T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

INSAR UYGULAMALARINDA SENTİNEL-1 VERİLERİNİN YÜZEY DEFORMASYONUNUN TESBİTİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hamit Beran GÜNÇE

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ 2025

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

INSAR UYGULAMALARINDA SENTİNEL-1 VERİLERİNİN YÜZEY DEFORMASYONUNUN TESBİTİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hamit Beran GÜNÇE

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ 2025

ANTALYA

Evrak Tarih ve Sayısı: 28.07.2025-795

T.C
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

INSAR UYGULAMALARINDA SENTİNEL-1 VERİLERİNİN YÜZEY DEFORMASYONUNUN TESBİTİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hamit Beran GÜNÇE

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Bu tez 28/07/2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Bekir Taner SAN (Danışman)

Prof. Dr. Mehmet Lütfi SÜZEN

Prof. Dr. Hakan Ahmet NEFESLİOĞLU

Doç. Dr. Yasemin LEVENTELİ

Doç. Dr. Nusret DEMİR

Bu belge, güvenli elektronik İmza ile imzalanmıştır.
Evrak sorgulaması https://turkiye.gov.tr/ebd?eK=5543&eD=BSUS0UEL92&eS=795 adresinden yapılabilir. (PIN:58652)

ÖZET

INSAR UYGULAMALARINDA SENTİNEL-1 VERİLERİNİN YÜZEY DEFORMASYONUNUN TESBİTİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hamit Beran GÜNÇE

Doktora Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bekir Taner SAN

Temmuz 2025; 73 sayfa

InSAR kullanılarak yer yüzeyindeki deformasyonların, özellikle de heyelanların başarılı bir şekilde tespiti her zaman mümkün olmamıştır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için mevcut InSAR araçlarında iyileştirmelere ihtiyaç vardır. Bu çalışma, çok boyutlu InSAR ürünlerini kullanarak Antalya'nın heyelan riski yüksek olan Büyükalan bölgesindeki yüzey deformasyonlarını tespit etmeye yönelik iki yeni yaklaşım geliştirmekte ve değerlendirmektedir. Sentinel-1 verilerine (2015–2020 yılları arası) dayalı çok zamanlı InSAR analizi, LiCSAR-LiCSBAS iş akışı kullanılarak gerçekleştirilmiş, ardından iki yeni yaklaşım uygulanmıştır: Çok Boyutlu InSAR Araştırma ve Analizi (MIRA) ile Crosta'nın InSAR uygulaması (InCROSS).

Kümülatif LOS (doğrultu görüş) hız haritaları, alçalan yörüngelerde yıllık −10,996 mm ile 10,449 mm, yükselen yörüngelerde ise −38,496 mm ile 37,957 mm arasında değişen deformasyon hızlarını ortaya koymaktadır. Düşey ve doğu–batı bileşenlerine yapılan ayrıştırma sonucunda, düşey deformasyon –19,401 mm/yıl ile 23,173 mm/yıl; yatay deformasyon ise –28,515 mm/yıl ile 29,104 mm/yıl arasında değişmektedir. MIRA, deformasyon kümelerini belirlemek için n-boyutlu bir görselleştirici ve SVM sınıflandırıcısı kullanırken, InCROSS ise deformasyon özelliklerini vurgulamak için Temel Bileşen Analizi (PCA) uygular. MIRA, klasik InSAR ürünlerine kıyasla deformasyon tespit kapasitesini artırmakta, InCROSS ise bu ürünleri bütünleştirmektedir. Sonuçların karşılaştırılması, iki yöntem arasında %80,48 oranında bir uyum olduğunu göstermektedir. Genel olarak, InSAR'ın istatistiksel ve çok boyutlu analizlerle entegrasyonu, heyelan riski taşıyan bölgelerdeki yer deformasyonlarının tespiti ve yorumlanmasını önemli ölçüde geliştirmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Sentinel 1, InSAR, MIRA (Çok Boyutlu InSAR Araştırma ve Analizi), InCROSS (Crosta tekniğinin InSAR'a uygulanması), PCA, Heyelan

JÜRİ: Prof. Dr. Bekir Taner SAN

Prof. Dr. Mehmet Lütfi SÜZEN

Prof. Dr. Hakan Ahmet NEFESLİOĞLU

Doç. Dr. Yasemin LEVENTELİ

Doç. Dr. Nusret DEMİR

ABSTRACT

EVALUATION OF THE USABILITY OF SENTINEL-1 DATA IN INSAR APPLICATIONS FOR DETECTING SURFACE DEFORMATION

Hamit Beran GÜNÇE

PhD Thesis in Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Bekir Taner SAN

July 2025; 73 pages

Successfully detecting ground deformation, especially landslides, using InSAR has not always been possible. Improvements to existing InSAR tools are needed to address this issue. This study develops and evaluates two novel approaches that use multidimensional InSAR products to detect surface displacements in the landslide-prone region of Buyukalan, Antalya. Multi-temporal InSAR analysis of Sentinel-1 data (between 2015–2020) is performed using LiCSAR-LiCSBAS, followed by two novel approaches: Multi-dimensional InSAR Research and Analysis (MIRA) and Crosta's InSAR application (InCROSS).

Cumulative LOS velocity maps reveal deformation rates of −10,996 mm/year to 10,449 mm/year for descending tracks and -38,496 mm/year to 37,957 mm/year for ascending tracks. Vertical displacements range from -19,401 mm/year to 23,173 mm/year and east–west components from -28,515 mm/year to 29,104 mm/year.

MIRA uses an n-dimensional Visualizer and SVM classifier to identify deformation clusters and InCROSS applies PCA to enhance deformation features. MIRA increases deformation detection capacity compared to conventional InSAR products and InCROSS integrates these products. A comparison of the results reveals 80,48% consistency between them. Overall, the integration of InSAR with statistical and multidimensional analysis significantly enhances the detection and interpretation of ground deformation patterns in landslide prone areas.

KEYWORDS: Sentinel 1, InSAR, MIRA (Multi-dimensional InSAR Research and Analysis), InCROSS (Crosta application in InSAR), PCA, Landslide

COMMITTEE: Prof. Dr. Bekir Taner SAN

Prof. Dr. Mehmet Lütfi SÜZEN

Prof. Dr. Hakan Ahmet NEFESLİOĞLU

Assoc. Prof. Dr. Yasemin LEVENTELİ

Assoc. Prof. Dr. Nusret DEMİR

ÖNSÖZ

“InSAR Uygulamalarında Sentinel-1 verilerinin yüzey deformasyonunun tesbitinde kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışma, 2019–2025 yılları arasında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez sürecinin her aşamasında bilgi ve deneyimini benimle paylaşarak yol gösteren, her zaman yapıcı ve ilham verici tutumuyla çalışmalarımı destekleyen, öğrencilerinden daima “mesut sürprizler” duymayı bekleyen saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Bekir Taner SAN’ a en içten teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

“Radar Uzaktan Algılama ile Elazığ-Sivrice Bölgesinin Yüzey Deformasyonunun Zamansal Olarak İzlenmesi” başlıklı proje kapsamında, çalışma ekibinde yer almamı sağlayan ve desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Nusret DEMİR’ e teşekkür ederim.

Arazi ve bölgesel veriler konusunda katkı sunan Antalya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü’nden Sayın Derya KARATÜRK’ e ayrıca teşekkür ederim.

Çalışma hayatıma yön veren, bilgi ve deneyimlerini cömertçe paylaşan Prof. Dr. Ömer Halil ÇOLAK, Doç. Dr. İbrahim Ethem KARADİREK ve Doç. Dr. Aslınur SIRCAN KÜÇÜKSAYAN hocalarıma içtenlikle teşekkür ederim. Bilgeliği, disiplini ve insanlığıyla her zaman örnek aldığım; aramızdan ayrılmış olmasına rağmen etkisini hâlâ derinden hissettiğim merhum Prof. Dr. Olgun KİTAPCI’yı da saygı ve rahmetle anıyorum.

Birlikte çalışma fırsatı yakaladığım, yol göstericiliği ve dostluklarıyla bu çalışmanın tamamlanmasında önemli bir motivasyon kaynağı olan Öğr. Gör. Dr. Muhammet Cem SAKARYA ve Öğr. Gör. Dr. İsmail Veli SEZGİN’e özel olarak teşekkür borçluyum. Bulundukları ortamı enerjileri ve içtenlikleriyle huzurlu hâle getiren değerli çalışma arkadaşlarım Feride ÖZDEMİR, Didem Sipahi MENCET ve Zeynep ACAR’a katkıları ve dayanışmaları için şükranlarımı sunuyorum.

Linux işletim sistemi tabanlı çalışan radar görüntü işleme uygulamaları kapsamında verdiği destek için Öğr. Gör. Dr. Muhammed Numan İNCE’ye de teşekkürü bir borç bilirim.

Tez sürecinin getirdiği tüm zorlukları birlikte göğüslediğimiz, yaşamımın her döneminde yanımda olan kıymetli babam Nurettin GÜNÇE, annem Hamiyet GÜNÇE ve kardeşim Davut Baran GÜNÇE’ ye; sevgisi, sabrı ve desteğiyle beni daima yüreklendiren, tavrına hayran olduğum Ilgın YAZICIOĞLU’ na sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
ÖNSÖZ iii
AKADEMİK BEYAN vi
SİMGELER VE KISALTMALAR vii
ŞEKİLLER DİZİNİ ix
ÇİZELGELER DİZİNİ xi
1. GİRİŞ 1
1.1. Amaç ve Kapsam 2
1.2. Çalışma Alanı 2
2. KAYNAK TARAMASI 5
2.1. Literatür Çalışmaları 7
2.2. Jeolojik Bilgiler 10
3. MATERYAL ve METOT 12
3.1. Kullanılan Veri Setleri 12
3.2. Zaman Serisi InSAR Özellikleri 14
3.2.1. Geleneksel diferansiyel InSAR (DInSAR) 15
3.2.2. Zaman Serisi InSAR Tekniklerinin Sınıflandırılması 18
3.2.2.1. Saçıcı Türüne Göre Sınıflandırma 19
3.2.2.2. Interferogram Üretim Moduna Göre 20
3.2.2.3. Faz Çözme Yöntemine Göre 21
3.2.2.4. Referans Ağı Yapısına Göre 21
3.2.3. Küçük Uzaklık Alt Kümesi (SBAS) Tekniği 22
3.3. Batı Akdeniz Heyelanları Deformasyon Analizi 22
3.3.1. LiCSAR İşleme Zinciri 24
3.3.2. Zaman Serisi Analizi (LiCSBAS) 24
3.3.2.1. Kümülatif Hız Haritaları 25
3.3.3. InSAR Çıktılarının Elde Edilmesi (Deformasyon Ürünleri) 25
3.3.3.1. LOS Hız Haritalarının Ayrıştırılması 26
3.3.4. Önerilen Yaklaşımların Uygulanması: MIRA ve InCROSS 26
3.3.4.1. MIRA (Çok Boyutlu InSAR Araştırma ve Analizi) 26
3.3.4.2. InCROSS (Crosta tekniğinin InSAR'a uygulanması) 29

4. BULGULAR 32
5. TARTIŞMA 34
6. SONUÇLAR 41
7. KAYNAKLAR 42
8. EKLER 54
ÖZGEÇMİŞ

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “InSAR Uygulamalarında Sentinel-1 verilerinin yüzey deformasyonunun tesbitinde kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

28/07/2025

Hamit Beran GÜNÇE

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

,	: Tezde kullanılan ondalık yazım ayıracı
%	: Yüzde
km	: Kilometre
km^2	: Kilometrekare
°	: Derece

Kısaltmalar

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
DEM	: Sayısal Yükseklik Modeli
DN	: Sayısal Değer (piksel değeri)
DS	: Dağıtık Saçıcı (Distributed Scatterer)
EW	: Doğu–Batı (doğrultusundaki bileşen)
GNSS	: Küresel Konumlama Uydu Sistemi
InCROSS	: Crosta'nın InSAR Uygulaması
InSAR	: İnterferometrik Sentetik Açıklıklı Radar
IW	: Geniş Bantlı İnterferometrik Görüntüleme Modu
KMZ	: Google Earth uyumlu sıkıştırılmış konum veri dosyası
LiCSAR	: LiCSAR İşleme Zinciri (COMET tarafından geliştirilmiş)
LiCSBAS	: LiCSAR Zaman Serisi ve SBAS İşleme Aracı
LOS	: Görüş Hattı
MIRA	: Çok Boyutlu InSAR Araştırma ve Analiz Yöntemi
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
n-D	: n-Boyutlu
PCA	: Temel Bileşenler Analizi
PC1	: Birinci Temel Bileşen

PS : Sürekli Saçıcı (Persistent Scatterer)

PSI : Sürekli Saçıcı İnterferometrisi (Persistent Scatterer Interferometry)

RBF : Radyal Tabanlı Fonksiyon

ROI : İlgi Alanı

RS : Uzaktan Algılama

SAR : Sentetik Açıklıklı Radar

SBAS : Küçük Uzaklık Alt Kümesi (Small Baseline Subset)

SLC : Tek Bakış Kompleks Görüntü (SAR verisi tipi)

SVM : Destek Vektör Makineleri

TOPSAR : Artan Tarama ile Arazi Gözlem Modu (IW modunun radar tarama yöntemi)

UD : Düşey (Kabarma–Çökme) doğrultusundaki bileşen

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanı ve heyelan orta noktalarını temsil eden alanlar 3

Şekil 1.2. 14 Mart 2017 tarihinde Büyükalan'da meydana gelen heyelana ait heyelan öncesi (a), heyelan sonrası (b) Google Earth görüntüsü. Heyelan sonrasında çekilen saha fotoğrafları (1,2,3) (Ada ve San 2017). 4

Şekil 2.1. Yazar anahtar kelimelerine ait anahtar kelime yoğunluk haritası 6

Şekil 2.2. Yazar anahtar kelimelerine göre trend konular 7

Şekil 2.3. Çalışma alanının formasyon haritası. MTA tarafından yayımlanan 1:100.000 ölçekli jeoloji haritalarından uyarlanmıştır (Şenel 1997) 11

Şekil 3.1. Yükselen (a) ve alçalan (b) yörüngelere ait interferogramlar, dik baz uzunlukları açısından analiz edilmiştir. Kırmızı çizgiler, koherens değeri eşik değerin altında olan ve analizde kullanılmayan interferogramları göstermektedir. 14

Şekil 3.2. DInSAR gözlem geometrisini gösteren şematik çizim. S1ve S2, sırasıyla ana (master) ve yardımcı (slave) görüntülemeyi belirtir. Gözlem süresince hedef P1'den P2'ye hareket eder. B ∥ paralel baz ve B ⊥ dikey baz bileşenlerini gösteren şematik çizim 16

Şekil 3.3. 12 Kasım 2017 tarihli Halepçe depremi için oluşturulan interferogram (a), faz çözümleme sonrası elde edilen deformasyon haritası (b) (Günçe ve San, 2018). 18

Şekil 3.4. Siyah üçgenler saçıcıları, dalgalı çizgiler ise yansıyan sinyali temsil ederken, bu öğelerin boyutları sinyalin gücünü göstermektedir. (a) Bir PS örneği, (b) PS sinyalinin karmaşık düzlemdeki gösterimi, (c) PS sinyalinin baskın yönü, PS sinyalinin gürültü seviyesine bağlı faz değerlerinin dağılımı, (e) Bir DS örneği, (f) DS sinyalinin karmaşık düzlemdeki gösterimi, (g) DS sinyalinin baskın yönü ve (h) DS sinyalinin gürültü seviyesine bağlı faz değerlerinin dağılımı sunulmaktadır. 20

Şekil 3.5. PS ve/veya DS noktaları için oluşturulan referans ağ yapıları gösterilmektedir: (a) yıldız ağı, (b) bloklu yıldız ağı, (c) asgari yayılma ağ yapısı ve (d) Delaunay ağı (Xue vd. 2020). 21

Şekil 3.6. LiCSAR ve LiCSBAS'a dayalı çok zamanlı InSAR analizi ve önerilen yöntemlerin uygulama adımlarını içeren iş akış şeması 23

Şekil 3.7. LiCSBAS işleminden elde edilen kümülatif LOS hız haritaları:(a) Alçalan yörünge verisine dayalı deformasyon deseni, (b) Yükselen yörünge verisine dayalı deformasyon deseni. 25

Şekil 3.8. Kümülatif LOS hız haritalarının ayrıştırılması: (a) dikey (yukarı-aşağı) deformasyon bileşeni ve (b) yükselen ve alçalan yörünge verilerinin kombinasyonundan elde edilen doğu-batı yönlü yatay deformasyon bileşeni.....26

Şekil 3.9. Piksel değerlerinin birden fazla bantta nasıl konumlandığını ve bu değerlerin üç boyutlu öznitelik uzayındaki yerlerini nasıl belirlediğini gösteren şematik çizim (a). n-D Visualizer'ın saçılım grafiği, farklı deformasyon bölgelerini temsil eden kırmızı ve yeşil piksel bulutlarını

göstermektedir. Dört InSAR ürünü, dört eksen üzerinde temsil edilmiştir (b). 28

Şekil 3.10. MIRA yaklaşımının, piramit katmanı 0 (a) ve piramit katmanı 1 (b) kullanılarak yapılan SVM sınıflandırması sonuçları. 29

Şekil 3.11. Orijinal InSAR ürünleri ve temel bileşen analizi (PCA) temelinde deformasyon alanlarının eğilim karşılaştırması: Orijinal InSAR veri setlerinden elde edilen deformasyon alanlarındaki piksel değerleri ve bu değerlerin eğilimleri (sarı: yüksek eğilim, koyu mavi: çok düşük eğilim, mavi: düşük eğilim, kırmızı: çok yüksek eğilim) (a),PC1'e ait özdeğer eğilimleri (b), Orijinal InSAR veri setlerinden elde edilen deformasyon alanlarındaki piksel değerleri ile PC1'in tersinin karşılaştırılması (çizgili renkler) (c). 31

Şekil 4.1. MIRA yaklaşımı ile oluşturulan nihai deformasyon dağılım haritası (a), görsel yorumlamayı desteklemek amacıyla InCROSS yaklaşımından elde edilen kontrastı artırılmış deformasyon görüntüsü (b), iki yaklaşımın RGB renkli kompozit görüntü (c) ile karşılaştırılması. 33

Şekil 5.1. MIRA yöntemiyle elde edilen deformasyon dağılım haritası (a); InCROSS yöntemiyle elde edilen deformasyon yoğunluk haritası (b). Her iki haritada da ortak beş deformasyon noktası numaralandırılmıştır 35

Şekil 5.2. 1 numaralı noktanın 31.12.2015, 26.08.2017 ve 19.08.2019 tarihli google earth görüntüleri 36

Şekil 5.3. 2 ve 3 numaralı noktaların 31.12.2015, 13.07.2016, 26.08.2017 ve 19.08.2019 tarihli google earth görüntüleri....37

Şekil 5.4. 4 numaralı noktanın 31.12.2015, 13.07.2016 ve 26.08.2017 tarihli google earth görüntüleri 38

Şekil 5.5. 5 numaralı noktanın 31.12.2015, 13.07.2016, 26.08.2017 ve 19.08.2019 tarihli google earth görüntüleri....39

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Veri tabanlarında kullanılan anahtar kelimeler.....5
Çizelge 2.2. Bibliyometrik analiz için kullanılan veri hakkında genel bilgi 5
Çizelge 2.3. En çok atıf alan 10 makale hakkında genel bilgi.....7
Çizelge 3.1. Sentinel-1 SAR verileri ve SBAS parametre detayları.....12
Çizelge 3.2. Zaman serisi InSAR tekniklerinin karşılaştırması.....19
Çizelge 3.3. Yüzey deformasyon hız görüntülerine uygulanan PCA'dan elde edilen temel bileşen sonuçları ve bunlara karşılık gelen eğilim desenleri.....30

1. GİRİŞ

Zemin deformasyonları, hem doğal hem de insan faaliyetleri sonucu meydana gelen karmaşık jeodinamik süreçlerin bir yansımasıdır. Özellikle son yıllarda artan kentleşme, yer altı suyu kullanımındaki yoğunluk, madencilik faaliyetleri ve altyapı çalışmaları, zemin davranışında ciddi değişimlere yol açmakta ve çökme, kayma, oturma gibi deformasyon türlerini tetiklemektedir (Galloway ve Burbey 2011). Öte yandan, depremler, yağışa bağlı erozyon, heyelanlar ve tektonik hareketler gibi doğal olaylar da zemin deformasyonlarının başlıca kaynakları arasında yer almaktadır (Terzaghi vd. 1996; Wang vd. 2025).

