Çok İyi	m_s 0,04 KD Çok İyi
		
m_α 1,37 μ_{dd} 15,93	m_α 2,04 μ_{dd} 3,65	m_α 1,18 μ_{dd} 7,97
m_k 0,01 Δd_C 1,39	m_k 0,01 Δd_C 1,37	m_k 0,01 Δd_C 7,95
m_s 0,01 KD Çok İyi	m_s 0,02 KD Çok İyi	m_s 0,01 KD Çok İyi
		
m_α 0,17 μ_{dd} 23,07	m_α 0,71 μ_{dd} 16,85	m_α 0,26 μ_{dd} 20,25
m_k 0,01 Δd_C 22,66	m_k 0,00 Δd_C 16,73	m_k 0,01 Δd_C 20,08
m_s 0,00 KD Çok İyi	m_s 0,01 KD Çok İyi	m_s 0,01 KD Çok İyi

		
m_α 9,78 μ_{dd} 14,32	m_α 9,45 μ_{dd} 10,32	m_α 9,05 μ_{dd} 16,01
m_k 0,04 Δd_C 10,06	m_k 0,07 Δd_C 5,50	m_k 0,06 Δd_C 11,37
m_s 0,07 KD İyi	m_s 0,06 KD İyi	m_s 0,06 KD İyi
		
m_α 6,64 μ_{dd} 9,49	m_α 7,76 μ_{dd} 6,86	m_α 18,54 μ_{dd} 14,60
m_k 0,03 Δd_C 1,26	m_k 0,03 Δd_C 4,71	m_k 0,09 Δd_C 1,69
m_s 0,05 KD İyi	m_s 0,07 KD İyi	m_s 0,14 KD Orta
		
m_α 17,53 μ_{dd} 12,89	m_α 19,06 μ_{dd} 15,73	m_α 14,50 μ_{dd} 12,03
m_k 0,07 Δd_C 3,37	m_k 0,13 Δd_C 2,61	m_k 0,10 Δd_C 11,66
m_s 0,13 KD Orta	m_s 0,13 KD Orta	m_s 0,01 KD Orta
		
m_α 8,73 μ_{dd} 14,96	m_α 3,833 μ_{dd} 21,78	m_α - μ_{dd} -
m_k 0,15 Δd_C 14,51	m_k 0,13 Δd_C 13,28	m_k - Δd_C -
m_s 0,11 KD Orta	m_s 0,35 KD Kötü	m_s - KD Çok Kötü

m_{Θ} 0,13	m_{Θ} 1,55	m_{Θ} 3,31	m_{Θ} 4,56	m_{Θ} 3,72	m_{Θ} 1,69
KD Çok İyi	KD Çok İyi	KD Çok İyi	KD Çok İyi	KD Çok İyi	KD Çok İyi
m_{Θ} 4,12	m_{Θ} 2,53	m_{Θ} 5,72	m_{Θ} 2,79	m_{Θ} 1,46	m_{Θ} 12,42
KD Çok İyi	KD Çok İyi	KD Çok İyi	KD Çok İyi	KD Çok İyi	KD İyi
m_{Θ} 12,71	m_{Θ} 10,16	m_{Θ} 23,77	m_{Θ} 14,80	m_{Θ} 13,43	m_{Θ} 77,98
KD İyi	KD İyi	KD Orta	KD Orta	KD Orta	KD Kötü
KD Çok İyi	KD Çok İyi	KD Çok İyi	KD Çok İyi	KD Çok Kötü	KD Çok Kötü
Genelleştirme bölgesi Daraltılmış genelleştirme bölgesi Tipikleştirme/eleme öncesi binalar Öteleme öncesi binalar Öteleme sonrası binalar					

