

Topografik Haritalarda Bina Verilerinin Geometrik İyileştirilmesi (Geometric Enhancement of Building Data in Topographic Maps)

Mevlüt Furkan AKGÜL¹ , İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ² , Osman Nuri ÇOBANKAYA³ 

¹Harita Genel Müdürlüğü, Harita Yüksek Teknik Okulu, Cebeci, Ankara

²Konya Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Selçuklu, Konya

³Harita Genel Müdürlüğü, Kartografya Dairesi, Cebeci, Ankara

mevlutfurkan.akgul@harita.gov.tr, iobildirici@ktun.edu.tr, osmannuri.cobankaya@harita.gov.tr

Geliş Tarihi (Received): 06.06.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 08.12.2023

ÖZ

Harita Genel Müdürlüğü tarafından ülke topografik haritalarının üretilmesine ve diğer coğrafi bilgi sistemi uygulamalarına altlık oluşturmak üzere Türkiye Topografik Vektör Veritabanı (TOPOVT) adlı ülkenin tamamını kapsayan bir veri tabanı üretilmiş ve sürekli güncellenmektedir. TOPOVT temel alınarak yapılan üretimlerden biri 1:25.000 ölçekli topografik haritalardır. Bu üretim kapsamında TOPOVT verileri kartografik olarak işlenmekte ve kartografik ürünlere dönüştürülmektedir. Binaların gösterimi nokta ve alan geometrilili olarak gerçekleştirilmektedir. Binaların yollarla çakışmaması ve genel olarak yollara paralel olması önemlidir. Bu makale kapsamında nokta geometrilili binaların yollara göre yönlerinin belirlenmesi ve gerekli ise ötelenmesini sağlayan bir yazılım geliştirilmiştir. Önceden belirlenen parametrelere göre otomatik olarak bina verilerini dönüştüren yazılım, kartografik tasarım aşamasının kolaylaştırılmasını ve hızlandırılmasını sağlamaktadır. Bir adet 1:25.000 ölçekli pafta bazında yapılan uygulama ile yazılım test edilmiş ve başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kartografya, Bina Genelleştirme, Veri İyileştirme, Topografik Harita, TOPOVT

ABSTRACT

A database covering the entire country, called Türkiye Topographic Vector Database (TOPOVT), has been produced and progressively updated by the General Directorate of Mapping to form a basis for production of national topographic maps and other geographic information system applications. One of the productions based on TOPOVT is 1:25.000 scale topographic maps. For this production TOPOVT data is processed cartographically and converted into cartographic products. Buildings are represented as either point or area geometry. It is essential that the buildings should not overlap the roads and are generally parallel to the roads. In this paper, a program has been developed to determine the direction of point geometry buildings with respect to roads and, if necessary, to shift them. The software, which automatically transforms building data according to predetermined parameters, facilitates and accelerates the cartographic design phase. The software has been tested on a 1:25.000 scaled topographic map sheet, and it has been seen that it gives successful results.

Keywords: Cartography, Building Generalization, Data Enhancement, Topographic Map, TOPOVT

1. GİRİŞ

Harita Genel Müdürlüğü tarafından üretilen 1:25.000 ölçekli topografik haritalar fotogrametrik yöntemle elde edilen ve TOPOVT veri tabanında depolanan sayısal coğrafi verilerden üretilmektedir. Bu verilerde binalar alan ve nokta geometrilili olarak yer almaktadır.

Ülkemizdeki imar mevzuatına ve uygulamalara göre binalar büyük ölçüde cephe aldıkları yollara paralel (aynı zamanda dik) inşa edilirler. Ancak TOPOVT verilerinde yer alan açı değerleri cephe aldıkları yol eksenine ile farklılıklar gösterebilmektedir. Benzer şekilde yollara dik/paralel olması gereken alan binalarda da bu durum tam olarak sağlanmaz.

Bu çalışmada açık kaynak uygulamalar kullanılarak daha iyi bir kartografik gösterim için yollarla binaların belirlenen toleranslar dahilinde paralelliklerinin ve/veya dikliklerinin otomatik olarak sağlanması hedeflenmektedir. Bu kapsamda yolların işaretlenmesi sonucu işaretlerle çakışan binaların da tespit edilmesi ve ötelenmesi de ele alınacaktır. Bu şekilde düzenlenen veriler kartografik tasarımı kolaylaştıracak, üretimde zaman kazancı ve işgücü tasarrufu sağlayacak, sonuç ürünlerin kartografik kalitesini artıracaktır.

Açık kaynak programlama dili Python ve Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) kütüphanesi kullanılarak, bina geometrilerinin düzeltilmesi için bir yazılım geliştirilmiştir. Bu algoritma, belirli parametreler kullanılarak binaların yollara göre öteleme ve döndürme işlemlerini gerçekleştirmektedir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

a. Kartografik Genelleştirme

Bilgi iletişimi yazılı, sözlü, işaretlerle (müzik notaları vb.) ve grafik olarak gerçekleşir. Yeryüzüne (ve diğer gök cisimlerine) ilişkin

bilgilerin iletilmesi fonksiyonunu yerine getiren haritalar, grafik iletişim araçları içerisinde yer alır. Haritalar Yeryüzünün küçültülmüş bir modeli olduklarından her tür bilgiyi iletme yeteneğine sahip değildir. Haritalar kullanım amacına yönelik ve ölçeğin izin verdiği düzeyde bilgi aktarımı yapabilir. Bu bağlamda bilgi azaltımı ya da bir genelleştirme söz konusudur. Genelleştirme ile haritanın amacı ve ölçeği doğrultusunda bilgi içeriğine karar verilir. Burada temel amaç ilgili konu ve ölçeğe uygun olarak doğru bilgi iletişimi gerçekleştirmektir (Bildirici, 2023; Robinson ve diğerleri, 1995).

Haritalar bilgilerin elde edilişi bakımından temel ve türetme haritalar olarak ikiye ayrılır. Temel haritalar çeşitli sensörler ve yöntemlerle doğrudan veri toplanarak üretilir. Türetme haritalar ise daha büyük ölçekli kaynak haritalardan elde edilir. Her iki harita türü için de genelleştirme yapılması söz konusu olmasına rağmen türetme haritaların elde edilişi sırasında uygulanan genelleştirme kartografik genelleştirme olarak nitelendirilir (Bildirici, 2023; Bildirici, 2000).

Genelleştirme için "türetme haritaların elde edilişi sırasında ortaya çıkan bilgi karmaşıklığının azaltılması, önemsiz bilgilerin atılması, harita objeleri arasındaki belirgin mantıksal ilişkilerin ve estetik kalitenin korunması işlemlerinin bileşkesi" tanımı verilebilir (Bildirici ve Uçar, 1996; Bildirici, 2000).

Kartografik genelleştirmede uygulanan işlemler genelleştirmenin temel işlemleri ya da operatörleri olarak adlandırılır. Temel işlemler değişik kaynaklarda değişik şekilde sınıflandırılmıştır. Yaygın kullanılan sınıflandırmalardan birine göre temel işlemler, basitleştirme, abartma, öteleme, geometrik birleştirme, seçme (eleme), sınıflandırma ve vurgulama olarak verilir (Hake ve diğerleri, 2000; Bildirici, 2023).