Bu deformasyonların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için disiplinler arası yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Jeolojik, jeofiziksel ve jeodezik izleme yöntemlerinin entegrasyonu; ayrıntılı zemin karakterizasyonu ve riskli alanlarda sürdürülebilir arazi kullanım politikalarının geliştirilmesi, yaygın önleyici stratejiler arasında sayılmaktadır (Deđanski vd. 2024; Lan vd. 2004). Ayrıca, uzaktan algılama ve InSAR (Interferometrik Sentetik Açıklıklı Radar) gibi teknolojilerin kullanımı, zemin hareketlerinin hassas bir şekilde izlenmesini mümkün kılmakta; böylece erken uyarı sistemlerinin uygulanması yoluyla can ve mal kaybının azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Ferretti vd. 2001).

InSAR tabanlı yöntemler, özellikle Küçük Uzaklık Alt Kümesi (SBAS) ve çok yörüngeli zaman serisi analizleri, milimetre düzeyinde yüzey deformasyonlarını geniş alanlarda tespit edebilme yetenekleri sayesinde heyelan dinamiklerini izlemek ve değerlendirmek amacıyla giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu yöntemler; zamansal süreklilik, mekânsal kapsama alanı ve yer değiştirmelerin ayrıştırılmasında alçalan ve yükselen yörünge verilerinin birleştirilebilmesi açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Son dönem çalışmalarda, SBAS-InSAR, çok yörüngeli füzyon yaklaşımları ve yapay zekâ destekli interferometrik teknikler kullanılarak, heyelan öncesi sinyallerin izlenmesi, heyelan sonrası davranışın analiz edilmesi ve yağış kaynaklı tetikleme mekanizmalarının değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu tekniklerin çok yönlülüğü; dağlık alanlar, açık ocak madenleri, buzul gölü havzaları gibi çeşitli ortamlarda gösterilmiş olup, farklı jeomorfolojik ve iklimsel koşullar altında da kararlığını ortaya koymuştur (Chang vd. 2025; Ma vd. 2024; Wei vd. 2024; Ye vd. 2024; Yi vd. 2023; Yu vd. 2024).

Batı Antalya bölgesi, coğrafi ve jeolojik özellikleri nedeniyle heyelanlara oldukça duyarlıdır. Bu bölgede heyelan oluşumuna katkı sunan başlıca doğal faktörler; dik topoğrafya, karmaşık jeolojik yapı (özellikle kireçtaşı, şist ve kiltaşı gibi birimlerin birlikte bulunduğu fay zonları) ve yoğun mevsimsel yağışlardır (Sarı ve Şen 2019). Örneğin, Teke Yöresi'nde Akdağ masifinin doğu yamacında gelişen Yeşil Göl heyelanı, ayrıntılı jeomorfolojik analizle incelenmiştir. Bu olayın, kireçtaşı–konglomera ile kiltaşı birimleri arasındaki temas zonunda, dikey bir fay düzlemi boyunca meydana gelen düzlemsel bir kayma olayı olduğu belirlenmiştir (Bayrakdar ve Görüm 2013). Bu bulgu, bölgedeki derin kökenli heyelanların çoğunun, jeolojik birimler arasındaki zayıf düzlemler boyunca gelişme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Antalya meteoroloji istasyonundan alınan verilere dayalı oluşturulan sıcaklık ve yağış grafiğine göre, yüksek yağış dönemleri ile artan heyelan aktivitesi arasında bir korelasyon olduğuna yönelik çalışmalar da mevcuttur (Sarı ve Şen 2019).

Son yıllarda, Batı Antalya'da yürütülen çalışmalarda heyelanların tespiti, izlenmesi ve haritalanması amacıyla uzaktan algılama teknolojilerinin kullanımı öne çıkmaktadır. Bu çalışma, Antalya'nın Büyükalan bölgesinde bildirilen bir heyelan olayının yüzey deformasyonu dinamiklerini, çok zamanlı uydu radar interferometrisi (InSAR) yöntemi ile belirlemeyi amaçlamaktadır. Uydu görüntüleri ve radar interferometrisi, geniş alanlara yayılan kütle hareketlerinin tespiti için değerli veriler sunmaktadır. Alptekin ve Yakar (2024), Toros Dağları'ndaki heyelanları analiz etmek amacıyla özellikle InSAR tekniği olmak üzere uzaktan algılama (RS) yöntemlerini kullanmış ve yoğun yağışların yamaç duyarlılığı üzerindeki etkilerini ortaya koymuş, topoğrafik değişimleri haritalamıştır.

Ayrıca, Türkiye genelinde Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) gibi ulusal kurumlar, hava fotoğrafları ve uydu görüntülerine dayalı heyelan envanter çalışmaları yürütmektedir. Bu çalışmanın temel veri kaynaklarından biri de heyelan envanter haritasıdır. Araştırmada kullanılan heyelan verileri, MTA tarafından yayımlanan envanter haritalarından elde edilmiştir (Duman vd. 2009). Batı Antalya, bu ulusal envanterlerde önemli bir konumda yer almakta; örneğin, bölgedeki aktif ve tarihî heyelan alanları, MTA'nın heyelan envanter haritalarında açıkça işaretlenmiştir. Bu tür haritalar, güncel uydu verileriyle birlikte Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında birleştirildiğinde, arazi kullanım planlamasında ve erken uyarı sistemlerinde kullanılabilecek kapsamlı heyelan tehlike haritalarının geliştirilmesine olanak tanımaktadır.

1.1. Amaç ve Kapsam

Mevcut literatürde, heyelan çalışmalarında InSAR verilerinin kullanımına yönelik olarak uygulanan işleme adımlarının büyük ölçüde benzer olduğu gözlemlenmiştir. Bu adımlardaki benzerliklere rağmen, araştırmacılar sonuçlardaki belirsizlikler nedeniyle sonraki aşamalarda PSInSAR, DInSAR ve SBAS gibi farklı InSAR tekniklerini kullanmayı tercih etmiştir. InSAR tekniklerinin heyelan tespiti ve sınıflandırmasına yönelik çalışmalarda kullanımı hâlâ önemli zorluklar barındırmaktadır (Zhao vd. 2012).

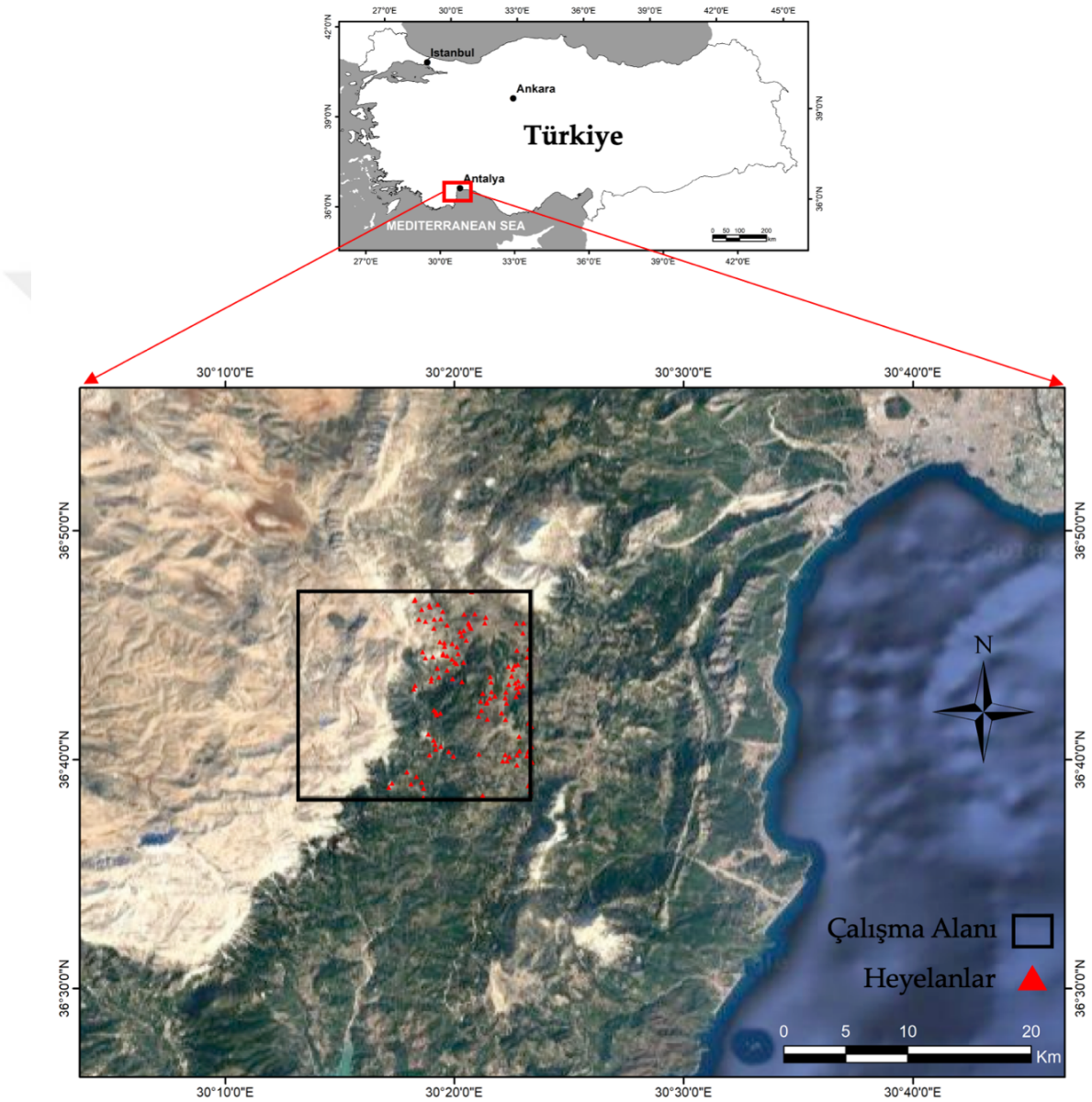
Her ne kadar InSAR, heyelan izleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılsa da geleneksel yaklaşımlar çoğunlukla sadece yükselen ve alçalan yörüngelere ait LOS (Line of Sight: görüntü hattı) hız haritaları ya da düşey ve yatay bileşenler gibi deformasyon çıktılarını ayrı ayrı değerlendirmektedir. Bu uygulama, özellikle karmaşık zemin hareketlerinin görüldüğü bölgelerde, yüzey yer değiştirmelerinin bütüncül bir şekilde yorumlanmasını zorlaştırabilir. Ayrıca, sınıflandırmaya dayalı analizlerde, yöntemsel tutarsızlıklar ya da öznel yorumlar, deformasyon bölgelerinin doğru biçimde tanımlanmasını sınırlandırabilir. Bu nedenle, belirli bir düzeyde üretilmiş farklı InSAR-türevi verilerin birlikte kullanılması fikri ortaya çıkmıştır. Bu çalışmanın amacı, yüzey yer değiştirmelerini tespit etmek üzere çok boyutlu InSAR ürünlerini kullanan yeni yaklaşım veya yaklaşımlar geliştirmek ve bunları değerlendirmektir.

1.2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Türkiye'de aktif derin kökenli dairesel kaymalarla tanımlanan heyelanlara en duyarlı bölgelerden biri olan Antalya ilinde yer almaktadır (Ada ve San 2017; Aktas ve San 2019; Manap ve San 2022). Bölge, dağlık ve yarı dağlık

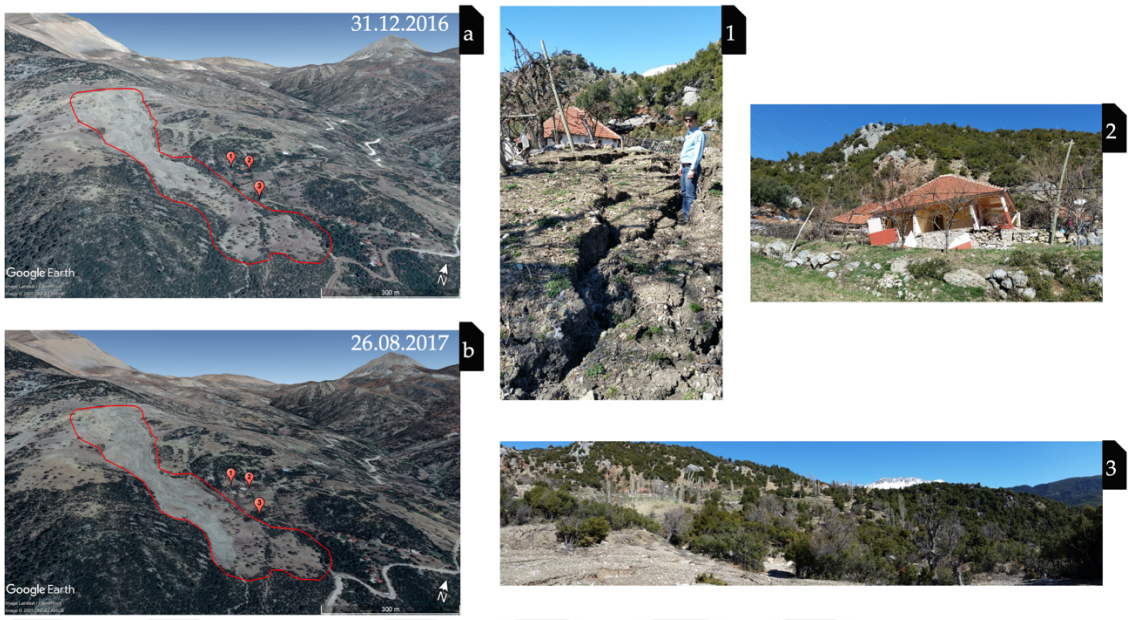
topoğrafyanın birleşimiyle karakterize edilmekte olup, yerel hava koşullarında Akdeniz iklimi belirgin şekilde hissedilmektedir.

Çalışma, Antalya şehir merkezinin yaklaşık 65 km batısında yer alan Büyükalan bölgesinde gerçekleştirilmiştir ve toplamda 243 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Çalışma alanı ve heyelan orta noktalarını temsil eden alanlar

Bu alanda 128 adet derin kökenli dairesel kayma tipi heyelan tespit edilmiş olup, bunlardan biri 14 Mart 2017 tarihinde meydana gelmiş ve önemli yapısal hasara neden olmuştur (CNN Türk 2017; Milliyet 2017a, b) (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. 14 Mart 2017 tarihinde Büyükalan'da meydana gelen heyelana ait heyelan öncesi (a), heyelan sonrası (b) Google Earth görüntüsü. Heyelan sonrasında çekilen saha fotoğrafları (1,2,3) (Ada ve San 2017).

