

**TARİHİ VE GÜNCEL HAVA FOTOĞRAFLARI
KULLANARAK FOTOGRAMETRİK
YÖNTEMLE DEĞİŞİM ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hasan GÜNER

Danışman

Prof. Dr. Murat UYSAL

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Mart 2026

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARİHİ VE GÜNCEL HAVA FOTOĞRAFLARI KULLANARAK
FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLE DEĞİŞİM ANALİZİ

Hasan GÜNER

Danışman

Prof.Dr. Murat UYSAL

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Mart 2026

TEZ ONAY SAYFASI

Hasan GÜNER tarafından hazırlanan “Tarihi ve Güncel Hava Fotoğrafları Kullanarak Fotogrametrik Yöntemle Değişim Analizi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 13 Mart 2026 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Murat UYSAL

Başkan : Dr.Öğr.Üyesi Abdullah VARLIK
Necmettin Erbakan Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi

Üye : Prof.Dr. Murat UYSAL
Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi

Üye : Prof. Dr. Mustafa YILMAZ
Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun

..... /..... /..... tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır

.....

Prof. Dr. Bekir YALÇIN

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

.. / .. / 2026

Hasan GÜNER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TARİHİ VE GÜNCEL HAVA FOTOĞRAFLARI KULLANARAK FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLE DEĞİŞİM ANALİZİ

Hasan GÜNER

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Murat UYSAL

Mekânsal yapılar; doğal süreçler, insan faaliyetleri ve afet etkileri sonucunda değişmektedir. Bu değişimin nicel olarak izlenebilmesi, özellikle kentsel büyüme ve afet sonrası yapısal kayıpların doğru değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Malatya ili Yeşilyurt ilçesi Bostanbaşı Mahallesi'ne ait bir alanda 1976-2024 yılları arasında meydana gelen mekânsal ve yapısal değişimlerin analog ve sayısal hava fotoğraflarından, fotogrametrik yöntemle üretilen Sayısal Yüzey Modelleri (SYM) kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma alanı, uzun yıllara yayılan kentsel dönüşümü ve 6 Şubat 2023 depremi sonrası ortaya çıkan yıkımı kapsadığı için seçilmiştir. Çalışma kapsamında Harita Genel Müdürlüğü (HGM)'nden temin edilen 1976 yılına ait analog hava fotoğrafları ile 2020, 2023 ve 2024 yıllarına ait sayısal hava fotoğrafları kullanılmış ve her yıl için SYM üretilmiştir. Üretilen SYM modelleri arasındaki yükseklik farkları; Matlab ortamında geliştirilen bir algoritma ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda 1976-2023 yılları arasında bölgede belirgin bir yapılaşma olduğu ancak depremin etkisi ile bu yapıların bazılarının yıkıldığı tespit edilmiş ve elde edilen bulgular, resmi yıkım verileri ile karşılaştırılmış ve sonuçların doğruluğu değerlendirilmiştir.

2026, vii + 54 sayfa

Anahtar Kelimeler: Fotogrametri, Uzaktan Algılama, Sayısal Yüzey Modeli, Tarihi Hava Fotoğrafları, Mekânsal Değişim.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

PHOTOGRAMMETRIC CHANGE ANALYSIS USING HISTORICAL AND CONTEMPORARY AERIAL PHOTOGRAPHS

Hasan GÜNER

Afyon Kocatepe University

Institute of Science and Technology

Department of Geomatic Engineering

Supervisor: Prof. Murat UYSAL

Spatial structures change over time as a result of natural processes, human activities, and disaster impacts. The quantitative monitoring of these changes is of great importance, particularly for the accurate assessment of urban growth and structural losses following disasters. In this study, spatial and structural changes that occurred between 1976 and 2024 in an area located in Bostanbaşı Neighborhood, Yeşilyurt District of Malatya Province, were analyzed using Digital Surface Models (DSMs) produced by photogrammetric methods from analog and digital aerial photographs. The study area was selected as it includes long-term urban transformation and the demolition that occurred following the February 6, 2023 earthquake. Within the scope of the study, analog aerial photographs from 1976 and digital aerial photographs from 2020, 2023, and 2024, obtained from the General Directorate of Mapping (HGM), were used, and a Digital Surface Model (DSM) was generated for each year. The elevation differences between the generated Digital Surface Models (DSMs) were analyzed using an algorithm developed in the MATLAB environment. The analysis revealed that significant urban development occurred in the region between 1976 and 2023; however, due to the impact of the earthquake, some of these structures were demolished. The findings obtained from the analysis were compared with official demolition records, and the accuracy of the results was evaluated.

2026, vii + 54 pages

Keywords: Photogrammetry, Remote Sensing, Digital Surface Model, Historical Aerial Photographs, Spatial Change.

TEŐEKKÖR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolay tezd danışmanım Sayın Prof. Dr. Murat UYSAL ve Sayın Müh.tęm. Ertuğrul AVŞAR'a her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teŐekkr ederim

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolay aileme teŐekkr ederim.

Hasan GÜNER
Afyonkarahisar 2026

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
3. MATERYAL METOT	6
3.1 Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler	6
3.2 Çalışmada Kullanılan Yazılımlar	7
3.3 SYM Doğruluk Değerlendirilmesinde Kullanılan Kontrol Noktaları	8
3.4 Tarihi Hava Fotoğrafları ile Sayısal Yüzey Modeli Üretim Süreci.....	9
3.5 Sayısal Hava Fotoğrafları ile Sayısal Yüzey Modeli Üretim Süreci	13
3.6 Sayısal Yüzey Modeli Farklarına Dayalı Değişim Analizi Metodolojisi.....	19
4. UYGULAMA.....	22
4.1 Tarihi Hava Fotoğrafları ile Sayısal Yüzey Modeli ve Ortofoto Üretimi	22
4.2 Sayısal Hava Fotoğrafları ile Sayısal Yüzey Modeli Üretimi	26
4.3 Sayısal Yüzey Modelleri Arasındaki Yükseklik Farklarının Hesaplanması	33
4.4 SYM Farklarından Otomatik Bina Değişim Analizi (MATLAB)	36
5. BULGULAR	38
5.1 Sayısal Yüzey Modellerinin Doğruluğunun Analizi	38
5.2 Değişim Analizi.....	39
6. SONUÇLAR	45
7. KAYNAKLAR.....	46
ÖZGEÇMİŞ.....	50
EK-1 MATLAB Tabanlı Otomatik Bina Değişim Analizi Kodu	51
EK-2 Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yıkık Bina Koordinatları	54

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

BN	Bağlama Noktası
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
DSM	Digital Surface Model
GPS	Global Positioning System
HGM	Harita Genel Müdürlüğü
ÇŞİDB	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
IMU	Inertial Measurement Unit
KOH	Karesel Ortalama Hata
RTK	Real Time Kinematic
SfM	Structure from Motion
SYM	Sayısal Yüzey Modeli
TKGM	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
UA	Uzaktan Algılama
UTM	Universal Transverse Mercator
YKN	Yer Kontrol Noktası
YÖA	Yer Örnekleme Aralığı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1 Çalışma Bölgesi.....	6
Şekil 3.2 SYM Kontrol Noktaları Dağılımı.....	8
Şekil 3.3 Arşiv Tarihi Hava Fotoğraflarından SYM Üretimi İş Akışı.	10
Şekil 3.4 Örnek Uçuş Protokolü.	11
Şekil 3.5 Fotoğraf Kenar/Köşe Markajlarının İşaretlenmesi.....	12
Şekil 3.6 Sayısal Fotogrametri İşlem Adımları	14
Şekil 3.7 Ankara 1/250.000 Uçuş Planı.....	15
Şekil 3.8 Geometrik Çözünürlük.....	17
Şekil 3.9 Radyometrik Çözünürlük.	18
Şekil 3.10 Histogram Eşitleme ve Kontrast Artırma.	18
Şekil 3.11 Sayısal Yüzey Modeli.	19
Şekil 4.1 Çalışmada Kullanılan 1976 Yılına Ait Analog Hava Fotoğrafı.....	22
Şekil 4.2 Kenar/Köşe Markajlarının İşaretlenmesi.	23
Şekil 4.3 Bağlama ve Yer Kontrol Noktası Dağılımı.....	24
Şekil 4.4 Analog Hava Fotoğrafları Dengeleme Hassasiyeti.....	24
Şekil 4.5 1976 Yılına Ait Üretilen SYM.	25
Şekil 4.6 1976 Yılına ait Ortofoto.....	25
Şekil 4.7 Malatya 1/250 000 ait Uçuş Planı.	26
Şekil 4.8 Malatya Bölgesine ait YKN Noktası.....	27
Şekil 4.9 2020 yılına ait Yer Kontrol ve Detay Noktaları Dağılımı.....	27
Şekil 4.10 Ham Hava Fotoğrafların İşlenmesi.	28
Şekil 4.11 Radyometrik Düzenleme Yapılmış Hava Fotoğrafı.....	28
Şekil 4.12 GPS/IMU Çözümü.	29
Şekil 4.13 2020 Yılına Ait Sayısal Yüzey Modeli.	30
Şekil 4.14 2020 Yılına Ait Ortofoto.....	31
Şekil 4.15 2023 Yılına Ait Sayısal Yüzey Modeli.	31
Şekil 4.16 2023 Yılına Ait Ortofoto.	32
Şekil 4.17 2024 Yılına Ait Sayısal Yüzey Modeli.	32
Şekil 4.18 2024 Yılına Ait Ortofoto.	33
Şekil 4.19 1976-2020 Yılları Arası İnşa Edilen Yapılar.	34
Şekil 4.20 1976–2020 Döneminde Tespit Edilen İnşaat/Kazı Alanları.	34
Şekil 4.21 2020-2023 Yılları Arası İnşa Edilen ve Yıkılan Yapılar.....	35
Şekil 4.22 2020-2024 Yılları Arası İnşa Edilen ve Yıkılan Yapılar.....	35
Şekil 4.23 2023-2024 Yılları Arası İnşa Edilen ve Yıkılan Yapılar.....	36
Şekil 5.1 Zamana Bağlı Yapılaşma Değişim Grafiği.	40
Şekil 5.2 Yapı Bazında Yıkımın Yakın 3 Boyutlu Gösterimi A (2023), B (2024) Yılı.	40
Şekil 5.3 2023-2024 SYM Farkı ile ÇŞİDB Yıkım Koordinatları Karşılaştırılması.	41
Şekil 5.4 2024 Yılı Ortofotosu ile ÇŞİDB Yıkım Koordinatları Karşılaştırılması.	42
Şekil 5.5 2020-2024 SYM Farkı ile ÇŞİDB Yıkım Koordinatları Karşılaştırılması.	43
Şekil 5.6 2020 Yılı Ortofoto ile ÇŞİDB Resmî Yıkım Koordinatları ile Karşılaştırılması.	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Veri Seti.....	7
Çizelge 4.1 Dengeme Noktalarında Hesaplanan Hata Değerlerine İlişkin İstatistikler.	29
Çizelge 5.1 Kontrol Noktalarının Düşey Yöndeki Farkları.....	38

1. GİRİŞ

Mekânsal yapılar, doğal süreçler, iklimsel etkiler ve insan faaliyetlerinin birlikte zaman içerisinde sürekli bir değişime uğramaktadır. Arazi örtüsü ve arazi kullanımındaki dönüşümler, topografik farklılaşmalar, yeni yerleşim alanlarının ortaya çıkışı ve doğal afetlerin yol açtığı yapısal kayıplar, mekânsal değişime neden olmaktadır. Bu değişimlerin doğru, ölçülebilir ve karşılaştırılabilir biçimde izlenmesi; geçmiş mekânsal örüntülerin anlaşılması ve geleceğe yönelik sağlıklı planlama kararlarının oluşturulabilmesi açısından önemlidir. (Turner vd. 2007).

Uzaktan algılama teknikleri, geniş alanları kapsayan ve farklı dönemlere ait verilerin karşılaştırılmasına olanak sağlaması ve nesnel sonuçlar üretmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Hava fotoğrafları ve diğer uzaktan algılama verileri, zamansal karşılaştırma imkânı sunarak hem yerleşim içermeyen alanların zamanla yapılaşmaya açılmasını hem de afet sonrasındaki morfolojik değişimleri doğru ve güvenilir şekilde tespit eder. Bu yöntemlerin sağladığı tutarlılık, karar vericilere güçlü bir mekânsal izleme altyapısı sunarken, araştırmacılara da bölgesel dönüşüm dinamiklerini yüksek hassasiyetle analiz etme olanağı sağlar.

Tarihi hava fotoğrafları, geçmiş dönemlerin mekânsal ve çevresel koşullarını belgeleyen önemli veri kaynaklarıdır. Harita Genel Müdürlüğü (HGM), 1936–2008 yılları arasında analog hava kameraları kullanarak hava fotoğrafları çekmiş ve bu görüntüleri uzun yıllar boyunca uygun koşullarda arşivlemiştir. Bu fotoğraflar, fiziksel film ruloları üzerine kaydedildiğinden, zamanla çeşitli bozulmalara maruz kalabilmektedir. Bu nedenle, tarihî değeri yüksek olan analog hava fotoğraflarının özel tarayıcılarla dijital ortama aktarılması büyük önem taşımaktadır. Dijitalleştirme süreci hem verilerin korunmasını sağlamakta hem de mekânsal analizlerde kullanılabilirliğini artırmaktadır (Avşar, 2022).

Sayısal hava fotoğrafları, yüksek mekânsal çözünürlükleri, çok bantlı görüntüleme kapasiteleri ve gelişmiş dijital işleme olanakları sayesinde uzaktan algılama ile fotogrametri çalışmalarında güncel, tutarlı ve tekrarlanabilir veri üretimine imkân tanır. Analog sistemlerde gerekli olan film banyo süreçleri ve fiziksel arşivleme gereksinimleri, sayısal kameralarla birlikte büyük ölçüde ortadan kalkmakta; görüntülerin doğrudan

dijital ortamda elde edilmesi hem veri güvenilirliğini artırmakta hem de analiz süreçlerini hızlandırmaktadır. Bu özellikler sayesinde farklı yıllara ait sayısal hava fotoğraflarından üretilen Sayısal Yüzey Modeli (SYM) verileri, arazi kullanımındaki dönüşümlerden yapı yoğunluğundaki farklılaşmalara ve afet etkilerinin nicel analizine kadar geniş bir uygulama alanında güçlü bir mekânsal altlık sağlamaktadır (Konecny, 2014).

Bu çalışma, Harita Genel Müdürlüğü tarafından farklı yıllarda çekilmiş tarihî ve sayısal hava fotoğraflarından üretilen SYM'ler kullanılarak Malatya ili Yeşilyurt ilçesine bağlı Bostanbaşı mahallesinde 1976–2024 yılları arasında meydana gelen mekânsal değişimleri MATLAB ortamında geliştirilen bir algoritma ile nicel olarak tespit edilip, bölgedeki yapılaşma süreci ve arazi kullanımındaki dönüşümler ile afet sonrası morfolojik değişimlerin analiz edilmesi hedeflenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Uzaktan algılama ve fotogrametri temelli değişim tespiti, mekânsal analiz literatürünün uzun yıllardır merkezinde yer alan bir araştırma alanıdır. Değişim analizinin temel amacı, farklı zamanlarda elde edilen görüntüler arasındaki spektral, geometrik, radyometrik veya yükseklik temelli farklılıkları ortaya koyarak arazi örtüsü, yapılaşma, mekânsal form ve afet sonrası hasar gibi dinamikleri nicel olarak belirlemektir. Bu kapsamda hem uydu görüntülerine hem de hava fotoğraflarına dayalı çok zamanlı analizler, özellikle uzun dönemli mekânsal dönüşümlerin izlenmesinde önemli bir veri kaynağı sağlamaktadır.

Lian vd. (2020), çok zamanlı hava fotoğrafları ve Sayısal Yüzey Modellerini birlikte kullanarak bina değişimlerinin tespitine yönelik derin öğrenme modeli önermiştir. Çalışmada hem yansıtım hem de yükseklik bilgisi modele entegre edilerek yeni inşa edilen, yıkılan veya biçimi değişen binalar otomatik olarak belirlenmiş; böylece yalnızca görüntü farkına dayalı yöntemlere kıyasla daha kararlı ve ayrıntılı bir değişim analizi elde edilmiştir.

Knuth vd. (2023), tarihî hava fotoğraflarının fotogrametrik yöntemlerle yeniden değerlendirilmesini incelemiş ve hareketten yapı çıkarımı Structure from Motion (SfM) tabanlı yaklaşımlar aracılığıyla çok zamanlı Sayısal Yüzey Modellerinin (SYM) üretilebilirliğini ortaya koymuştur. Çalışma, analog hava fotoğrafı arşivlerinin sayısallaştırılarak modern fotogrametrik iş akışlarına entegre edilebilmesi sayesinde, uzun dönemli topografik ve yapısal değişimlerin nicel olarak izlenebileceğini göstermiştir. Ayrıca farklı tarihlere ait hava fotoğraflarından üretilen SYM'ler arasındaki farklar kullanılarak, bina ölçeğinde yükseklik ve morfolojik değişimlerin belirlenebileceğinden bahsetmiştir.

Eltner vd. (2016), tarihî ve modern hava fotoğraflarından elde edilen görüntü setlerini Structure from Motion temelli bir fotogrametri akışıyla işlemeyi denemiştir. Bu çalışmada, farklı dönemlere ait analog hava fotoğrafları sayısallaştırılarak SYM'ler üretilmiş ve bu modeller arasındaki yükseklik farkları topografik değişimlerin nicel ölçümleri için kullanılmıştır. Çalışma, SfM ile oluşturulan SYM'lerin tarihî morfolojik değişimlerin izlenmesinde güvenilir sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Tataris vd. (2020), Yunanistan'daki Vrisa yerleşiminde deprem sonrası toparlanma sürecini insansız hava aracı görüntülerinden üretilen çok zamanlı SYM'ler aracılığıyla incelemiştir. Farklı dönemlere ait yüksek çözünürlüklü SYM'ler arasındaki farklar hesaplanarak yıkılan binaların hacim kayıpları ve yeniden inşa edilen yapıların hacim artışları belirlenmiş, böylece deprem sonrası yıkım ve yeniden yapılanma süreci nicel olarak izlenebilmiştir.

Turker ve Sumer (2008), deprem sonrası çekilen hava fotoğraflarını kullanarak binaların hasar durumunu belirlemek için nesne tabanlı bir gölge analiz yöntemi önermiştir. Çalışmada, binaların gölge üretme biçimlerindeki değişimlerden yararlanılmış ve gölge–yapı ilişkisi üzerinden hasarlı binalar başarılı bir şekilde modellenmiştir. Bu yaklaşım, deprem sonrası kentsel hasarın uzaktan algılama verisiyle tespit edilmesinde etkili bir yöntem sunmaktadır.

Ge vd. (2020), deprem sonrası bina hasar tespitinde SAR verisinin kullanımını incelemiş ve interferometri, yoğunluk farkı (backscatter), koherens analizi ve derin öğrenme temelli yaklaşımların yeteneklerini karşılaştırmıştır. Çalışma, SAR verisinin hava koşullarından bağımsız olması nedeniyle afet sonrası hızlı müdahalede kritik öneme sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca çok zamanlı SAR verileriyle bina seviyesinde hasar ayırımı yapılabileceği tartışılmıştır.