Genelleştirmeyi etkileyen faktörler; ölçek, haritanın amacı ve kullanım koşulları, veri niteliği ve niceliği, grafik gösterim sınırları olarak sıralanır.

b. Bina Genelleştirmesi

Yerleşim genelleştirmesi topografik harita yapımında önemli bir yer tutar. Özellikle büyük ve orta ölçekli haritalarda alan geometrili bina objelerinin basitleştirilmesi genel amaçlı çizgi basitleştirme/genelleştirme algoritmaları ile sağlanamaz. Bunun nedeni bina dış çizgisinin ortogonal bir yapıda olmasıdır. Bu alanda literatürde dikkat çeken çözümlerden biri Hannover Üniversitesi çalışmaları ve bu kurumda

geliştirilen CHANGE yazılımıdır (Bildirici, 2000; Powitz, 1993).

Tutic ve Lapaine (2009 ve 2010) bina genelleştirmesi alanındaki güncel çalışmalardan ikisidir. Tutic ayrıca bina genelleştirmesini de kapsayan QGIS yazılımında çalışan bir genelleştirme modülü de geliştirmiş ve açık kaynak olarak paylaşımına açmıştır (Tutic, 2022).

Bina dış çizgisi yanında binaların birleştirilmesi de bu kapsamdaki ikinci önemli temel işlemdir. Hannover Üniversitesi CHANGE yazılımı bu işlemi de gerçekleştirmektedir.

Ticari yazılım alanında ESRI ArcGIS Pro yazılımı altında geliştirilen Simplify Building aracı sayılabilir (ESRI, 2023).

c. Yol Genelleştirmesi

Yol genelleştirmesinde basitleştirme temel işlemi öne çıkar. Basitleştirmenin uygulamasında topolojik ilişkilerin bozulmaması esastır. Değişik çözünürlükteki veri tabanlarında, yol objelerinin nokta sıklıkları daha düşük çözünürlük ya da daha küçük ölçekli çalışmalar için uygun olmaz. Nokta eliminasyonu yapılması zorunludur. Çizgi basitleştirme algoritmaları bu amaçla geliştirilmiş olup aşağıda ele alınacaktır.

Yol genelleştirmesinde öne çıkan bir diğer temel işlem seçme/elemedir. Burada yol ağının oluşturduğu topoloji temel alınmalı, ağ topolojisini bozmayacak şekilde eleme yapılmalıdır.

Ülkemizde de bina ve yol genelleştirmesi alanında yapılmış bilimsel çalışmalar vardır (Bank, 1998; Bildirici, 2000; Başaraner, 2005; Gülgen, 2009; Avcı, 2009; Aslan, 2011; Çetinkaya, 2014, Çobankaya, 2015; Şahbaz, 2021).

ç. Çizgi Genelleştirmesi

Haritalarda gösterilen karmaşık ve detaylı çizgilerin, daha basit ve anlaşılır hale getirilmesi için gerçekleştirilen işlemlerdir. Haritaların bilgi iletme fonksiyonlarının güçlendirilmesine katkı sağlaması yanında veri işleme açısından da önemlidir.

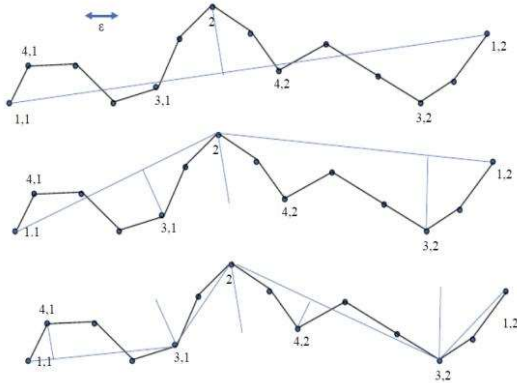
Çizgi genelleştirmesinde basitleştirme ve yumuşatma olarak iki işlem söz konusudur. Basitleştirme, çizgiyi oluşturan noktaları azaltırken yumuşatma ile çizginin basitleştirme etkisiyle oluşan zikzaklı görünümü yumuşatılır. Çizginin doğada karşılık geldiği objeyi daha iyi temsil etmesi sağlanır.

Kartografya ve coğrafi bilgi bilimi kaynaklarında çok sayıda çizgi basitleştirme

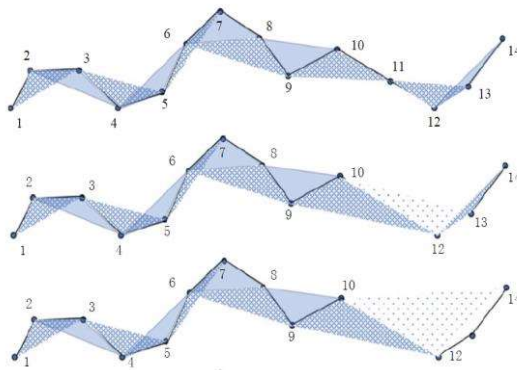
algoritması bulunmaktadır. En yaygın olanları, Douglas-Peucker ve Visvalingam-Whyatt algoritmalarıdır. (Douglas ve Peucker, 1973; Visvalingam ve Whyatt, 1993).

Douglas-Peucker algoritması, çizgileri düzleştiren ve gereksiz detayları atarak basitleştiren bir algoritmadır. İlk olarak başlangıç ve bitiş noktaları bir doğru ile birleştirilir. Ara noktaların doğruya uzaklıkları bulunur. Bunlardan en uzak olanı önceden belirlenen bir parametreden büyük ise doğrunun ikinci noktası buraya alınır. Tekrar uzaklıklar hesaplanır. Doğruya olan uzaklıklar verilen parametrenin altında ise ara noktalar elenir. Doğrunun son noktası ilk nokta olur, son nokta çizginin son noktasına alınır. İşlem bu şekilde devam eder (Şekil 1).

Visvalingam-Whyatt algoritması ise, her noktanın bir "önem" değeri alması ve önemsiz noktaların atılması esasına dayanır. Önem değeri bir noktanın önceki ve sonraki noktalarla oluşturduğu üçgen alanıdır. Önceden belirlenen bir parametrenin altında kalan üçgen alanına sahip noktalar elimine edilir (Şekil 2; Lang ve Zeng, 2001).



Şekil 1. Douglas-Peucker algoritması



Şekil 2. Visvalingam-Whyatt algoritması

d. Kaynak Veri Seti (TOPOVT)

Türkiye Topografik Vektör Veritabanı (TOPOVT); Topografik objelerin (detayların), 1:25.000 ölçekli ve daha yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinden üretilen topolojik ve üç boyutlu topografik vektör verilerle, topografyanın ise eş yükseklik eğrileri ile temsil edildiği, yer isimlerini de içeren, tüm ülkeyi kapsayan vektör veri tabanıdır. TOPOVT 135 adet detay sınıfından oluşmaktadır. TOPOVT ülkemiz haritacılığının temel coğrafi veri kaynağı ve topografik harita üretiminin girdi verisidir. CBS uygulamaları için altlık teşkil eder. TOPOVT'de örnek bir bina öznitelik tablosu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Örnek öznitelik tablosu

OBJECTID	337
TopoDetayAltTipNo	5
Açı	0
TopoDetaySıraNo	65
Yapı Fonksiyon Kategorisi	Eğitim Kurumu
Durum Kategorisi	Açık
İsim	Bilinmiyor
Yükseklik(m).	0
Bina Kullanım Amacı	İlkokul
Açıklama	Boş

TOPOVT'de bulunan ve nokta geometrisine sahip KüçükBina sınıfına (katmanına) ait örnek bir detay sınıfı veri sözlüğü Tablo 2'de verilmiştir.

TOPOVT obje sınıflarından biri olan KucukBina sınıfına ait alt sınıflardan bazıları aşağıdaki gibidir.