2. KAYNAK TARAMASI

Son yıllarda, sentetik açıklıklı radar (SAR) ve uzaktan algılama verilerinin makine öğrenmesi (ML) ile bütünleştirilmesine yönelik çalışmalar önemli bir artış göstermektedir. Bu eğilimi sayısal olarak ortaya koymak amacıyla, 1995–2024 yılları arasını kapsayan ve Web of Science (WoS) veri tabanında gerçekleştirilen bibliyometrik analiz kapsamında 1347 makale incelenmiştir. Analizde, "Sentetik Açıklıklı Radar (synthetic aperture radar)" ve "uzaktan algılama (remote sensing)" terimleri, "makine öğrenmesi (machine learning), derin öğrenme (deep learning), yapay zeka (artificial intelligence), sinir ağları (neural networks)" gibi anahtar kavramlarla eşleştirilmiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Veri tabanlarında kullanılan anahtar kelimeler

Veri Tabanları	Anahtar Kelimeler-	Taranan Bölümler	Dahil edilme kuralları
WOS	("synthetic aperture radar" OR "SAR") AND ("remote sensing" OR "earth observation") AND ("machine learning" OR "deep learning" OR "artificial intelligence" OR "neural networks")	-Konu -Başlık -Özet -Yazar Anahtar Kelimeleri - Ek Anahtar Kelimeler (Keywords Plus)	- 1995:2024 yılları arası -İngilizce dili - Makale

Çalışmaların yıllık ortalama artış oranı %17,76 olup, bu durum SAR-ML temelli literatürün giderek hız kazandığını göstermektedir. Söz konusu yayınların ortalama atıf sayısı 24,74'tür ve makalelerin yaklaşık %31'i uluslararası ortak yazarlıkla üretilmiştir. Bu durum, konunun yalnızca teknik değil aynı zamanda küresel ölçekte çok disiplinli iş birliklerine dayandığını ortaya koymaktadır (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Bibliyometrik analiz için kullanılan veri hakkında genel bilgi

	Açıklama	Sonuç
Verilerle ilgili temel bilgiler	Zaman Aralığı	1995:2024
	Kaynaklar (Dergiler, Kitaplar, vb)	237
	Belgeler	1347
	Yıllık Büyüme Oranı (%)	17,76
	Belge Ortalama Yaşı	3,62
	Belge Başına Ortalama Atıf	24,74
	Atıflar	47929
Belge içeriği	Keywords Plus (ID)	1834
	Yazar Anahtar Kelimeleri (DE)	3664

	Açıklama	Sonuç
Yazarlar	Yazar Sayısı	4802
	Tek Yazarlı Belgelerin Yazarları	21
	Yazar İşbirliği	
	Tek Yazarlı Belgeler	24
	Belge Başına Ort. Ortak Yazar Sayısı	5,03
	Uluslararası Ortak Yazarlık Oranı (%)	30,81
Makale Türü	Makale	1347

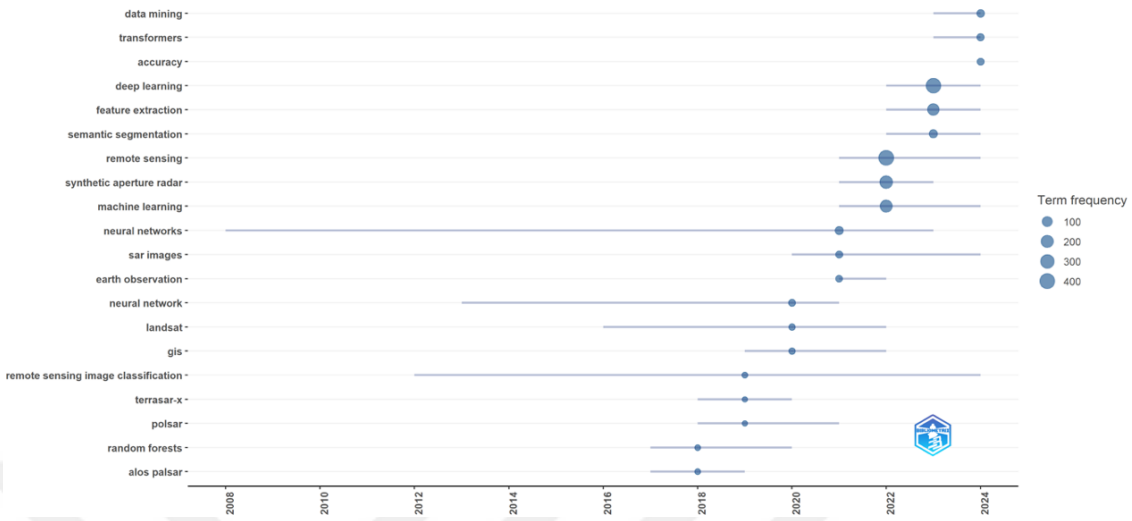
Analiz sonuçlarına göre, yazar anahtar kelimeleri (Author's Keywords) arasında en sık rastlanan terimler sırasıyla "synthetic aperture radar (501 kez)", "remote sensing (383)", "deep learning (358)", "feature extraction (167)" ve "radar polarimetry (95)" olarak öne çıkmıştır. Öne çıkan diğer kavramlar arasında "optical imaging", "Sentinel-1", "training" ve "machine learning" yer almaktadır. Anahtar kelime eş-görünüm ağı ve yoğunluk haritaları, özellikle Sentinel-1, derin öğrenme (deep learning) ve özellik çıkarımı (feature extraction) temalarının SAR odaklı makine öğrenmesi çalışmalarında merkezî bir rol oynadığını göstermektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Yazar anahtar kelimelerine ait anahtar kelime yoğunluk haritası

Ayrıca trend analizine göre, 2017 sonrası dönemde özellikle derin öğrenme tabanlı algoritmaların (CNN, RNN vb.) kullanıldığı SAR verisi sınıflandırma ve nesne tespiti çalışmaları ön plana çıkmıştır. Şekil analizlerinde görüldüğü üzere, bu yöntemler

kentsel alan izleme, heyelan duyarlılık haritalama ve yüksek çözünürlüklü görüntülerde nesne tanıma gibi uygulama alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Yazar anahtar kelimelerine göre trend konular

Bu bibliyometrik analizden elde edilen bulgular, SAR tabanlı uzaktan algılama araştırmalarının geleceğinde çok kaynaklı veri füzyonu, otomatik sınıflandırma, ölçeklenebilir öğrenme sistemleri ve doğal afet riski izleme gibi konuların belirleyici olacağını ortaya koymaktadır. Literatürdeki gelişmeler ışığında, bu çalışmada önerilen yaklaşımlar (örneğin çok boyutlu InSAR analizi ve makine öğrenmesi ile sınıflama), hem bilimsel katkı hem de metodolojik çeşitlilik açısından güncel araştırma eğilimleriyle uyumludur.

2.1. Literatür Çalışmaları

Bibliyometrik analiz kapsamında, Web of Science (WoS) veri tabanında 1995–2024 yılları arasında yayımlanmış uzaktan algılama, sentetik açıklıklı radar (SAR) ve makine öğrenmesi temalı çalışmalar taranmıştır. Analiz sonuçlarına göre elde edilen yayınların yıllık üretim eğilimi, anahtar kelime ilişkileri ve iş birliği ağlarının yanı sıra en çok atıf alan 10 makale, çalışmanın odaklandığı tematik alanların tarihsel gelişimini ve güncel araştırma eğilimlerini göstermesi açısından dikkat çekicidir. Aşağıda yer alan Çizelge 2.3, bu yüksek etkili yayınlara ait temel bilgileri özetlemektedir.

Çizelge 2.3. En çok atıf alan 10 makale hakkında genel bilgi

Başlık	Dergi	Yazar	Yayın yılı	Atıf Sayısı	
				Yıllık ortalama	Toplam
Deep Learning in Remote Sensing	IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine	Zhu vd.	2017	226,44	2038

Başlık	Dergi	Yazar	Yayın yılı	Atıf Sayısı	
				Yıllık ortalama	Toplam
More Diverse Means Better: Multimodal Deep Learning Meets Remote-Sensing Imagery Classification	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	Hong vd.	2021	190,4	952
HRSID: A High-Resolution SAR Images Dataset for Ship Detection and Instance Segmentation	IEEE Access	Wei vd.	2020	63,17	379
Multi-scale object detection in remote sensing imagery with convolutional neural networks	ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing	Deng vd.	2018	42,25	338
A neural network approach using multi-scale textural metrics from very high-resolution panchromatic imagery for urban land-use classification	Remote Sensing of Environment	Pacifici vd.	2009	17,24	293
Landslide susceptibility mapping using GIS-based statistical models and Remote sensing data in tropical environment	Scientific Reports	Shahabi vd.	2015	25,18	277
Convolutional Neural Networks for Multimodal Remote Sensing Data Classification	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	Wu vd.	2022	68,75	275
Landslide susceptibility mapping using support vector machine and GIS at the Golestan Province, Iran	Journal of Earth System Science	Pourghasemi vd.	2013	19,85	258

Başlık	Dergi	Yazar	Yayın yılı	Atıf Sayısı	
				Yıllık ortalama	Toplam
Cross-city matters: A multimodal remote sensing benchmark dataset for cross-city semantic segmentation using high-resolution domain adaptation networks	Remote Sensing of Environment	Hong vd.	2023	85	255
Satellite remote sensing of mangrove forests: Recent advances and future opportunities	Progress in Physical Geography-Earth and Environment	Heumann, Benjamin W.	2011	16,8	252

Son yıllarda yapılan öncü çalışmalar, uzaktan algılama uygulamalarında derin öğrenme ve yapay zekâ temelli yaklaşımların hem teorik gelişimini hem de pratik başarımını gözler önüne sermektedir.

Zhu vd. (2017), derin öğrenmenin uzaktan algılama topluluğu için taşıdığı potansiyeli kapsamlı biçimde tartışarak bu alanda yeni bir paradigma önerirken; Hong vd. (2021) ile Wu vd. (2022), multimodal veri entegrasyonu ve çapraz-modalite öğrenmenin sınıflandırma doğruluğunu artırmadaki rolünü vurgulamışlardır.

Özellikle HRSID veri kümesinin geliştirilmesi Wei vd. (2020), SAR görüntüleriyle gemi tespiti ve nesne segmentasyonu gibi görevlerde CNN tabanlı yaklaşımlar için standart bir değerlendirme zemini oluşturmuştur.

Deng vd. (2018) ile Pacifici vd. (2009) tarafından önerilen çok ölçekli nesne tanıma ve doku temelli kentsel kullanım sınıflandırma yaklaşımları, yüksek çözünürlüklü görüntülerde karmaşık yapısal ayrımları yakalayabilme becerisi sunmuştur.

Öte yandan, heyelan duyarlılık haritalaması alanında Shahabi vd. (2015) ile Pourghasemi vd. (2013) tarafından yapılan çalışmalar, hem klasik istatistiksel yöntemlerin (SMCE, AHP, WLC) hem de makine öğrenmesi temelli SVM modellerinin farklı arazi koşullarına nasıl uyarlanabileceğini göstermiştir.

Hong vd. (2023) tarafından geliştirilen C2Seg veri kümesi ve HighDAN modeli, şehirler arası semantik segmentasyon problemlerinde yapay zekânın genelleme gücünü artırmaya yönelik önemli bir adım olmuştur.

Heumann vd. (2011), mangrov ormanlarının mekânsal ve zamansal izlenmesi üzerine yaptığı çalışmada, PolSAR, hiperspektral ve LiDAR verilerinin entegrasyonu ile tür ayrımı ve biyokütle tahmininde InSAR gibi yeni nesil tekniklerin olanaklarını ortaya koymuştur.

Bu çalışmalar, uzaktan algılama alanında SAR verilerinin yalnızca görüntüleme değil, aynı zamanda sınıflandırma, segmentasyon ve tehlike değerlendirmesi gibi farklı disiplinlerde de güçlü bir şekilde kullanılabileceğini göstermekte ve makine öğrenmesi ile bütünleşmiş bir yaklaşımın günümüzde artık temel bir araştırma yönü haline geldiğini ortaya koymaktadır.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, InSAR tabanlı yaklaşımların farklı coğrafi ve jeolojik ortamlarda heyelan tespiti, izlenmesi ve risk değerlendirmesi konularındaki etkinliğini giderek daha fazla ortaya koymaktadır. Örneğin, Ma vd. (2024), Xiaomojiiu heyelanının etkinleşme dinamiklerini belirlemek için çok yörüngeli Sentinel-1 InSAR analizi uygulamış ve deformasyonun devamlılığında su seviyesi dalgalanmalarının rolünü vurgulamıştır.

Benzer şekilde, Chang vd. (2025), İç Moğolistan'daki yıkıcı bir kömür madeni heyelanına ilişkin; öncesi, sırası ve sonrası deformasyonu incelemek için optik ve radar gözlemlerini birleştirmiş, geleneksel InSAR teknikleriyle hafife alınan önemli yer değiştirme gradyanlarını ortaya koymuştur.

Ye vd. (2024), Baige heyelanı için yükselen ve alçalan yörünge verilerini birleştiren bir zaman serisi InSAR yöntemi önermiş ve çoklu yörünge entegrasyonunun deformasyon izleme doğruluğunu artırdığını göstermiştir.

Yi vd. (2023), Qinghai–Tibet Platosu'ndaki bir otoyol koridoru boyunca 200'den fazla potansiyel heyelanı haritalamak ve sınıflandırmak için yarı otomatik bir SBAS-InSAR yaklaşımı kullanmış, yağış ile eğim kararsızlığı arasında güçlü ilişkiler kurmuştur.

Wei vd. (2024), Hongya Köyü'nde yağış kaynaklı bir heyelana odaklanmış ve SBAS-InSAR tekniğinin hidro-meteorolojik etkiler altındaki deformasyon bölgelerini belirlemede yüksek uygulanabilirliğe sahip olduğunu doğrulamıştır.

Son olarak, Yu vd. (2024), Sikkim'deki Güney Lhonak Gölü'nde yaşanan bir buzul gölü taşkını öncesi ve sonrası yüzey deformasyonunu incelemiş, tehlikenin gelişimini yapay zeka destekli InSAR ve optik görüntülerle yorumlamıştır.

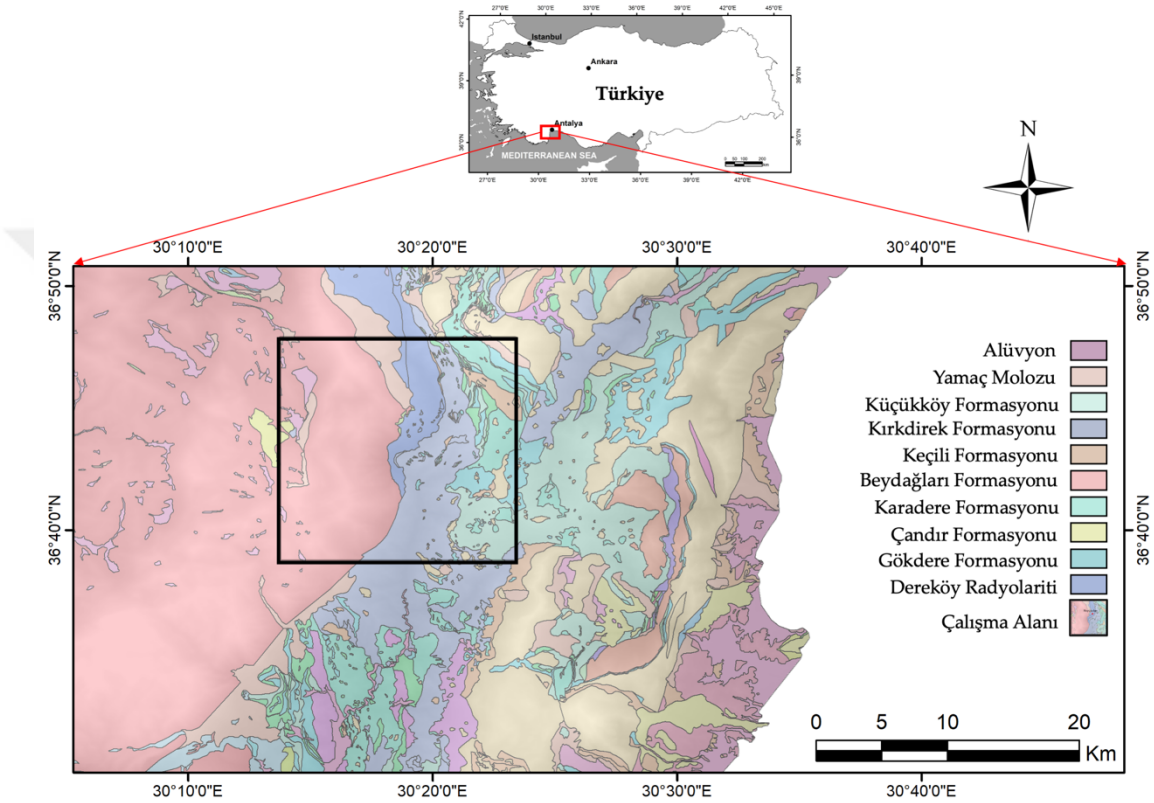
Bu çalışmalar, InSAR teknolojisinin heyelan mekanizmalarını analiz etmedeki çok yönlülüğünü ve tehlike azaltma stratejilerine rehberlik etme potansiyelini güçlü bir şekilde ortaya koymaktadır.

2.2. Jeolojik Bilgiler

Antalya'nın Büyükalan Mahallesi'ni çevreleyen jeolojik yapı, karstik kayaçlar, tortul tabakalar ve volkanik oluşumların karmaşık etkileşimiyle tanımlanmaktadır. Alan, büyük oranda iyi gelişmemiş bir eklem sistemine sahip, değişken gözeneklilik ve mekanik davranış gösteren karstik bir kayaç türü olan Antalya tüfü ile kaplıdır. Bu tüf, bölgenin jeoteknik özelliklerini belirlemede önemli rol oynamakta ve jeolojik temelinin ana bileşenlerinden birini oluşturmaktadır (Sopaci ve Akgün 2015).

1:100.000 ölçekli jeoloji haritasına (Şenel 1997) göre, çalışma alanı alüvyon, yamaç molozu, kumtaşı–marn–kireçtaşı, kumtaşı, melanj, olistostrom, kireçtaşı,

spilitleşmiş bazalt, çörtlü kireçtaşı ve radyolarit–çört–şeyl kompleksinden oluşan on farklı litolojik birimi kapsamaktadır (Şekil 2.3). Bu birimler Kuvaterner'den Orta Triyas'a (Ladinyen) kadar uzanan bir yaş aralığına sahiptir. Çalışma alanındaki baskın jeolojik birimler; Kuvaterner yaşlı yamaç molozları, Üst Senoniyen yaşlı Kırdirek Formasyonu (ofiolitik melanj), Jura–Kretase yaşlı Dereköy Radyolariti (radyolarit–çört–şeyl) ve Alt Kretase–Malm yaşlı Beydağarı Formasyonu'dur (neritik kireçtaşı). 14 Mart 2017 tarihinde meydana gelen büyük heyelan, çört, radyolarit ve şeyl litolojilerinden oluşan Jura–Kretase yaşlı Dereköy Radyolariti formasyonu içerisinde gerçekleşmiştir.