Özelkan vd. (2018), Çanakkale kent merkezinde kentleşmenin tarım alanları üzerindeki etkisini çok zamanlı uzaktan algılama verileri ile değerlendirmiştir. Landsat uydu görüntüleri üzerinde gerçekleştirilen sınıflandırma ve nesne tabanlı görüntü analizleri, 1987–2017 yılları arasında kentsel yayılmanın özellikle ova tabanındaki verimli tarım alanlarını önemli ölçüde daralttığını göstermiştir. Çalışma, uydu verilerinin hem kentsel-dokusal değişimi hem de arazi kullanımındaki dönüşümleri izlemek için ekonomik ve güvenilir bir çözüm sunduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca mekânsal dağılımın Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında değerlendirilmesiyle, kentleşmenin hangi bölgelerde yoğunlaştığı ayrıntılı olarak ortaya konmuştur.

Yastıklı ve Çetin (2019), çalışmalarında yoğun görüntü eşleme algoritmaları kullanılarak elde edilen nokta bulutlarının sınıflandırılmasını incelemiştir. Çalışmada, İstanbul

Zekeriyaaky bölgesine ait hava fotoğrafları kullanılarak yoğun nokta bulutları üretilmiş ve bu veriler zemin, bina ve bitki örtüsü olmak üzere üç temel sınıfa ayrılmıştır. Sınıflandırma işlemi, geometrik özelliklere dayalı nokta tabanlı bir yaklaşım kullanılarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçların doğruluğu analiz edilmiştir. Bu alışma, yoğun görüntü eşleme algoritmaları ile üretilen SYM değişim analizlerinde etkin bir şekilde kullanılabileceğinden bahsetmiştir.

Mevcut alışmalar; uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarıyla değişim tespiti, nesne tabanlı analizler, SYM fark hesaplamaları ve analog verilerin dijital ortama aktarılması gibi birçok yöntemin güçlü yönlerini ortaya koymaktadır.

Ancak literatürde; Analog ve sayısal hava fotoğraflarının birlikte kullanıldığı, geçmişten günümüze uzanan geniş zaman aralığını kapsayan, SYM fark analizini yerleşime sonradan açılan ve deprem etkisi gören bir bölgede uygulayan, tarihî veriler ile modern veri setlerini aynı koordinat sisteminde karşılaştırarak morfolojik dönüşümü nicel biçimde ortaya koyan, çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir.

Bu alışma, söz konusu çalışmalara katkıda bulunmak amacıyla Malatya ili, Yeşilyurt ilçesi Bostanbaşı mahallesine ait bir alanda 1976–2024 yılları arasında gerçekleşen mekânsal ve morfolojik değişimleri hem tarihî hem güncel hava fotoğraflarından üretilen SYM verilerini kullanarak kapsamlı biçimde incelemektedir.

3. MATERYAL METOT

Bu çalışmada kullanılan materyaller; farklı yıllara ait fotogrametrik maksatlı hava fotoğrafları, bu fotoğraflara ilişkin kamera kalibrasyon parametreleri ve hava fotoğraflarına ilişkin iç ve dış yöneltme bilgileri, kontrol noktaları, fotogrametrik değerlendirme yazılımları ve çalışma alanına ilişkin mekânsal girdilerden oluşmaktadır. Çalışmanın temel veri kaynağını, Harita Genel Müdürlüğü tarafından farklı yıllarda çekilmiş analog ve sayısal hava fotoğrafları oluşturmaktadır.

3.1 Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Çalışmanın alanı, Malatya ilinin güneybatısında yer alan Yeşilyurt ilçesine bağlı Bostanbaşı mahallesi seçilmiştir. Çalışma alanı, kentsel yapılaşmanın yoğun olduğu bir bölge olup hem tarihi (analog) hem de sayısal hava fotoğraflarıyla izlenebilir nitelikte Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Çalışma Bölgesi

Bölgenin çalışma alanı olarak seçilmesinin temel nedeni, farklı yıllara ait hava fotoğraflarının temin edilebilmesi, arşiv sürekliliğinin bulunması ve bu alanda zaman içinde belirgin bir kentsel dönüşümün yaşanmış olmasıdır. Özellikle 1976'dan 2024'e uzanan uzun dönemli veri seti, bölgedeki yapılaşma dinamiklerinin, morfolojik değişimlerin ve afet sonrası yeniden yapılanma sürecinin üç boyutlu olarak izlenebilmesine imkân tanımaktadır. Bu nedenle hem tarihî hava fotoğraflarının hem de sayısal görüntülerin karşılaştırmalı değerlendirilmesine en uygun çalışma alanlarından birini oluşturmaktadır.

Çalışmada, Harita Genel Müdürlüğüne (HGM) fotogrametrik amaçla 1976 yılında Wild RC-8 600 marka analog hava kamerası ile 1:10.000 ölçeğinde çekilmiş ve 20 mikron taranmış analog hava fotoğrafları ile 2020, 2023 ve 2024 yıllarında Ultracam Eagle marka sayısal hava kamerası ile 1:75.000 ölçeğinde çekilmiş ve 4 mikron piksel boyutuna sahip sayısal hava fotoğrafları kullanılmıştır. Veri setine ilişkin özet bilgiler Çizelge 3.1'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1 Veri Seti

Tarih	Fotoğraf Türü	Yer Örnekleme Aralığı
28 Haziran 1976	Tarihi Hava Fotoğrafı	20 cm
13 Temmuz 2020	Sayısal Hava Fotoğrafı	30 cm
14 Temmuz 2023	Sayısal Hava Fotoğrafı	30 cm
03 Ağustos 2024	Sayısal Hava Fotoğrafı	30 cm

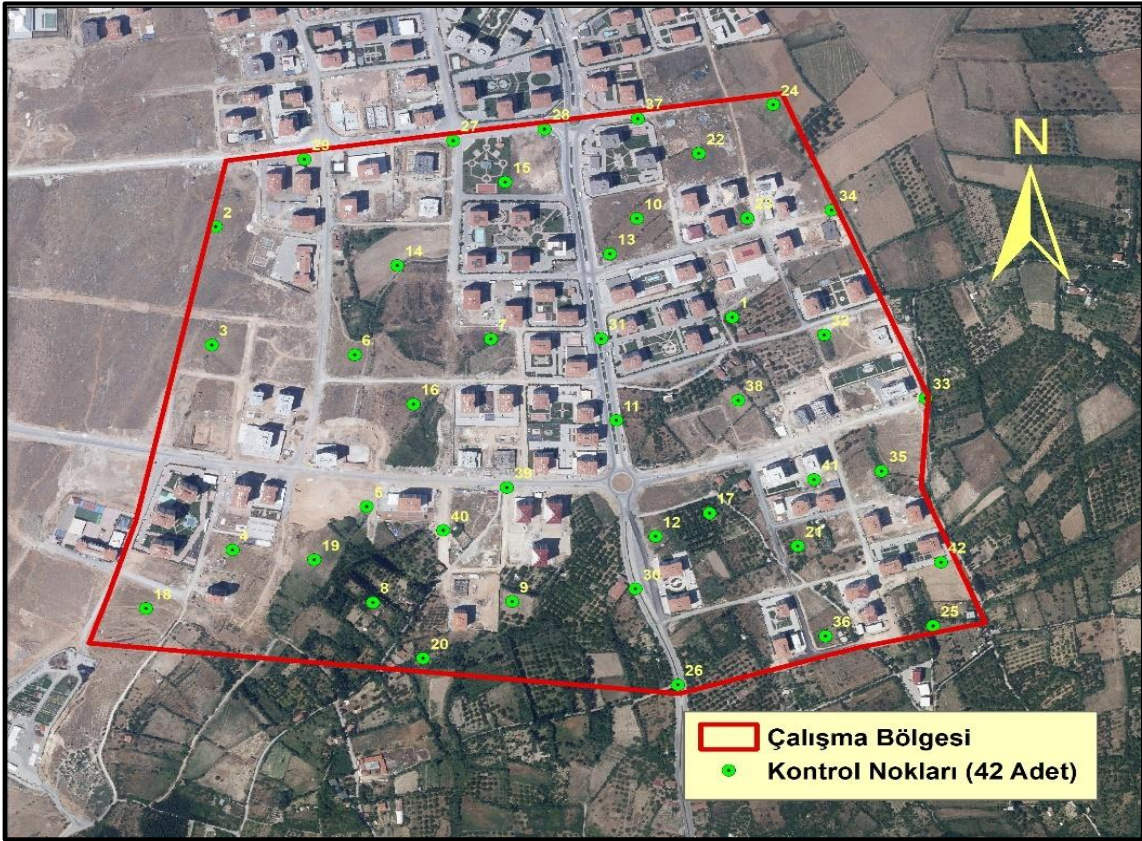
3.2 Çalışmada Kullanılan Yazılımlar

1976 yılına ait tarihî (analog) hava fotoğraflarının tarama sonrası iç yöneltme, ortorektifikasyon ve SYM üretimi, PCI Geomatica yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. 2020, 2023 ve 2024 yıllarına ait sayısal hava fotoğraflarının GPS/IMU çözümlemesi PosPAC, fotogrametrik nirengi dengelemesi ise Applications Master Match-AT yazılımında yapılmıştır. SYM üretimi UltraMap yazılımı kullanılarak tamamlanmıştır. 1976, 2020, 2023 ve 2024 yılları arasındaki SYM değişimlerinin hesaplanması ve sayısal yüzey farklarının çıkarımında ise Global Mapper yazılımından yararlanılmıştır.

3.3 SYM Doğruluk Değerlendirilmesinde Kullanılan Kontrol Noktaları

Çalışmada kullanılan SYM'ler için doğruluk analizleri gerçekleştirilmiş olup bu kapsamda, 42 adet kontrol noktası 2020 yılında çekilmiş Küresel Konumlama Sistemi (GPS) destekli fotogrametrik nirengi yöntemi ile dış yöneltme elemanları belirlenmiş stereo görüntü üzerinden seçilmiştir. Kontrol noktalarının doğruluğu fotogrametrik dengelemeden gelen hata ve operatör hatasıyla birlikte 1 metreden daha iyidir.

2020 hava fotoğraflarının tercih edilme nedeni depremden önce çekilmiş en güncel tarihli hava fotoğrafları olmasıdır. Belirlenen bu 42 kontrol noktasının çalışma alanındaki konumsal dağılımı Şekil 3.2'de gösterilmiştir; bu dağılım SYM doğruluk analizinde kullanılan referans noktalarının homojen biçimde seçildiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 3.2 SYM Kontrol Noktaları Dağılımı.

Karesel ortalama hata (KOH) hesaplamalarında karşılaştırmaların tutarlılığı için 2020 yılına ait SYM değerleri referans doğruluk kabul edilmiş; diğer yıllara ait yükseklik farkları bu temel üzerinden değerlendirilmiştir. Her bir referans noktasına ait Z

(yükseklik) değeri ile ilgili yılın SYM verisinden elde edilen yükseklik karşılaştırılarak farklar hesaplanmış ve bu farklardan KOH değerleri türetilmiş olup bulgular bölümünde Çizelge 5.1’de sunulmuştur.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB)’ndan temin edilen yıkılan yapılara ait konum verileri, SYM fark analizinin değerlendirilmesinde referans olarak kullanılmış olup deprem sonrası oluşan morfolojik değişimlerin tutarlılığı incelenmiştir. ÇŞİDB tarafından temin edilen yıkılmış bina koordinatları Ek-2’de sunulmuştur

3.4 Tarihi Hava Fotoğrafları ile Sayısal Yüzey Modeli Üretim Süreci

Analog hava fotoğrafı, dijital algılayıcıların yaygınlaşmasından önce, uçaklara monte edilmiş fotogrametrik kameralarla ışığa duyarlı film üzerine kaydedilen metrik hava görüntüsüdür. Kamera kalibrasyon değerleri, film düzlemi ve iç yöneltme markajları sayesinde görüntü, nesnelerin gerçek geometrik konum ilişkilerini korur ve stereoskopik ölçümlere olanak verir. Konecny (2014) analog fotogrametriyi, görüntü bilgisinin film üzerinde fiziksel olarak saklandığı ve ölçümsel doğruluğun optik-mekanik kamera sistemleriyle sağlandığı klasik fotogrametri tekniği olarak tanımlamaktadır.

Analog hava fotoğraflarından SYM üretimi, iç yöneltme elemanlarının bilindiği ve yarı otomatik görüntü eşleme yöntemine dayanan bir ortorektifikasyon yaklaşımı ile gerçekleştirilmektedir (Avşar, 2022). Süreç beş temel aşamada Şekil 3.3’te gösterilmiştir.

Analog hava fotoğraflarının, fotogrametrik iş akışlarında değerlendirilebilmesi için ilk adım, film üzerinde kayıtlı görüntünün yüksek doğrulukla sayısallaştırılmasıdır. Film tabanlı analog görüntüler metrik nitelik taşır; ancak bu bilginin güncel yazılımlara doğru biçimde aktarılabilmesi, tarama sürecinin fotogrametrik standartlara uygun yürütülmesini gerektirir. Dewitt ve Wolf (2000), analog filmin dijital ortama aktarımını, film düzlemi, iç yöneltme markaları ve piksel boyutunun eksiksiz korunmasının zorunlu olduğu kritik bir dönüşüm aşaması olarak tanımlar. Bu nedenle tarama işlemi, yalnızca bir görüntü kopyalama adımı değil, yöneltme ve SYM üretim aşamalarının doğruluğunu doğrudan etkileyen temel bir hazırlık safhasıdır.



Şekil 3.3 Arşiv Tarihi Hava Fotoğraflarından SYM Üretimi İş Akışı (Avşar, 2022).

Harita Genel Müdürlüğü arşivinde yer alan 1976 tarihli analog hava fotoğrafları, fotogrametrik doğruluğa sahip bir tarayıcıda 20 µm (mikron) çözünürlükte taranarak sayısal formata dönüştürülmüştür. Tarama sırasında fotoğrafların kenar ve köşe markalarının tamamı görüntü içerisine dâhil edilmiştir. Bu markalar, fotoğrafa ait iç yönlendirme geometrisinin oluşturulabilmesi için zorunludur. Taramalar sonucunda elde edilen görüntüler “TIFF” formatında kaydedilmiş ve SYM ve ortofoto üretiminde kullanılmak üzere sisteme aktarılmıştır.

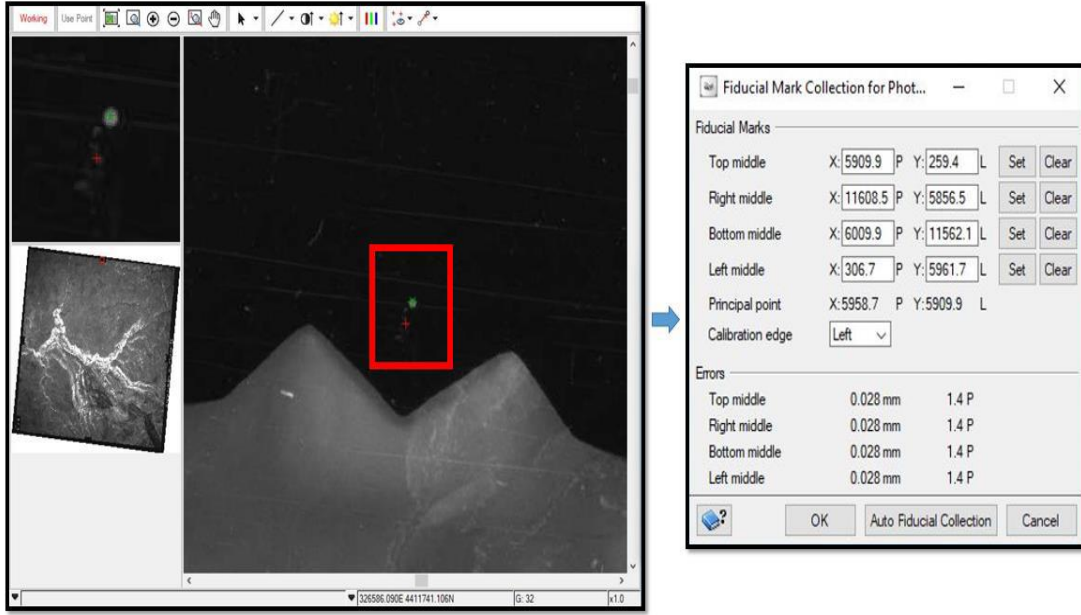
Analog hava fotoğraflarına ait kamera kalibrasyon sertifikalarının bulunmaması nedeniyle iç yönlendirme parametreleri fotoğrafların köşe markajının ölçülmesi ile yeniden hesaplanmıştır. Analog hava fotoğraflarında iç yönlendirme için gerekli parametrelerin bir kısmı uçuş protokollerinden elde edilebilmektedir. Bu protokoller; kamera tipi, odak uzaklığı, uçuş hattı numarası, fotoğraf numarası, çekim yüksekliği ve ölçek gibi temel bilgileri içerir. Böylece fotoğrafların çekim koşulları yeniden yapılandırılarak iç yönlendirmede kullanılacak geometrik referans oluşturulabilmektedir. Uçuş protokolüne ait

örnek bir kayıt Şekil 3.4'te gösterilmektedir; bu belge iç yöneltmenin temel girdilerini oluşturan parametreleri sunması bakımından kritik önem taşımaktadır.

Fotogrametri Şubesi		Ankara	
Hava postası		7 - Ekim 1949	
Uçuş Protokolu			
Uçak	: Beechcraft O2	Film No.	: 240
Rasit	: Yzb. Z. Adaklı	• Cinsi	: Kodak S.XX.
Fotografçı	: A. Çetinol	• Uzunluğu	: 38 m.
P.K.Bnb.	: S. Uçkan	Resim adedi	: 193
Pilot	: Bş. Çv. H. Apaydın	Ekran	: D
Makinist	:	Poz	: 1/150
Uçuş	Yüksekliği	Fotograf ölçeği	: 1/35000
	Kallos	: 9.55	Kamera No.
	İniş	(f)	: 99.68
Hava durumu	: Açık	Kaset No.	: 1265
Diş ısı	:		
UÇUŞ BÖLGESİ			
Safranbolu			
Kolon No:	Resim No:		
1	76 : 107		
2	108 : 140		
3	141 : 172		
4	173 : 201		
5	202 : 233		
6	234 : 265		
7	266 : 297		
TeB :	298 : 300		

Şekil 3.4 Örnek Uçuş Protokolu.

İç yöneltme sürecinin ikinci aşamasında, taranan fotoğrafların dört kenarında yer alan köşe/kenar işaretleri yüksek çözünürlükte okunmakta ve uygun fotogramterik bir yazılımında referans noktaları olarak tanımlanmaktadır. Bu işaretlerin doğru biçimde belirlenmesi, analog kameranın resim koordinat sisteminin dijital ortamda yeniden kurulmasını sağlamaktadır. Köşe/kenar işaretlerin yazılım ortamında nasıl okunduğunu gösteren örnek Şekil 3.5'te sunulmuştur. Bu işlemle fotoğrafların tarama sürecinden kaynaklanabilecek geometrik bozulmaları giderilmekte ve her bir görüntünün iç yöneltme geometrisi kesinleştirilebilmektedir.



Şekil 3.5 Fotoğraf Kenar/Köşe Markajlarının İşaretlenmesi.