- Sağlık Kurumu
- Yayla Evi Harap
- Bina (Harap)
- Bina
- Kubbe
- Eğitim Kurumu
- Cami Küçük

Veriler, PostgreSQL veritabanında saklanmaktadır. Bu makale kapsamında kolaylık sağlaması açısından çalışılan sınıflar (katmanlar) ShapeFile (shp) formatına dönüştürülmüştür. Shapefile formatı, ESRI tarafından geliştirilmiş olan coğrafi veri formatlarından biridir. Öznitelik tablosu (dbf), geometri (shp), geometri indeksi (.shx) ve projeksiyon bilgilerini içeren bir dizi dosyadan oluşur. Nokta, çizgi ve alan geometrilerini destekler. Bir dosya yalnızca bir geometriyi kapsar.

Tablo 2. KucukBina detay sınıfı veri sözlüğü

Alan Adı	Anlamı	Veri Tipi	Boş İzni	Varsayılan Değer	Duyarlılık	İncelik	Uzunluk
OBJECTID	OBJECTID	OBJECTID					
Shape	Shape	Geometri	Evet				
TopoDetayAltTipNo	TopoDetay AltTipNo	Long Integer	Hayır	0	0		
Açı	Açı	Long Integer	Evet		0		
TopoDetaySıraNo	TopoDetay SıraNo	Long Integer	Hayır	65	0		
Yafonkka	Yapı Fonksiyon Kategorisi	Long Integer	Hayır	1	0		
Duka	Durum Kategorisi	Long Integer	Hayır	1	0		
İsim	İsim	String	Hayır	Bilinmiyor	0		255
Yükseklik	Yükseklik	Double	Hayır	0	0	0	
Enyukzde	En Yüksek Z Değeri(M)	Double	Hayır	0	0	0	
Bikula	Bina Kullanım Amacı	Long Integer	Hayır	15	0		

TOPOVT'den gelen 135 adet obje (detay) sınıfından oluşan veri, Harita Genel Müdürlüğü Kartografya Dairesi'nde tanımlanmış olan dönüşüm tablosuna göre 28 katmanlı kartografik veriye dönüştürülmektedir. Bu dönüşüm Şekil 3'de özet olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. TOPOVT-Kartografik veri dönüşümü

TOPOVT koordinat sistemi WGS84 elipsoidinde ondalık derece biriminde coğrafi koordinat olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlama EPSG 4326 olarak da isimlendirilir. Yatay koordinatların derece biriminde olması bazı hesaplamalarda problem oluşturduğundan metrik bir sistem olması nedeniyle UTM sistemine dönüşüm yapılmıştır.

TOPOVT verilerinde yol objelerinde nokta sıklığı 1:25.000 ölçeğinin gerektirdiğinden fazladır. Bunun yanında çoklu geometriye sahip objeler de olabilir. Bu tür hususlara karşı yapılması gereken ön hazırlık işlemleri Başlık 3.a'da ele alınacaktır.

e. Geometrik İşlemler

Bu çalışma kapsamında yolların açıklık açıları, alan ve nokta geometri binalarda binadan yola inilen diklerin boyları gibi temel analitik geometriye dayalı hesaplamalar kullanılmıştır. Bu çalışmada x koordinatı sağa, y koordinatı yukarı değer alınmıştır. Aşağıda kodlama çalışmalarında kullanılan bağıntılar özet olarak verilmiştir. Bu hesaplamalarda yatay koordinatların metrik olması gereklidir. CBS uygulamalarında sıklıkla kullanılan yatay koordinatların ondalık derece biriminde olduğu EPSG 4326 gibi koordinat sistemi tanımları bu tür hesaplamalara uygun değildir.

Düzlemde saat ibresi yönünde noktaların dizilmiş olduğu bir çokgenin alanı Gauss yamuk alanları toplamı bağıntısına göre hesaplanabilir.

$$F = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}) \quad (1)$$

Düzlemde iki nokta arasındaki açıklık açısı ve kenar ikinci temel ödev çözümünden hesaplanır.

$$\tan \alpha_{12} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (2)$$

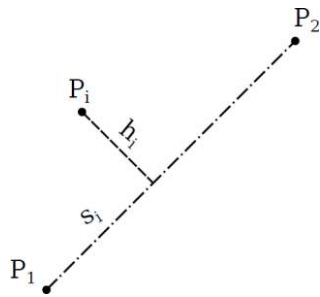
$$s_{12} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (3)$$

Düzlemde bir doğruya bir noktadan inilen dikin boyu ve ayağı,

$$s_i = \frac{x_2 - x_1}{s_{12}} (x_i - x_1) + \frac{y_2 - y_1}{s_{12}} (y_i - y_1) \quad (4)$$

$$h_i = \frac{y_2 - y_1}{s_{12}} (x_i - x_1) - \frac{x_2 - x_1}{s_{12}} (y_i - y_1) \quad (5)$$

bağıntıları ile hesaplanır (Şekil 4).



Şekil 4. Bir noktadan bir doğruya inilen dik

Dik ayak ve dik boy bilinirken P_i noktasının koordinatları,

$$x_i = x_1 + \frac{x_2 - x_1}{s_{12}} s_i + \frac{y_2 - y_1}{s_{12}} h_i \quad (6)$$

$$y_i = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{s_{12}} s_i - \frac{x_2 - x_1}{s_{12}} h_i \quad (7)$$

bağıntılarıyla bulunur.

f. Python ve GDAL Kütüphanesi

Python yazılım dili 1991 yılında Guido van Rossum tarafından geliştirilen, yüksek seviyeli bir programlama dilidir. Daha çok basit, anlaşılır ve okunaklı bir sözdizimi sayesinde öğrenmesi ve kullanması kolaydır (Python, 2023).

Python, nesne yönelimli programlama (OOP) ve işlevsel programlama paradigmasını destekler. Çok sayıda kütüphane ve modül bulunur, bu nedenle hızlı prototipleme, veri analizi, yapay zekâ, web geliştirme ve bilimsel hesaplama gibi birçok alanda kullanılabilir.

Python, platform bağımsızdır, Windows, Mac ve Linux gibi farklı işletim sistemlerinde çalışabilir.

Python, çeşitli CBS kütüphaneleri ve modülleri ile kullanılabilir. Örneğin, gdal/ogr modülleri, CBS uygulamalarında sıklıkla kullanılan bir veri işleme ve dönüştürme aracıdır.