Şekil 2.3. Çalışma alanının formasyon haritası. MTA tarafından yayımlanan 1:100.000 ölçekli jeoloji haritalarından uyarlanmıştır (Şenel 1997)

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Kullanılan Veri Setleri

Sentinel-1, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından işletilen iki adet C-Bant radar uydusundan (Sentinel-1A ve Sentinel-1B) oluşmaktadır. SAR (Sentetik Açıklıklı Radar) teknolojisi sayesinde bu uydular, gece-gündüz ve her türlü hava koşulunda veri toplayabilmektedir. Bu da bulut örtüsü ya da ışık eksikliği gibi koşulların veri kalitesini düşürmemesini sağlar. Sentinel-1'in C-bant sensörü 5.405 GHz frekansta çalışmakta olup, hem aynı hem de çapraz polarizasyon modlarında veri sağlamaktadır (Grandin 2015). Bu sayede zemin nemi, bitki örtüsü ve su yüzeyi gibi unsurların detaylı analizleri yapılabildiği gibi, interferometrik uygulamalarda özellikle zemin deformasyonları milimetre hassasiyetinde ölçülebilmektedir (Hooper vd. 2012; Osmanoğlu vd. 2016).

Uydu çifti (Sentinel-1A ve 1B) sayesinde aynı hedef alanın ortalama altı günlük aralıklarla tekrar gözlemlenmesi mümkün olmaktadır. Bu tekrar ziyaret süresinin kısa olması, dinamik süreçlerin izlenmesi ve zamansal doğruluğun artırılması açısından büyük avantaj sağlamaktadır (Piromthong 2021).

Sentinel-1, farklı görüntüleme modlarında veri toplayabilir. En yaygın kullanılan mod, Interferometric Wide Swath (IW) modudur. IW modunda radar ışını üç alt dilime (IW1, IW2 ve IW3) ayrılarak geniş alanlar yüksek faz hassasiyetiyle taranabilir. Bu da interferogramların oluşturulması için gereken detaylı faz bilgisini sağlar. Böylece topografik etkilerin ayrıştırılması ve atmosferik gecikmelerin düzeltilmesi interferometrik analizlerde daha doğru sonuçlar elde edilmesine katkı sağlar (Monti-Guarnieri vd. 2022). Ancak, IW modu geniş bir tarama genişliği (250 km) ile orta düzeyde bir geometrik (mekânsal) çözünürlük (5 m x 20 m) birleştirilmesine olanak tanır (Sentinel-1 Team 2013).

Bu çalışmada, 2015 ile 2020 yılları arasında elde edilen toplam 431 adet tek görünümlü karmaşık (Single Look Complex,SLC) görüntü, COMET (Centre for the Observation and Modelling of Earthquakes, Volcanoes and Tectonics) tarafından geliştirilen LiCSAR platformu üzerinden elde edilmiştir. Çizelge 3.1, bu platform aracılığıyla elde edilen verilerin özelliklerini ve SBAS işleme adımlarına ilişkin parametreleri göstermektedir. Görüntülere; termal gürültü giderme, radyometrik kalibrasyon, yörünge düzeltme ve geometrik hizalama gibi önişleme adımları uygulanmıştır. Bu önişleme süreci, interferogramların doğruluk ve hassasiyetini artırmak için kritik öneme sahiptir (Morishita vd. 2020).

Çizelge 3.1. Sentinel-1 SAR verileri ve SBAS parametre detayları. (*uçuş yönündeki çözünürlük, ** uçuşa dük yönlü çözünürlük)

Uydu Geçiş Doğrultusu	Yükselen	Alçalan
Çerçeve Kimliği	058A-05279-131311	065D-05285-111314
Başucu Açısı (°)	10,13	169,86
Ortalama Geliş Açısı (°)	33,8035	39,5272
Azimut Çözünürlüğü *	13,9657	13,96146
Menzil (Range) Çözünürlüğü **	2,329562	2,329562

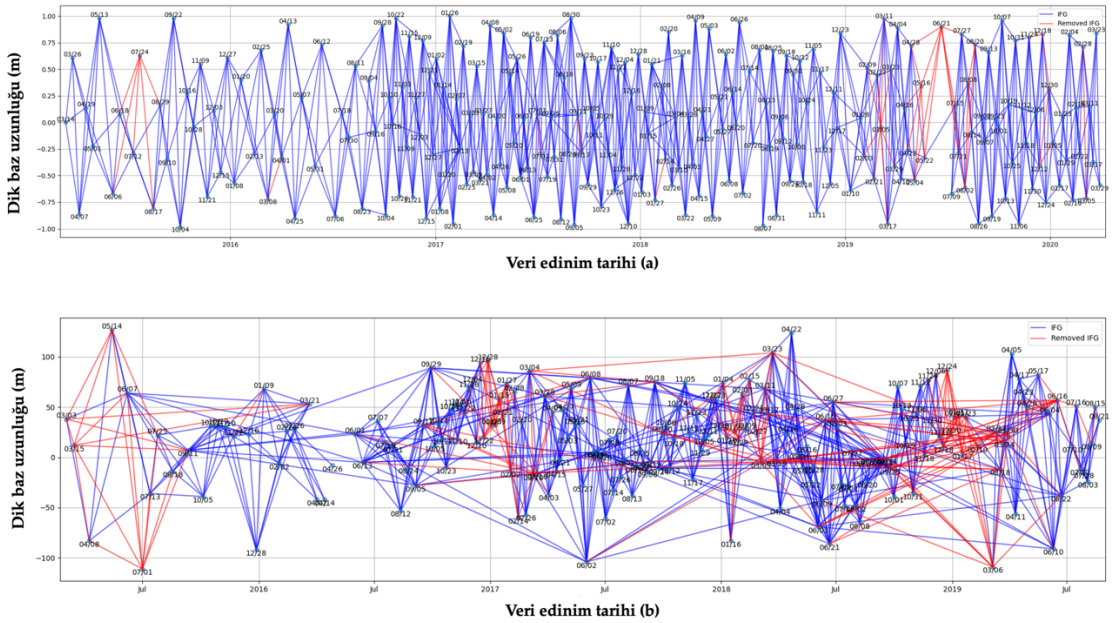
Uydu Geçiş Doğrultusu	Yükselen	Alçalan
Uyum (coherence) Eşiği	0,05	0,05
Fazı Açılmış Kapsama Eşiği	0,3	0,3
Görüntü Boyutu (genişlik/ uzunluk)	171/ 151	171/ 151
Tüm Görüntüler	236	195
Kullanılan Görüntüler	232	181
Tüm İnterferogramlar	806	930
Kullanılan İnterferogramlar	767	741
Kullanılmayan İnterferogramlar	39	189
Kullanılan Fazı Açılmış İnterferogramların Eşiği	232	181
Kullanılan Görüntülerin Tarih Aralığı	14/03/2015 – 29/03/2020	03/03/2015 – 21/08/2019

Veri bütünlüğünü sağlayacak yeterli sayıda interferogramın korunmasını, hem de yüksek eşik kullanımında karşılaşılan aşırı veri kaybı ve analiz kısıtlamalarının önüne geçilmesi amacıyla uyumluluk eşik değeri 0,05 olarak belirlenmiştir. Literatürde SBAS tabanlı çalışmalarda koherens eşik değeri için katı bir standart bulunmamakta, araştırmacılar çalışmanın doğasına ve verinin durumuna bağlı olarak farklı eşik değerleri kullanabilmektedir. InSAR ölçümlerinin doğasında bulunan sınırlılıklar nedeniyle bazı bölgelerde bozunma (decorrelation) kaynaklı deformasyon verisi eksikliği görülmektedir. Eksik veri bulunan alanlar için koherens eşik değerinin düşürülmesi de etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. (Du vd. 2021).

Veri kaybı açısından avantajlı olsa da hata riskinin artmasına sebep olabilecek düşük uyumluluk eşiğini 0,05 olarak kullanan bir çok çalışma mevcuttur (Dualeh ve Biggs 2025; Imamoglu vd. 2022; Morishita 2021; Piromthong 2021; Raimbault 2023; Rawal ve Wang 2025; Shami vd. 2022).

Bu bağlamda kalite kontrolleri sırasında belirlenen eşik değerler neticesinde alçalan yörüngeden 189, yükselen yörüngeden 39 interferogram hatalı olarak tanımlanmış ve daha sonraki işlem adımlarına dahil edilmemiştir.

Şekil 3.1, yükselen (a) ve alçalan (b) yörüngelere ait interferogramların dik taban uzunluklarını göstermektedir. Çok zamanlı InSAR analizi için üretilen interferogramlar, hem zamansal hem de geometrik kriterlere göre değerlendirilmiştir.



Şekil 3.1. Yükselen (a) ve alçalan (b) yörüngelere ait interferogramlar, dik baz uzunlukları açısından analiz edilmiştir. Kırmızı çizgiler, koherens değeri eşik değerin altında olan ve analizde kullanılmayan interferogramları göstermektedir.

3.2. Zaman Serisi InSAR Özellikleri

Son yirmi yılda, yüzey deformasyon parametrelerini tahmin etmek amacıyla zaman serisi interferometrik sentetik açıklıklı radar (InSAR) tekniği önemli ölçüde geliştirilmiştir. Milimetre düzeyinde hassasiyetle büyük ölçekli deformasyonları izleyebilme yeteneği sayesinde, zaman serisi InSAR yöntemi kentsel altyapı izleme, madencilik kaynaklı oturmalar ve heyelan tespiti gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Elde edilen uzun dönemli kümülatif deformasyon verileri, deformasyonun zaman içindeki düzenliliğini incelemek açısından büyük önem taşımaktadır (Xue vd. 2020).

Zaman serisi InSAR, literatürde farklı adlarla da anılan ve çoklu görüntü kullanımıyla yüzey deformasyonunu izlemeye olanak tanıyan bir yöntemler sınıfıdır. Geleneksel diferansiyel InSAR (DInSAR) yöntemine kıyasla iki temel avantaja sahiptir: çok sayıda SAR görüntüsüne (genellikle 20'den fazla) ihtiyaç duyması ve yalnızca kararlı saçıcı özelliklere sahip noktalardan sinyal çıkarması (Bamler ve Hartl, 1998; Burgmann vd. 2000; Ferretti vd. 2001; Rosen, 2000). Bu sayede, tüm yüzeyi kapsayan DInSAR'a göre daha yüksek koherens sağlanabilir. DInSAR, hem zamansal hem de mekânsal baz çizgisi sınırlamaları nedeniyle, özellikle bitki örtüsü bulunan bölgelerde bozunma sorunları yaşar (Galloway vd. 1998; Zebker ve Villasenor, 1992). Zaman serisi InSAR bu sınırlamaları büyük ölçüde aşar ve atmosferik gecikme etkilerini istatistiksel yaklaşımlarla azaltabilir (Ferretti vd. 2000; Liu vd. 2009). DInSAR ise atmosferik fazı yalnızca sınırlı koşullarda tahmin edebilir (Albert vd. 2001; Goldstein, 1995; Liang vd. 2019; Zebker vd. 1997). Ayrıca, zaman serisi InSAR, nivelman (Kostoglodov vd. 2001) ve GPS (Bock vd. 1997) gibi geleneksel tek noktalı yöntemlere kıyasla daha geniş alanları izleyebilme kapasitesine sahiptir. Günümüzde, bu teknik geniş ölçekli deformasyon

izleme için öne çıkan yöntemlerden biri hâline gelmektedir (Crosetto vd. 2016; Osmanoğlu vd. 2016).

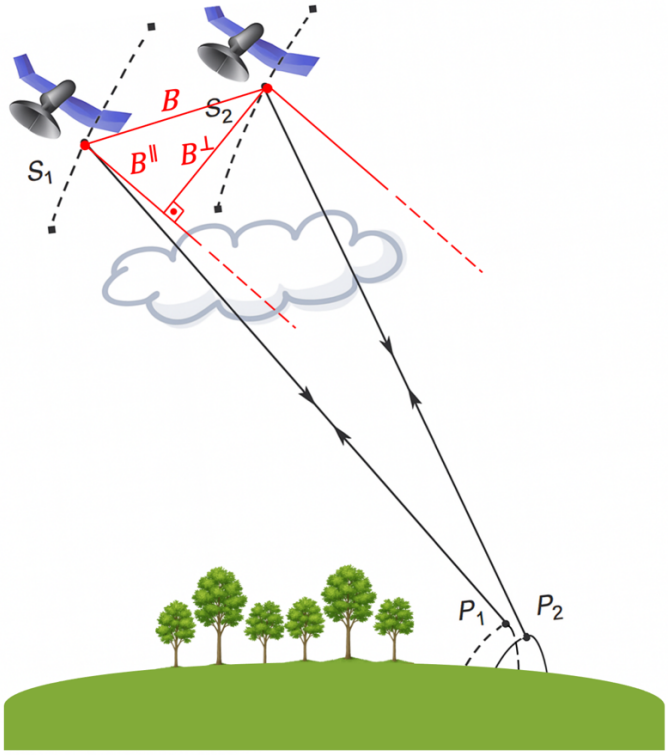
Zaman serisi InSAR tekniğinin gelişimi, üç ana faktör tarafından desteklenmiştir. İlk olarak, SAR uydu görüntüleme teknolojisi ve bilgisayar veri işleme kapasitesindeki ilerlemeler sayesinde çok sayıda SAR uydusu (örn. ERS, RadarSAT, ALOS, TerraSAR-X, COSMO-SkyMed) fırlatılmış ve bu da InSAR araştırmaları için kapsamlı veri sağlamıştır (ESA 2025). Yüksek çözünürlük, çok modlu görüntüleme ve kısa tekrar ziyaret süresi gibi özelliklerle desteklenen bu uyduların yanı sıra, gelişmiş bilgi işlem teknolojileri büyük veri hacimlerinin işlenmesini mümkün kılmıştır.

İkinci olarak, zaman serisi InSAR teknikleri milimetre altı hassasiyet, geniş alan kapsama (binlerce km²) ve düşük maliyet gibi avantajlar sunmaktadır (Elias vd. 2009; Ferretti vd. 2007). Faz sinyalinin yüzey deformasyonuna yüksek duyarlılığı sayesinde bu teknik pek çok izleme uygulamasında kullanılabilmektedir (Gabriel vd. 1989). Örneğin, TerraSAR-X'in StripMap modu 30 × 50 km, Sentinel-1'in IW modu ise 250 × 250 km'lik alanları kapsayabilmektedir. Geniş alanların düşük ek maliyetle izlenebilmesi, diğer yöntemlere göre önemli bir avantaj sunmaktadır.

Üçüncü olarak, yer kabuğunda meydana gelen çok sayıda doğal ve insan kaynaklı olay (çökme, volkanik faaliyet, heyelan vb.) deformasyonla ilişkilidir (Colesanti ve Wasowski 2006; Kimura ve Yamaguchi 2000; Massonnet vd. 1993; Massonnet ve Feigl 1998). Bu nedenle deformasyon, bu süreçleri tanımlamak için kullanılan en doğrudan fiziksel parametrelerden biridir. Deformasyon sinyalinin tahmin edilmesi ve sürecin izlenmesi, ilgili afetlerin tahmini ve erken uyarısı için hayati bir karar desteği sağlamaktadır.

3.2.1. Geleneksel diferansiyel InSAR (DInSAR)

Klasik DInSAR gözlem geometrisi Şekil 3.2'deki gibidir. Uydu hedefi önce S_1 konumunda, sonra S_2 konumunda görüntülemiştir. Bu sırada hedef P_1'den P_2'ye hareket etmektedir.



Şekil 3.2. DInSAR gözlem geometrisini gösteren şematik çizim. S_1ve S_2, sırasıyla ana (master) ve yardımcı (slave) görüntülemeyi belirtir. Gözlem süresince hedef P_1'den P_2'ye hareket eder. $B^{\parallel}$ paralel baz ve $B^{\perp}$ dikey baz bileşenlerini gösteren şematik çizim

Gözlemler arasındaki mesafe farkı, dalga boyu ile çarpılarak interferometrik faz (ϕ) elde edilir (3.1). Buradaki λ radar dalga boyudur. İnterferometrik faz (ϕ), denklem 3.2'deki gibi birden fazla faz bileşeninden oluşur (Massonnet ve Feigl 1998; Rosen 2000).

$$\phi = \frac{4\pi}{\lambda}(S_2P_2 - S_1P_1) \tag{3.1}$$

$$\phi = \phi^{\text{flat}} + \phi^{\text{dem}} + \phi^{\text{def}} + \phi^{\text{aps}} + \phi^{\text{noise}} \tag{3.2}$$

3.2 numaralı denklemde ϕ^{flat}, düz dünya faz bileşenidir (referans düzlem fazı olarak da adlandırılır); referans düzlemindeki farklı konumlar arasındaki faz farkından kaynaklanır ve paralel baz bileşeniyle orantılıdır (3.3) (Ferretti vd. 2007). Denklemde geçen $B^{\parallel}$ paralel baz uzunluğudur.

$$\phi^{\text{flat}} = \frac{4\pi}{\lambda} \cdot B^{\parallel} \tag{3.3}$$

Denklem 3.2'de yer alan ϕ^{dem} topoğrafik faz katkısıdır ve dikey baz uzunluğuyla orantılıdır (3.4) (Ferretti vd. 2007).

$$\phi^{\text{dem}} = \frac{4\pi}{\lambda R \sin\theta} \cdot h \cdot B^{\perp} \quad (3.4)$$

Denklem 3.4'de R sensör ile hedef arasındaki mesafe, θ bakış açısı (incident angle) h arazi yüksekliği, $B^{\perp}$ uydu platformları arasındaki dikey uzaklıktır.