Dış yöneltme, fotoğraf koordinat sisteminde bulunan görüntünün konumunun ve yönünün arazi koordinat sistemine aktarılmasını sağlar. Bu işlem, Yer Kontrol Noktaları (YKN) ve bağlama noktaları (BN) aracılığıyla gerçekleştirilir. YKN'ler, görüntü üzerinde konumu bilinen ve arazi koordinat sistemiyle eşlenen noktalardır; BN'ler ise ardışık fotoğraflar arasında geometrik tutarlılığı sağlayan ortak noktaları temsil eder. Dış yöneltme aşağıda belirtilen aşamadan oluşur.

Kaba yöneltme; Görüntüler, yaklaşık kamera konumları ve ilk eşleşen noktalar yardımıyla blok dengelemesine hazırlanır. Bu aşamada toleranslar geniş tutulur ve amaç fotoğrafların birbirleriyle geometrik olarak tutarlı hâle getirilmesidir. Bu aşamada geniş arama yarıçaplarıyla otomatik YKN/BN toplama yaklaşımını önerir. (Yılmaz vd. 2013)

Hassas yöneltme; Kaba yöneltmenin ardından parametreler dar toleranslarla yeniden optimize edilir; dönüklük açıları, dış yöneltme elemanları ve bağlama noktaları iteratif olarak düzeltilir. Hassas yöneltme adımı, yüksek doğrulukta yer kontrol noktalarının dağılımı kritik öneme sahiptir. Avşar (2022)'da benzer şekilde stereo görüntülerden otomatik eşleme ile elde edilen YKN/BN setlerinin hassas dış yöneltme için yeterli performans gösterdiğini ifade etmektedir.

Bu çift aşamalı süreç sonucunda tüm fotoğraflar, seçilen projeksiyon sisteminde geometrik olarak uyumlu bir blok hâline gelir ve SYM ve ortofoto üretimi için hazır hâle getirilir.

Dış yöneltmesi tamamlanan fotogrametrik blok üzerinde stereo görüntü eşleme işlemi yürütülerek arazi yüzeyine ilişkin yükseklik bilgisi hesaplanır. SYM hem doğal arazi yüzeyini hem de binalar, ağaç tepeleri gibi yükseklik içeren objeleri temsil eder (Soysal, 2025). Paralaks farklarının epipolar doğrultuda hesaplanması ve yoğun eşleme yöntemlerinin uygulanması SYM üretiminin temel aşamalarıdır. Yoğun eşleme sırasında; piksel benzerlik ölçütleri ile her noktaya derinlik atanır, boşluk oluşan bölgeler enterpolasyon ile doldurulur ve gürültü ve uç değerler morfolojik işlemlerle temizlenir.

3.5 Sayısal Hava Fotoğrafları ile Sayısal Yüzey Modeli Üretim Süreci

Fotogrametrik ölçme ve değerlendirme, nesnelerin çevreleriyle etkileşimi sonucu oluşan ışınların kaydedildiği görüntülerden ya da bu görüntüler kullanılarak oluşturulan stereo modelden elde edilen veriler temel alınarak gerçekleştirilmektedir (Gürbüz, 2006).

Fotogrametrik yöntemlerin kullanılmasıyla, harita üretiminde gerçekleştirilen arazi çalışmalarına duyulan ihtiyaç büyük ölçüde ortadan kalkmakta; arazi çalışmalarının en yoğun kısmını oluşturan ayrıntılı ölçmeler ise fotogrametrinin gelişimine paralel olarak büro ortamında yapılabilmektedir (Yaşayan vd. 2011)

Dijital fotogrametrinin gelişmesiyle birlikte, sahada yapılması gereken birçok ayrıntılı ölçüm büro ortamında görüntüler üzerinden gerçekleştirilebilir hâle gelmiştir. Bu durum hem iş yükünü azaltmış hem de harita üretim sürecini önemli ölçüde hızlandırmıştır (Yaşayan vd. 2011). Modern sayısal hava kameraları, Global Positioning System (GPS)/ Inertial Measurement Unit (IMU) destekli uçuş sistemleri ve otomatik yoğun eşleme algoritmaları, ortofoto ve SYM üretiminde yüksek doğruluk ve verimlilik sağlamaktadır (Kraus, 2011).

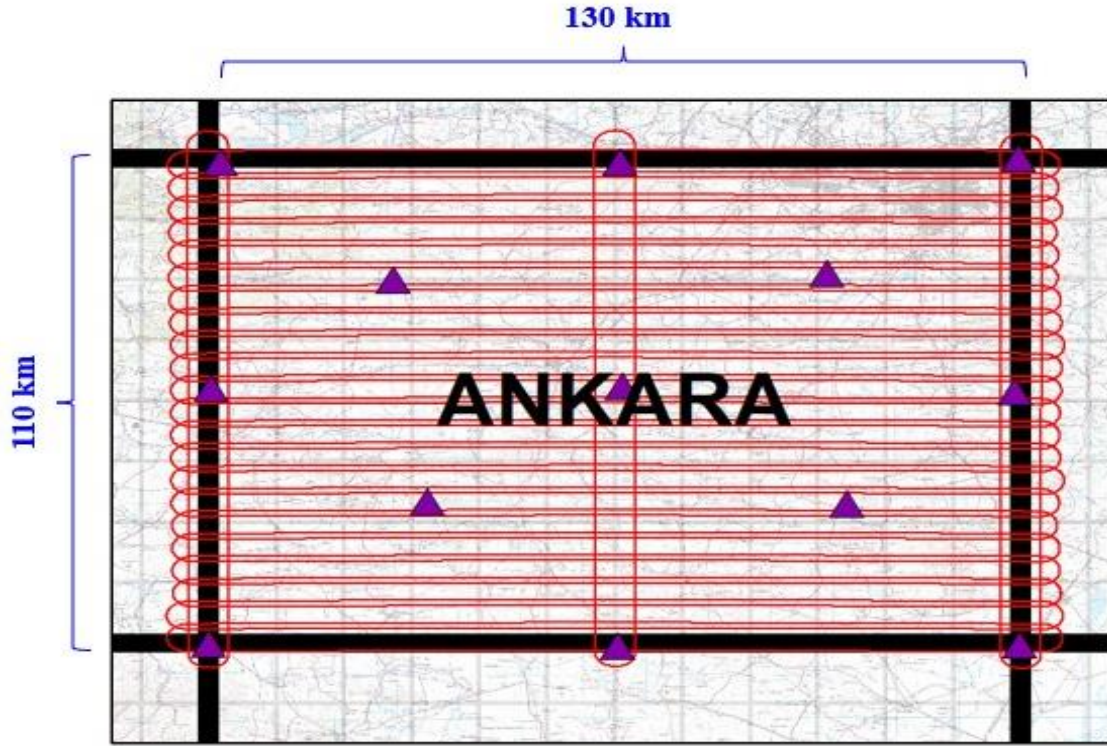
Fotogrametrik çalışmalarda ortogörüntü ve SYM üretim süreci Şekil 3.6'da sunulmuştur.



Şekil 3.6 Sayısal Fotogrametri İşlem Adımları (Şencan, 2023).

Hava fotoğrafı çekim sürecinin ilk aşaması, görüntülenecek alanın sınırlarının kesin olarak belirlenmesidir. Çalışma alanı netleştirildikten sonra, kullanılacak kameranın özellikleri ile elde edilmek istenen fotoğraf ölçeği tanımlanır. Kamera seçimi ve ölçek, üretilecek haritanın kullanım amacı, doğruluk gereksinimi ve arazi özellikleri göz önünde bulundurularak belirlenir. Özellikle topoğrafik harita üretimi gibi geniş alan uygulamalarında, geniş açılı kamera sistemleri tercih edilerek daha fazla alanın daha az uçuşla görüntülenmesi sağlanır (Konecny, 2014). Bu planlama yaklaşımı Şekil 3.7’de

örnek bir uçuş planı üzerinden gösterilmiştir; hatlar arasındaki bindirme oranları, uçuş doğrultusu ve çekim geometrisinin nasıl düzenlendiği görsel olarak sunulmaktadır.



Şekil 3.7 Ankara 1/250.000 Uçuş Planı.

Fotoğraf ölçeği hem görüntüdeki ayrıntıların algılanabilirliği hem de üretilecek haritanın doğruluk sınıfı üzerinde doğrudan etkili bir parametredir. Ölçeğin büyütülmesi ayrıntı çözünürlüğünü artırırken, uçuş maliyetlerini ve çekilecek fotoğraf sayısını da artırır. Buna karşılık küçük fotoğraf ölçeklerinde ayrıntıların seçilebilmesi zorlaşır ve stereo değerlendirmede kullanılabilirlik sınırlanır (Kraus, 2011).

Uçuş planının hazırlanmasında çalışma alanının topoğrafyası, konumu ve geometrisi dikkate alınarak uçuş şeritlerinin yönü ve yerleşimi belirlenir. Eğim farklılığının yüksek olduğu alanlarda, fotoğraf ölçeğinin korunması ve model geometrisinin bozulmaması için hat düzeni özenle planlanır. Bu kapsamda komşu kolonlar arasındaki yer örnekleme aralığı (YÖA) farkının $\pm\%10$ 'u aşmasına izin verilmez; sınır aşılsa ilgili kolon bölünerek yeni bir uçuş hattı oluşturulur (BÖHNBÜY, 2018).

Bindirme oranları ortofoto geometrisinin doğruluğunu doğrudan etkiler. Klasik ortofoto üretiminde ileri bindirme en az %70, yan bindirme en az %30 olarak planlanmalıdır (BÖHHBÜY, 2018).

Yer kontrol noktaları, hava fotoğrafı çekiminden önce arazide belirlenen ve görüntülerde açıkça seçilebilecek noktalara jeodezik yöntemlerle tesis edilen referans noktalarıdır. Bu noktaların konumu, üretilecek fotoğraf ölçeği ve proje alanının büyüklüğüne bağlı olarak planlanır. Ölçümlerin doğruluğunu sağlamak için yer kontrol noktalarının, uçuş gerçekleştirilmeye başlamadan önce araziye yerleştirilmiş ve koordinatlarının kesin olarak belirlenmiş olması gerekir (Yaşayan vd. 2011).

Yer kontrol noktaları, çekim anındaki algılayıcının (kameranın) konum ve yöneltme parametrelerinin hesaplanmasında temel girdileri oluşturur. Bu noktalar kullanılarak ışın demetlerinin dengelemesi veya uzay geriden kestirme yöntemleri uygulanır; böylece fotoğraf orta noktasının koordinatları ile dönüklük parametreleri olan X, Y, Z, omega, phi, kappa değerleri çözülür. Bu parametreler, görüntüdeki herhangi bir pikselin yeryüzündeki gerçek konumunun hesaplanmasını mümkün kılar (Yılmaz, 2002).

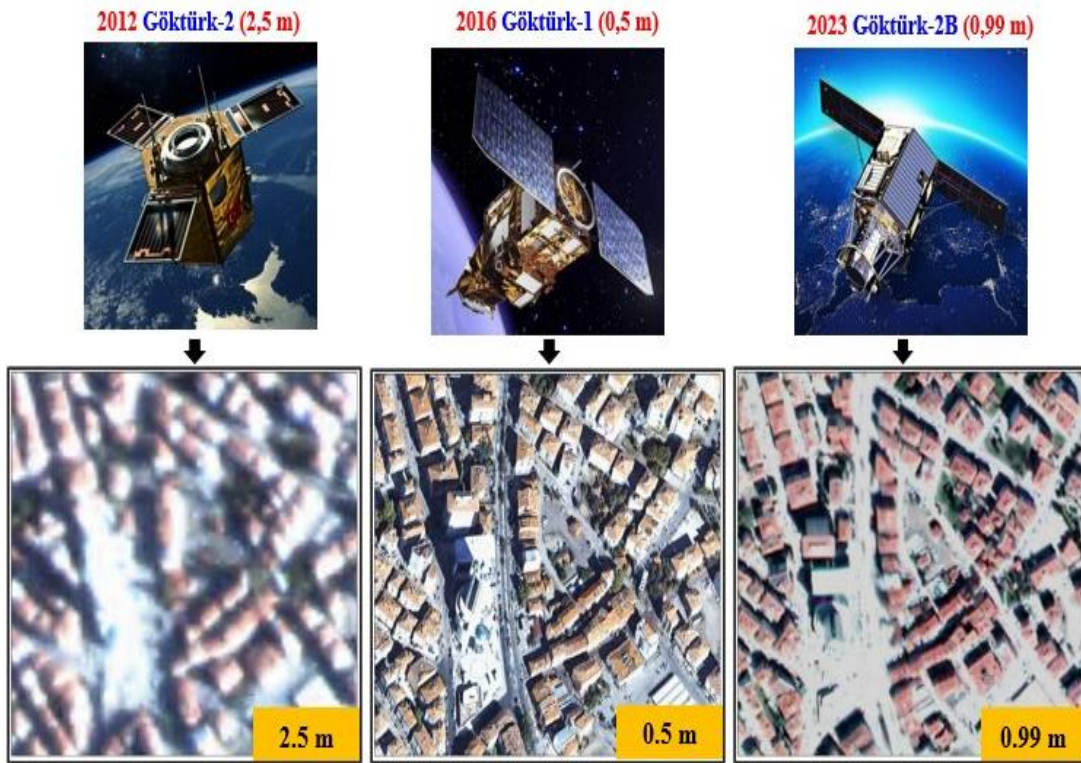
Fotogrametrik nirengi çalışmaları, hava fotoğrafları ile arazi koordinat sistemi arasında geometrik ilişkinin kurulmasını sağlar. Bu işlemde, arazide ölçülen yer kontrol noktaları ve fotoğraflar üzerinde belirlenen bağlama noktaları kullanılarak görüntülerin konum ve yön bilgileri hesaplanır. Böylece fotoğraflardaki piksel koordinatları arazi koordinatlarına dönüştürülür ve blok geometrisi düzenlenir (Şencan, 2023).

Bu çalışmada sayısal hava fotoğraflarında GPS/IMU verileri ilk konum bilgisi olarak kullanılmış, ardından fotogrametrik nirengi dengelemesi yapılmıştır. GPS destekli nirengi sayesinde yer kontrol noktası sayısı azaltılmış, TUSAGA-Aktif verileri ile fotoğraf çekim noktalarının konumu hesaplanmış ve tüm görüntüler aynı koordinat sistemine getirilmiştir.

Sayısal hava fotoğraflarında her piksel hem radyometrik hem de geometrik özellik taşır. Radyometrik özellik, pikselin elektromanyetik spektruma ait yansıma miktarını temsil eden gri değerini; geometrik özellik ise pikselin görüntü matrisi içindeki konumunu ifade eder (Yaşayan vd. 2011). Dijital görüntülerin değerlendirilmesinde bu iki özelliğin

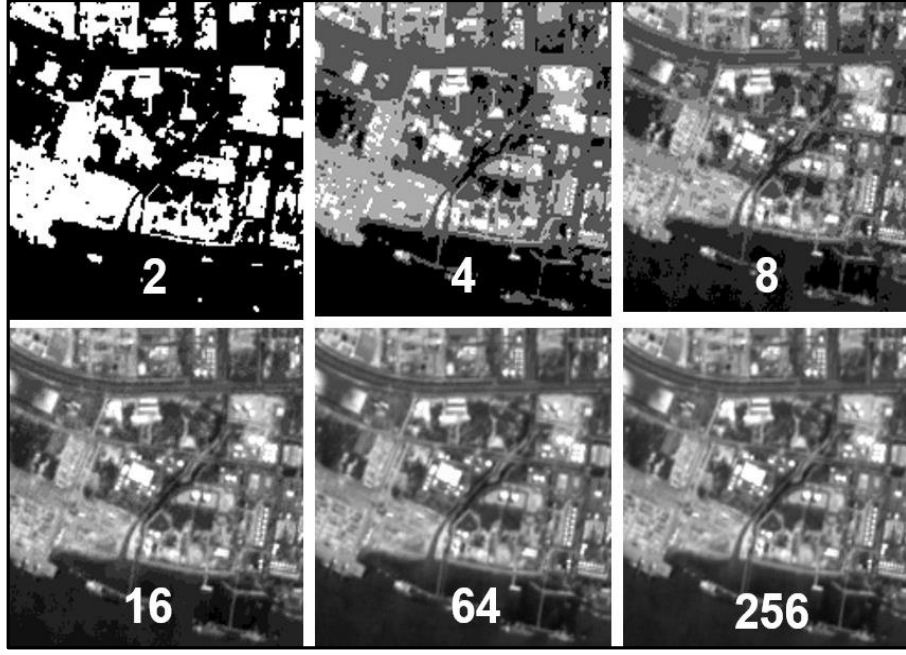
birlikte incelenmesi, görüntünün hem içerik hem de konumsal doğruluğu açısından önem taşır.

Geometrik çözünürlük, birim alana düşen piksel sayısı olarak tanımlanır ve bir pikselin fiziksel boyutu ile doğrudan ilişkilidir. Piksel boyutu küçüldükçe görüntü daha fazla ayrıntı içerir; bu nedenle geometrik çözünürlük büyük ölçüde kullanılan sayısal hava kamerasının sensör yapısına ve optik tasarımına bağlıdır (Lillesand vd. 2004). Bu ilişki Şekil 3.8’de şematik olarak gösterilmiştir; piksel boyutunun küçülmesine karşılık araziden elde edilen detaylar daha belirgin olmaktadır.



Şekil 3.8 Geometrik Çözünürlük.

Radyometrik çözünürlük, bir pikselin alabileceği gri seviye aralığını ifade eder ve görüntüdeki ton çeşitliliğini belirler. Örneğin 8 bit görüntülerde gri değerler 0–255 arasında değişir. Daha yüksek bit derinliğine sahip kameralar gölge ve aydınlık alanlardaki geçişleri daha yumuşak göstererek detay ayrımını artırır. Radyometrik düzeltme ise sensör, atmosfer ve ışık koşullarından kaynaklanan ton farklılıklarını azaltmayı amaçlar. Farklı gri değer örnekleri Şekil 3.9’da sunulmuştur (Yener vd. 2006).



Şekil 3.9 Radyometrik Çözünürlük.



Şekil 3.10 Histogram Eşitleme ve Kontrast Artırma.

Sayısal görüntülerin değerlendirilmesinde histogram önemli bir araçtır. Histogram, piksellerin gri değer dağılımını grafiksel olarak gösterir ve görüntüde koyu/açık tonların yoğunluğunu ortaya koyar. Histogram eşitleme ve kontrast artırma gibi işlemler, Şekil 3.10'da olduğu gibi görüntüde ton dağılımını dengeli hâle getirerek radyometrik

iyileştirme sağlar. Bu yöntemler özellikle düşük kontrastlı görüntülerde ayrıntıların belirginleştirilmesi için yaygın olarak uygulanır (Lillesand vd. 2004).

Analog hava fotoğraflarından SYM üretiminde de bahsedilen benzer yaklaşım metotlarında olduğu gibi fotogrametrik nirengi dengeleme sonucu hassas dış yöneltmesi tamamlanan fotogrametrik blok üzerinden elde edilen stereo görüntü çiftlerinden görüntü eşleme yöntemleri kullanılarak arazi yüzeyine ilişkin yükseklik bilgisi hesaplanır. Yoğun eşleme sırasında; piksel benzerlik ölçütleri sayesinde her noktaya derinlik bilgisi ataması yapılarak Sayısal Yüzey Modeli çıkarımı gerçekleştirilir. Örnek bir SYM görünümü Şekil 3.11’de sunulmuştur.