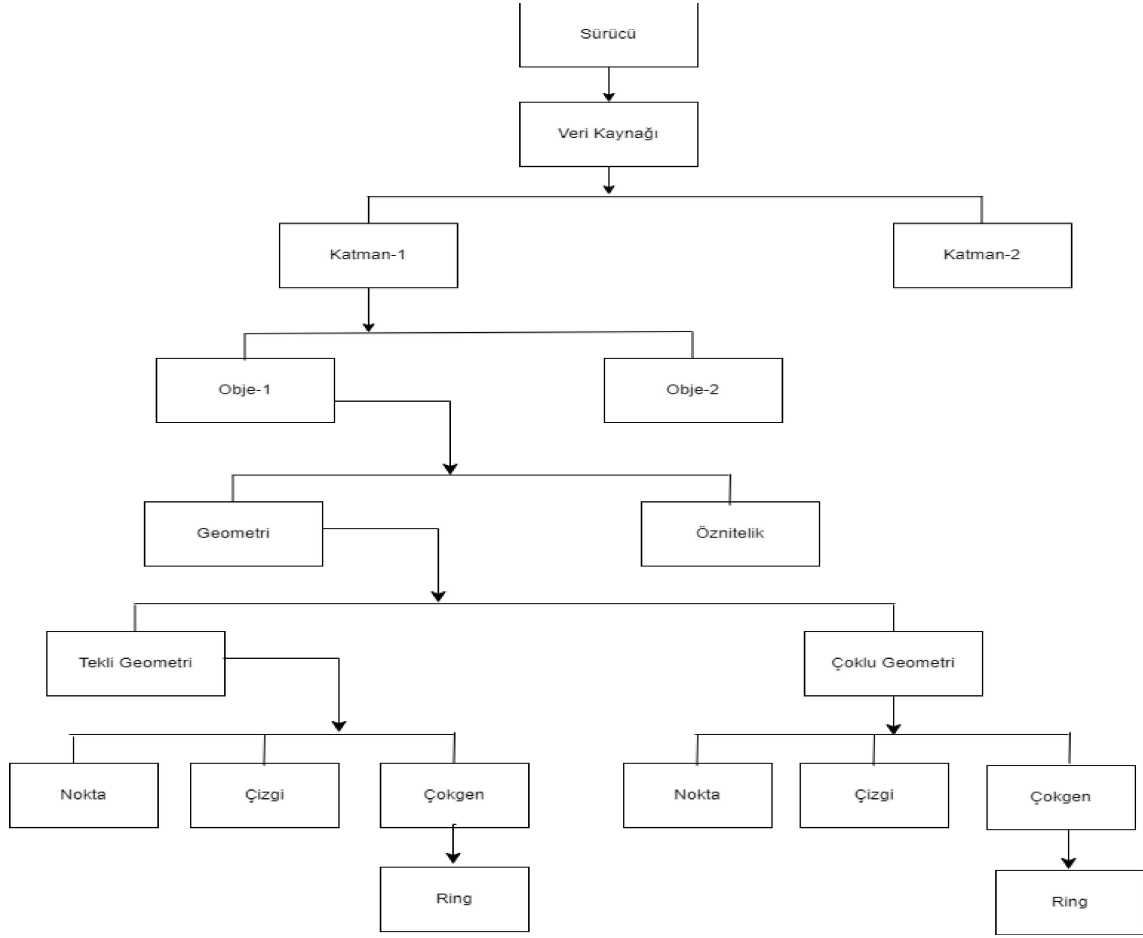
CBS uygulamaları için özel olarak geliştirilmiş kütüphaneler de mevcuttur. geopandas, shapely, pyproj gibi kütüphaneler örnek olarak verilebilir.

GDAL/OGR 1998'de Frank Warmerdam tarafından tek başına başlatılmış olup, daha sonra bir ekip tarafından geliştirilmeye devam edilmiştir. Açık kaynak bir yazılım çalışmasıdır. C++ ile yazılmıştır. 200'e yakın raster ve vektör veri formatı destekler. Python, Perl, C# ve Java gibi çeşitli yazılım dilleri ile de kullanılabilir. OSGeo (The Open Source Geospatial Foundation) tarafından açık kaynak olarak yayınlanmaktadır. GDAL kütüphanesi raster veri ile ilgili işlemleri, OGR kütüphanesi ise vektör veri ile ilgili işlemleri kapsar (OsGeo, 2023; GDAL, 2023).

GDAL/OGR, bir dizi sınıftan oluşur. Temel olarak, GDAL sınıfları raster verileri yönetirken, OGR sınıfları vektör verileri yönetir. GDAL ana sınıfları arasında Sürücü (Driver), Veri Seti (Dataset), Raster Bantı (RasterBand), Renk Tablosu (ColorTable) ve ProxyPool bulunur.

OGR ana sınıfları arasında Sürücü (Driver), Veri Kaynağı (DataSource), Katman (Layer), Obje (Feature), Geometri (Geometry) ve Koordinat Dönüşümü (CoordinateTransformation) bulunur. Sürücü sınıfı, farklı veri formatları için okuma ve yazma işlemlerini sağlar. Veri Seti sınıfı, tek bir raster veri dosyasını temsil ederken, Veri Kaynağı sınıfı, tek bir vektör veri kaynağını temsil eder. Raster bant sınıfı dosyadaki bir banta karşılık gelir. Katman sınıfı, tek bir vektör katmanını ifade eder. Bir veri kaynağından birden çok katman elde edilebilir. Bir katman birden çok objeyi kapsar. Her objenin bir geometrisi ve öznitelikleri vardır. Geometri sınıfında nokta, çizgi ve çokgen geometrileri ve bu temel geometri türlerinin çoklu biçimleri tanımlıdır. Koordinat Dönüşümü sınıfı, farklı koordinat sistemleri arasında dönüşümleri gerçekleştirir. OGR sınıfları ve aralarındaki ilişkiler Şekil 5'te görülmektedir (Şekil 5; <https://gdal.org>).

Bu makale çalışmasında OGR sınıflarından yararlanılarak Python dilinde bağımsız çalışan bir kod geliştirilmiştir.



Şekil 5. OGR sınıfları

g. QGIS

Gary Sherman tarafından 2002 yılı başında QGIS geliştirmeye başlanmış, 2007 yılında ise OSGeo'nun bir projesi olmuştur. QGIS'in 1.0 sürümü Ocak 2009'da yayınlanmış olup, C++ dilinde yazılmıştır (OSGeo, 2023; OSGeo, 2007; QGIS, 2023).

Açık kaynak kodlu, kullanımı kolay bir coğrafi bilgi sistemi (CBS) yazılımıdır. QGIS, çeşitli coğrafi veri formatlarını okuyabilir ve düzenler. Windows, Linux ve MacOS işletim sistemlerinde çalışabilir. Python desteği ile QGIS altında kodlar çalıştırılabilir. Eklentiler geliştirilebilir. Güçlü bir eklenti desteği vardır.

Bu çalışmada QGIS'ten, verilerin ön hazırlık aşamasında ve sonuçların incelenmesinde yararlanılmıştır. Bu bağlamda kullanılan eklentiler ve araçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Çoklu geometrili (Multipart) objeler, birden fazla aynı türde geometri kapsarlar. Bazı durumlarda bu parçaların ayrı ayrı ele alınması

gerekebilir. QGIS, çoklu geometrili objeleri parçalara ayırmak için "Explode Multipart Features" aracını içerir. Araç Vektör/Geometry Tools menüsünde yer alır.

QGIS'in genelleştirme araçları, büyük ölçekli verileri küçük ölçekli verilere dönüştürmek için kullanılır. Araçlardan biri, "Simplify" olup, bir dizi algoritma ile çizgi genelleştirmesi gerçekleştirir. Araç, yukarıda değinilen Douglas-Peucker ve Visvalingham-Whyatt algoritmalarını kapsar.

Bu şekilde çizgilerdeki nokta yoğunluğu azaltılabilir. "Smooth" çizgilerde yumuşak bir görünüm elde edilmesini sağlar.

Python, QGIS gibi birçok coğrafi bilgi sistemleri yazılımı için popüler bir programlama dili haline gelmiştir. QGIS, açık kaynak kodlu bir CBS yazılımıdır ve Python programlama dilini kullanarak eklenti ve işlevsellikler eklemek için birçok fırsat sunar. Bu amaçla PyQGIS modülü kullanıma sunulmuştur. Bu modül ile QGIS Python uç biriminde kod çalıştırılabilir. QGIS'e

yüklenebilen eklentiler yapılabilir. QGIS arka planda çalıştırılarak yazılımlar hazırlanabilir.

3. ARAŞTIRMA ve TARTIŞMA

TOPOVT verilerinden 1:25.000 ölçekli haritalar yapılırken bina geometrilerinden iyileştirme yapılması gereklidir. Binaların kendisine en yakın yola paralel olması ve yol işaret genişliği ile çakışmayacak konuma sahip olması istenir. Bu işlemlerin otomatik yapılması zaman ve işgücü tasarrufu sağlar. Bina öteleme ve döndürme işlemlerini otomatik olarak gerçekleştiren bir yazılım geliştirilmiştir. Yapılan kodlama açık kaynak olduğundan, haritacılık topluluğu tarafından kullanılabilir ve geliştirmeye açıktır.