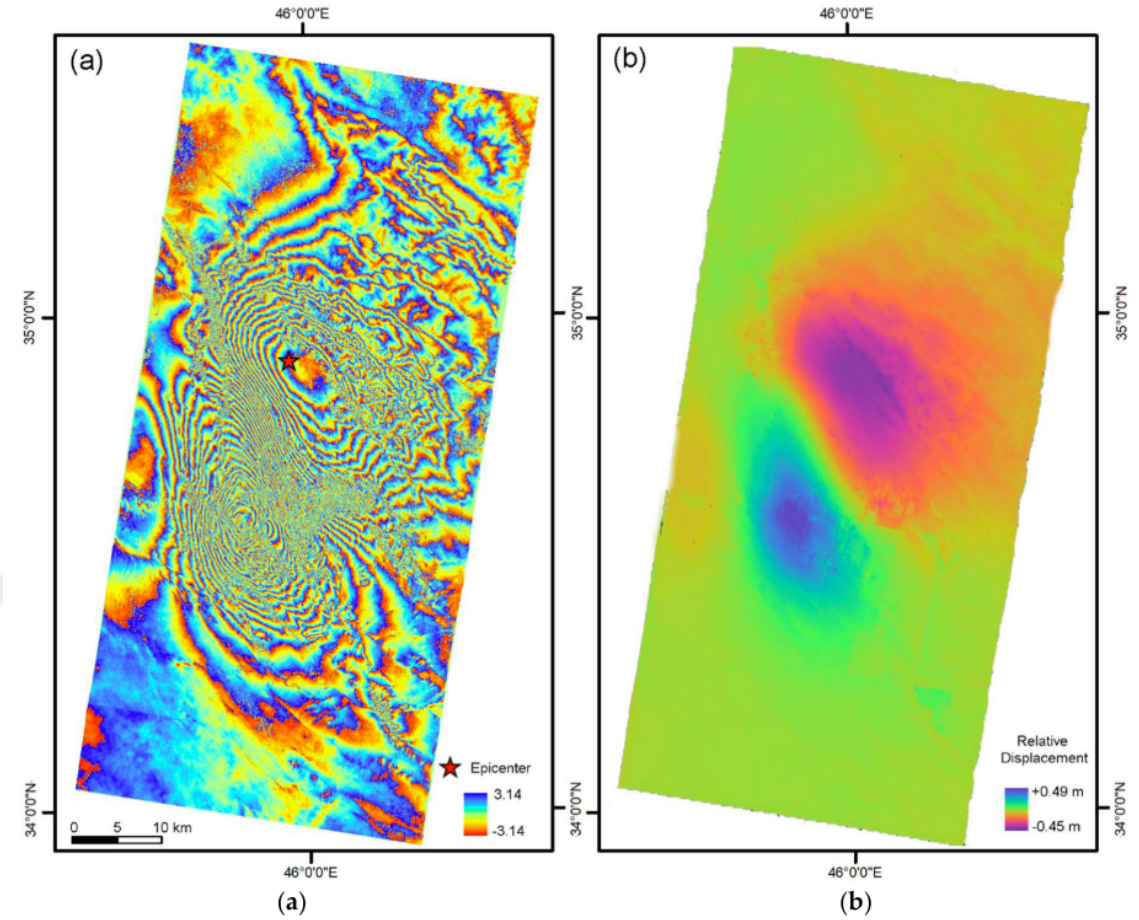
Uzamsal baz vektörü, SAR interferometri işleminde önemli bir parametredir. Bu vektör, S_1'den S_2'ye doğrudur ve Şekil 3.2'de gösterildiği gibi iki bileşene ayrılır. Bunlar; uydu platformları arasındaki paralel baz bileşeni $B^{\parallel}$ ve uydu platformları arasındaki dikey uzaklık $B^{\perp}$' dan oluşmaktadır. Baz vektörünün hassas tahmini, sonraki veri işleme aşamaları açısından hayati öneme sahiptir. Santimetre hatta milimetre düzeyinde doğrulukla baz tahmini yapılması gerekmektedir (Singh vd. 1997). Bu tahmin genellikle yörünge vektörlerinden elde edilir ve interferogramlarla hassaslaştırılır.

Denklem 3.2'de yer alan ϕ^{def} deformasyon faz bileşenidir (uydunun görüş hattı yönündedir) (Galloway vd. 1998). ϕ^{aps} atmosferik yayılım gecikmesi bileşenidir (APS). ϕ^{noise} rastgele gürültü bileşenidir.

Özellikle DInSAR işleminde gözlemlenen interferometrik faz ϕ $-\pi$ ile π aralığında sarılmış bir değerdir:

$$\Phi = \phi + k \cdot 2\pi \quad (3.5)$$

Denklem 3.5'de yer alan Φ açılmış faz, k faz belirsizliği olarak adlandırılır. Bu nedenle interferogram üzerinde saçak desenleri görülebilir (Madsen vd. 1993). Bu saçakların yoğunluğu, arazi değişimi, baz uzunluğu ve sinyal dalga boyuna bağlıdır. Faz belirsizliği faz çözme (unwrapping) işlemiyle mutlaka giderilmelidir (Costantini ve Rosen 1999; Goldstein 1988; Li vd. 2019; Li vd. 2019; Li vd. 2018; Costantini 1998; Zhang vd. 2017; Yu 2019). Şekil 3.3'de 12 Kasım 2017'de meydana gelen Halepçe depremi için oluşturulan interferograma ait saçak yapısı ve deformasyon haritası görülmektedir (Günçe ve San, 2018).



Şekil 3.3. 12 Kasım 2017 tarihli Halepçe depremi için oluşturulan interferogram (a), faz çözümleme sonrası elde edilen deformasyon haritası (b) (Günçe ve San, 2018).

DInSAR işleminde deformasyon sinyalini elde etmek için düz dünya ve topoğrafik faz bileşenleri çıkarılır (Gabriel vd. 1989). Atmosferik faz genellikle ihmal edilir ya da harici verilerle düzeltilir. Öte yandan zaman serisi InSAR, çok sayıda interferogram üretir ve 2B (azimut, range) sinyali 3B (azimut, range, zaman) olarak işler. Farklı yöntemler kullanılsa da tüm zaman serisi InSAR teknikleri bu 3B sinyali ayrıştırarak ilgilenilen deformasyon bilgisini elde etmeyi amaçlar.

3.2.2. Zaman Serisi InSAR Tekniklerinin Sınıflandırılması

Zaman serisi InSAR teknikleri, çeşitli araştırma kurumlarınca farklı şekillerde geliştirilmiştir. Bu teknikler; kullanılan saçıcı türüne, interferogram üretim yöntemine, faz çözme stratejisine ve referans ağ yapısına göre sınıflandırılabilir (Çizelge 3.2).

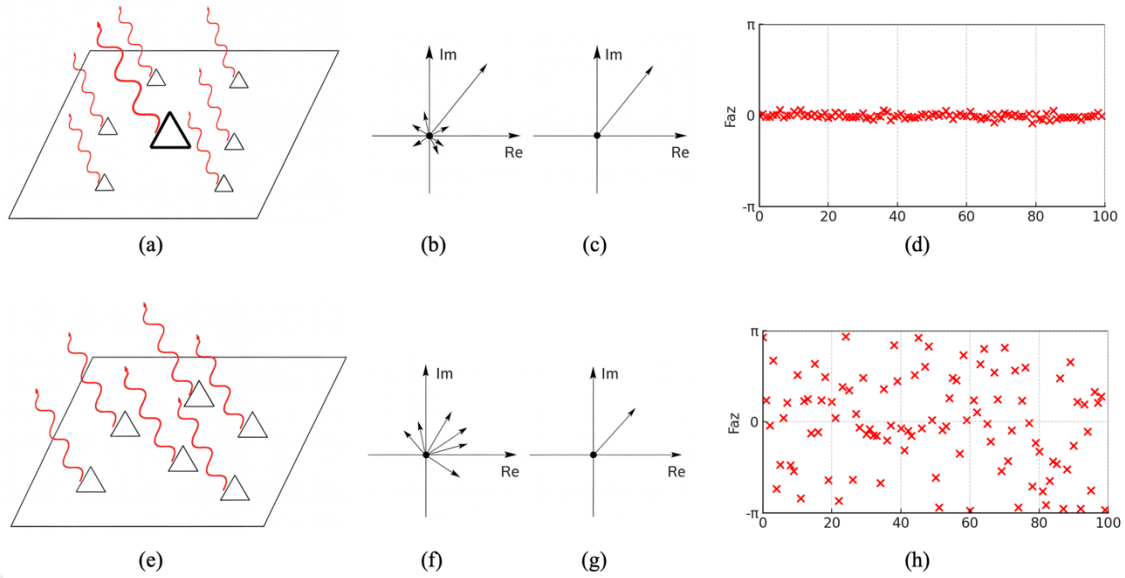
Çizelge 3.2. Zaman serisi InSAR tekniklerinin karşılaştırması.

Yöntem	İnterferogram Modu	Ölçüm Noktası	Deformasyon Modeli	Faz Açma	Optimizasyon Yöntemi
PSI	Tek referans	PS	Zamanda lineer model	1B zaman	Periyodogram
SBAS	Çoklu referans	DS	Zamanda lineer model	2B uzay	MCF + SVD
CPT	Çoklu referans	PS ve DS	Zamanda lineer model	1B zaman	Conjugate gradient
PSP	Tek referans	PS	Zamanda lineer model	1B zaman	Periyodogram
SqueeSAR	Tek referans	DS	Zamanda lineer model	1B zaman	Periyodogram
JSInSAR	Tek referans	DS	Zamanda lineer model	1B zaman	Periyodogram
StaMPS	Tek referans	PS ve DS	Uzamsal düzgünlük	2B uzay + 1B zaman	Filtreleme
QPS	Çoklu referans	PS	Zamanda lineer model	1B zaman	En küçük kareler
TCP-InSAR	Çoklu referans	PS	Zamanda lineer model	Yok	En küçük kareler
MTDA	Çoklu referans	PS	Uzamsal düzgünlük	2B uzay + 1B zaman	MCF
STUN	Tek referans	PS	Zamanda lineer model	2B uzay + 1B zaman	LAMBDA

3.2.2.1. Saçıcı Türüne Göre Sınıflandırma

PS (Sürekli Saçıcı) tabanlı yöntemler, yüksek faz uyumluluğu gösteren kararlı yansıtıcı hedefleri kullanır. Genellikle kentsel alanlarda bulunurlar (örneğin: bina, yol, köprü) (Dheenathayalan vd. 2011; Perissin ve Ferretti 2007; Soergel 2010). PS seçimi için genellikle genlik dağılım indeksi (ADI) kullanılır ve eşik değeri 0.25'in altıdır (Ferretti vd. 2001). Deformasyon analizi için PS'ye dayalı zaman serisi InSAR teknikleri arasında PSI (Ferretti vd. 2001), PS çifti (PSP) interferometrisi (Costantini vd. 2008), interferometrik nokta hedef analizi (IPTA) (Werner vd. 2003), PS için Stanford yöntemi (StaMPS) (Hooper vd. 2004) ve uzamsal-zamansal faz açma ağı (STUN) (Kampes ve Adam 2006) bulunmaktadır.

DS (Dağıtık Saçıcı) tabanlı yöntemler, kırsal ve dağlık bölgelerdeki düşük faz uyumlu, düzensiz yansıtıcıların birlikte değerlendirilmesiyle elde edilir. SAR görüntülerinde bir DS hedefi genellikle birden fazla piksele dağılmış durumdadır. Bu piksellerden herhangi biri ayrı ayrı analiz edildiğinde düşük faz uyumu gösterir; ancak, belirli bir algoritma kullanılarak birden fazla pikselin birleştirilmesiyle kararlı bir saçıcı oluşturulabilir. Bu süreç Şekil 3.4 (f) ve (g)'de gösterilmektedir. Şekil 3.4 (e) ve (g), DS nesnelerini, karmaşık düzlemdeki DS sinyalini ve DS sinyalinin ana yönünü göstermektedir (Esfahany 2017).



Şekil 3.4. Siyah üçgenler saçıcıları, dalgalı çizgiler ise yansıyan sinyali temsil ederken, bu öğelerin boyutları sinyalin gücünü göstermektedir. (a) Bir PS örneği, (b) PS sinyalinin karmaşık düzlemdeki gösterimi, (c) PS sinyalinin baskın yönü, PS sinyalinin gürültü seviyesine bağlı faz değerlerinin dağılımı, (e) Bir DS örneği, (f) DS sinyalinin karmaşık düzlemdeki gösterimi, (g) DS sinyalinin baskın yönü ve (h) DS sinyalinin gürültü seviyesine bağlı faz değerlerinin dağılımı sunulmaktadır.

DS analizinde en basit yöntem çoklu görünüm (multilook) işleme olup SBAS tarafından kullanılır (Berardino vd. 2002). Bu yöntem çözünürlüğü düşürür. Bu soruna iki çözüm önerilmektedir: İlki, SBAS yöntemine PS'leri entegre etmektir. Diğeri ise, istatistiksel bir teste dayalı uyarlanabilir pencere kullanılarak DS'lerin tanımlanmasıdır. DS tabanlı geliştirilen yöntemler arasında: SqueeSAR (Ferretti vd. 2011) ve JSInSAR (Lv vd. 2014) ve diğer geliştirilmiş yöntemler (Cao vd. 2016; Goel ve Adam 2014; Jiang vd. 2015; Narayan vd. 2018) bulunmaktadır.

3.2.2.2. Interferogram Üretim Moduna Göre

Tek referanslı (single-reference) modda tüm interferogramlar ortak bir ana görüntüye göre üretilir. Kullanılan teknikler arasında PSI, IPTA, StaMPS, SqueeSAR, STUN, PSP, JSInSAR bulunur.

Çok referanslı (multi-reference) mod, daha fazla interferogram üretmeye olanak tanır. SBAS, TCP-InSAR (Zhang vd. 2012), CPT (Blanco-Sànchez vd. 2008) ve SPN (Crosetto vd. 2008) bu modda çalışır.

Tek referans moduyla interferogram üretirken dikkate alınması gereken temel faktörlerden biri uygun bir ana görüntünün seçilmesidir. Ana görüntünün uzamsal ve zamansal baz çizgileri ile Doppler frekansı, tüm görüntülerin merkezine mümkün olduğunca yakın olmalıdır; böylece toplam uyuşumsuzluk (dekorelasyon) en aza indirilir. Çoklu referans modunda ise (örneğin SBAS gibi), zamansal ve uzamsal baz çizgilerinin uzunluğu genellikle sınırlandırılır.

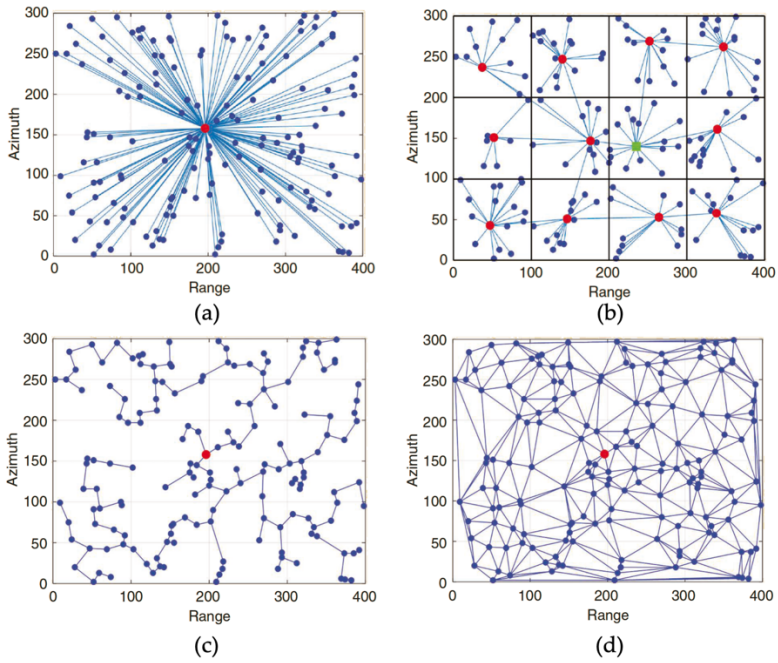
3.2.2.3. Faz Çözme Yöntemine Göre

Zaman serisi InSAR tekniklerinde kullanılan faz çözme (phase unwrapping) yöntemleri genellikle 1B (zamana bağlı) ve 2B (azimut ve menzil doğrultusunda) faz çözme olmak üzere iki gruba ayrılır. 1B yöntem, süreksiz bölgelerde fazları doğru şekilde çözebilir; ancak bu yöntem daha fazla interferograma ihtiyaç duyar ve fazın önceden tanımlanmış modele uyması gerekir. Öte yandan, 2B yöntem daha az interferogramla işlem yapabilir ve faz çözme sonrası işlemler daha esnektir; fakat bu yöntemde faz sürekliliği varsayımını sağlamayan bölgelerde hata meydana gelebilir. Faz çözme (phase unwrapping) 2π faz belirsizliğinin geri kazanılmasıyla ilgili bir problemdir ve ek varsayımlar gerektirir (Bioucas-Dias ve Valadão 2007). 1B zamana bağlı çözmede (Örneğin PSI) faz, zamana bağlı tek boyutlu modelle çözülür. 2B uzay çözmede (Örneğin SBAS) faz, azimut ve range boyutlarında çözülür; ardından SVD ile deformasyon sinyali elde edilir (Costantini 1998).

Her iki yöntemin sınırlamaları nedeniyle, 3B çözümleme (azimut, range ve zaman) önerilmiştir. Örneğin MTDA yöntemi, mutlak fazları belirleyerek daha doğru deformasyon tahminleri sunar (Romero ve Ghiglia 1996; Yu vd. 2018).

3.2.2.4. Referans Ağı Yapısına Göre

PSI'da kullanılan yıldız ağı yalnızca küçük alanlarda etkilidir (Şekil 3.5(a)). IPTA, daha büyük alanlar için bloklu yıldız ağı modeli sunar (Şekil 3.5(b)). Alternatif olarak, asgari yayılma ağları (MST) (Perissin ve Wang 2012) ve üçgenleme yöntemleri (Liu vd. 2009; Ojha vd. 2015) de referans noktaları arasında bağlantı kurmak için kullanılır.



Şekil 3.5. PS ve/veya DS noktaları için oluşturulan referans ağ yapıları gösterilmektedir: (a) yıldız ağı, (b) bloklu yıldız ağı, (c) asgari yayılma ağ yapısı ve (d) Delaunay ağı (Xue vd. 2020).