Şekil 3.11 Sayısal Yüzey Modeli.

3.6 Sayısal Yüzey Modeli Farklarına Dayalı Değişim Analizi Metodolojisi

Bu çalışmada, farklı zamanlarda elde edilen Sayısal Yüzey Modelleri (SYM) arasındaki yükseklik farkları kullanılarak kentsel yapılaşma ve yıkım süreçlerinin nicel olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. SYM tabanlı değişim analizi, yapı yüksekliği ve hacmindeki farklılıkların doğrudan ölçülebilmesine olanak sağlaması nedeniyle iki boyutlu görüntü farkına dayalı yaklaşımlara kıyasla daha güvenilir sonuçlar sunmaktadır (Rutzinger vd. 2006).

Literatürde çok zamanlı SYM verilerinin karşılaştırılmasıyla yapılaşma artışı, bina yıkımı ve afet kaynaklı morfolojik değişimlerin belirlenebileceği çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Yükseklik farklarının piksel veya nesne bazında değerlendirilmesi, özellikle deprem sonrası hasar tespiti ve kentsel dönüşüm analizlerinde yaygın biçimde tercih edilen bir yöntemdir (Knuth vd. 2023). Bu kapsamda çalışmada, aynı koordinat sistemine dönüştürülmüş ve benzer mekânsal çözünürlüğe getirilmiş SYM verileri üzerinde piksel tabanlı fark analizi uygulanmıştır. Fark hesaplaması sonucunda elde edilen pozitif yükseklik değerleri yapılaşma artışı, negatif değerler ise yıkım veya yüzey kaybı olarak yorumlanmıştır. Benzer yaklaşımların LiDAR ve fotogrametrik SYM verileri kullanılarak bina değişimlerinin belirlenmesinde başarıyla uygulandığı literatürde belirtilmektedir (Rutzinger vd. 2006).

Karakaş ve Türker (2019), LiDAR verisi ve yüksek çözünürlüklü ortofotolardan bina sınırlarını çıkardıkları çalışmalarında, zemin ve alçak bitki örtüsünü dışlamak amacıyla normalize edilmiş Sayısal Yüzey Modeli üzerinde 2,5 m yükseklik eşiği uygulamış ve bu eşik değerinin altındaki tüm nesnelere analiz kapsamı dışında bırakmıştır.

Rutzinger vd. (2006), LiDAR/DSM tabanlı bina tespitinde zemin gürültüsünü ve küçük nesnelere bastırmak için 2–3 m aralığında yükseklik eşiği kullanılmasının en dengeli sonucu verdiğini ve bina segmentasyonu sırasında 50–300 m² aralığında alan eşiklerini test etmiş, 100 m² minimum alan ve 2–3 m yükseklik eşiği kombinasyonunun en dengeli doğruluğu verdiğini belirtmiştir.

Awrangjeb vd. (2012), zemin seviyesinin yaklaşık 2.5–3 m üzerindeki nesnelere bina/vegetasyon adayı olarak sınıflandırarak küçük nesnelere ve araçların etkisini ortadan kaldırmıştır.

Karlı ve Yılmaztürk (2022), görüntü eşleştirme kaynaklı nokta bulutlarında bina çıkarımı yaparken, Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN) kümeleme sonrasında gürültü niteliğindeki küçük kümeleri elemek amacıyla 70 m² minimum bina alanı eşiği kullanmıştır.

Eşikleme sonrasında yapım maskesi pozitif yükseklik farklarından, yıkım maskesi ise negatif yükseklik farklarından türetilmiştir. Literatürde önerilen eşik değerleri dikkate alınarak eksik veri içeren pikseller elenmiş ve gürültüyü azaltmak amacıyla ± 2.5 m yükseklik eşiği uygulanmıştır. Ayrıca 70 m^2 'nin altındaki alanlar küçük ve anlamsız değişimler olarak değerlendirilerek analiz kapsamı dışında bırakılmıştır. Oluşturulan değişim maskeleri üzerinde morfolojik işlemler uygulanmış; doluluk oranı, yayılma biçimi ve nesnelerin içinin dolu olması gibi şekil ölçütleri kullanılarak bina benzeri nesnelere filtrelenmiştir. Son aşamada her değişim nesnesi etiketlenmiş, toplam yapı artışı ve yıkım sayıları hesaplanarak sonuçlar sayısal ve görsel çıktılar hâlinde değerlendirilmiştir. Bu tür eşik tabanlı yükseklik farkı yaklaşımlarının farklı veri setleri üzerinde yaygın biçimde kullanıldığı literatürde belirtilmektedir.

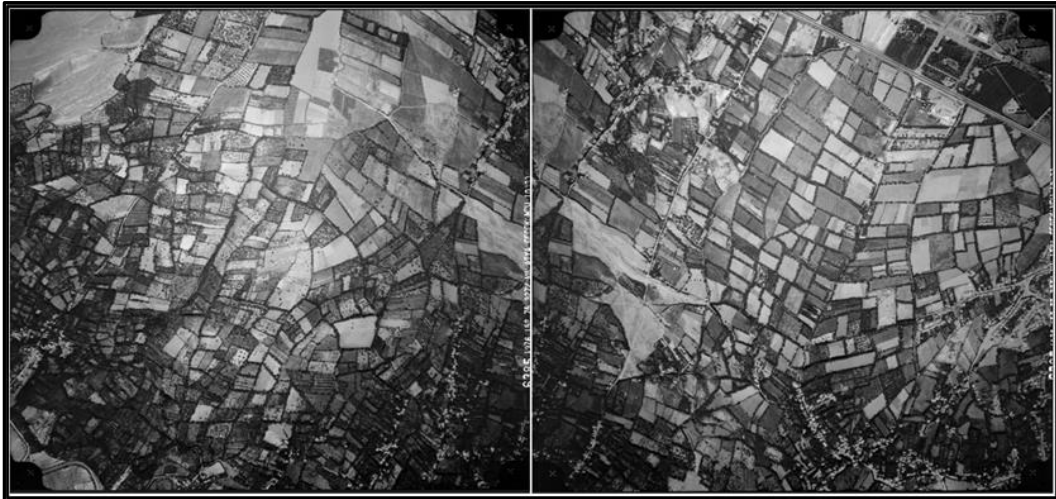
4. UYGULAMA

Bu bölümde analog ve sayısal hava fotoğraflarından SYM'ler üretilmiştir. Bununla birlikte üretilen SYM'ler Global Mapper yazılımında fark analizine tabi tutularak yıllar arasındaki yükseklik değişimleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu fark SYM'leri, mekânsal değişimin nicel olarak değerlendirilmesi için temel girdi olarak kullanılmıştır.

Uygulama kapsamında, farkları alınan SYM'ler MATLAB ortamında işlenerek özellikle yapılaşma artışı, yeni bina yapımı ve bina yıkımı gibi yüksekliğe dayalı değişimlerin konumsal dağılımı görsel ve sayısal olarak ortaya konulmuştur. Böylece tarihî ve güncel hava fotoğraflarından türetilen veriler, kentsel morfolojideki uzun dönemli dönüşümün üç boyutlu olarak analiz edilmesine imkân sağlamıştır.

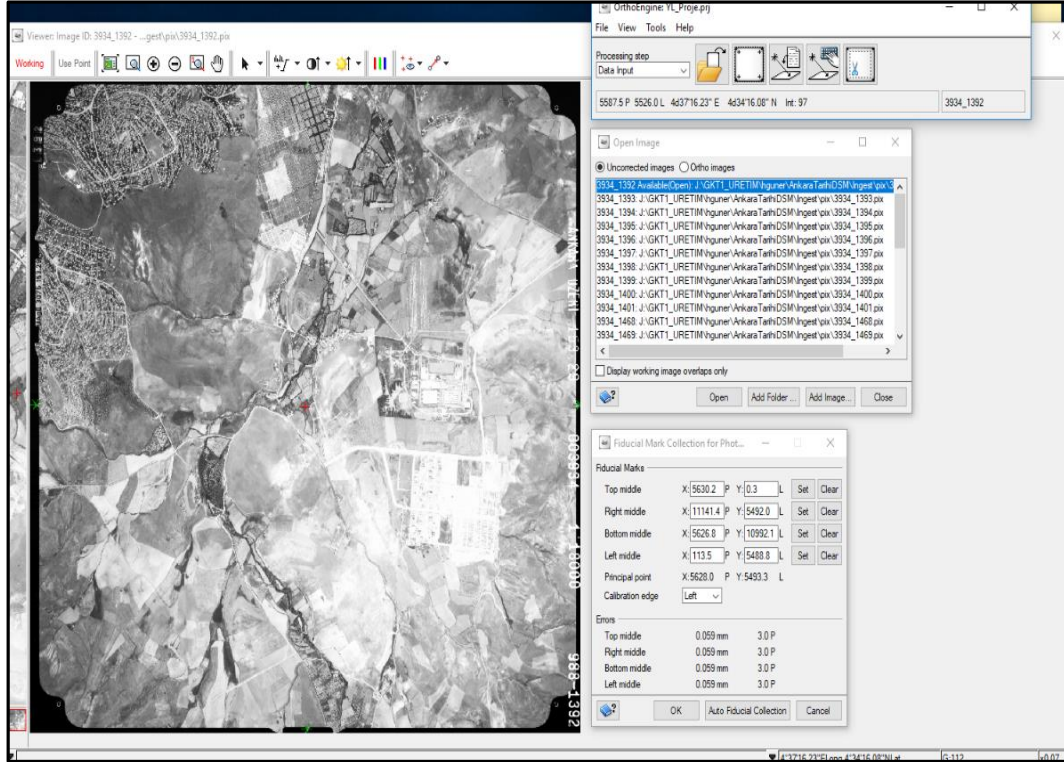
4.1 Tarihi Hava Fotoğrafları ile Sayısal Yüzey Modeli ve Ortofoto Üretimi

1976 yılına ait 8 adet tarihî hava fotoğrafı, PCI Geomatica yazılımı kullanılarak işlenmiş ve bu süreçte SYM ile ortofotolar üretilmiştir. İlk aşamada, analog fotoğraflar yüksek çözünürlüklü fotogrametrik tarayıcılar aracılığıyla 20 mikron piksel boyutunda sayısal formata dönüştürülmüştür. Tarama sonrasında elde edilen görüntüler, kenar/köşe marka işaretlerini içerecek biçimde kaydedilmiş ve fotogrametrik işleme adımlarında kullanılmak üzere sisteme aktarılmıştır. Çalışmada kullanılan 1976 yılına ait hava fotoğrafı Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



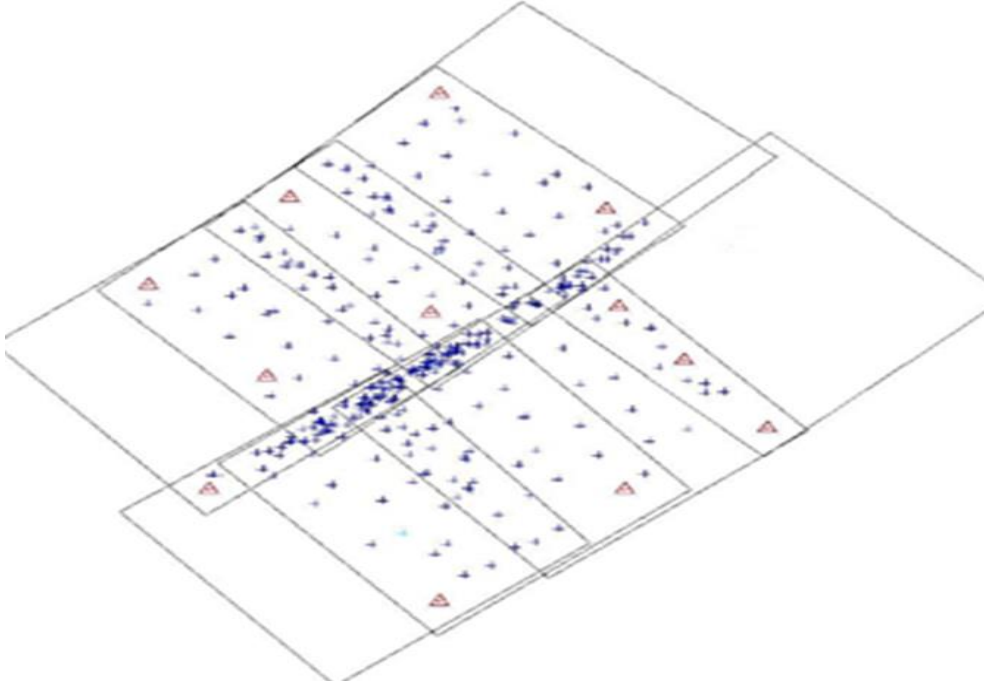
Şekil 4.1 Çalışmada Kullanılan 1976 Yılına Ait Analog Hava Fotoğrafı

PCI Geomatica yazılımında yöneltme işlemi için kameraya ait kalibrasyon parametreleri tam olarak bilinmediğinden, kamera parametresi olarak sadece o dönemdeki uçuşa ait protokol üzerinde yer alan odak uzaklığı bilgisi ve tarama hassasiyeti bilgisi kullanılmıştır. Fotoğraf orta nokta koordinatlarının hesaplanabilmesi ve iç yöneltme işleminin sağlanabilmesi için fotoğraf köşe markajları resim koordinat düzleminde 1 pikselden daha iyi okuma yapılarak görüntülerin iç geometrisi oluşturulmuştur. (Şekil 4.2)



Şekil 4.2 Kenar/Köşe Markajlarının İşaretlenmesi.

Bu adımı takiben, fotoğraflar üzerinde otomatik görüntü eşleme yöntemiyle x ekseninde ± 0.2 piksel, y ekseninde ± 0.3 piksel hassasiyetinde toplam 320 adet bağlama noktası (tie point) belirlenmiş ve bu noktalar aracılığıyla görüntüler arasındaki geometrik uyum artırılmıştır ayrıca dengeleme aşamasında, sadece yaklaşık orta nokta koordinatları bilinen hava fotoğraflarına hassas dış yöneltme elemanlarının elde edilebilmesi ve doğruluğu artırmak için 12 adet yer kontrol noktaları (YKN) tesis edilmiştir. Bu 12 adet YKN, 2020 yılına ait; Küresel Konumlama Sistemi (GPS) destekli fotogrametrik nirengi yöntemi ile dış yöneltme elemanları belirlenmiş stereo görüntüler üzerinden seçilmiştir. Bağlama noktalarının ve yer kontrol noktalarının fotoğraflar üzerindeki dağılımı Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



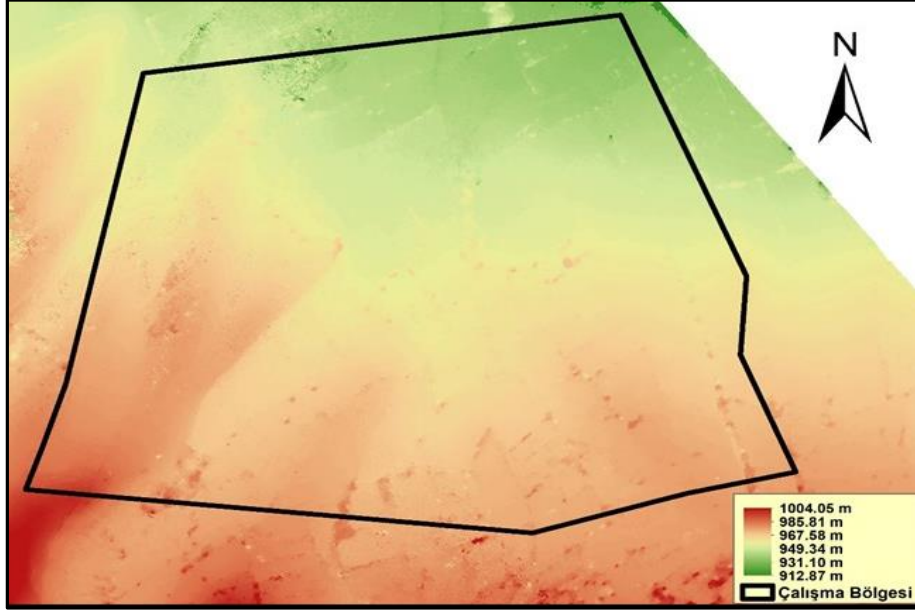
Şekil 4.3 Bağlama ve Yer Kontrol Noktası Dağılımı.

Tesis edilen bağlama ve yer kontrol noktalarına göre fotoğraf bloğunun dengeleme hassasiyeti x ekseninde ± 1.7 piksel, y ekseninde ± 2.7 piksel ve z ekseninde ± 1.5 piksele sahip olup Şekil 4.4’de gösterilmiştir.

Residual Units							
<input checked="" type="radio"/> Degrees <input type="radio"/> Radians <input type="radio"/> Grads <input type="radio"/> DMS							
Residual Summary for 8 Images							
Positions	X RMS:	1.720	Y RMS:	2.733	Z RMS:	1.459	
Orientations:	Omega RMS	0.094	Phi RMS	0.064	Kappa RMS	0.014	
RMS (x, y, z) for worst 5% of images in list.							
Image ID	Res XY	Res X	Res Y	Res Z	Res Omega	Res Phi	Res Kappa
3272_6383	0.7103	0.0458	0.6105	-0.3602	-0.0277	-0.0057	-0.0113
3272_6385	2.2342	-1.6574	1.4965	0.0720	-0.0459	-0.0577	0.0064
3272_6386	2.3599	-1.8839	1.4177	-0.1026	-0.0436	-0.0726	0.0043
3272_6387	4.2645	-3.7903	1.8996	-0.4600	-0.0586	-0.1402	0.0166
3272_6388	4.0730	0.8308	-3.9777	-0.2777	0.1355	0.0236	-0.0081
3272_6389	4.1813	0.5928	-4.0193	0.9886	0.1313	0.0243	0.0047
3272_6390	3.9387	0.7852	-3.1838	2.1817	0.1115	0.0337	0.0228
3272_6391	4.6518	1.1625	-3.0711	3.2948	0.1191	0.0494	0.0234

Şekil 4.4 Analog Hava Fotoğrafları Dengeleme Hassasiyeti

Dengeleme işleminin tamamlanması sonrasında SYM üretim sürecinde, stereo görüntüler arasındaki yükseklik farklarının doğru bir şekilde hesaplanabilmesi için öncelikle stereo görüntülerin epipolar geometrisi oluşturulmuş ve her bir görüntü çifti arasındaki paralaks değerleri hesaplanmış ve çalışma alanının üç boyutlu yapısını temsil eden SYM 1 piksel yer örnekleme aralığında (20 cm) oluşturulmuştur (Şekil 4.5). Bununla birlikte, aynı fotogrametrik blok üzerinden ortofoto görüntü de üretilmiş olup Şekil 4.6'da sunulmuştur.



Şekil 4.5 1976 Yılına Ait Üretilen SYM.