- [1] X. Zhang, “Automated evaluation of generalized topographic maps”, Doktora Tezi, University of Twente, 2012.
- [2] R. W. Anson, F. J. Ormeling, Eds., *Basic Cartography: For Students and Technicians*. Elsevier, 1991, ISBN: 978-1-4832-5712-9.
- [3] M. Sester, “Self-organizing maps for density-preserving reduction of objects in cartographic generalization”, *Self-Organising Maps: Applications in Geographic Information Science*, M. J. Egenhofer, C. Freksa, H. J. Miller, Eds., pp. 107–120, 2008.
- [4] R. Weibel, “Generalization of spatial data: Principles and selected algorithms”, in *Algorithmic Foundations of Geographic Information Systems*, M. van Kreveld, J. Nievergelt, T. Roos, P. Widmayer, Eds., Springer, 1997, pp. 99–152.
- [5] M. Başaraner, M. Selçuk, “Coğrafi ve kartografik veri tabanlarında otomatik genelleştirme”, in *10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Mar. 2005, pp. 397–407.
- [6] Z. Li, *Algorithmic Foundation of Multi-scale Spatial Representation*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2007.
- [7] N. Regnauld, R. B. McMaster, “A synoptic view of generalisation operators”, in *Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications*, W. Mackaness, A. Ruas, L. T. Sarjakoski, Eds., Amsterdam: Elsevier, 2007, pp. 37–66.
- [8] M. Başaraner, “A zone-based iterative building displacement method through the collective use of voronoi tessellation, spatial analysis and multicriteria decision making”, *Boletim de Ciências Geodésicas*, vol. 17, pp. 161–187, Jun. 2011.
- [9] K.-H. Anders, “Grid typification”, in *Progress in Spatial Data Handling: 12th International Symposium on Spatial Data Handling*, A. Riedl, W. Kainz, G. A. Elmes, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006, pp. 633–642, ISBN: 978-3-540-35589-2.
- [10] W. Yang, “Identify building patterns”, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 37, pp. 391–398, 2008.
- [11] X. Zhang, T. Ai, J. Stoter, “Characterization and detection of building patterns in cartographic data: Two algorithms”, in *Advances in Spatial Data Handling and GIS*, A. G. O. Yeh, W. Shi, Y. Leung, C. Zhou, Eds. Springer, 2010, pp. 93–107.

- [12] X. Zhang, J. Stoter, T. Ai, M.-J. Kraak, M. Molenaar, “Automated evaluation of building alignments in generalized maps”, *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 27, no. 8, pp. 1550–1571, 2013.
- [13] S. Du, L. Luo, K. Cao, M. Shu, “Extracting building patterns with multilevel graph partition and building grouping”, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 122, pp. 81–96, 2016, ISSN: 0924-2716.
- [14] K.-H. Anders, M. Sester, D. Fritsch, “Analysis of settlement structures by graph-based clustering”, in *Semantic Modelling for the Acquisition of Topographic Information from Images and Maps*, W. Forstner, C. E. Liedtke, J. Bückner, Eds., Apr. 2001, pp. 41–49.
- [15] A. Boffet, S. R. Serra, “Identification of spatial structures within urban blocks for town characterization”, in *Proceedings of 20th International Cartographic Conference*, 2001, pp. 1974–1983.
- [16] H. Yan, R. Weibel, B. Yang, “A multi-parameter approach to automated building grouping and generalization”, *Geoinformatica*, vol. 12, no. 1, pp. 73–89, 2008.
- [17] N. Regnauld, “Contextual building typification in automated map generalization”, *Algorithmica*, vol. 30, no. 2, pp. 312–333, 2001.
- [18] S. Steiniger, P. Taillandier, R. Weibel, “Utilising urban context recognition and machine learning to improve the generalisation of buildings”, *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 24, no. 2, pp. 253–282, 2010.
- [19] M. Başaraner, M. Selçuk, “A structure recognition technique in contextual generalisation of buildings and built-up areas”, *The Cartographic Journal*, vol. 45, no. 4, pp. 274–285, 2008.
- [20] Z. Li, H. Yan, T. Ai, J. Chen, “Automated building generalization based on urban morphology and gestalt theory”, *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 18, no. 5, pp. 513–534, 2004.
- [21] S. Çetinkaya, M. Başaraner, D. Burghardt, “Proximity-based grouping of buildings in urban blocks: A comparison of four algorithms”, *Geocarto International*, vol. 30, no. 6, pp. 618–632, 2015.
- [22] R. Lior, M. Oded, “Clustering methods”, in *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*, O. Maimon, L. Rokach, Eds., First Edition. Boston: Springer, 2005, ch. 15, pp. 321–352.
- [23] J. Lee, H. Jang, J. Yang, K. Yu, “Machine learning classification of buildings for map generalization”, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 6, no. 10, p. 309, Oct. 2017, ISSN: 2220-9964.
- [24] Z. Liqiang, D. Hao, C. Dong, W. Zhen, “A spatial cognition-based urban building clustering approach and its applications”, *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 27, no. 4, pp. 721–740, 2013.
- [25] K. Şahbaz, M. Başaraner, “Recognising building patterns in topographic maps with hdbscan clustering algorithm”, in *International Symposium on GIS Applications in Geography and Geosciences*, 2017.
- [26] S. Christophe, A. Ruas, “Detecting building alignments for generalisation purposes”, in *Advances in Spatial Data Handling*, D. E. Richardson, P. V. Oosterom, Eds., Springer, 2002, pp. 419–432.