3.2.3. Küçük Uzaklık Alt Kümesi (SBAS) Tekniği

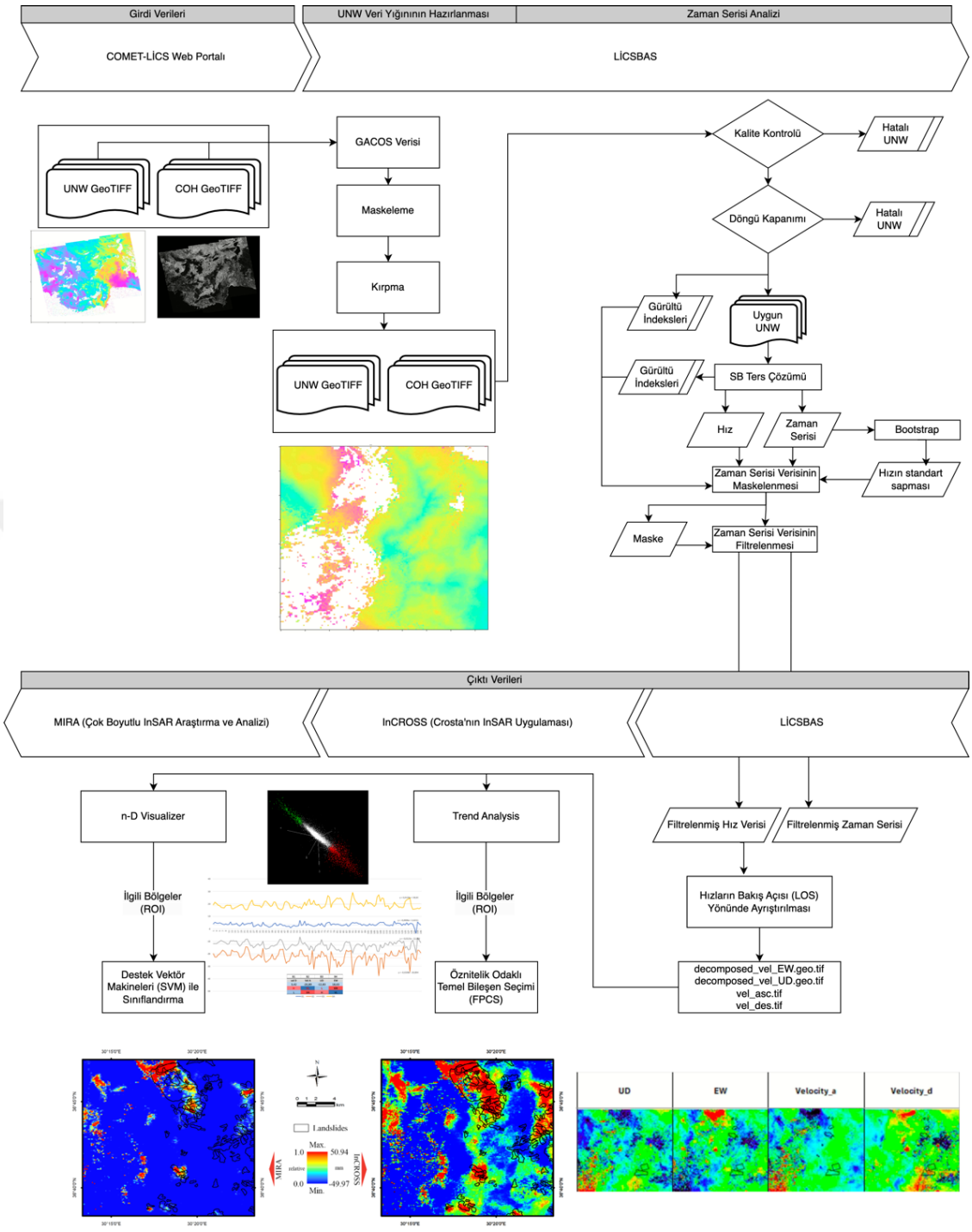
SBAS yöntemi, PSI yönteminin kentsel olmayan alanlarda yetersiz kaldığı durumları aşmak amacıyla dağıtık saçıcılar kullanarak deformasyon bilgisi elde eder. İlk olarak kısa uzamsal ve zamansal baz çizgisine sahip SAR görüntü çiftleri seçilerek interferogramlar oluşturulur. Ardından dağıtık saçıcıların saçılma özelliklerini artırmak için multilook işleme uygulanır. Sonrasında her interferograma MCF (Minimum Cost Flow) yöntemiyle faz çözme işlemi yapılır. Son olarak faz modeli oluşturularak, SVD (Singular Value Decomposition) algoritmasıyla deformasyon ve yükseklik düzeltmeleri hesaplanır. İlerleyen aşamalarda doğrusal olmayan deformasyonlar ve APS (atmosferik faz gecikmesi) filtreleme yoluyla elde edilebilmektedir.

SBAS, DS'lerin saçılma özelliklerini iyileştirebilir ve sinyal-gürültü oranını (SNR) artırabilir; ancak bunun karşılığında görüntü çözünürlüğünü düşürerek bazı detayların kaybolmasına neden olur.

Klasik SBAS yöntemine ek olarak birçok iyileştirme yapılmıştır. Hooper (2008), çalışmasında SBAS yöntemine PS'leri entegre etmiştir. Böylece DS kullanılırken mümkün olduğunca fazla sayıda PS korunarak görüntü detayları artırılmıştır. Lanari vd. (2004), veri setlerini hem tek-görüntülü (single-look) hem de multilook interferogramlar üzerinde ayrı ayrı işlemiş, ardından bu sonuçlar birleştirmiştir. Bu hibrit yaklaşım, her iki veri setinin avantajlarını bir araya getirerek hem geniş ölçekli işleme olanak tanımış hem de kaliteyi artırmıştır.

3.3. Batı Akdeniz Heyelanları Deformasyon Analizi

Bu çalışma dört ana adıma ayrılmıştır: LiCSAR işleme zinciri, zaman serisi analizi (LiCBAS), InSAR çıktılarının (deformasyon ürünleri) elde edilmesi, önerilen yaklaşımların uygulanması: MIRA (Mul-ti-dimensional InSAR Research and Analysis) ve InCROSS (Crosta application in In-SAR). Şekil 3.6, çalışma sırasında izlenen tüm adımları göstermektedir (Gunce ve San 2025).



Şekil 3.6. LiCSAR ve LiCSBAS'a dayalı çok zamanlı InSAR analizi ve önerilen yöntemlerin uygulama adımlarını içeren iş akış şeması

Bu çalışmanın yöntemsel çerçevesi, çalışma alanındaki yüzey deformasyonlarını doğru ve kapsamlı şekilde analiz etmeyi amaçlayan dört aşamalı sıralı bir süreci içermektedir. İlk olarak, görüntü eşleştirme, çoklu görünüm oluşturma ve faz açılımı gibi işlemlerle interferogramların üretildiği LiCSAR işleme zinciri uygulanmıştır. İkinci aşamada, fazı açılmış interferometrik ürünler üzerine zaman serisi analizi gerçekleştirmek amacıyla LiCSBAS yazılımı kullanılmış, bu sayede zamansal

deformasyon eğilimleri tespit edilmiş ve atmosferik gürültü minimize edilmiştir. Üçüncü adımda, yükselen ve alçalan yörünge verileri, çok yönlü deformasyon ürünleri elde etmek amacıyla düşey ve doğu-batı bileşenlerine ayrıştırılmıştır. Son olarak, iki gelişmiş analitik yaklaşım uygulanmıştır: MIRA, çok boyutlu görselleştirme ve destek vektör makineleriyle sınıflandırmayı içerirken; InCROSS, temel bileşenler analizi ve Crosta tekniğini kullanarak belirgin deformasyon alanlarını vurgulamış ve sınıflandırmıştır. İşleme adımlarına dair ayrıntılı bilgiler sonraki bölümlerde verilmiştir.

3.3.1. LiCSAR İşleme Zinciri

LiCSAR, görüntülerin bir referans görüntüye göre eşleştirilmesi (coregistration), interferogram üretimi, çoklu görünüm oluşturma (multilooking) ve faz açılımı gibi adımları kapsayan bütüncül bir işleme zinciri sunar. Bu süreç, geniş alanlardaki zemin deformasyonlarının yüksek çözünürlükte haritalanmasını sağlar (Morishita vd. 2020). LiCSAR, Deprem, Volkan ve Tektonik Gözlem ve Modelleme Merkezi tarafından Sentinel-1 verileri için özel olarak geliştirilmiş bir InSAR işleme sistemidir. Küresel tektonik ve volkanik faaliyetlerin sürekli izlenmesini desteklemek için Sentinel-1 interferogramları düzenli olarak üretilmekte ve COMET-LiCS web portalı üzerinden kamuya açık hale getirilmektedir (LiCSAR 2025).

LiCSAR, interferogram üretimini otomatikleştirmek amacıyla geliştirilmiş bir işleme zinciridir. Bu yöntem, ham verilerden başlayarak interferogramlar, koherens haritaları ve ham çıktılar üretmeye kadar uzanan çok sayıda adımdan oluşur. İlk adımda, Sentinel-1 verileri belirlenmiş parametrelere göre elde edilir; ardından görüntüler birbiriyle hizalanır. Her bir Sentinel-1 görüntüsü için, üçü önceki sahnelerle ve üçü sonraki sahnelerle olmak üzere toplam altı interferogram oluşturulmaktadır. Topografik faz, yaklaşık 30 metre uzamsal çözünürlüğe (1 ark saniye) sahip "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM) sayısal yükseklik modeli kullanılarak giderilmektedir (Farr vd. 2007). Oluşturulan tüm interferogramlar, Goldstein filtresi ile süzülmekte (Goldstein ve Werner 1998) ve ardından SNAPHU yazılımı kullanılarak faz sarımı açılmaktadır (Chen ve Zebker 2002; LiCSAR 2025).

LiCSAR, interferogram üretimi sürecinde faz farkı hesaplaması ve faz açılımını otomatik olarak gerçekleştirir. Bu, geniş alanlarda objektif ve yüksek çözünürlüklü deformasyon haritalarının oluşturulmasını sağlar. LiCSAR'ın otomasyon uygunluğu, güvenilirliği ve büyük veri setlerini verimli işleyebilme kapasitesi, literatürde de desteklenmiştir (Lazeckỳ vd. 2020).

3.3.2. Zaman Serisi Analizi (LiCSBAS)

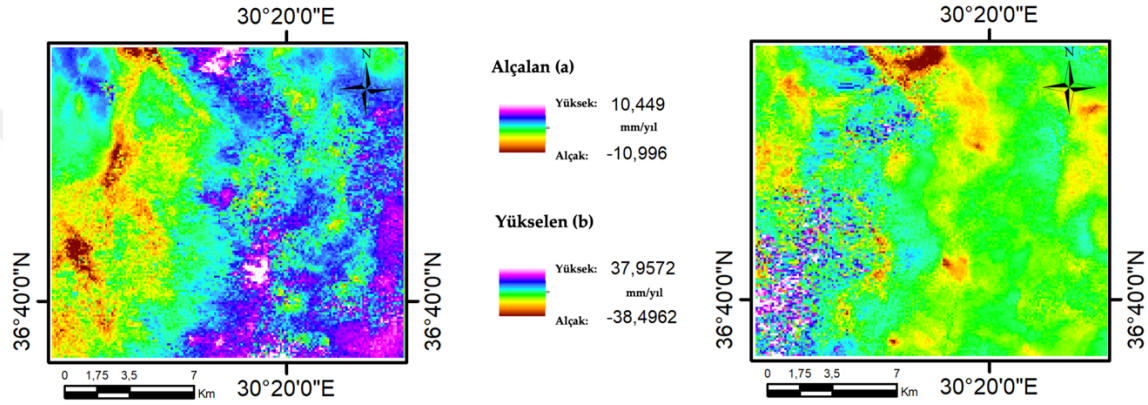
LiCSBAS, LiCSAR tarafından üretilen fazı açılmış interferogramlar ve koherens verileri üzerinde zaman serisi analizi gerçekleştiren bir yazılımdır. Bu yöntem, atmosferik gürültü ve diğer bölgesel faktörlerin etkilerini azaltmak amacıyla GACOS (Generic Atmospheric Correction Online Service) gibi araçlarla entegre çalışmaktadır.

Zaman serisi analiz sürecinde, her bir pikseldeki deformasyon değerleri zamana bağlı olarak analiz edilmekte ve doğrusal regresyon teknikleri kullanılarak zemin deformasyon hızları hesaplanmaktadır. LiCSBAS, mekânsal ve zamansal filtreleme adımlarıyla gürültülü verileri eleyerek son kullanıcıya yüksek hassasiyetli hız haritaları

sunmaktadır. Böylece yöntemin geniş veri kapsamı ve doğruluk açısından literatürdeki önemi ortaya çıkmaktadır (Morishita vd. 2020).

3.3.2.1. Kümülatif Hız Haritaları

Şekil 3.7, LiCSBAS iş akışıyla işlenen yükselen ve alçalan yörünge verilerinden türetilen kümülatif görüş hattı (LOS) hız haritalarını göstermektedir. Her iki harita da çalışma alanındaki yüzey yer değiştirmelerinin mekânsal dağılımını milimetre/yıl (mm/yıl) cinsinden ifade etmektedir. Şekil 3.7.a, alçalan yörüngeye ait olup, deformasyon hızları –10,996 mm/yıl ile 10,449 mm/yıl arasında değişmektedir. Şekil 3.7.b, yükselen yörüngeden elde edilen sonuçları göstermekte olup, daha geniş bir deformasyon aralığı olan –38,496 mm/yıl ile 37,957 mm/yıl arasında değişen hızları sergilemektedir.



Şekil 3.7. LiCSBAS işleminden elde edilen kümülatif LOS hız haritaları:(a) Alçalan yörünge verisine dayalı deformasyon deseni, (b) Yükselen yörünge verisine dayalı deformasyon deseni.

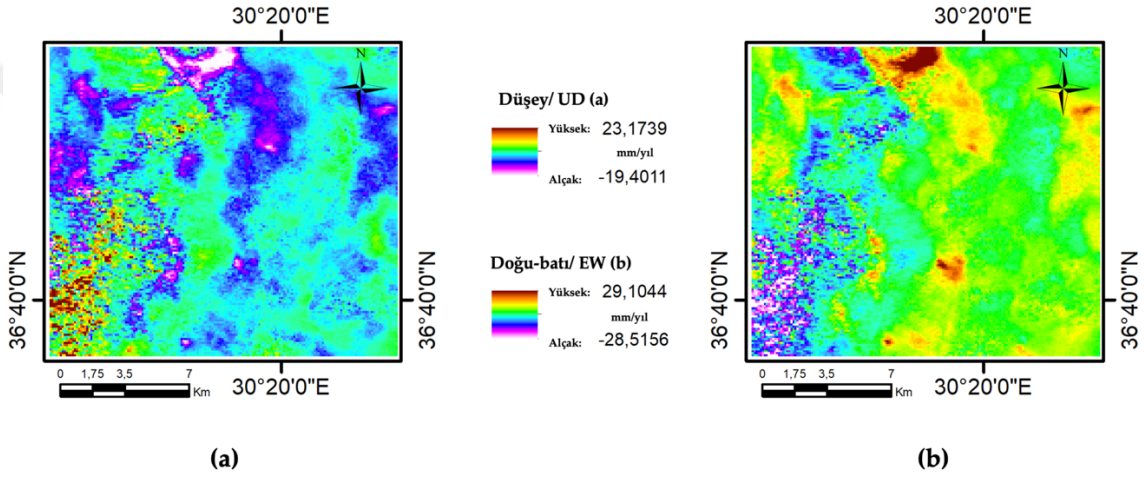
Renk skalasında soğuk tonlar (mor ve mavi), uyduya doğru hareketi (kabarmayı); sıcak tonlar (kırmızı ve turuncu) ise uydudan uzaklaşan hareketi (çökme) göstermektedir. Bu haritalar, her piksel için yıllık ortalama hızları yansıttığından, kütle hareketlerinin tanımlanması ve sınıflandırılması açısından kritik öneme sahiptir.

3.3.3. InSAR Çıktılarının Elde Edilmesi (Deformasyon Ürünleri)

InSAR yöntemi yalnızca görüş hattı (LOS) yönünde yüzey deformasyonlarını ölçebilir. Ancak, üç boyutlu (düşey, doğu–batı ve kuzey–güney) deformasyon bileşenlerinin elde edilebilmesi için hem yükselen hem de alçalan yörünge verilerine dayanan ayrıştırma tekniklerinin kullanılması gerekmektedir. Ancak, uyduların kuzey–güney yönündeki hareketi, gerçek deformasyon bileşenini LOS ölçümlerine anlamlı bir şekilde yansıtamadığından, bu yöndeki yer değiştirmeler göz ardı edilmiştir (Motagh vd. 2017; Pepe vd. 2017; Wright vd. 2004). Bu çalışmada, önceki çalışmalarda önerilen yöntemlerde olduğu gibi, yalnızca her iki yörünge verisinde de yeterli tutarlılığa (koherans) sahip noktalardan 3B deformasyon bileşenleri elde edilmiştir.

3.3.3.1. LOS Hız Haritalarının Ayrıştırılması

Şekil 3.8, kümülatif LOS hız haritalarından elde edilen sonuçlarla hesaplanan düşey (UD) ve doğu–batı (EW) deformasyon bileşenlerinin mekânsal dağılımını göstermektedir. Şekil 3.8.a, –19,401 mm/yıl ile 23,173 mm/yıl aralığındaki düşey deformasyon bileşenini, Şekil 3.8.b ise –28,515 mm/yıl ile 29,104 mm/yıl arasında değişen doğu–batı yönlü zemin hareketlerini göstermektedir. Her iki haritada da kullanılan renk skalası, kabarma/çökme (UD) ile doğuya/batıya hareket (EW) ayrımını kolaylaştırmaktadır. Bu ayrıştırılmış hız haritaları, yüzey deformasyonunun yönsel özelliklerine dair daha net bilgiler sunmakta ve kütle hareketlerinin yönünü belirlemede özellikle yararlı olmaktadır. Bu veriler, yükselen ve alçalan Sentinel-1 yörüngelerinin ortak analizinden elde edilmiştir ve zemin hareketinin üç boyutlu yapısının daha kapsamlı anlaşılmasına katkı sunmaktadır.



Şekil 3.8. Kümülatif LOS hız haritalarının ayrıştırılması: (a) dikey (yukarı-aşağı) deformasyon bileşeni ve (b) yükselen ve alçalan yörünge verilerinin kombinasyonundan elde edilen doğu-batı yönlü yatay deformasyon bileşeni.

Sonuçlar deformasyon hız haritaları ve zaman serisi grafikleri biçiminde görselleştirilmiştir. Kümülatif hız ve LOS ayrıştırma analizlerinden elde edilen hız ve bileşen haritaları, MTA tarafından sağlanan vektör tabanlı heyelan envanteri verileri (Duman vd. 2009) ile ArcGIS yazılımı (ESRI Inc. 2010) kullanılarak birleştirilmiştir. Bu veri setleri GeoTIFF formatında dışa aktarılmış ve sonraki analiz adımları için MIRA ve InCROSS yaklaşımlarında kullanılmak üzere giriş verisi olarak hazırlanmıştır.