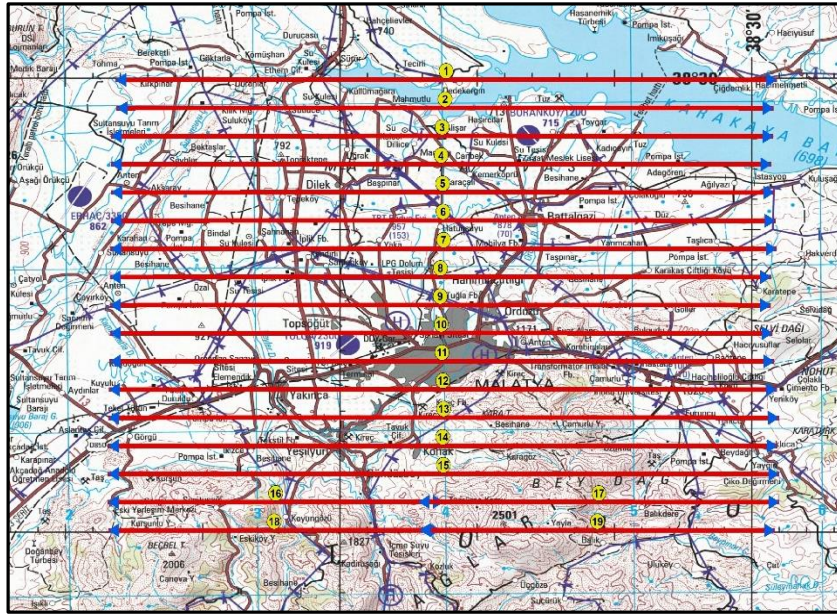


Şekil 4.6 1976 Yılına ait Ortofoto

4.2 Sayısal Hava Fotoğrafları ile Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Çalışmada kullanılan 2020, 2023 ve 2024 yıllarına ait 30 cm yer örnekleme aralığında ve %80 ileri, %35 yan bindirme oranına sahip sayısal hava fotoğrafları, kamera kalibrasyon değerleri, GPS/IMU değerleri ve bu fotoğrafların bulunduğu bloğa ait yer kontrol noktaları HGM'den temin edilmiştir. Veriler Application Master yazılımında dengeleme işlemi için kullanılmıştır. Bu kapsamda öncelikle hava fotoğrafları üzerinde radyometrik iyileştirme ve ön işleme adımları uygulanmış; fotoğraflar eşleştirme için uygun hâle getirilmiştir. Bu hazırlık aşamalarının ardından blok nirengi dengelemesi gerçekleştirilmiş, dış yöneltme parametreleri hassas şekilde hesaplanmıştır.

Hassas dış yöneltme parametreleri hesaplanan hava fotoğrafları son aşamada, stereo görüntü çiftleri ile eşleştirme yapılarak UltraMap yazılımında SYM ve ortofotoları üretilmiştir. Üretimde kullanılan fotoğraflara ilişkin uygulanan uçuş planına ait gösterim Şekil 4.7'dedir.



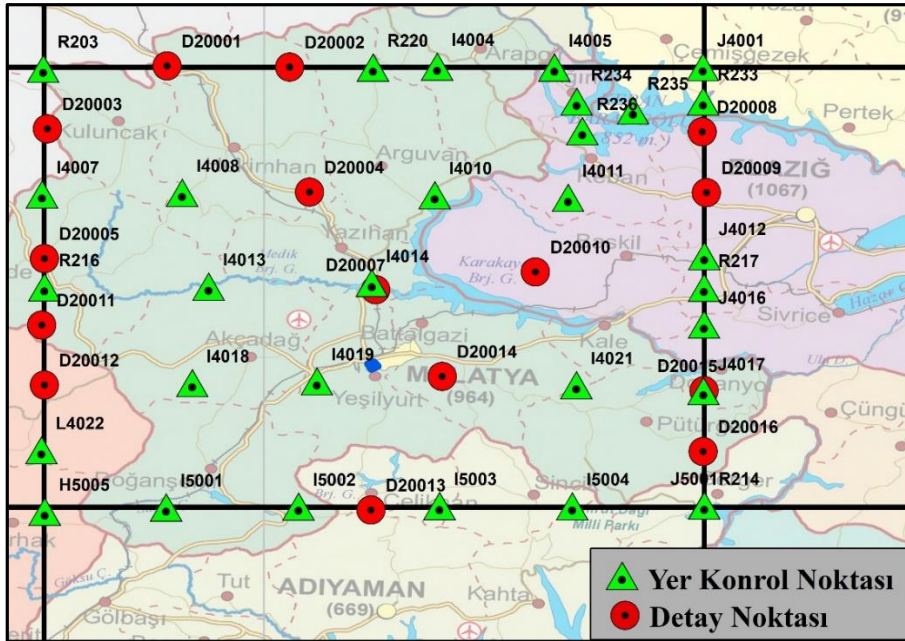
Şekil 4.7 Malatya 1/250 000 ait Uçuş Planı.

Blok dengelemesinin yüksek doğrulukla gerçekleştirilebilmesi için çalışma alanı genelinde homojen dağılıma sahip Yer Kontrol Noktaları (YKN) tesis edilmiştir. YKN'ler, görüntüler üzerinde net biçimde seçilebilen ve arazi üzerinde uzun süre kalıcılığını koruyacak noktalar arasından seçilmiş; yatay ve düşey doğruluğu yüksek olacak şekilde tasarlanmış olup Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



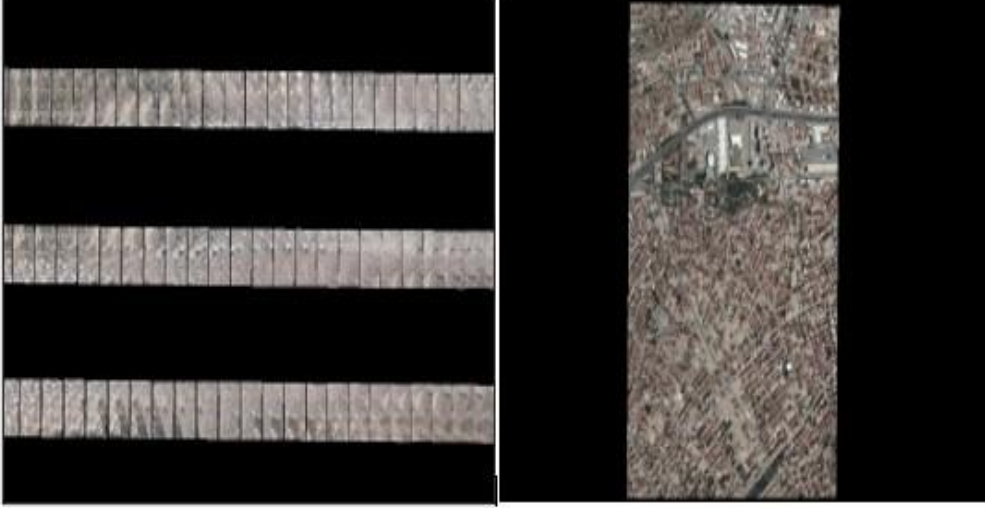
Şekil 4.8 Malatya Bölgesine ait YKN Noktası.

Planlanan yer kontrol noktalarına ait koordinat ölçümleri, gerçek zamanlı kinematik GPS (RTK GPS) ölçme yöntemiyle yatayda $\pm 1-3$ cm, düşeyde $\pm 1-5$ cm'den daha doğru olacak biçimde elde edilmiştir. Kullanılan YKN'ler, blok nirengisinde kullanılan temel jeodezik referans verisini oluşturmuştur. Bu kontrol noktaları sayesinde blok geometrisi sabitlenmiş, tüm görüntülere ait dış yöneltme parametreleri ulusal koordinat sisteminde tutarlı ve yüksek doğrulukla hesaplanmıştır. Çalışmada 2020 yılında kullanılan YKN'lerin dağılımı ve saha görünümleri Şekil 4.9'de gösterilmiştir.



Şekil 4.9 2020 yılına ait Yer Kontrol ve Detay Noktaları Dağılımı

Ham uçuş görüntüleri, çekim sonrası uygulanan fotogrametrik ön işlemlerden geçirilerek Level-0 aşamasından Level-2 seviyesine dönüştürülmüştür. İşlenmiş bir Level-2 görüntüsüne ait örnek Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



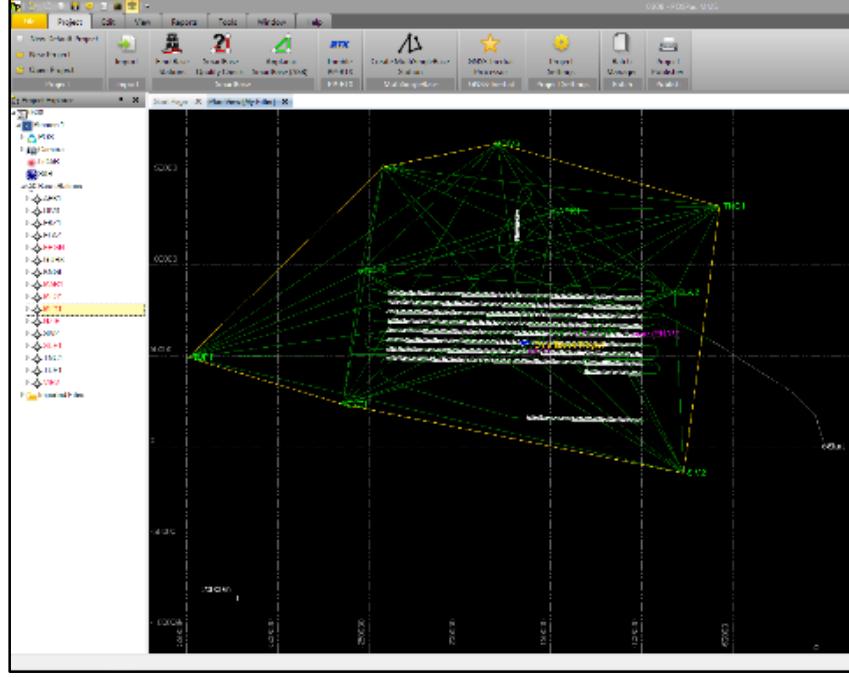
Şekil 4.10 Ham Hava Fotoğrafların İşlenmesi.

Bu kapsamda, öncelikle radyometrik düzeltme ile gölge alanlar ve aşırı aydınlık bölgeler dengelenmiş, ardından keskinlik artırma ve gürültü azaltma filtreleri kullanılarak detayların belirginliği artırılmıştır. Özellikle farklı tarihlere (2020, 2023 ve 2024) ait görüntülerin atmosferik koşullarındaki değişkenlik, bu iyileştirme adımları sayesinde kısmen azaltılmıştır. İşleme öncesi ve sonrası görüntülerin karşılaştırmalı görünümü Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 Radyometrik Düzenleme Yapılmış Hava Fotoğrafi.

Renk dengesi yapılan fotoğraf bloklarına GPS çözümü sonrasında elde edilen fotoğraf orta nokta koordinatları ve uçuş esnasında toplanan IMU verileri eklenerek uçuş öncesinde tesis edilen YKN'ler kullanılarak fotogrametrik nirengi dengeleme işlemi yapılmıştır (Şekil 4.12).



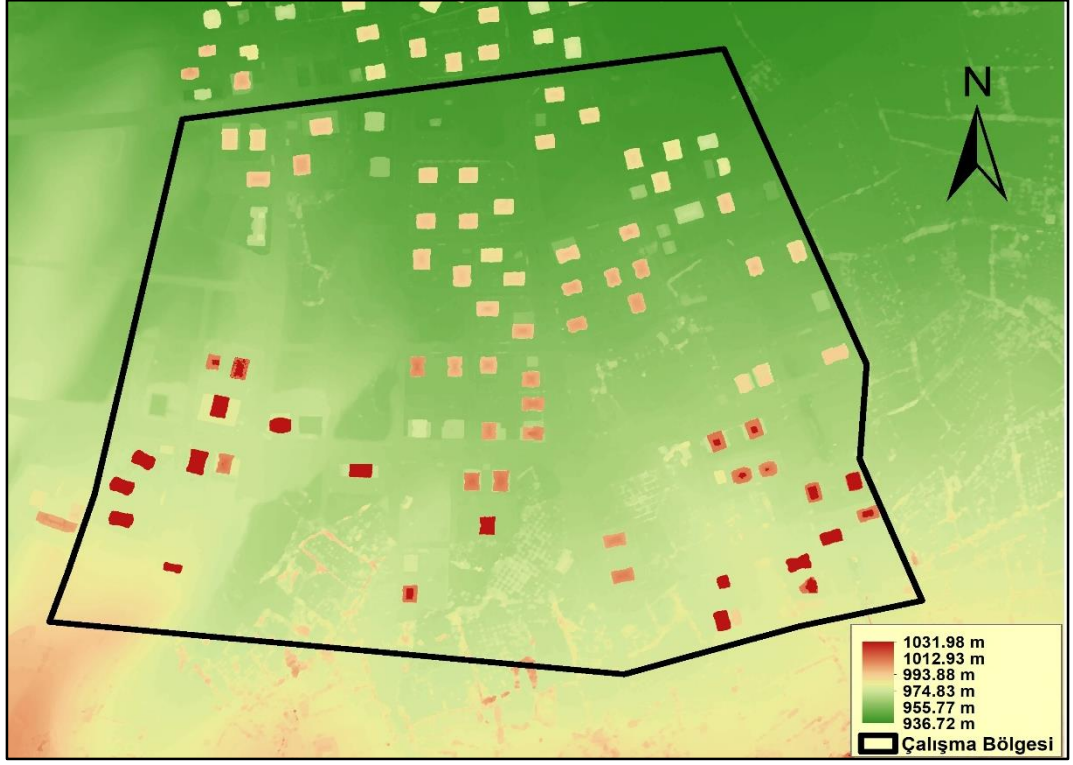
Şekil 4.12 GPS/IMU Çözümü.

Bu işlem adımları 3 yıl için (2020, 2023, 2024) ayrı ayrı uygulanmış ve fotogrametrik nirengi dengesi sonuçları Çizelge 4.1'de sunulmuştur

Çizelge 4.1 Dengeme Noktalarında Hesaplanan Hata Değerlerine İlişkin İstatistikler.

Yıl		Karesel Ortalama Hata
2020	X (m)	0.076
	Y (m)	0.096
	Z (m)	0.138
2023	X (m)	0.094
	Y (m)	0.090
	Z (m)	0.255
2024	X (m)	0.080
	Y (m)	0.098
	Z (m)	0.236

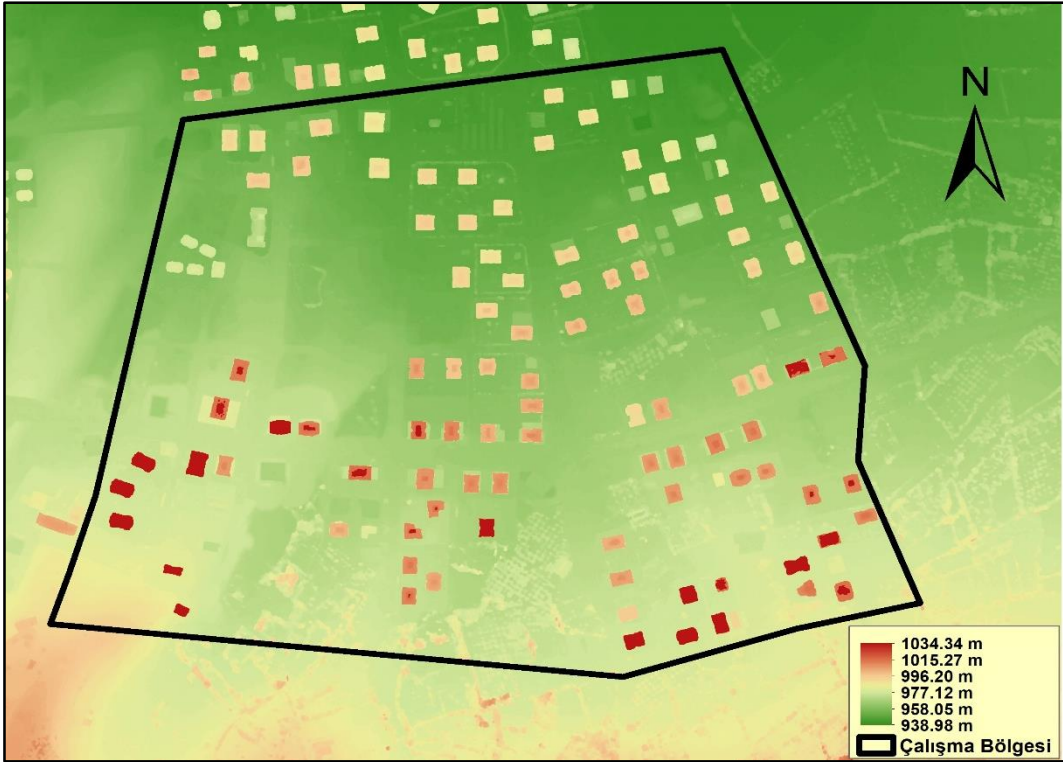
Sayısal Yüzey Modeli ve ortofoto üretimi için sayısal hava fotoğrafları, dengelenmiş hassas dış yöneltme parametreleri ve iç yöneltme parametreleri kullanılarak, Ultramap yazılımında gerçekleştirilmiştir. Ultramap yazılımından elde edilen 2020 yılına ait SYM Şekil 4.13’de ortofotosu Şekil 4.14’de; 2023 yılına ait SYM Şekil 4.15’te, ortofotosu Şekil 4.16’da ve 2024 yılına ait SYM 4.17’de, ortofotosu Şekil 4.18’de sunulmuştur.



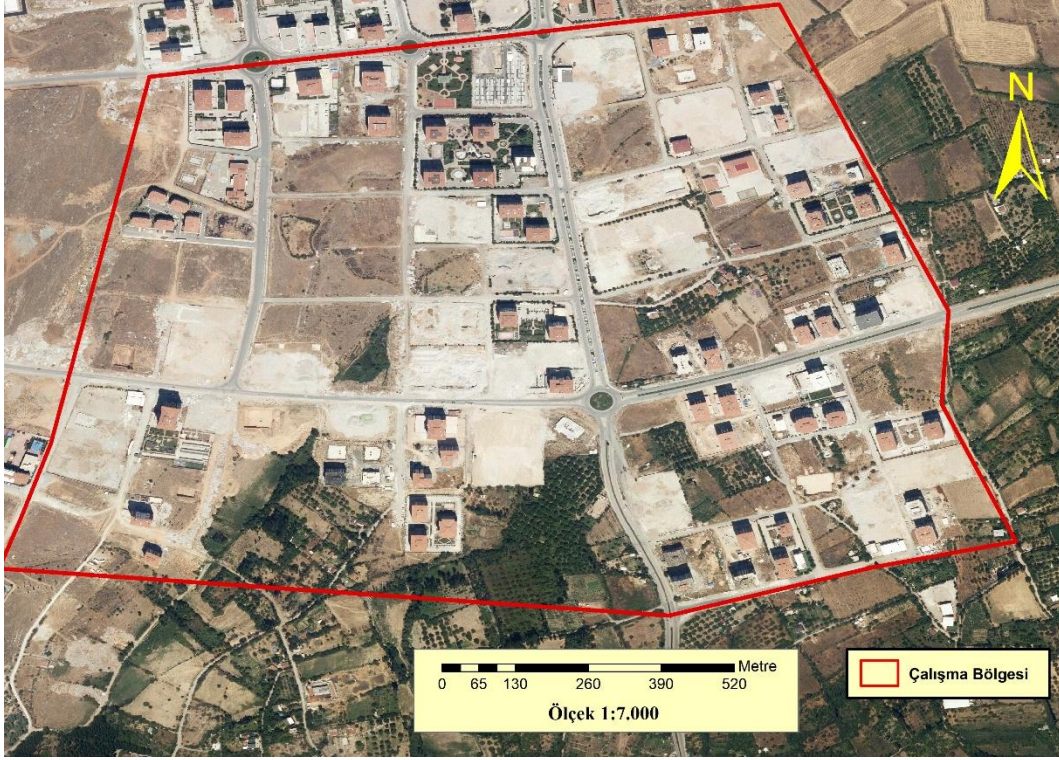
Şekil 4.13 2020 Yılına Ait Sayısal Yüzey Modeli.