- [27] X. Zhang, T. Ai, J. Stoter, M.-J. Kraak, M. Molenaar, "Building pattern recognition in topographic data: Examples on collinear and curvilinear alignments", *GeoInformatica*, vol. 17, no. 1, pp. 1–33, Jan. 2013, ISSN: 1573-7624.
- [28] C. T. Zahn, "Graph theoretical methods for detecting and describing gestalt clusters", *IEEE Transactions on Computers*, vol. 20, no. SLAC-PUB-0672-REV, p. 68, 1970.
- [29] N. Regnauld, "Recognition of building clusters for generalization", in *Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Data Handling*, Delft, the Netherlands, vol. 1, 1996, pp. 185–198.
- [30] S. Du, M. Shu, C.-C. Feng, "Representation and discovery of building patterns: A three-level relational approach", *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 30, pp. 1161–1186, 2016.
- [31] M. Deng, J. Tang, Q. Liu, F. Wu, "Recognizing building groups for generalization: A comparative study", *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 45, no. 3, pp. 187–204, 2018.
- [32] Y. Sun, Q. Guo, Y. Liu, X. Lu, N. Yang, "Building displacement based on the topological structure", *The Cartographic Journal*, vol. 53, no. 3, pp. 230–241, 2016.
- [33] A. Ruas, "A method for building displacement in automated map generalisation", *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 12, no. 8, pp. 789–803, 1998.
- [34] M. Lonergan, C. B. Jones, "An iterative displacement method for conflict resolution in map generalization", *Algorithmica*, vol. 30, no. 2, pp. 287–301, Jun. 2001, ISSN: 1432-0541.
- [35] T. Ai, P. Van Oosterom, "A displacement methods based on field analysis", *International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 34, no. 2, pp. 1–8, 2002.
- [36] L. Xiuqin, Z. Yi, G. Qingsheng, "Research on discrete points of electric field model for conflict detection and displacement", in *2012 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering (CSAE)*, vol. 2, May 2012, pp. 6–9.
- [37] Y. Sun, Q. Guo, Y. Liu, X. Ma, J. Weng, "An immune genetic algorithm to buildings displacement in cartographic generalization", *Transactions in GIS*, vol. 20, no. 4, pp. 585–612, 2016.
- [38] Z. Wei, J. He, L. Wang, Y. Wang, Q. Guo, "A collaborative displacement approach for spatial conflicts in urban building map generalization", *IEEE Access*, vol. 6, pp. 26 918–26 929, 2018.
- [39] W. A. Mackaness, "An algorithm for conflict identification and feature displacement in automated map generalization", *Cartography and Geographic Information Systems*, vol. 21, no. 4, pp. 219–232, 1994.
- [40] M. Bader, M. Barrault, R. Weibel, "Building displacement over a ductile truss", *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 19, no. 8-9, pp. 915–936, 2005.