3.3.4. Önerilen Yaklaşımların Uygulanması: MIRA ve InCROSS

Bu çalışmada iki yeni yaklaşım önerilmiştir: MIRA ve InCROSS. Aşağıdaki bölümlerde bu yaklaşımların detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

3.3.4.1. MIRA (Çok Boyutlu InSAR Araştırma ve Analizi)

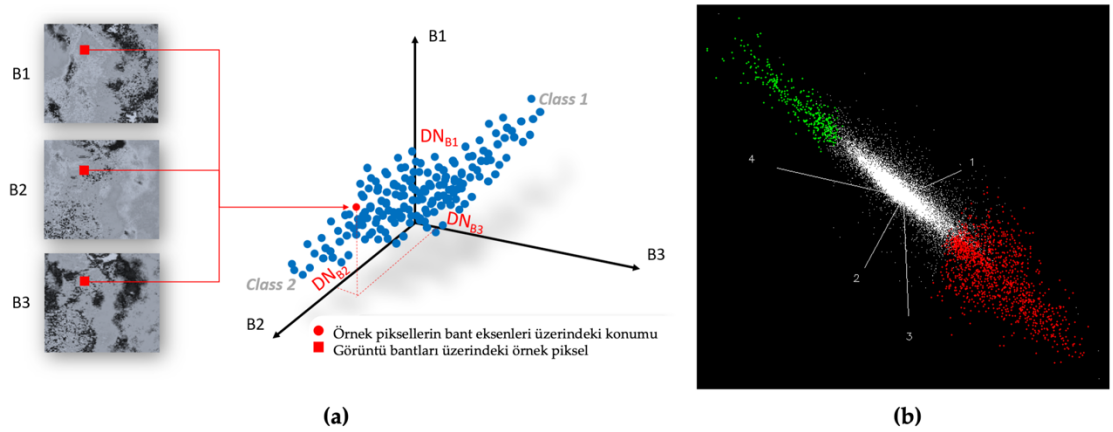
Bu yaklaşımın temel mantığı, çok boyutlu verilerin görselleştirilmesi ve bu çok boyutlu dağılım üzerinde anomali bölgelerinin belirlenmesine dayanmaktadır. Bu çalışmada, LiCSBAS yöntemi kullanılarak elde edilen alçalan ve yükselen yörüngeye ait

yüzey deformasyon hız haritaları ile bunların doğu–batı (EW) ve düşey (UD) bileşenlerine ayrıştırılması sonucunda toplam dört veri kümesi elde edilmiştir. Bu veri setleri, ENVI 5.0 yazılımında yer alan "n-D Visualizer" modülü kullanılarak çok boyutlu görsel ve sayısal analizle değerlendirilmiştir.

N-boyutlu görselleştirici, özellikle hiperspektral ve multispektral uzaktan algılama çalışmalarında, maden kaynakları ve litolojik birimlerin tespitinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Etkileşimli görselleştirme yeteneği sayesinde, yüksek boyutlu (3 bant üstündeki) verilerin dağılımı incelenebilmekte ve spektral olarak benzer ya da farklı bölgeler ayırt edilebilmektedir (Kruse vd. 2003; Rajan Girija ve Mayappan 2019). Bu bulutlar, deformasyon hız bileşenleri ile oluşturulan çok boyutlu öznitelik uzayında spektral olarak ayırt edilebilir piksel kümelerini temsil etmektedir. Bu yaklaşım, n-boyutlu uzayda farklı sınıfların farklı piksel değerleriyle kümelere ayrıldığını göstermektedir. N-boyutlu görselleştirici aracı, üçten fazla eksene sahip bir uzayda birbirinden ayrılan sınıfların görselleştirilmesini kolaylaştırır. Bu yaklaşımda aykırı değer olarak tanımlanan kümeler farklı sınıfları temsil eder. Sınıfların bir alanı ne ölçüde kapladığı öznel bir karar gibi görünse de en büyük varyasyona sahip nokta bulutlarının genel dağılım ekseninin (en uzun eksen) uçlarında, %25 ila %33 (1/4 ila 1/3) aralığında kalan bölgeler her zaman iki ayrı kümeye işaret etmektedir. Her bir sınıf için belirlenen nokta bulutunun büyüklüğü, eğitim sınıfındaki örneklem boyutunu değiştirir; ancak sınıflandırma sonucunu anlamlı şekilde etkilememektedir. Bunun nedeni, bu çalışmada sınıflandırma için kullanılan SVM algoritmasının, örneklem boyutundan bağımsız olarak başarılı bir sınıflandırma yapabilme yeteneğine sahip olmasıdır (Thanh Noi ve Kappas 2017; Wang vd. 2017). Analiz sırasında, n-D görselleştiriciden kırmızı için 3769 nokta ve yeşil için 624 nokta toplanmıştır.

N-boyutlu görselleştirici yaklaşımı, hiperspektral görüntülerde uç üye (end member) tanımlamasına benzemektedir. Burada, farklı sınıflara ait piksellerin öznitelik uzayının kenarlarında kümelendiği varsayılır. Şekil 3.9.a'da gösterildiği gibi, her örnek piksel, farklı bantlardaki (örneğin B1, B2, B3) sayısal değerleri (DN) ile tanımlanmakta ve bu değerler pikselin üç boyutlu öznitelik uzayındaki konumunu belirlemektedir. Bu çalışmada yapılan görsel analizde, farklı deformasyon özelliklerine sahip bölgeler, n-boyutlu dağılım grafiğinde kırmızı ve yeşil piksel bulutları şeklinde görülmektedir (Şekil 3.9.b). N-boyutlu görselleştirme sürecinde herhangi bir eşiğe başvurulmamış, böylece kayıp değerlerin oluşmasının önüne geçilmiştir.

N-boyutlu görselleştirici ile analiz yaparken kullanılan girdi setlerinin aynı ölçekte veya radyometrik çözünürlükte olmasına gerek yoktur. N-boyutlu görselleştirme analizinde, her biri kendi içerisinde tutarlı olan farklı veri setlerinin teorik olarak kullanılmasına olanak verir.



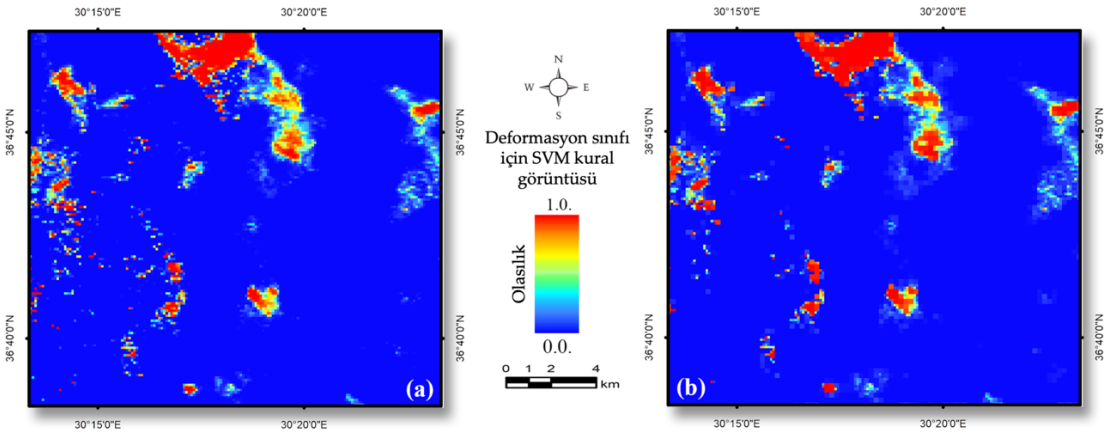
Şekil 3.9. Piksel değerlerinin birden fazla bantta nasıl konumlandığını ve bu değerlerin üç boyutlu öznitelik uzayındaki yerlerini nasıl belirlediğini gösteren kavramsal şematik çizim (a). n-D Visualizer'ın saçılım grafiği, farklı deformasyon bölgelerini temsil eden kırmızı ve yeşil piksel bulutlarını göstermektedir. Dört InSAR ürünü, dört eksen üzerinde temsil edilmiştir (b).

Sınıflandırma işlemi, destek vektör makinelerine (SVM) dayalı denetimli sınıflandırma imkânı sunan ENVI-IDL tabanlı ImageSVM aracı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çekirdek fonksiyonu olarak, doğrusal olmayan sınıflandırma problemlerinde güçlü performansı nedeniyle radyal tabanlı fonksiyon (RBF) seçilmiştir (Chang ve Lin 2011; Hsu vd. 2003; Pradhan 2013; Wu vd. 2004). RBF çekirdek fonksiyonu, aşağıda verilen matematiksel ifade ile giriş örnekleri arasındaki benzerliği hesaplamaktadır (3.6).

$$K(x_i, x_j) = \exp(-g \parallel x_i - x_j \parallel^2), \quad g > 0 \tag{3.6}$$

Bu formülde, g parametresi çekirdeğin genişliğini tanımlamakta ve her bir eğitim örneğinin etkisini kontrol etmektedir. Bu çalışmada g değeri 0,25 olarak belirlenmiştir. Daha yüksek bir g değeri aşırı öğrenmeye, daha düşük bir değer ise yetersiz öğrenmeye neden olabilir. Ceza parametresi (C) 100,0 olarak ayarlanmış olup, karar sınırı ile sınıflandırma hatası arasındaki dengeyi sağlamaktadır. Sınıflandırma olasılık eşiği %1 olarak belirlenmiştir. Bu şekilde yalnızca tahmin edilen sınıf olasılığı %1'in üzerinde olan pikseller ilgili sınıfa atanmıştır. Kullanılan tüm SVM parametreleri, EnMap Box aracındaki (Van der Linden vd. 2010) parametre optimizasyon aracı kullanılarak üretilmiştir. Çalışmada, seviye 1 piramit düzeyinde SVM sınıflandırması da gerçekleştirilmiş ve mekânsal farklılıklar görsel olarak karşılaştırılmıştır (Şekil 3.10). Ancak deformasyon (anomali) bölgelerinin konumu ve büyüklüğü açısından anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir. Seviye 0 piramit düzeyinde orijinal verinin çözünürlüğü korunurken, seviye 1 piramit düzeyinde analiz/ sınıflandırma daha düşük çözünürlüklü bir versiyonla gerçekleştirilmiştir. Farklı piramit düzeylerinde elde edilen sınıflandırma sonuçlarının birbirinden çok farklı olmaması, çalışmada sınıflandırma için kullanılan deformasyon özelliklerinin ölçek değişiminden etkilenmediğini göstermektedir. Bir diğer önemli özellik, SVM sınıflandırması için oluşturulan hiper-düzlem modelinin yeterince sağlam olması ve her iki piramit düzeyinde benzer sonuçlar elde edilmesini sağlamasıdır. Ayrıca, piramit düzeyleri arasında farklılıkların olmaması nedeniyle, giriş veri setinin

ölçek değişimine karşı homojen bir yapıya sahip olduğu değerlendirilmiştir. Piramit düzeyleri arasındaki farklara rağmen sınıflandırma sonuçlarının değişmemesi, modelin ölçek değişimlerine karşı dayanıklı olduğunu ve sınıflandırma için kullanılan özelliklerin genel yapılar üzerinden belirlendiğini göstermektedir. Bu durum, modelin iyi bir genelleme yeteneğine sahip olduğunu ve farklı çözünürlüklerde tutarlı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı, SVM sınıflandırma sürecinde piramit düzeyi olarak 0 kullanılmıştır.



Şekil 3.10. MIRA yaklaşımının, piramit katmanı 0 (a) ve piramit katmanı 1 (b) kullanılarak yapılan SVM sınıflandırması sonuçları.

Destek vektör makinesi sınıflandırıcısı, ENVI 5.0'daki n-D Visualizer modülü ile oluşturulan n-boyutlu dağılım grafiğindeki kırmızı ve yeşil piksel bulutlarından seçilen örnek piksel kümelerine uygulanmıştır. Bu bulutlardan tanımlanan ROI'ler eğitim ve test verisi olarak kullanılarak farklı deformasyon özellikleri ayırt edilmiştir. SVM tarafından üretilen nihai deformasyon dağılım haritası, sınıflandırma başarımını değerlendirmek amacıyla InCROSS yöntemiyle elde edilen sonuçla karşılaştırılmıştır.

3.3.4.2. InCROSS (Crosta tekniğinin InSAR'a uygulanması)

InSAR analizinde önerilen diğer yeni yaklaşım olan InCROSS, girdi verilerinin temel bileşenlerine dayanmaktadır. LiCSBAS yöntemiyle elde edilen yüzey deformasyon hız görüntülerinin istatistiksel değerlendirmesinde, Temel Bileşenler Analizi (PCA) ve Crosta tekniği kullanılarak yüksek boyutlu verilerin yapısal özellikleri ortaya konmuştur.

PCA, yüksek korelasyonlu çok bantlı verileri, varyansa dayalı olarak birbirinden bağımsız yeni bileşenlere dönüştürerek veri boyutunu azaltır ve baskın yapısal örüntüleri ön plana çıkarır (Singh ve Harrison 1985). Bu yöntem, deformasyon verilerindeki sistematik değişimleri vurgularken, yansıma etkileri ve gözlem geometrisine bağlı gürültü bileşenlerini bastırır. PCA'nın sunduğu bu avantaj, uzaktan algılamaya dayalı yüzey deformasyon analizlerinde verinin istatistiksel olarak sadeleştirilmesi ve yorumlanabilirliğinin artırılması açısından özellikle önemlidir.

PCA'ya dayalı olarak geliştirilen Crosta tekniği ise, ana bileşenler içinde belirli spektral veya istatistiksel özellikler sergileyen bileşenleri öne çıkararak anomalilerin ayrımını kolaylaştırır (Crosta ve Moore 1989). Bu iki yöntemin birlikte uygulanması,

literatürde "Öznitelik Odaklı Temel Bileşen Seçimi (FPCS)" ya da "Seçmeli PCA" olarak da anılmakta olup, aktif deformasyon bölgelerinin tanımlanmasında, sistematik olmayan varyasyonların filtrelenmesinde ve farklı deformasyon desenlerinin sınıflandırılmasında etkili sonuçlar sunmaktadır.

Mevcut heyelan envanterindeki (MTA ve AFAD kaynaklı) heyelan poligonları ile dört InSAR ürünü (alçalan ve yükselen yörüngelere ait LOS hızları ile bunların düşey (UD) ve doğu-batı (EW) bileşenlerine ayrıştırılmış halleri) eş zamanlı olarak değerlendirilmiştir. Heyelan alanlarındaki piksellerin her bir InSAR ürünü için değerleri analiz edildiğinde, heyelan bölgelerinde InSAR ürünlerinin piksel değerlerine dair bir eğilim belirlenebilmektedir. Bu dört InSAR ürünü girdi olarak kullanılarak yapılan Temel Bileşenler Analizi (PCA) sonucunda elde edilen dört ana bileşenden, bu eğilimi yansıtan bileşen, istenen deformasyon alanlarını temsil etmektedir (Şekil 3.11). Bu nedenle, tüm InSAR ürünlerini içeren ana bileşen, istenen özelliği kapsamaktadır.

Çalışmamızda, birinci ana bileşenin (PC1), heyelan alanlarında gözlemlenen eğilimin tersini yansıttığı görülmüştür. Bu nedenle, bu bileşenin tersi çalışmada istenen çözüm olarak kabul edilmiştir. Çizelge 3.3'de dört InSAR ürününe ait ana bileşenler ve özdeğerler gösterilmiştir. Bu sınıflandırmaya (veya tersine) karşılık gelen eğilim desenleri (düşük (L), çok yüksek (VH), yüksek (H), çok düşük (VL)) PCA ile elde edilmiş ve bu çalışmada kullanılan veri kümesini oluşturmak için kullanılmıştır. Çizelge 3.3'de mavi ve kırmızı renkler sırasıyla negatif ve pozitif değerleri göstermektedir. Koyu renkler daha büyük mutlak değerleri, açık renkler ise daha küçük mutlak değerleri ifade etmektedir.

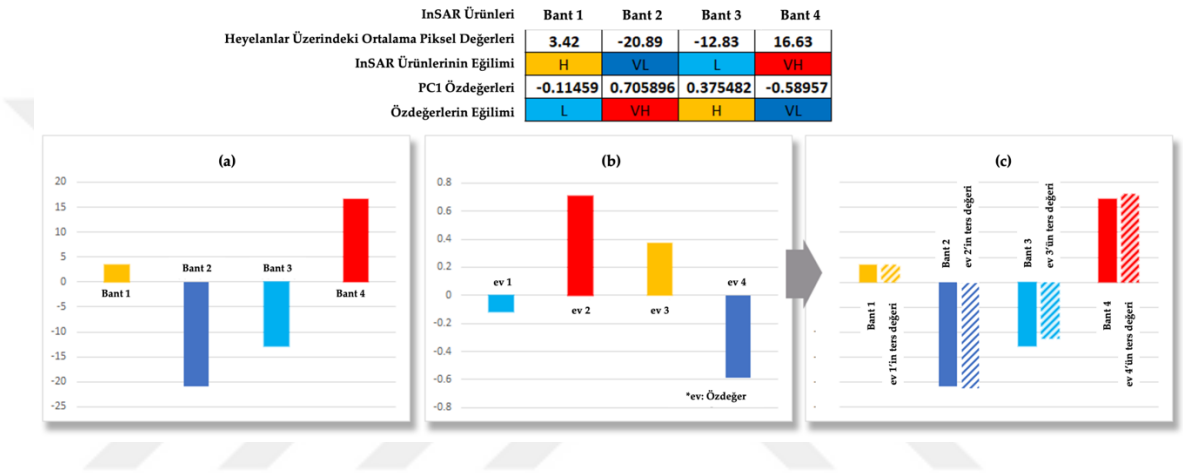
Çizelge 3.3. Yüzey deformasyon hız görüntülerine uygulanan PCA'dan elde edilen temel bileşen sonuçları ve bunlara karşılık gelen eğilim desenleri.