Şekil 4.14 2020 Yılına Ait Ortophoto



Şekil 4.15 2023 Yılına Ait Sayısal Yüzey Modeli.



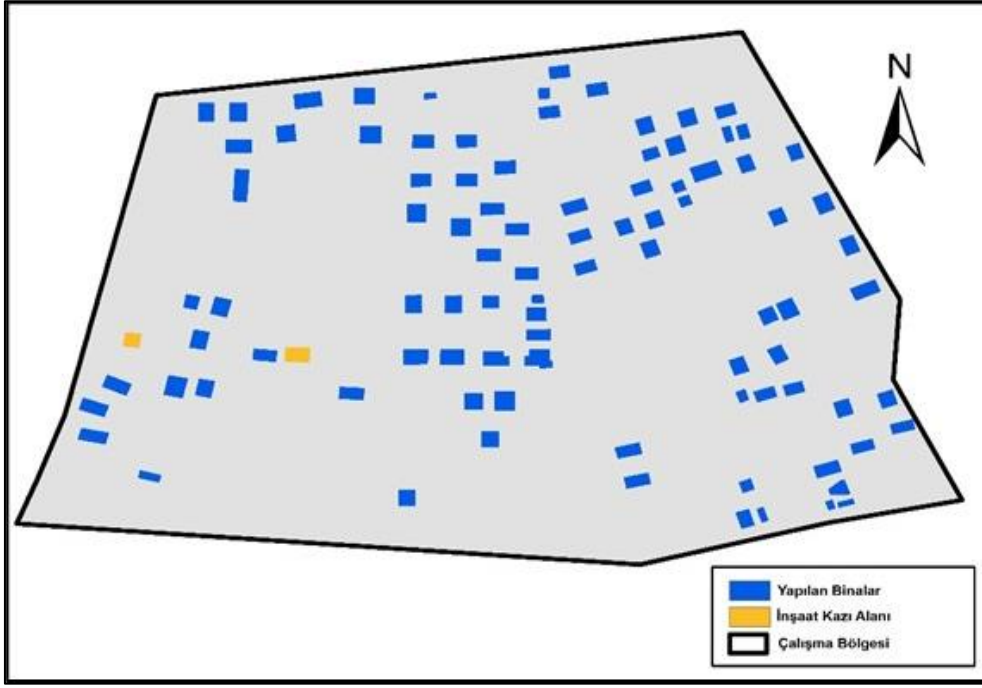
Şekil 4.18 2024 Yılına Ait Ortofoto.

İşlemin devamında elde edilen SYM'ler kendi aralarındaki doğruluklarının tespiti için fark analizi ile KOH hesabı yapılmıştır. Hesaplama 2020 yılı SYM verisi referans veri olarak kabul edilmiş ve KOH sonuçları, bulgular bölümünde Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

4.3 Sayısal Yüzey Modelleri Arasındaki Yükseklik Farklarının Hesaplanması

Yükseklik farkı hesaplamaları Global Mapper yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yazılımın çok zamanlı raster veriler üzerinde piksel-tabanlı yükseklik farklarını hassas biçimde hesaplayabilmesi, özellikle yapı stokundaki artış, azalma veya yıkım gibi değişimlerin nicel olarak ortaya konulmasını mümkün kılmıştır.

1976-2020 yılları arasındaki yapısal değişim Şekil 4.19'da gösterilmiş olup mavi renk ile inşa edilen yapıları, sarı renk ile ise aktif inşaat/kazı alanları gösterilmektedir. Bu alanlar henüz yapılaşmasını tamamlamamış, ancak yükseklik farkı ve yüzey değişimi nedeniyle analizde ayrı bir sınıf olarak değerlendirilmiştir. Söz konusu kazı alanlarının daha detaylı görünümü Şekil 4.20'de gösterilmiştir.

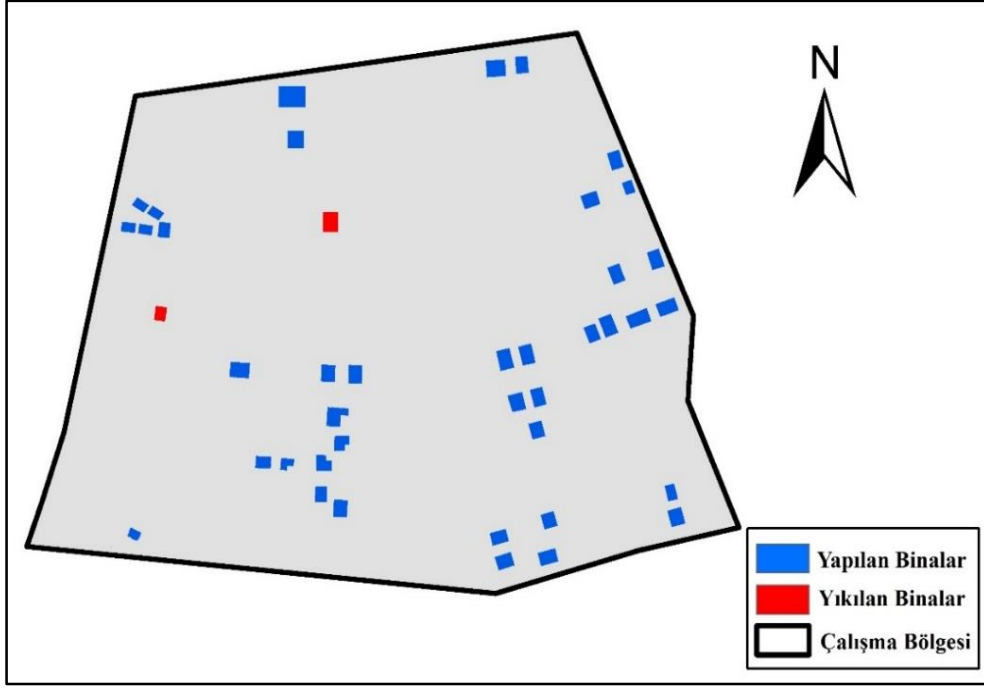


Şekil 4.19 1976-2020 Yılları Arası İnşa Edilen Yapılar.



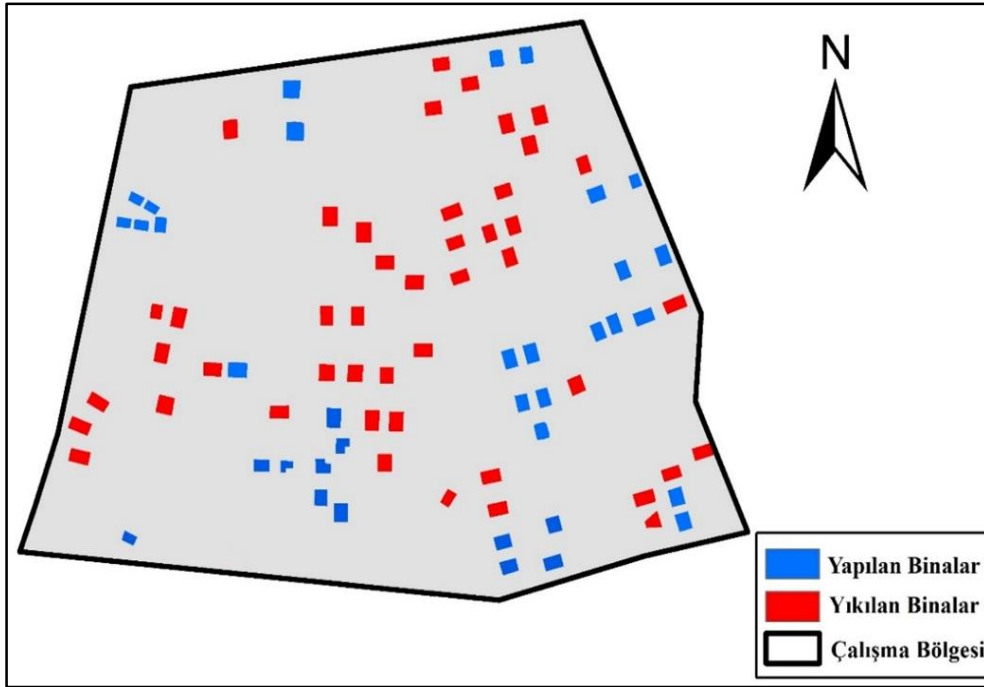
Şekil 4.20 1976–2020 Döneminde Tespit Edilen İnşaat/Kazı Alanları.

2020-2023 yıllarına ait değişim Şekil 4.21’de gösterilmiş olup kırmızı alanlar yıkılan binaları, mavi alanlar bu dönemde yapılan binaları temsil etmektedir.



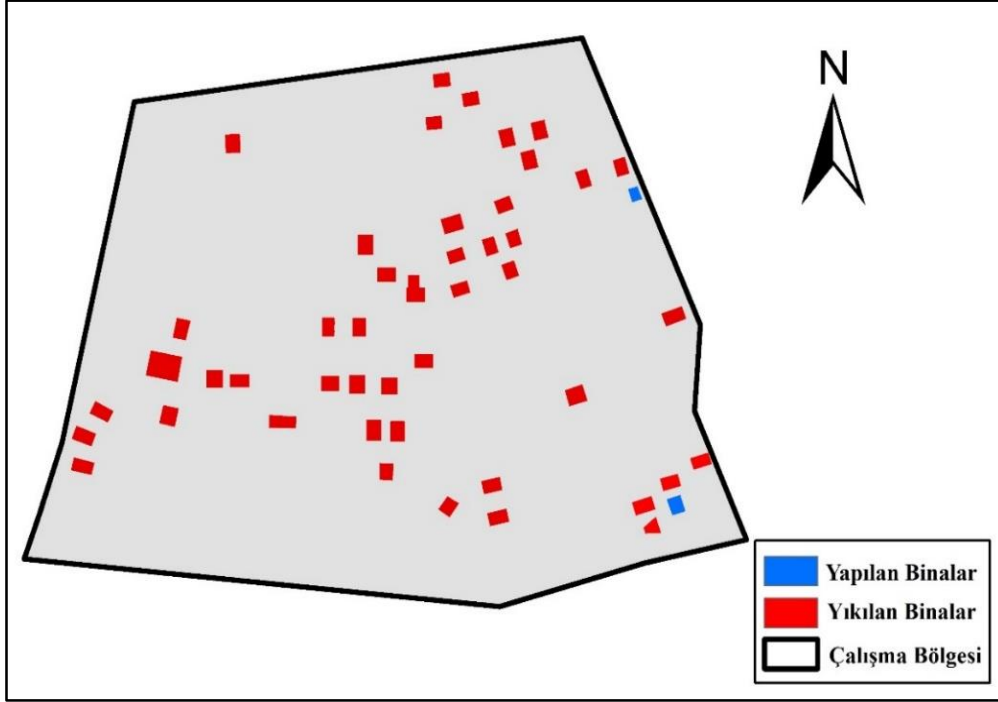
Şekil 4.21 2020-2023 Yılları Arası İnşa Edilen ve Yıkılan Yapılar.

2020-2024 yıllarına ait değişim Şekil 4.22’de gösterilmiş olup kırmızı alanlar yıkılan binaları, mavi alanlar bu dönemde yapılan binaları temsil etmektedir.



Şekil 4.22 2020-2024 Yılları Arası İnşa Edilen ve Yıkılan Yapılar.

2023-2024 yılları arasında ki değişim Şekil 4.23’de gösterilmiş olup kırmızı alanlar yıkılan binaları, mavi alanlar bu dönemde yapılan binaları temsil etmektedir.



Şekil 4.23 2023-2024 Yılları Arası İnşa Edilen ve Yıkılan Yapılar.

4.4 SYM Farklarından Otomatik Bina Değişim Analizi (MATLAB)

Bu bölümde, SYM farklarına dayalı değişim analizi yaklaşımı MATLAB ortamında geliştirilen yarı otomatik bir algoritma ile uygulanmıştır. Amaç, farklı yıllara ait SYM fark rasterleri üzerinden yapılaşma artışı ve bina yıkımı süreçlerini nesne bazında otomatik olarak belirlemektir.

Analiz sürecinde öncelikle Global Mapper yazılımında üretilen SYM fark rasterleri MATLAB ortamına aktarılmıştır. Raster veriler GeoTIFF formatında okunmuş ve eksik veri içeren pikseller (NoData) analiz dışı bırakılmıştır. Ardından ± 2.5 m yükseklik eşiği uygulanarak pozitif değerler yapım adayı, negatif değerler ise yıkım adayı olarak sınıflandırılmıştır.

Eşikleme sonrası oluşturulan yapım ve yıkım maskeleri üzerinde morfolojik açma ve kapama işlemleri uygulanarak izole pikseller ve düzensiz gürültü alanları temizlenmiştir.

Daha sonra bağılı bileşen analizi gerçekleştirilmiş ve her değişim bölgesi ayrı bir nesne olarak etiketlenmiştir.

Nesne bazlı değerlendirme aşamasında, 70 m²'nin altındaki alanlar küçük ve anlamsız değişimler olarak kabul edilerek analiz dışı bırakılmıştır. Böylece yalnızca bina ölçeğinde anlamlı değişimler değerlendirmeye alınmıştır.

Son aşamada her bir değişim nesnesine ait alan bilgisi hesaplanmış, toplam yapı artışı ve toplam yıkım alanları belirlenmiş ve sonuçlar hem sayısal tablo hem de tematik harita çıktıları şeklinde üretilmiştir. Geliştirilen algoritmanın MATLAB kodu Ek-1'de sunulmuştur.

5. BULGULAR

5.1 Sayısal Yüzey Modellerinin Doğruluğunun Analizi

Çalışma kapsamında üretilen SYM'ler doğruluk performansı ve dönemsel verilerin karşılaştırılabilirliğini sağlamak amacıyla ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Modeller arasındaki geometrik tutarlılığı belirlemek için fark analizine dayalı KOH (Küresel Ortalama Hata) hesabı uygulandı ve bu işlemde 2020 yılına ait SYM verisi referans (doğru) veri olarak kullanılmıştır. Diğer yıllara ait SYM'lerin bu referans veriyle karşılaştırılması sonucunda KOH değerleri 2024 yılı için ± 1.03 m, 2023 yılı için ± 1.46 m ve 1976 yılı için ± 1.82 m olarak elde edilmiş olup Çizelge 5.1'de gösterilmiştir. Bu değerler, dönemsel SYM'ler arasındaki farkları belirtmiştir ve çalışmada gerçekleştirilen değişim analizlerinin güvenilirlik değerlendirmesinde kullanılmıştır.

Çizelge 5.1 Kontrol Noktalarının Düşey Yöndeki Farkları

NO	1976	2020	2023	2024	2020-1976	2020-2023	2020-2024
1	956.50	955.36	956.61	955.57	-1.14	-1.25	-0.21
2	959.78	957.36	957.38	958.81	-2.43	-0.02	-1.45
3	961.93	961.04	962.49	961.79	-0.89	-1.45	-0.75
4	978.73	977.81	979.47	978.55	-0.91	-1.66	-0.74
5	967.38	965.15	965.01	966.62	-2.23	0.14	-1.47
6	960.74	960.28	961.66	961.20	-0.46	-1.38	-0.92
7	952.91	952.99	954.02	953.51	0.08	-1.03	-0.52
8	971.39	970.77	972.24	971.73	-0.63	-1.48	-0.96
9	969.17	968.38	969.73	969.30	-0.79	-1.36	-0.92
10	946.27	946.69	947.96	947.31	0.43	-1.26	-0.62
11	958.87	960.12	961.74	961.04	1.25	-1.62	-0.92
12	965.40	966.57	967.96	967.61	1.16	-1.39	-1.05
13	947.96	948.35	949.89	948.96	0.39	-1.54	-0.61
14	955.54	952.63	954.17	953.31	-2.92	-1.55	-0.69
15	945.45	945.83	947.22	946.85	0.38	-1.39	-1.01
16	962.82	965.02	966.59	965.82	2.20	-1.56	-0.80
17	967.27	971.81	972.82	972.86	4.54	-1.01	-1.05
18	984.59	984.17	985.63	985.04	-0.42	-1.45	-0.87
19	967.77	967.29	968.81	968.37	-0.48	-1.52	-1.08
20	976.49	976.08	977.89	977.07	-0.40	-1.81	-0.99
21	972.91	976.78	976.80	976.01	3.88	-0.02	0.77
22	941.55	942.66	942.15	944.65	1.11	0.52	-1.99
23	944.98	947.20	948.34	948.01	2.22	-1.14	-0.81
24	938.79	940.79	942.00	941.14	2.00	-1.21	-0.35
25	980.64	978.00	979.12	978.43	-2.64	-1.12	-0.43