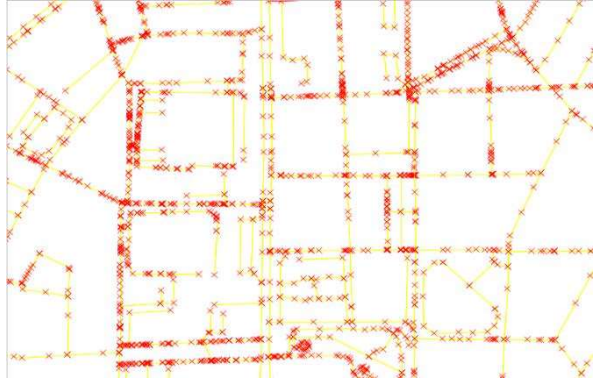
Ayrıca topografik verilerde bina geometrisinin iyileştirilmesi için manuel ve otomatik yöntemler arasında kısa bir karşılaştırma yapacak olursak, manuel yöntem, uzman bir kullanıcının el ile bina geometrisini düzenlemesini içermektedir. Otomatik yöntem ise, geliştirilen yazılımın kullanımını içermektedir. Otomatik yöntem, zaman ve emek tasarrufu sağlamakta ve daha yüksek doğruluk oranlarına sahip olmaktadır.

a. Ön Hazırlık İşlemleri

Çalışmanın girdisi olan TOPOVT verileri geliştirilen yazılıma girdi olarak verilmeden önce QGIS'te bulunan eklentiler yardımıyla ön hazırlık işlemleri yapılmıştır. Bu işlemler çoklu geometrilerin kaldırılması ve basitleştirme olup, aşağıda ayrıntıları verilmiştir.

b. Çoklu Geometri Problemi

CBS sistemleri çoklu geometrileri desteklediğinden çizgisel veriler hem tek hem de çoklu geometriye sahip olabilirler. Bu çalışma kapsamında yapılan yazılımda yol verilerinin çoklu geometri içermediği varsayılmıştır. Ancak TOPOVT verileri incelendiğinde az sayıda çoklu geometrisi olan obje olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle QGIS ortamında "Multipart to singleparts" (çoklu parçadan tek parçaya) aracından yararlanılmıştır. Araç, Vektör/Geometri Araçları menüsünde bulunmaktadır.



Önce

Sonra

Şekil 6. Yol objelerinin basitleştirilmesi

c. Basitleştirme

TOPOVT yol verilerinde çizgilerdeki nokta sıklığının 1:25.000 ölçeğinin gerektirdiğinden fazla olduğu tespit edilmiştir. Binaların yönleri yollara göre belirleneceğinden çizgileri oluşturan doğru parçaları içinde çok küçük olanlar binaların yanlış yönlendirilmesine yol açabilir. Bu nedenle çizgi basitleştirmesi gereklidir.

QGIS Simplify aracı, Başlık 2'de değinilen Douglas-Peucker ve Visvalingham-Whyatt algoritmalarını içermektedir. Bu çalışmada Douglas-Peucker algoritması 3 m parametre değeri ile uygulanmıştır. Bu şekilde çizgilerin karakteri korunurken nokta sayısında da belirgin bir azalma olmuştur. Şekil 6'da örnek veriler üzerinde basitleştirmenin etkisi gösterilmiştir.

ç. Yol Katmanı

Yol katmanında bulunan tüm yollar binaların yönlendirilmesinde kullanılmamalıdır. Park içi yollar, site içi yollar buna örnek olarak verilebilir. TOPOVT yol katmanında "topodetaya" özneteliği bu tür yolların elenmesi için kullanılabilir. 9 ve 4 değerine sahip olan yollar iç yol ve diğer yol olarak tanımlı olup, elenmelerine karar verilmiştir.

Ayrıca yolun cinsine göre işaret genişliği değiştiğinden öteleme uzaklığı da değişmektedir. Binaların yol işareti içinde kalmaması için ötelenmeleri gereklidir. 1:25.000 ölçekli harita üretimindeki kabullere göre, yol işaret genişliğine 2 m tolerans değeri ilave edilerek bulunan değer bina noktası ile yol arasındaki minimum uzaklık olmalıdır. Bina, en yakınındaki yola bu uzaklıktan daha yakın ise ötelenmelidir. Yol katmanının "topodetaya" özniteliği yolları türleri ile ilgili olduğundan işaret genişlikleri bu değerlerle tanımlanabilir. Buna göre "topodetaya" özniteliğine bağlı olarak yol bina minimum uzaklıkları Tablo 3'te gösterilmiştir. Geliştirilen yazılım Tablo 1'deki değerlere göre bina ötelemelerini gerçekleştirmektedir.

Tablo 3. Öteleme parametreleri

TOPODETAYA	ÖTELEME UZAKLIĞI
1	26 m
2	22.25 m
3	16 m
4	16 m
5	16 m
6	16 m
7	14.75 m
8	16 m
9	16 m
10	16 m

d. Yazılım Geliştirme

Python 3 dili ve GDAL kütüphanesi vektör işlemler modülü OGR kullanılarak bir yazılım geliştirilmiştir. Programın amacı, verilen iki farklı veri kaynağı olan ESRI Shape formatında "yol" ve "kucukbinabina" dosyalarını kullanarak binaların yolların konumuna göre ötelenmesi ve yollara paralel hale getirilmesidir.

Başlık 2'de bahsedilen analitik geometri hesaplamalarının OGR modülünde bulunmayanları ve gerekli olan fonksiyonları için geometri adlı bir modül oluşturulmuştur.

Öncelikle "yol" veri kaynağındaki objelerden işleme girmeyecek yol türleri filtrelenmiştir.

Yol geometrilerin uzaklık ve açılarını belirlemek için işlemler yapılmıştır. En yakın yol parçası için bina katmanına Tablo 4'teki alanlar

eklenmiştir. Bu alanların varsayılan değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4. Yeni Eklenen Alanlar

Yol_id	Yol_nok	Yol_uzak	Yol_açı	Açıklama
3888	1	14.75	265	Ötelendi
5206	3	16	81	Ötelendi
832	6	26	21	Ötelendi
4356	1	16	26	Ötelendi