- [41] Y. Liu, Q. Guo, Y. Sun, X. Ma, “A combined approach to cartographic displacement for buildings based on skeleton and improved elastic beam algorithm”, *PLOS ONE*, vol. 9, no. 12, pp. 1–26, Dec. 2014.
- [42] T. Ai, X. Zhang, Q. Zhou, M. Yang, “A vector field model to handle the displacement of multiple conflicts in building generalization”, *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 29, no. 8, pp. 1310–1331, 2015.
- [43] H. Huang, Q. Guo, Y. Sun, Y. Liu, “Reducing building conflicts in map generalization with an improved PSO algorithm”, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 6, no. 5, p. 127, 2017.
- [44] K. Maruyama, S. Takahashi, H. Wu, K. Misue, M. Arikawa, “Scale-aware cartographic displacement based on constrained optimization”, in *23rd International Conference Information Visualisation (IV)*, 2019, pp. 74–80.
- [45] S. Aslan, “Orta ölçek aralığında binaların kartografik genelleştirilmesi”, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2011.
- [46] İ. Ö. Bildirici, “1:1000 – 1:25000 ölçek aralığında bina ve yol objelerinin sayısal kartografik genelleştirmesi”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2000.
- [47] M. Başaraner, “Nesne yönelimli coğrafi bilgi sistemi ortamında orta ölçekli topografik haritalar için bina ve yerleşim alanlarının otomatik genelleştirilmesi”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2005.
- [48] A. Ruas, W. Mackaness, “Strategies for urban map generalization”, in *Proceedings of 18th International Cartographic Conference*, vol. 3, 1997, pp. 1387–1394.
- [49] S. Mustière, B. Moulin, “What is spatial context in cartographic generalization”, *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 34, no. 4, pp. 274–278, 2002.
- [50] H. Yan, *Description Approaches and Automated Generalization Algorithms for Groups of Map Objects*. Springer, 2018.
- [51] C. B. Jones, *Geographical Information Systems and Computer Cartography*. Routledge, 2014, p. 319.
- [52] J.-C. Muller, “Generalization of spatial databases”, in *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, D. J. Maguire, M. F. Goodchild, D. W. Rhind, Eds. London: Longman, 1991, vol. 1, pp. 457–475.
- [53] X. Wang, D. Burghardt, “Using stroke and mesh to recognize building group patterns”, *International Journal of Cartography*, vol. 6, no. 1, pp. 71–98, 2020.
- [54] S. Çetinkaya, M. Başaraner, “Characterisation of building alignments with new measures using C4.5 decision tree algorithm”, *Geodetski Vestnik*, vol. 58, pp. 552–567, Sep. 2014.
- [55] R. Zhao, T. Ai, W. Yu, Y. He, Y. Shen, “Recognition of building group patterns using graph convolutional network”, *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 47, no. 5, pp. 400–417, 2020.
- [56] D. Lewis, “Kernel density estimation and percent volume contours”, in *Geocomputation: A Practical Primer*, C. Brunsdon, A. Singleton, Eds., First Edition. SAGE Publications, Inc., 2015, ch. 10, pp. 169–184.

- [57] J. Burt, G. Barber, D. Rigby, *Elementary Statistics for Geographers*, Third Edition. Guilford Publications, 2009, p. 414.
- [58] M. Başaraner, S. Çetinkaya, “Performance of shape indices and classification schemes for characterising perceptual shape complexity of building footprints in GIS”, *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 31, no. 10, pp. 1952–1977, 2017.
- [59] A. M. MacEachren, “Compactness of geographic shape: Comparison and evaluation of measures”, *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, vol. 67, no. 1, pp. 53–67, 1985.
- [60] K. Şahbaz, “Orta ölçekli topografik haritalarda binaların bağlamsal geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2014.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Makale

1. K. Sahbaz, M. Basaraner, “A Zonal Displacement Approach via Grid Point Weighting in Building Generalization”, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 10, no. 2, p. 105, 2021.