Çizelge 5.1 (Devam) Kontrol Noktalarının Düşey Yöndeki Farkları

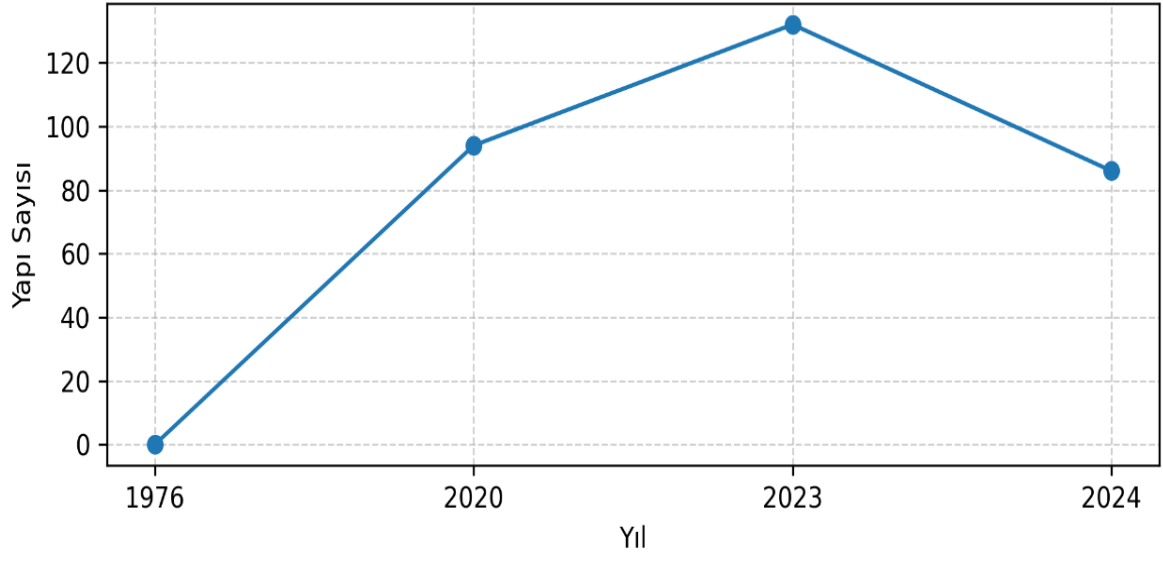
26	977.68	976.56	978.11	977.61	-1.12	-1.55	-1.05
27	943.22	943.77	945.65	944.79	0.54	-1.89	-1.03
28	941.59	943.61	944.81	944.62	2.01	-1.21	-1.02
29	948.64	950.25	951.74	951.26	1.62	-1.48	-1.01
30	970.89	970.47	972.00	971.39	-0.41	-1.53	-0.92
31	956.63	954.53	955.98	955.35	-2.10	-1.45	-0.82
32	953.96	955.12	956.82	955.95	1.16	-1.70	-0.83
33	963.88	963.38	964.38	963.71	-0.49	-1.00	-0.33
34	945.19	947.13	947.04	948.02	1.94	0.09	-0.89
35	966.11	964.08	964.07	965.17	-2.03	0.01	-1.09
36	975.71	978.20	978.99	979.13	2.50	-0.79	-0.93
37	943.51	941.83	943.28	944.37	-1.68	-1.45	-2.54
38	959.49	960.68	962.22	961.63	1.19	-1.54	-0.96
39	962.96	964.10	965.16	964.74	1.15	-1.05	-0.64
40	968.38	967.80	969.20	968.79	-0.58	-1.39	-0.99
41	966.57	969.01	969.13	970.42	2.44	-0.12	-1.41
42	971.16	974.28	974.60	975.28	3.12	-0.32	-0.99
KOH					± 1.82 m	± 1.46 m	± 1.03 m

5.2 Değişim Analizi

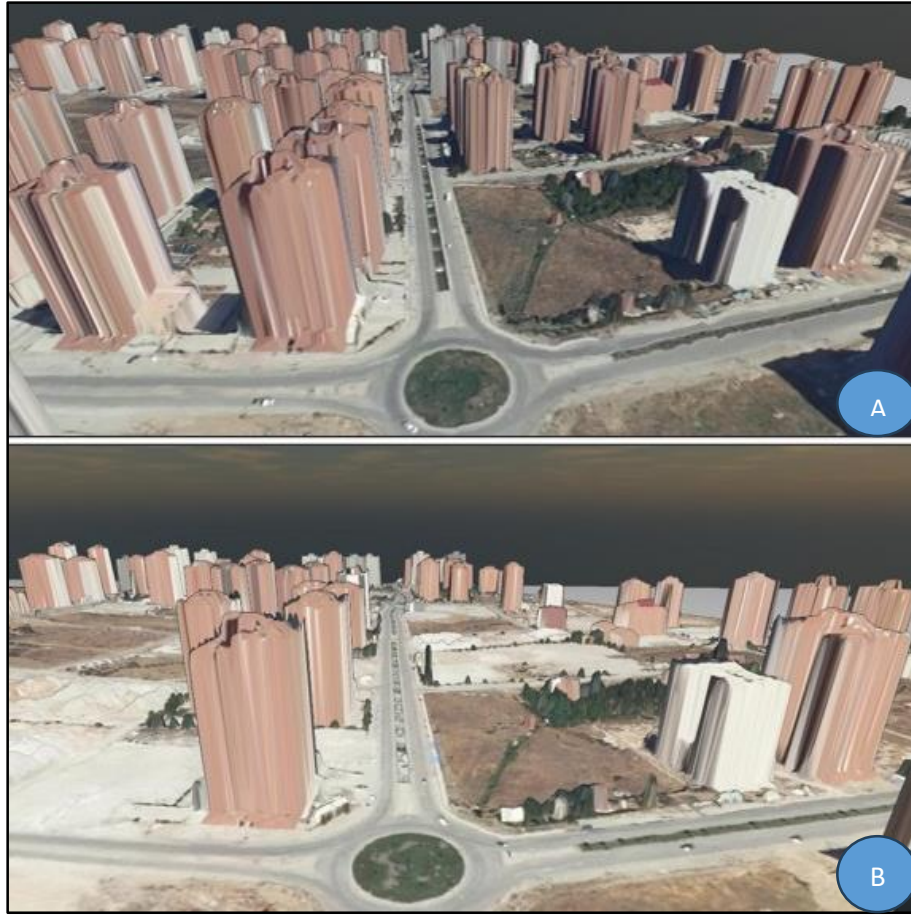
Elde edilen SYM farkları, MATLAB ortamında geliştirilen özel bir fonksiyon kullanılarak analiz edildi ve çalışma alanındaki yapı yapımı ile yıkımı nicel olarak belirlendi. Fonksiyon, yükseklik farkı, minimum alan eşiği ve kompaktlık kriterleri üzerinden bina benzeri nesnelere otomatik olarak ayırdı ve her dönem çifti için gerçekleşen yapısal değişimleri ortaya çıkardı. Analiz sonuçlarına göre;

- 1976–2020 yılları arasında 92 bina yapıldığı ve 5 bina yıkıldığı.
- 2020–2023 yılları arasında 39 bina yapıldığı ve 5 bina yıkıldı.
- 2020-2024 yılları arasında 35 bina yapıldığı ve 49 bina yıkıldığı
- 2023–2024 döneminde ise deprem etkisinin belirgin olduğu kısa süreçte 49 bina yıkıldı ve 2 bina yapıldığı tespit edilmiştir.

Bu çıktılar, dönemler arası yapısal dönüşümün büyüklüğünü ve dağılımını sayısal olarak göstermiştir. Bu verilere dayanarak oluşturulan zamana bağlı yapılaşma ve yıkım eğrisi Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Şekil 5.2’de çalışma alanındaki yıkılan binaların yakın ölçekte 3 Boyutlu görünümü sunulmaktadır.

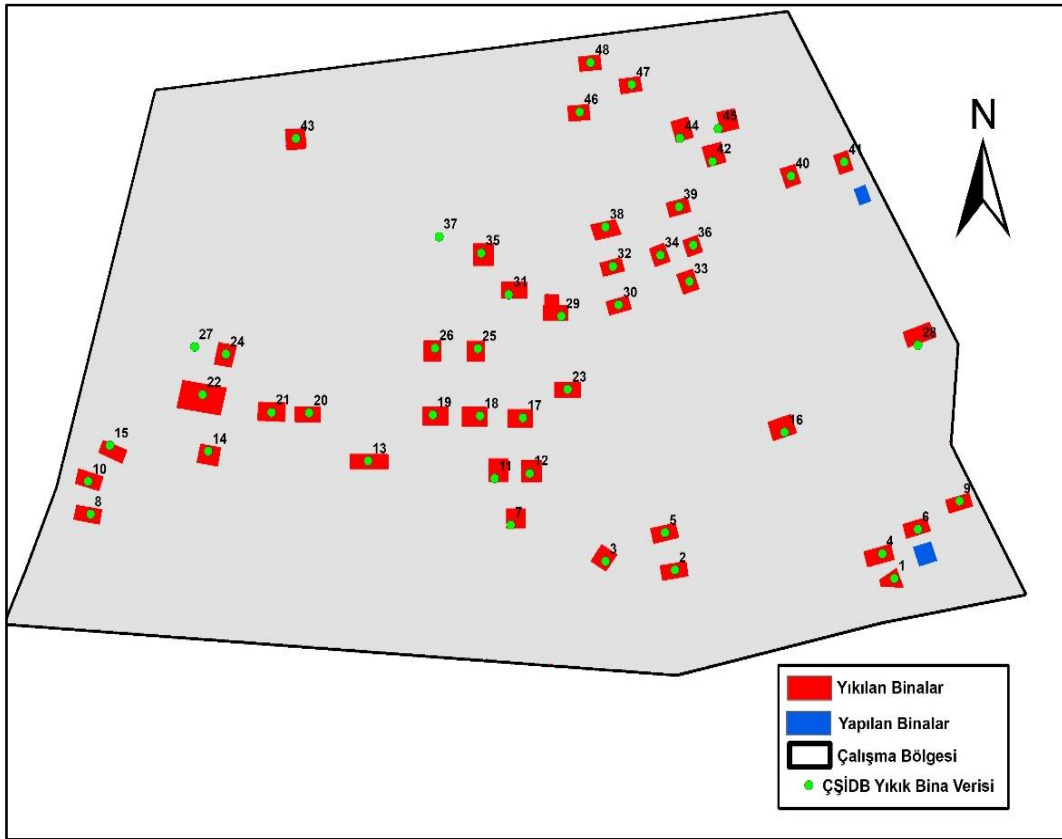


Şekil 5.1 Zamana Bağlı Yapılaşma Değişim Grafiği.



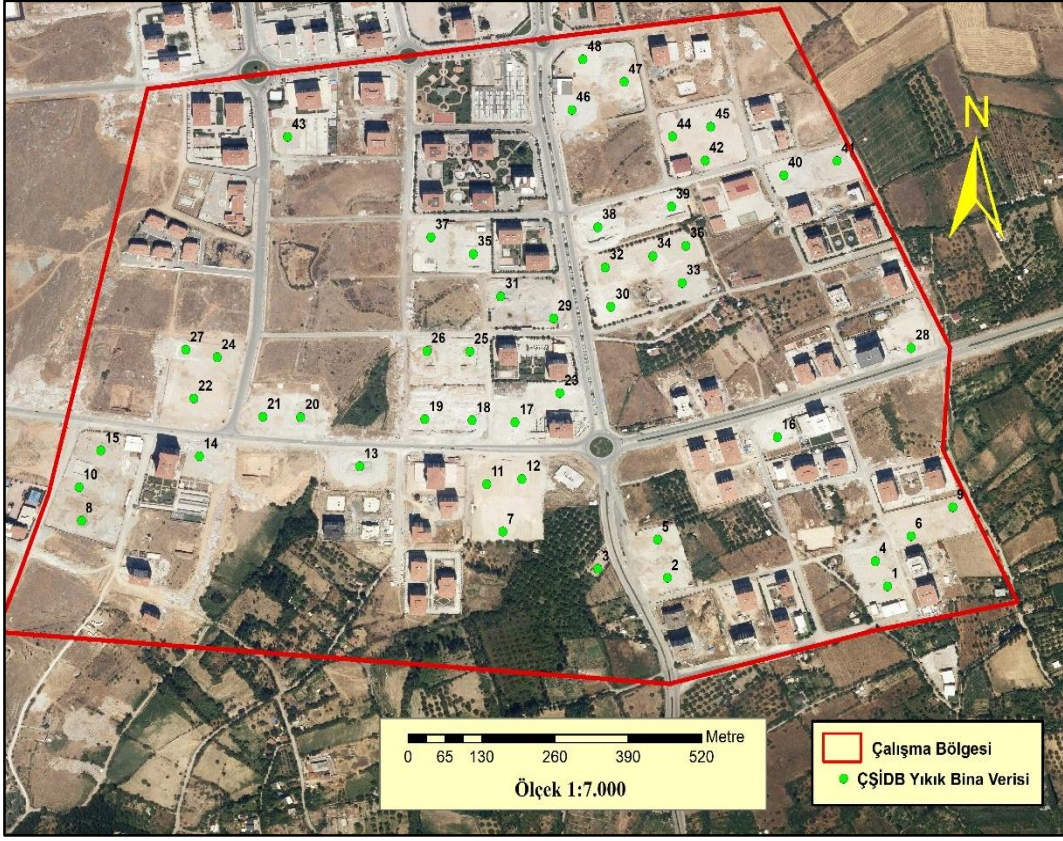
Şekil 5.2 Yapı Bazında Yıkımın Yakın 3 Boyutlu Gösterimi A (2023), B (2024) Yılı.

Şekil 5.3' incelendiğinde, 2023-2024 SYM farkı ile tespit edilen yıkım alanları Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) tarafından sağlanan yıkık bina verilerinin büyük ölçüde örtüştüğü görülmektedir. Ancak 27 ve 37 numaralı noktalarda, ÇŞİDB verisinde yıkım bilgisi bulunmasına rağmen 2023-2024 SYM farkında belirgin bir yıkım alanı tespit edilememiştir. Bunun temel nedeni, söz konusu yapıların deprem anında doğrudan yıkılması ve bu nedenle analizde kullanılan dönemler arasında belirgin bir yükseklik farkının oluşmamasıdır. Diğer noktalarda ise yapıların depremde hasar gördüğü, ancak sonraki süreçte yıkıldığı anlaşılmakta olup bu durum SYM fark analizinde yıkım alanlarının belirgin şekilde ortaya çıkmasını sağlamıştır.



Şekil 5.3 2023-2024 SYM Farkı ile ÇŞİDB Yıkım Koordinatları Karşılaştırılması.

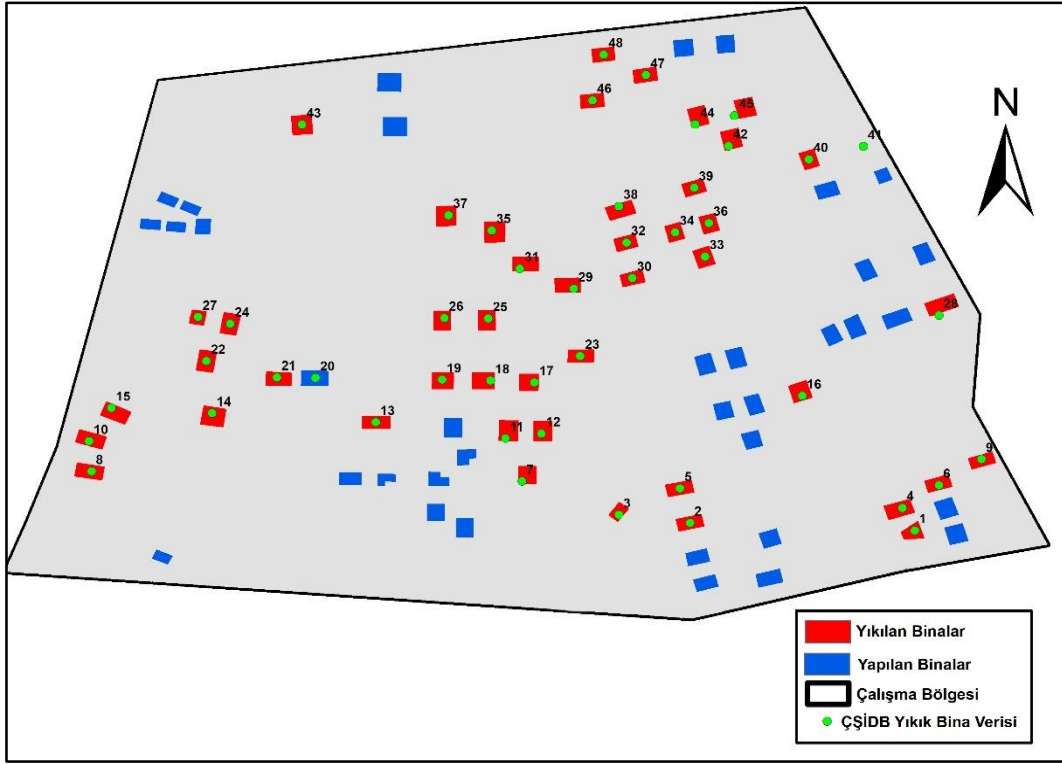
Şekil 5.4'de, 2024 yılına ait ortofoto görüntüsü ile ÇŞİDB tarafından sağlanan resmî yıkım verileri birlikte değerlendirilmiştir. Söz konusu görsel, deprem sonrası yıkılan yapıların bulunduğu alanların güncel durumunu ortaya koymaktadır.



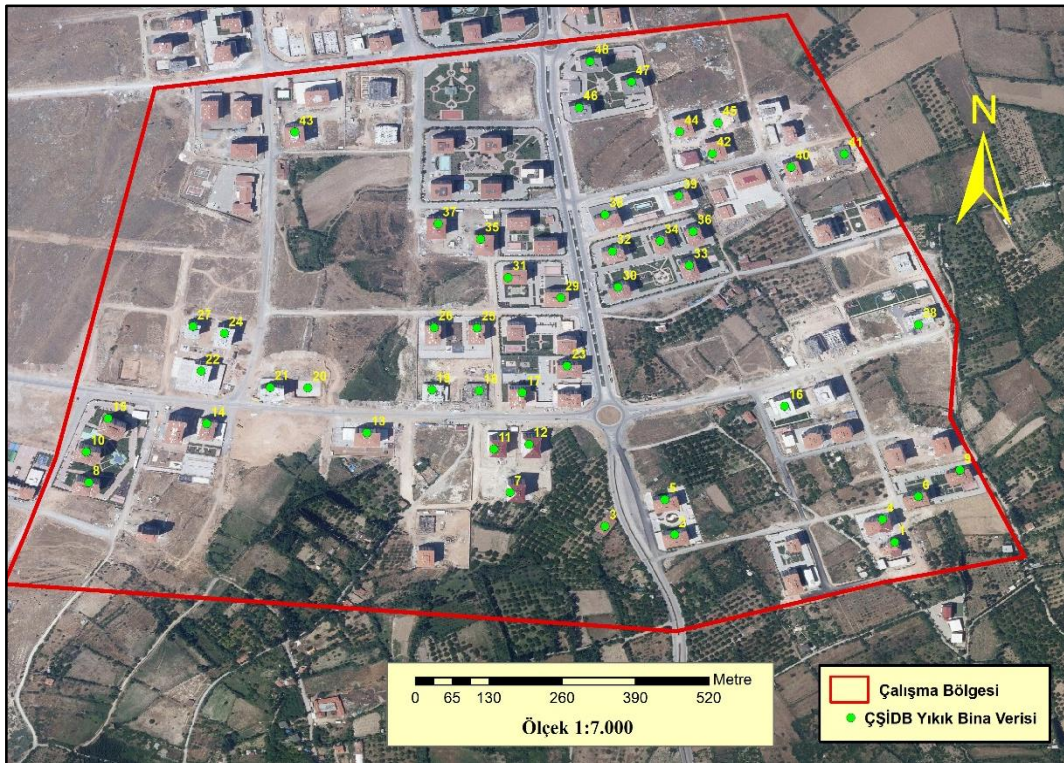
Şekil 5.4 2024 Yılı Ortophotosu ile ÇŞİDB Yıkım Koordinatları Karşılaştırılması.

Şekil 5.5’te, 2020–2024 yılları arasındaki SYM farkı ile ÇŞİDB yıkım verilerinin karşılaştırılması sunulmaktadır. Şekil incelendiğinde, genel olarak yıkım alanları ile resmî verilerin büyük ölçüde örtüştüğü görülmektedir. Ancak 41 numaralı noktada, ÇŞİDB verisinde yıkım bilgisi bulunmasına rağmen SYM fark analizinde herhangi bir yıkım alanı tespit edilememiştir. Bunun nedeni, söz konusu noktada 2020 yılına ait veride yalnızca inşaat faaliyetinin bulunması, ancak 2024 yılına gelindiğinde tamamlanmış bir yapı formunun mevcut olmamasıdır. Dolayısıyla analiz periyodu içerisinde belirgin bir yapıdan yıkıma geçiş gerçekleşmediği için yükseklik farkı oluşmamış ve bu alan yıkım olarak tespit edilememiştir.