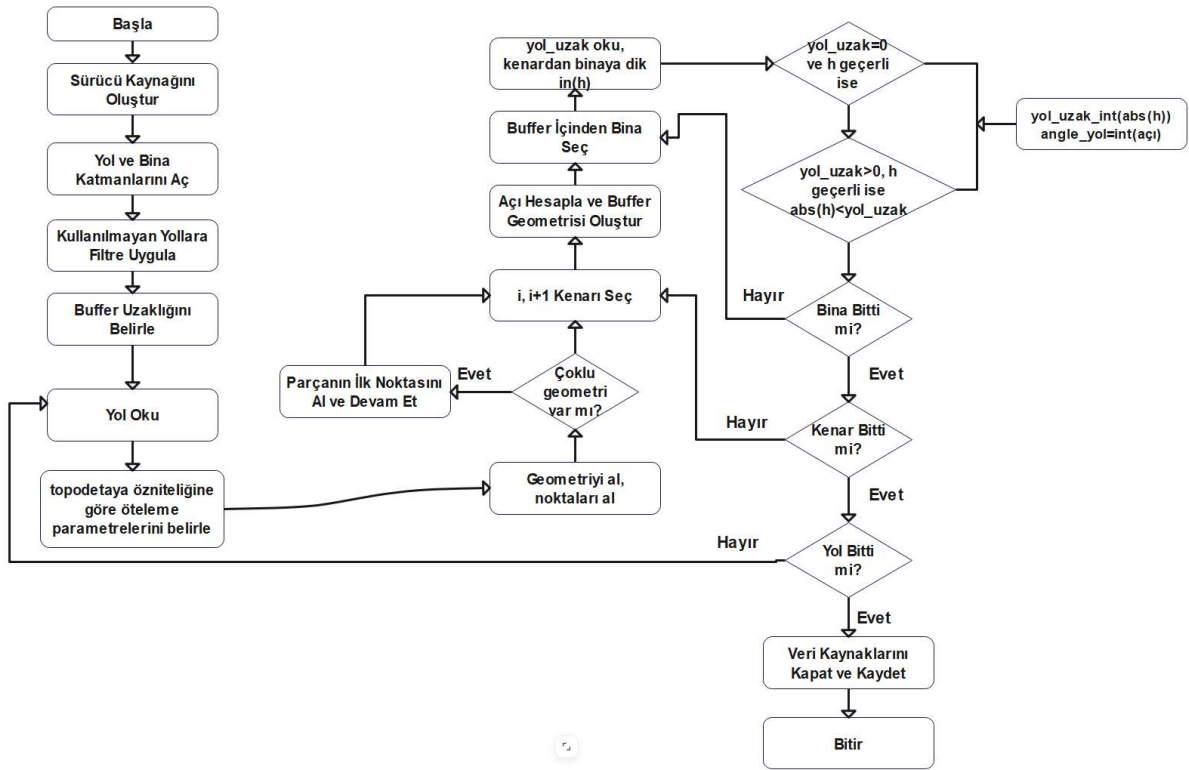
Tablo 5. Varsayılan Değerler

Öz Nitelik	Varsayılan Değer
Yol_id	Boş
Yol_nok	Boş
Yol_uzak	9999
Yol_açı	-1
Açıklama	Boş

Her bir yol geometrisinden doğru parçaları elde edilmiş ve her doğru parçası etrafında tampon tanımlaması yapılmıştır. Tampon uzaklığı 40 m olarak belirlenmiştir. Bu değer kullanıcılar tarafından değiştirilebilir. Tampon içinde kalan bina noktaları mekânsal sorgu ile bulunur. Binadan yola olan uzaklık bina alanındaki değerden küçük ise binaya ait dört alan yoldan alınan bilgiler ile güncellenir. Bu şekilde tüm yolların tüm parçaları işleme girdikten sonra binalar kendilerine en yakın yolun bilgilerini ve yön bilgisini almış olurlar.

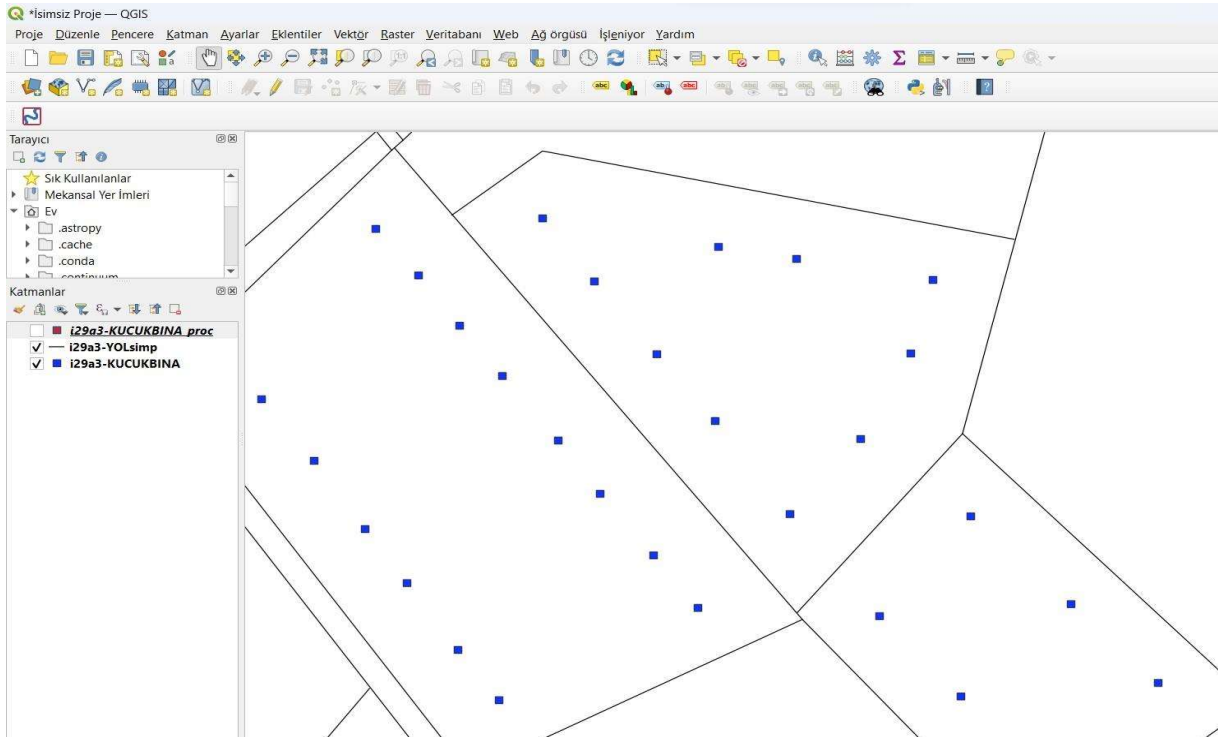
İkinci aşamada yollara yakın binaların ötelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada yola uzaklığı, belirlenen bir tolerans değerinin altında olan binalar filtrelenir. Bina katmanındaki bilgilerden yol ve yolun ilgili parçası bulunur. Yolun işaret türüne göre önceden belirlenmiş uzaklıklara bakılır. Gerekli ise bina yola dik yönde ötelenir. Binalar belirlenen açılara göre yönlü işaretler ile gösterildiğinde hem yola paralellik sağlanmış hem de yoldan minimum uzaklığı sağlayacak şekilde ötelenmiş olur.

Yazılım girdi olarak yol ve küçükbina katmanlarını içeren dosyaları okur ve işlenmiş binaları yeni bir dosyaya yazar. Girdi dosyaları herhangi bir değişime uğramaz. Şekil 7'de yazılım akış diyagramı görülmektedir.