Şekil 5.6’da ise 2020 yılına ait ortofoto ile ÇŞİDB resmî yıkım verileri birlikte değerlendirilmiştir. Bu karşılaştırma, yıkım öncesi yapı varlığının görsel olarak doğrulanmasına imkân sağlamıştır.



Şekil 5.5 2020-2024 SYM Farkı ile ÇŞİDB Yıkım Koordinatları Karşılaştırılması.



Şekil 5.6 2020 Yılı Ortofoto ile ÇŞİDB Resmî Yıkım Koordinatları ile Karşılaştırılması.

MATLAB tabanlı algoritma ile elde edilen yıkım sonuçları, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) tarafından sağlanan 48 adet resmî yıkım verisi ile karşılaştırılmıştır. Yapılan mekânsal eşleştirme sonucunda, algoritma tarafından tespit edilen yıkım bölgelerinin büyük ölçüde resmî veriler ile örtüştüğü belirlenmiştir. Bu kapsamda, doğru tespit edilen yıkım sayısı dikkate alınarak hesaplanan analiz doğruluğunun yaklaşık %96 seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca farklı yıllara ait ortofoto görüntüleri üzerinden yapılan görsel incelemelerde, 1976–2020, 2020–2023, 2020–2024 ve 2023–2024 dönemlerine ait yapılaşma ve yıkım süreçlerinin, SYM fark analizinden elde edilen sonuçlar ile yüksek derecede mekânsal tutarlılık gösterdiği belirlenmiştir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışma, Malatya İli Yeşilyurt İlçesi'ne bağlı Bostanbaşı Mahallesi'ne ait bir bölgede 1976–2024 yılları arasındaki mekânsal ve yapısal dönüşümünü hem tarihî hem de güncel sayısal hava fotoğraflarından üretilen fotogrametrik veriler aracılığıyla üç boyutlu ve nicel olarak ortaya koymayı amaçlamıştır. Yaklaşık yarım yüzyıllık dönemi kapsayan bu analiz, kentsel gelişim dinamiklerinin yanı sıra 6 Şubat depremlerinin bölgedeki morfolojik etkilerinin belirlenmesini hedeflemiştir.

Çok zamanlı SYM farkları üzerinden yürütülen değerlendirmeler, 1976–2020 döneminde belirgin bir yapılaşma artışının gerçekleştiğini, 2020–2023 döneminde bu eğilimin daha sınırlı biçimde sürdüğünü göstermiştir. 2023–2024 yıllarını kapsayan kısa süreçte ise deprem etkisiyle yapı stokunda önemli bir kayıp meydana gelmiştir.

Değişim analizinin merkezinde ise MATLAB ortamında geliştirilen fonksiyon yer almıştır. Yükseklik farkı, minimum alan ve kompaktlık ölçütlerini birlikte kullanan bu fonksiyon, deprem sonrası yapısal kayıpların tekrarlanabilir ve nesnel biçimde tespit edilmiştir. Bu kapsamda 2023-2024 SYM fark analizi sonuçları Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından sağlanan hasarlı/yıkık bina verileri ile karşılaştırılmıştır. İki veri seti arasında yüksek düzeyde bir uyum sağlandığı görülmüş olup, elde edilen sonuçlar geliştirilen yöntemin özellikle yakın dönem yapı yıkımlarının belirlenmesinde güvenilir bir performans sunduğunu göstermektedir.

Bu çalışma, tarihî hava fotoğraflarından üretilen SYM'nin, güncel hava fotoğrafları ile üretilen SYM verileriyle geometrik uyum içerisinde karşılaştırılabileceğini ortaya koyarak literatüre özgün bir katkı sunmaktadır. Bu yaklaşım, hem uzun dönemli kentsel gelişim süreçlerinin hem de afet sonrası yapısal kayıpların üç boyutlu ve nicel olarak analiz edilebileceğini göstermektedir. Tarihî verilerin bu düzeyde yeniden değerlendirilmesi, özellikle ülkemizde nadir başvurulan yöntemlerden biri olması nedeniyle bilimsel açıdan dikkat çekici bir sonuç ortaya koymuştur.

7. KAYNAKLAR

- Avşar, E. (2022). Tarihi hava fotoğraflarının farklı yöntemler ile ortorektifikasyonu ve doğruluk analizi (Yüksek lisans tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Awrangjeb, M., Zhang, C., Fraser, C. S. (2012). Building detection in complex scenes thorough effective separation of buildings from trees. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 78(7), 729–745.
- DeWitt, B. A., Wolf, P. R. (2000). *Elements of Photogrammetry (with Applications in GIS)*. McGraw-Hill Higher Education.
- Eltner, A., Kaiser, A., Castillo, C., Rock, G., Neugirg, F., Abellán, A. (2016). Image-based surface reconstruction in geomorphometry—merits, limits and developments. *Earth Surface Dynamics*, 4(2), 359-389.
- Ergün, B., 2019, Gebze teknik üniversitesi sayısal fotogrametri ders notları.
- Ge, P., Gokon, H., Meguro, K. (2020). A review on synthetic aperture radar-based building damage assessment in disasters. *Remote Sensing of Environment*, 240, 111693. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111693>
- Gürbüz, H., 2006, Genel Fotogrametri I, TMMOB harita ve kadastro mühendisleri odası, Ankara, 1-324.
- Karakaş, G., ve Türker, M. (2019). Yüksek Çözünürlüklü Ortofoto ve Lidar Verisinden Hough Dönüşümü ve Algısal Gruplama Kuralları ile Bina Sınırlarının Çıkarımı. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 716-731
- Karslı, B., ve Yılmaztürk, F. (2022). Görüntü Eşleştirme Kaynaklı Nokta Bulutu Üzerinden Otomatik Bina Çıkarımı ve Düzgünleştirme. *Turkish Journal of Remote Sensing*, 4(1), 25-35.

- Kraus, K. (2011). Photogrammetry: geometry from images and laser scans. Walter de Gruyter.
- Knuth, F., Shean, D., Bhushan, S., Schwat, E., Alexandrov, O., McNeil, C., Dehecq, A., Florentine, C., O'Neel, S. (2023). Historical Structure from Motion (HSfM): Automated processing of historical aerial photographs for long-term topographic change analysis. *Remote Sensing of Environment*, 285, 113379.
- Konecny, G. (2014). Geoinformation: remote sensing, photogrammetry and geographic information systems. cRc Press.
- Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S., ve Harley, I., 2007, Close range photogrammetry : Principles, techniques and applicatios, Wiley Whittles, Caithness, 116-227.
- Lian, X., Yuan, W., Guo, Z., Cai, Z., Song, X., Shibasaki, R. (2020). End-to-end building change detection model in aerial imagery and digital surface model based on neural networks. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 1239-1246.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., Chipman, J. W. (2004). Remote sensing and image interpretation.
- Özbalmumcu, M., 2019, Fotogrametrik nirengi ölçüm ve dengeleme yöntemleri [online], <https://www.harita.gov.tr/images/dergi/makaleler/6bbbbb2a10edb63.pdf>,
- Özelkan, E., Sağlık, A., Korkut Sümer, S., Bedir, M., Kelkit, A. (2018). Kentleşmenin tarım alanları üzerine etkisinin uzaktan algılama ile incelenmesi – Çanakkale örneği. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1), 123–135.
- Rutzinger, M., Höfle, B., Geist, T., Stötter, J. (2006). Object-based building detection based on airborne laser scanning data within GRASS GIS environment. In E. Fendel & M. Rumor (Eds.), *Proceedings of UDMS 2006: 25th Urban Data Management Symposium* (pp. 37–48). Aalborg, Denmark.

- Şencan, G. (2023). True (Gerçek) Ortofoto Üretimi ve Doğruluk Analizi (Master's thesis, Necmettin Erbakan University (Turkey)).
- Soysal, A. A. (2025). A New Approach to Obtaining Digital Terrain Model from Digital Surface Model in Forested Areas (Master's thesis).
- Tataris, G., Soulakellis, N., Chaidas, K. (2020). Multitemporal 3D mapping of post-earthquake recovery phase with UAS: Case study Vrisa, Iesvos, Greece. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 6, 123-130.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2018). Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY). Resmî Gazete, Sayı: 30441.
- Turker, M., Sumer, E. (2008). Building-based damage detection due to earthquake using the watershed segmentation of the post-event aerial images. International Journal of Remote Sensing, 29(11), 3073–3089. <https://doi.org/10.1080/01431160701442096>
- Turner, Billie L., LAMBIN, Eric F., REENBERG, Anette. Küresel çevresel değişim ve sürdürülebilirlik için arazi değişim biliminin ortaya çıkışı. Ulusal Bilimler Akademisi Bildirileri , 2007, 104.52: 20666-20671.
- Yastıklı, N., Çetin, Z. (2019, Nisan 25–27). Yoğun görüntü eşleme algoritmaları ile üretilen nokta bulutunun sınıflandırılması. TUFUAB X. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Teknik Sempozyumu, Aksaray, Türkiye
- Yaşayan, A., Uysal, M., Varlık, A., Avdan, U., 2011, Anadolu Üniversitesi Açık öğretim Fakültesi, Fotogrametri Yayını, 1s, Eskişehir.
- Yener, H., Koç, A., Çoban, O. (2006). UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ VE TEKNİK ÖZELLİKLERİ. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 56(1), 33-48.

Yılmaz, A., 2002, Farklı Kaynaklardan Üretilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluk Araştırması, İstanbul.

Yılmaz, V., Akar A., Akar Ö., Güngör O., Karlı F., Gökalp E., 2013, İnsansız Hava Aracı İle Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu (TUFUAB 2013), Trabzon.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hasan GÜNER
Doğum Yeri ve Tarihi : Trabzon 1993
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon / e-posta) : 534 371 64 53 / hasngner@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Akçaabat Lisesi (2007 – 2011)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Harita Mühendisliği Bölümü , (2011 – 2015)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Harita Mühendisliği Bölümü , (2023 – 2026)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

: Harita Genel Md.lüğü Fotogrametri D.Bşk.lığı (2018 – Devam Ediyor)

EK-1 MATLAB Tabanlı Otomatik Bina Değişim Analizi Kodu

```
function out = binaDegisiklikTespiti_duzenli(farkPath)
% binaDegisiklikTespiti_duzenli
% DEM/DSM fark rasterından yapı yapımı ve yıkımı tespiti (tez için düzenli sürüm).
%
% out.numYapim, out.numYikim -> sayılar
% out.yapimMask, out.yikimMask -> maskeler

if nargin < 1
    farkPath = 'D:\Yuksekk_Lisasn\V1\20260319\2023-2020_V2.tif';
end

% ----- AYARLAR -----
esikYapim = 2.5; % metre
esikYikim = 2.5; % metre

minYapimAlani = 70; % m^2
minYikimAlani = 70; % m^2

conn = 8;

% Morfoloji
openR = 1;
closeR = 2;
% -----

% Raster oku
[diffRaster, R] = readgeoraster(farkPath);
info = georasterinfo(farkPath);
diffRaster = double(diffRaster);

% NoData -> NaN
if isfield(info, "MissingDataIndicator") && ~isempty(info.MissingDataIndicator)
    diffRaster(diffRaster == double(info.MissingDataIndicator)) = NaN;
end

% Piksel alanı
px = abs(R.DeltaX);
py = abs(R.DeltaY);
pixelArea = px * py;

minYapimPx = max(1, round(minYapimAlani / pixelArea));
minYikimPx = max(1, round(minYikimAlani / pixelArea));

% Ham maskeler (NaN hariç)
yapim0 = (diffRaster > esikYapim) & ~isnan(diffRaster);
yikim0 = (diffRaster < -esikYikim) & ~isnan(diffRaster);
```

```

raporla("HAM", yapim0, yikim0, conn);

% Morfoloji
if openR > 0
    seO = strel("disk", openR, 0);
    yapim0 = imopen(yapim0, seO);
    yikim0 = imopen(yikim0, seO);
end
if closeR > 0
    seC = strel("disk", closeR, 0);
    yapim0 = imclose(yapim0, seC);
    yikim0 = imclose(yikim0, seC);
end

raporla("MORFOLOJİ", yapim0, yikim0, conn);

% Minimum alan filtresi
yapim1 = bwareaopen(yapim0, minYapimPx, conn);
yikim1 = bwareaopen(yikim0, minYikimPx, conn);

raporla(sprintf("MİN ALAN (Yapım>=%0.0f m2, Yıkım>=%0.0f m2)", ...
    minYapimAlani, minYikimAlani), yapim1, yikim1, conn);

% Sayım
numYapim = bwconncomp(yapim1, conn).NumObjects;
numYikim = bwconncomp(yikim1, conn).NumObjects;

fprintf("\nSONUÇ:\n");
fprintf("Tespit edilen yapı artışı: %d bina\n", numYapim);
fprintf("Tespit edilen yapı yıkımı: %d bina\n", numYikim);

% TXT çıktısı
outputTxt = fullfile(fileparts(farkPath), 'bina_degisiklikleri.txt');
fid = fopen(outputTxt, 'w');
fprintf(fid, 'SYM/DSM fark rasteri: %s\n', farkPath);
fprintf(fid, 'Eşikler: Yapım > %0.2f m, Yıkım < -%0.2f m\n', esikYapim, esikYikim);
fprintf(fid, 'Piksel alanı: %0.6f (birim2)\n', pixelArea);
fprintf(fid, 'Min alan: Yapım %0.1f m2 (%d px), Yıkım %0.1f m2 (%d px)\n', ...
    minYapimAlani, minYapimPx, minYikimAlani, minYikimPx);
fprintf(fid, 'Tespit edilen yapı artışı: %d bina\n', numYapim);
fprintf(fid, 'Tespit edilen yapı yıkımı: %d bina\n', numYikim);
fclose(fid);

% Görsel kontrol
figure; histogram(diffRaster(~isnan(diffRaster)), 200); grid on;
title("DEM/DSM fark histogramı (NaN hariç)");

figure;
subplot(1,2,1); imshow(yapim1); title("Yapım maskesi (final)");
subplot(1,2,2); imshow(yikim1); title("Yıkım maskesi (final)");

```

```
% Çıktı struct
out = struct();
out.farkPath = farkPath;
out.R = R;
out.info = info;
out.yapimMask = yapim1;
out.yikimMask = yikim1;
out.numYapim = numYapim;
out.numYikim = numYikim;
out.outputTxt = outputTxt;
end
```

```
function raporla(etiket, yapimMask, yikimMask, conn)
ny = bwconncomp(yapimMask, conn).NumObjects;
nd = bwconncomp(yikimMask, conn).NumObjects;
fprintf("\n--- %s ---\n", etiket);
fprintf("Yapım bileşen: %d\n", ny);
fprintf("Yıkım bileşen: %d\n", nd);
end
```

EK-2 Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yıkık Bina Koordinatları

ID	Enlem	Boylam	createdate	kullanimamacihasar
1	38,318396	38,254137	22.05.2023 16:12	Konut Ağır-Yıkık
2	38,318526	38,250370	22.05.2023 16:12	Konut Ağır-Yıkık
3	38,318663	38,249178	22.05.2023 16:10	Depo Ağır-Yıkık
4	38,318783	38,253930	5.04.2023 21:22	Konut Ağır-Yıkık
5	38,319116	38,250202	22.05.2023 16:12	Ticarethane Ağır-Yıkık
6	38,319169	38,254543	22.05.2023 16:10	Konut Ağır-Yıkık
7	38,319239	38,247552	22.05.2023 16:12	Konut Ağır-Yıkık
8	38,319410	38,240335	5.04.2023 21:22	Konut Ağır-Yıkık
9	38,319618	38,255257	22.05.2023 16:11	Konut Ağır-Yıkık
10	38,319927	38,240294	5.04.2023 21:22	Konut Ağır-Yıkık
11	38,319976	38,247273	22.05.2023 16:12	Konut Ağır-Yıkık
12	38,320057	38,247875	22.05.2023 16:12	Ticarethane Ağır-Yıkık
13	38,320252	38,245100	5.04.2023 21:22	Konut Ağır-Yıkık
14	38,320406	38,242356	5.04.2023 21:22	Konut Ağır-Yıkık
15	38,320497	38,240666	5.04.2023 21:22	Konut Ağır-Yıkık
16	38,320704	38,252250	22.05.2023 16:11	Konut Ağır-Yıkık
17	38,320934	38,247762	22.05.2023 16:12	Konut Ağır-Yıkık
18	38,320967	38,247024	22.05.2023 16:12	Konut Ağır-Yıkık
19	38,320981	38,246215	5.04.2023 21:22	Konut Ağır-Yıkık
20	38,321013	38,244090	5.04.2023 21:22	Konut Ağır-Yıkık
21	38,321022	38,243443	5.04.2023 21:22	Konut Ağır-Yıkık
22	38,321303	38,242259	22.05.2023 16:12	Ticarethane Ağır-Yıkık
23	38,321386	38,248529	22.05.2023 16:11	Konut Ağır-Yıkık
24	38,321942	38,242657	22.05.2023 16:12	Konut Ağır-Yıkık
25	38,322032	38,246985	22.05.2023 16:10	Konut Ağır-Yıkık
26	38,322040	38,246249	22.05.2023 16:11	Konut Ağır-Yıkık
27	38,322059	38,242121	22.05.2023 16:12	Konut Ağır-Yıkık
28	38,322173	38,254252	22.05.2023 16:11	Konut Ağır-Yıkık
29	38,322544	38,248419	6.04.2023 17:27	Konut Ağır-Yıkık
30	38,322724	38,249404	22.05.2023 16:12	Konut Ağır-Yıkık
31	38,322887	38,247517	22.05.2023 16:12	Konut Ağır-Yıkık
32	38,323335	38,249304	22.05.2023 16:10	Konut Ağır-Yıkık
33	38,323386	38,250502	5.04.2023 21:22	Konut Ağır-Yıkık
34	38,323510	38,250121	22.05.2023 16:10	Konut Ağır-Yıkık
35	38,323543	38,247046	22.05.2023 16:11	Konut Ağır-Yıkık
36	38,323671	38,250685	22.05.2023 16:10	Konut Ağır-Yıkık
37	38,323805	38,246319	22.05.2023 16:10	Konut Ağır-Yıkık
38	38,323958	38,249176	22.05.2023 16:12	Ticarethane Ağır-Yıkık
39	38,324276	38,250440	22.05.2023 16:12	Tespit Edilemedi Ağır-Yıkık
40	38,324764	38,252365	22.05.2023 16:12	Konut Ağır-Yıkık
41	38,324985	38,253276	22.05.2023 16:12	Konut Ağır-Yıkık
42	38,324993	38,250887	22.05.2023 16:11	Konut Ağır-Yıkık
43	38,325357	38,243866	22.05.2023 16:12	Konut Ağır-Yıkık
44	38,325364	38,250459	22.05.2023 16:11	Konut Ağır-Yıkık
45	38,325515	38,251115	22.05.2023 16:11	Konut Ağır-Yıkık
46	38,325775	38,248734	22.05.2023 16:11	Konut Ağır-Yıkık
47	38,326212	38,249630	22.05.2023 16:11	Konut Ağır-Yıkık
48	38,326561	38,248924	22.05.2023 16:10	Konut Ağır-Yıkık