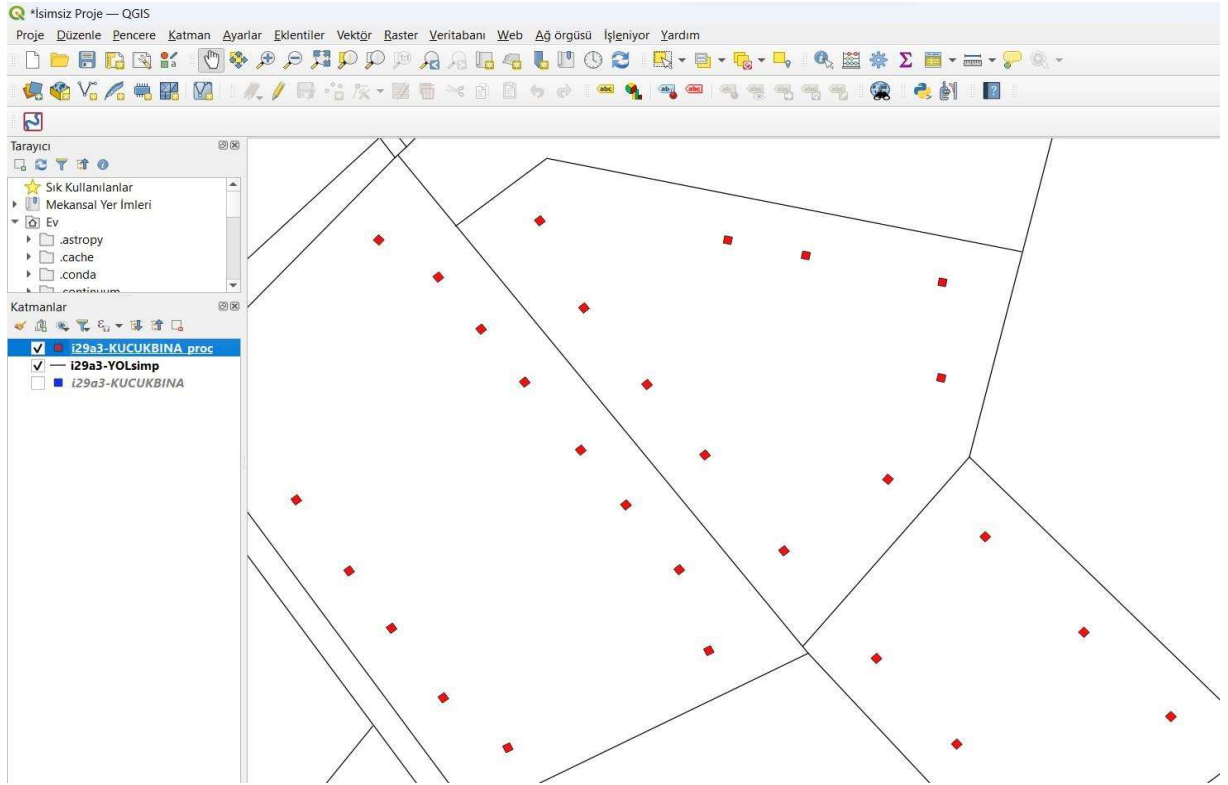


Şekil 7. Geliştirilen yazılımın akış diyagramı

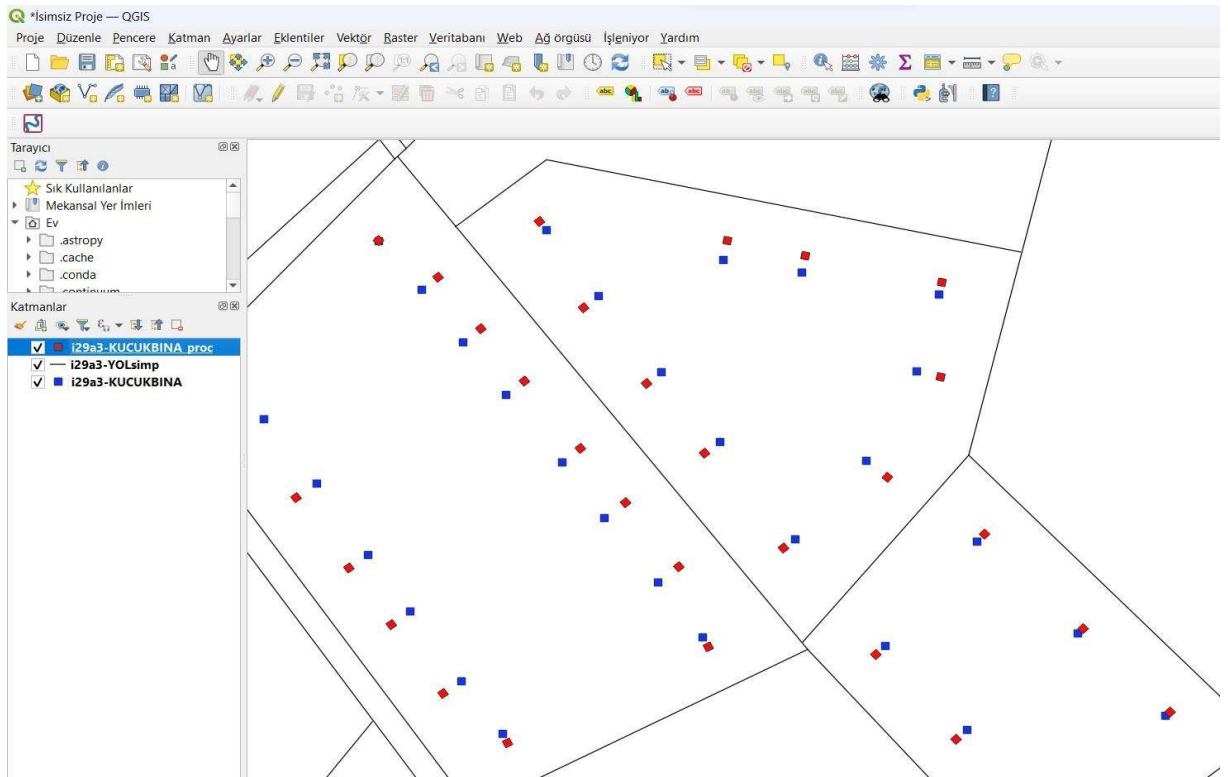
e. Değerlendirme



Şekil 8. Ham veriden kesit



Şekil 9. İşlenmiş veriden kesit



Şekil 10. Ham veri ve işlenmiş verinin üst üste açılmış görüntüsü

Geliştirilen yazılım Ankara i29-a3 Paftasına ait TOPOVT verileri ile test edilmiş, makul bir çalışma

süresinde paftanın tüm verilerini başarıyla işlemiştir. Paftaya ait ham verilerden bir kesit Şekil

8'de görülmektedir. Test verilerinde yol katmanında 6892 adet çizgi, kucukbina katmanında 10655 adet nokta bulunmaktadır. Yazılım ile işlenmiş verilerden bir kesit Şekil 9'da görülmektedir. Bu çalışmada yol ile bina arasındaki minimum tolerans değeri 30 metre olarak alınmış ve bu değerin altındaki binalar yola eşit mesafeye gelecek şekilde ötelenmiştir. Bu sayede daha iyi bir kartografik görünüm sağlanmıştır. Ayrıca geliştirilen yazılımda bu tolerans mesafesi kullanıcı tercihinin bırakılarak değiştirme imkânı sağlanmıştır.

Ham veri ve işlenmiş verinin üst üste açıldığı bir kesit Şekil 10'da verilmiştir. Bu sayede ham veri ve işlenmiş veri arasındaki değişim daha net bir şekilde görülmektedir.

Bina katmanına işlem sırasında yapılan değişiklikleri göstermek için Tablo 4'teki alanlar eklenmiştir. Bina katmanında TOPOVT'de işaret yönü için açılı adlı bir alan bulunmaktadır. Veri toplama aşamasında operatörler tarafından doldurulduğu değerlendirilen bu kolondaki değerlerin yapılan ön incelemede tutarlı olmadığı görülmüştür. Bu nedenle bu değerlerle bu çalışma kapsamında hesaplanan değerlerin karşılaştırması yapılmamıştır.

TOPOVT'de nokta geometrilili diğer bina katmanları da geliştirilen yazılımla işlenebilir.

Buyukbina katmanı alan geometrilili binaları kapsamaktadır. Yapılan ön incelemede bu katmanda 1:25.000 ölçeğinde 0.5 mm²'den (doğada ~160 m²) küçük binalar bulunduğu tespit edilmiştir. Bu binaların nokta geometrisine dönüşümünün yapılması gerekmektedir. Bu amaçla ikinci bir yazılım çalışması yapılacaktır. Binaların yönleri için binanın en büyük kenarının açısının kullanılması, yoldan alınacak açıya alternatif oluşturabilir.

Alanı küçük binalarda birbirine verilen bir tolerans dahilinde yakın olan binalarda birleştirme yapılması ve bu işlem sonucunda alanı halen küçük olanların nokta geometrisine dönüştürülmesi de ikinci bir alternatiftir.

Alan geometrilili binalar için yapılacak çalışma sonrası her iki kodun bir grafik arayüz ile bir araya getirilerek bir QGIS eklentisine dönüştürülmesi düşünülmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde topografik harita çalışmalarına temel oluşturan TOPOVT verileri Harita Genel Müdürlüğü tarafından üretilmektedir. 1:25.000 ölçekli topografik haritalar ise bu verilerin

kartografik olarak işlenmesi ile elde edilmektedir. Bina ve yol verileri topografik harita tasarımında ağırlığı ve önemi olan verilerdir.

Bu çalışmada TOPOVT verilerinin 1:25.000 ölçekli topografik haritalara dönüştürülmesi aşamasında gerekli olan bina verilerinin geometrik iyileştirilmesi konusu ele alınmıştır. Nokta geometrilili binalara yönelik yola paralellik sağlanması ve gerekli hallerde yollarda binaların ötelenmesi amacıyla Python 3 dilinde bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım bir adet 1:25.000 ölçekli paftayı kapsayan veriler üzerinde test edilmiş ve verimli olarak çalıştığı görülmüştür.

Bu makale kapsamında geliştirilen yazılım nokta geometrilili binalarla ilişkilidir. Alan geometrilili binalara yönelik ayrı bir çalışmanın yakın gelecekte ele alınması düşünülmektedir. Binaların yollar dışında da demiryolları, kıyı çizgileri gibi bazı objelere paralellikleri de söz konusu olabilir. Ancak yerleşim merkezlerinin gösteriminde en belirgin geometrik iyileştirme yol bina objelerinin paralelliklerinin sağlanmasıdır. Yol dışındaki çizgisel objelerle paralellik söz konusu olduğunda bu çalışma kapsamında geliştirilen yazılımda yol katmanı yerine ilgili katman alınıp uygun parametre seçimi ile işlem yapılabilir. Yakınında paralel olması olası bir çizgisel obje bulunmayan binalar geliştirilen yazılımda değişime uğramamaktadır. Bu tür binalarla ilgili gerekli olabilecek öteleme vb. işlemler ayrı bir araştırma konusudur.

Sonuç olarak nokta geometrilili binaların iyileştirilmesine yönelik açık kaynak altyapıları kullanan bir yazılım çalışması yapılmıştır. Pafta bazlı yapılan uygulama ile yazılımın başarılı sonuçlar verdiği gösterilmiştir.

ORCID

Mevlüt Furkan AKGÜL  <https://orcid.org/0009-0006-5459-9364>

İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ  <https://orcid.org/0000-0001-7717-586X>

Osman Nuri ÇOBANKAYA  <https://orcid.org/0009-0009-9770-332X>

KAYNAKLAR

- Aslan, S. (2011). *Orta Ölçek Aralığında Binaların Kartografik Genelleştirilmesi* (Doktora Tezi). SÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Avcı, M. (2009). *1:25.000 1:10.000 Ölçek Aralığında Yol Objelerinin Seçme-Elleme İşlemlerinin Otomasyonu* (Doktora Tezi). SÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Başaraner, M. (2005). *Nesne Yönelimli Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Orta Ölçekli Topografik Haritalar için Bina ve Yerleşim Alanlarının Otomatik Genelleştirilmesi (Doktora Tezi)*. YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bank, E. (1998). *Büyük Ölçekli Haritalardan Bilgisayar Destekli Genelleştirme İle Küçük Ölçekli Harita Üretimi (Doktora Tezi)*. YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bildirici İ.Ö. ve Uçar, D. (1996). *Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Genelleştirme*, 6. Harita Kurultayı, 75-85.
- Bildirici, İ.Ö. (2000). *1:1.000 - 1:25.000 Ölçek Aralığında Bina ve Yol Objelerinin Kartografik Genelleştirmesi, (Yayımlanmamış Doktora Tezi)*. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bildirici, İ.Ö. (2023). *Kartografya: Harita tasarımı ve kullanımı için gerekli bilim sanat ve teknik (3. Baskı)*. Konya: Atlas Akademi Yayınevi. ISBN 978-625-8101-16-4
- Çetinkaya, S. (2014). *Kartografik Genelleştirmede Bina Dizilimlerinin Karakterizasyonu ve Yorumlanmasına İlişkin Yeni Yaklaşımlar (Doktora Tezi)*. YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çobankaya, O. N. (2015). *Yerleşim Sınıfı için Çoklu Gösterim Veritabanının Oluşturulması: Gösterim Seviyelerini Türetme, Obje Eşleştirme, Güncelleme (Doktora Tezi)*. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Douglas, D. H. ve Peucker, T. K. (1973). Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature. *Cartographica: the international journal for geographic information and geovisualization*, 10(2), 112-122. <https://doi.org/10.3138/FM57-6770-U75U-7727>
- ESRI (2023). Simplify Building (Cartography), Erişim Adresi: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/cartography/simplify-building.htm>
- GDAL (2023). GDAL documentation. Erişim Adresi: <https://gdal.org>
- Gülgen, F. (2009). *Yerleşim İçi Yol Ağı Genelleştirmesinde Yeni Bir Seçme/Eleme Yaklaşımı (Doktora Tezi)*. YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hake, G., Grünreich, D. ve Meng, L. (2002). *Kartographie: Visualisierung raumzeitlicher Informationen*. Walter de Gruyter.
- Lang, T. ve Zeng, S. (2001). *Topology preserving line simplification. International Journal of Geographical Information Science*, 15(7), 579-593.
- OSGeo (2023). Homepage OSGeo. Erişim Adresi: <https://www.osgeo.org>
- OSGeo. (2007). OSGeo Annual Report 2007. Erişim Adresi: https://wiki.osgeo.org/wiki/Annual_Report_2007_Compiled
- Powitz, B. M. (1993). *Zur Automatisierung der kartographischen Generalisierung topographischer Daten in Geo-Informationssystemen. Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover*, 185, 1-169.
- Python (2023). Welcome to Python.org. Erişim Adresi: <https://www.python.org>
- Robinson, A. H., Morrison, J.L., Muehrcke, P.C., Kimmerling, A.J. ve Guptil, S.J. (1995). *Elements of Cartography (6. Baskı)*. ABD: John Wiley and Sons.
- Şahbaz, K. (2021). *Açık kaynaklı coğrafi bilgi sistemi ortamında orta ölçekli topografik harita genelleştirmesi için yeni bir bina öteleme yaklaşımı (Doktora Tezi)*. YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tutic, D. (2022). CartoLineGen, Erişim Adresi: <https://github.com/dtutic/CartoLineGen>
- Tutic, D. ve Lapaine, M. (2009). Area preserving cartographic line generalization. *Kartografija i geoinformacije (Cartography and Geoinformation)*, 8(11), 84-100.
- Tutic, D. ve Lapaine, M. (2010). New Method for Reducing Sharp Corners in Cartographic Lines with Area Preservation Property. *Triangle*, 2, 1.
- Visvalingam, M. ve Whyatt, J. D. (1993). Line generalisation by repeated elimination of points. *The cartographic journal*, 30(1), 46-51. <https://doi.org/10.1179/000870493786962263>
- QGIS. (2023). QGIS Hakkında. Erişim Adresi: <https://qgis.org/tr/site/about/index.html>