Temel İstatistikler	**Minimum**	**Maksimum**	**Ortalama**	**Standart Sapma**	**Özdeğer (Eigenvalue)**
Bant 1	-10,613440	10,802399	-0,635378	1,882506	77,340558
Bant 2	-37,604809	38,850689	0,387135	6,297917	5,389825
Bant 3	-19,401117	23,173937	-0,150252	3,575909	1,761477
Bant 4	-28,515564	29,104374	-0,779784	5,338290	0,000189

Kovaryans	**Bant 1**	**Bant 2**	**Bant 3**	**Bant 4**
Bant 1	3,543827	-5,476135	-1,401497	6,893651
Bant 2	-5,476135	39,663758	20,486561	-30,998962
Bant 3	-1,401497	20,486561	12,787124	-16,311262
Bant 4	6,893651	-30,998962	-16,311262	28,497340

Özvektör (Eigenvector)	**EV 1**	**EV 2**	**EV 3**	**EV 4**
PC 1	-0,11459	0,705896	0,375482	-0,58957
PC 2	0,679952	0,25827	0,484736	0,48579
PC 3	-0,14363	0,659551	-0,59168	0,440775
PC 4	0,709863	0,000005	-0,52341	-0,47131

InCROSS analizinin temel mantığı, birleştirilmiş tüm InSAR ürünleri için istenen eğilimi temsil etmek amacıyla doğrudan ilişkili ana bileşenin kullanılmasıdır. Bu nedenle, elde edilen tekil ana bileşendeki en yüksek değerler, istenen eğilimle en yüksek benzerliği ifade eder. Şekil 3.11, orijinal InSAR ürünlerinden (Bant 1: Alçalan LOS hızları, Bant 2: Çıkan LOS hızları, Bant 3: Düşey (UD) deformasyon bileşenleri, Bant 4: Doğu-Batı (EW) bileşenleri) elde edilen deformasyon alanlarının ortalama değerlerinin eğilimini ve tüm veri setlerinden türetilmiş baş bileşenleri göstermektedir. Şekil 3.11.a'da, deformasyon alanlarına ait sayısal değerler (DN) ve her bir InSAR ürünü için bu değerlerin eğilimleri gösterilmiştir. Şekil 3.11.b'de ise tüm ürünlere ait PC1 ve her bir özdeğeri ile bu özdeğerlerin eğilimleri yer almaktadır. Her iki grafik arasında ters yönlü bir ilişki bulunmuştur; bu nedenle PC1'in tersi alınarak Şekil 3.11.c'de ilişki ve korelasyonu gösteren grafiksel bir temsil oluşturulmuştur.



Şekil 3.11. Orijinal InSAR ürünleri ve temel bileşen analizi (PCA) temelinde deformasyon alanlarının eğilim karşılaştırması: Orijinal InSAR veri setlerinden elde edilen deformasyon alanlarındaki piksel değerleri ve bu değerlerin eğilimleri (sarı: yüksek eğilim, koyu mavi: çok düşük eğilim, mavi: düşük eğilim, kırmızı: çok yüksek eğilim) (a),PC1'e ait özdeğer eğilimleri (b), Orijinal InSAR veri setlerinden elde edilen deformasyon alanlarındaki piksel değerleri ile PC1'in tersinin karşılaştırılması (çizgili renkler) (c).

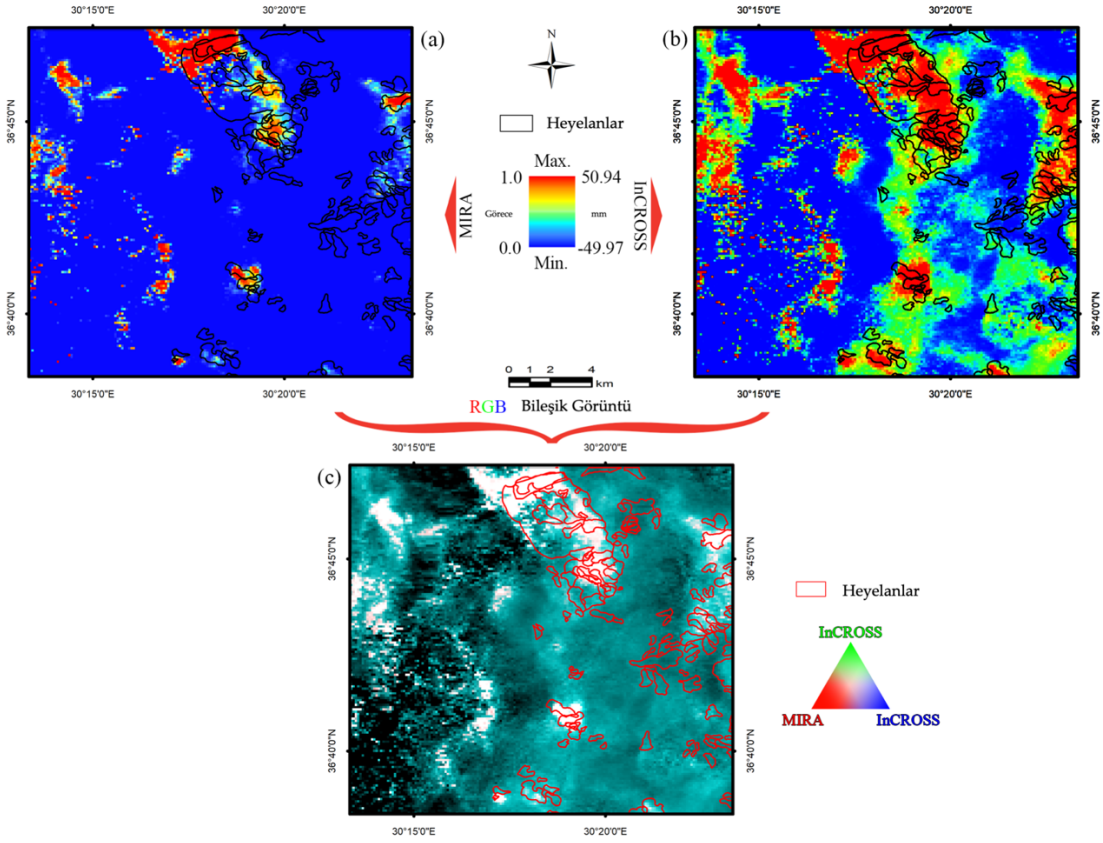
4. BULGULAR

Bu çalışmada, Antalya'nın Büyükalan bölgesindeki heyelan aktivitesi, 2015–2020 yılları arasında toplanan Sentinel-1 SAR verilerine dayalı çok zamanlı InSAR analizleriyle incelenmiştir. Amacı, yüzey deformasyonunun mekânsal ve zamansal özelliklerini ortaya koymak ve yüzey hareketinin yönünü analiz etmektir. LiCSBAS iş akışının bir parçası olarak, hem yükselen hem de alçalan yörüngelerden elde edilen interferogramlar değerlendirilmiş ve modelin güvenilirliğini sağlamak amacıyla düşük uyumluluk değerine sahip olanlar analiz dışında bırakılmıştır.

Yükselen ve alçalan yörüngelerden elde edilen kümülatif LOS hız haritaları, çalışma alanı genelinde farklı deformasyon örüntülerini ortaya koymuştur. Alçalan yörünge sonuçları daha yerel yer değiştirme bölgelerini öne çıkarırken, yükselen yörünge verileri daha geniş alanlarda daha yoğun deformasyon eğilimlerini yakalamıştır. Deformasyon hızları, alçalan veriler için yaklaşık –10,996 mm/yıl ile 10,449 mm/yıl arasında, yükselen veriler için ise –38,496 mm/yıl ile 37,957 mm/yıl arasında değişmiştir. Bu haritalar, uzun dönemli zemin hareketlerini piksel düzeyinde görselleştirerek kabarma ve çökme bölgelerinin belirlenmesini sağlamıştır.

Deformasyon yönü hakkında daha ayrıntılı bilgi edinmek amacıyla, LOS hızları yükselen ve alçalan yörünge verileri birleştirilerek düşey (yukarı–aşağı) ve doğu–batı bileşenlerine ayrıştırılmıştır. Düşey bileşen, yaklaşık –19,401 mm/yıl ile 23,173 mm/yıl arasında; doğu–batı bileşeni ise –28,515 mm/yıl ile 29,104 mm/yıl arasında değişen deformasyon değerleri göstermiştir. Bu ayrıştırılmış haritalar, yüzey hareketinin yönsel özelliklerine dair daha açık bilgiler sunmuş ve heyelan süreçlerinin mekânsal dinamiklerinin anlaşılmasına katkıda bulunmuştur.

Bu çalışmada, her iki yenilikçi yöntemden elde edilen deformasyon bilgileri görsel ve mekânsal olarak karşılaştırılmıştır (Şekil 4.1). Şekil 4.1.a'da kırmızı alanlar, MIRA yöntemi kullanılarak elde edilen yüksek deformasyon bölgelerini göstermektedir. Benzer şekilde, Şekil 4.1.b'de kırmızı alanlar, InCROSS yöntemi ile elde edilen yüksek deformasyon bölgelerini temsil etmektedir. Her iki yöntemden elde edilen deformasyon sonuçları, Şekil 4.1.c'de bir RGB renk bileşimi olarak sunulmuştur. Bu renk bileşiminde, kırmızı (R) bileşeni MIRA verisinden, mavi-yeşil (B-G) bileşenleri ise InCROSS verisinden alınmıştır. Bu şekilde elde edilen görüntüde, her iki yöntemde de deformasyon olarak belirlenen alanlar parlak yansıma değerleriyle (beyaz) görünmektedir. Hiçbir yöntemde deformasyon olarak tanımlanmayan alanlar koyu (siyah) renkle gösterilmiştir. Camgöbeği (cyan) ve kırmızı renklerle gösterilen alanlar, sırasıyla yalnızca InCROSS ve yalnızca MIRA yöntemi tarafından tanımlanan deformasyon bölgelerini ifade etmektedir. Her iki yöntemin görsel karşılaştırmaları Şekil 4.1.c'de gösterilmiştir. Ayrıca, bu iki yöntemin tutarlılığı hesaplanmış ve %80,48 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.1. MIRA yaklaşımı ile oluşturulan nihai deformasyon dağılım haritası (a), görsel yorumlamayı desteklemek amacıyla InCROSS yaklaşımından elde edilen kontrastı artırılmış deformasyon görüntüsü (b), iki yaklaşımın RGB renkli kompozit görüntü (c) ile karşılaştırılması.

Sonuç olarak, Sentinel-1 SAR verisi, yavaş gelişen zemin deformasyonlarının (örneğin heyelanların) izlenmesi açısından güçlü bir potansiyel ortaya koymaktadır. Gelecekteki çalışmalarda, model doğruluğunu artırmak amacıyla yer tabanlı GNSS gözlemlerinin entegrasyonu önerilmektedir. Ayrıca, yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modellerinin (DEM) kullanımı ve SAR görüntü alma sıklığının artırılması, özellikle yoğun bitki örtüsüne sahip alanlarda analiz kalitesini geliştirebilir.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmanın bulguları, batı Antalya gibi heyelan riski taşıyan bölgelerde zemin deformasyonlarının tespit edilmesi ve karakterize edilmesi açısından gelişmiş çok zamanlı InSAR tekniklerinin faydasını doğrulamaktadır. MIRA ve InCROSS yaklaşımlarının entegrasyonu sayesinde, çok boyutlu görselleştirme, makine öğrenmesine dayalı sınıflandırma ve istatistiksel dönüşüm tekniklerinin bir araya getirilmesiyle deformasyon dinamikleri detaylı şekilde yorumlanmasını mümkün kılmıştır. Bu sonuçlar, heyelan etkinliğinin uzaktan algılama ile analizinde boyutsal indirgeme ve sınıflandırma tekniklerinin dahil edilmesinin önemini vurgulayan önceki çalışmalarla da tutarlıdır (Kruse vd. 2003; Pradhan 2013; Singh ve Harrison 1985).

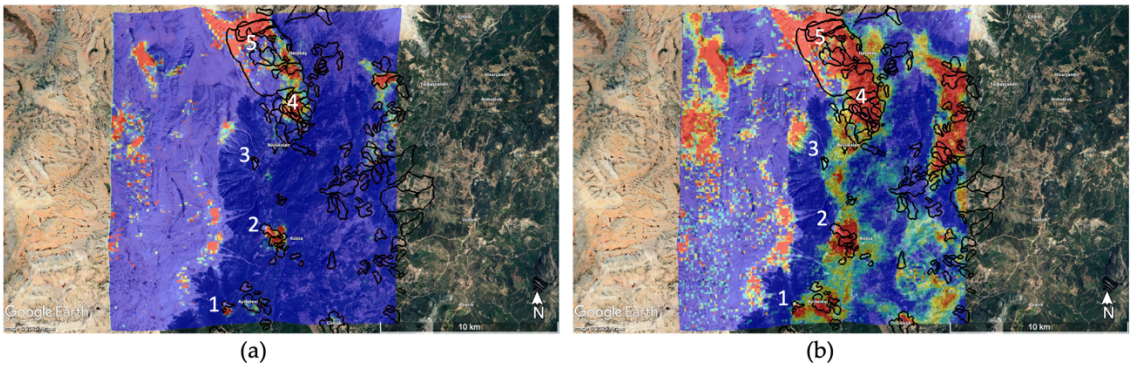
Bu çalışmada kullanılan analitik süreç, LiCSAR ve LiCSBAS gibi interferometrik veri işleme araçlarının sağladığı güçlü çözümlerden büyük ölçüde faydalanmıştır. LiCSAR, otomatik iş akışları aracılığıyla zaman ve emek açısından verimli interferogram üretimi ve önişleme imkânı sunarken; LiCSBAS, bu çıktılara dayanarak deformasyon hızlarının güvenilir şekilde tahmin edilmesini sağlamaktadır. Açık kaynaklı yapısı, Python tabanlı oluşu ve atmosferik düzeltme gibi modüllerle entegrasyonları sayesinde, bu araçlar farklı coğrafi ve çevresel bağlamlarda başarıyla uygulanmıştır (Demir ve Yazgan 2023). Ancak, yoğun bitki örtüsü ya da düşük radar geri saçılımına sahip bölgelerde veri tutarlılığının azalması gibi zorluklar, InSAR tabanlı yorumlamaların mümkün olduğunda yer doğrulaması ile desteklenmesini gerekli kılmaktadır.

Önerilen iki teknikte farklı avantajlar öne çıkmaktadır. MIRA, InSAR'dan türetilen doğu–batı (EW) ve düşey (UD) bileşenleri kullanarak çok boyutlu bir veri uzayı oluşturur. MIRA yaklaşımı, n-boyutlu dağılım grafiklerinde deformasyon modellerinin tanımlanmasını mümkün kılarken, aynı zamanda çok boyutlu bir veri bulutu aracılığıyla tüm InSAR ürünlerinin analize entegre edilmesine olanak tanır. MIRA yaklaşımında n-boyutlu uzayda sınıf seçimi öznel bir işlem gibi görünse de, bu çalışma söz konusu seçimin nasıl yapılacağına dair bir yol haritası sunmakta ve sonraki araştırmacıların bu öznellikten en az düzeyde etkilenmesini nasıl sağlayabileceklerini açıklamaktadır. Veri bulutundaki en uzak üyeler her zaman farklı kümeleri temsil eder. Bu kümelerin kapsadığı alan, seçilen uzun eksenin yaklaşık üçte birine karşılık gelmektedir. Ancak MIRA yaklaşımında, n-boyutlu uzayda tanımlanan bu eğitim sınıfları SVM sınıflandırıcısında kullanılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilir. SVM sınıflandırıcısı, örnekleme bağımlı olmayan bir sınıflandırıcıdır ve doğruluk, örnek sayısından bağımsız olarak elde edilebilir. SVM sınıflandırıcısının bu güçlü yönü, n-boyutlu uzaydaki küçük seçim farklarını dikkate almayarak tutarlılığı artıran bir unsur olarak öne çıkar. Kısaca, MIRA yaklaşımının uygulama adımları şu şekilde özetlenebilir: (1) n-boyutlu uzaydaki nokta bulutunun en uzun ekseninin belirlenmesi, (2) bu uzun eksenin her iki ucunda yer alan üçte birlik bölgelerin farklı uç üye temsili olarak işaretlenmesi, (3) bu temsil kümelerinin SVM için eğitim sınıfı olarak atanması. SVM, temsil kümesinin boyutundan bağımsız çalışan bir sınıflandırıcıdır; dolayısıyla bu kümede yapılacak küçük değişiklikler temsil yetisini değiştirmez (Thanh Noi ve Kappas 2017; Wang vd. 2017). Bu adımlar, önerilen standart uygulama prosedürü sayesinde öznelliği azaltır ya da en aza indirir. Sonuç olarak, orijinal InSAR veri setlerinde bulunan hareket bilgileriyle birleştirildiğinde, MIRA'nın sağladığı çok boyutlu içgörüler deformasyon dinamiklerinin anlaşılmasında değerli olabilir.

Bu çalışmada önerilen bir diğer yaklaşım olan InCROSS, Temel Bileşenler Analizi (PCA) ve Crosta tekniğine dayanmaktadır ve daha basit bir uygulama prensibi ile istatistiksel hesaplamalara dayanır. Bu yöntem, heyelan konumlarına dair ön bilgiden yararlanmakta ve veri içindeki yapısal örüntüleri öne çıkartarak deformasyon bölgelerinin daha tutarlı biçimde belirlenmesini sağlar. Özellikle PCA, deformasyon verilerindeki baskın desenlerin ve zamansal değişimlerin belirlenmesinde etkili bir yöntem olarak öne çıkmakta olup, bu durum yakın tarihli çalışmalarda da gösterilmiştir (Wang vd. 2022).

Şekil 5.1'de, MIRA (a) ve InCROSS (b) yöntemleriyle elde edilen deformasyon dağılım haritaları gösterilmiştir. Haritanın batısını kaplayan Beydağları Formasyonu'na ait geniş kireçtaşı birimlerinde, hem MIRA hem de InCROSS analizlerinde deformasyon olan alanlar kırmızı renkte görülmektedir. Üst Kretase yaşlı kireçtaşlarının yüzeylendiği, karstik yapıların ve yamaç molozu ve birikinti konilerinin eğime bağlı olarak yaygın olması, deformasyonların radar sistemleriyle tespit edilmesini mümkün kılmıştır. Her iki yöntem de haritanın batısı için benzer deformasyon desenleri göstermektedir. Bu durum batı kesimde dağlık fakat bitki örtüsü açısından seyrek alanların, radar sinyali geri yansıması açısından daha elverişli olmasından kaynaklıdır.

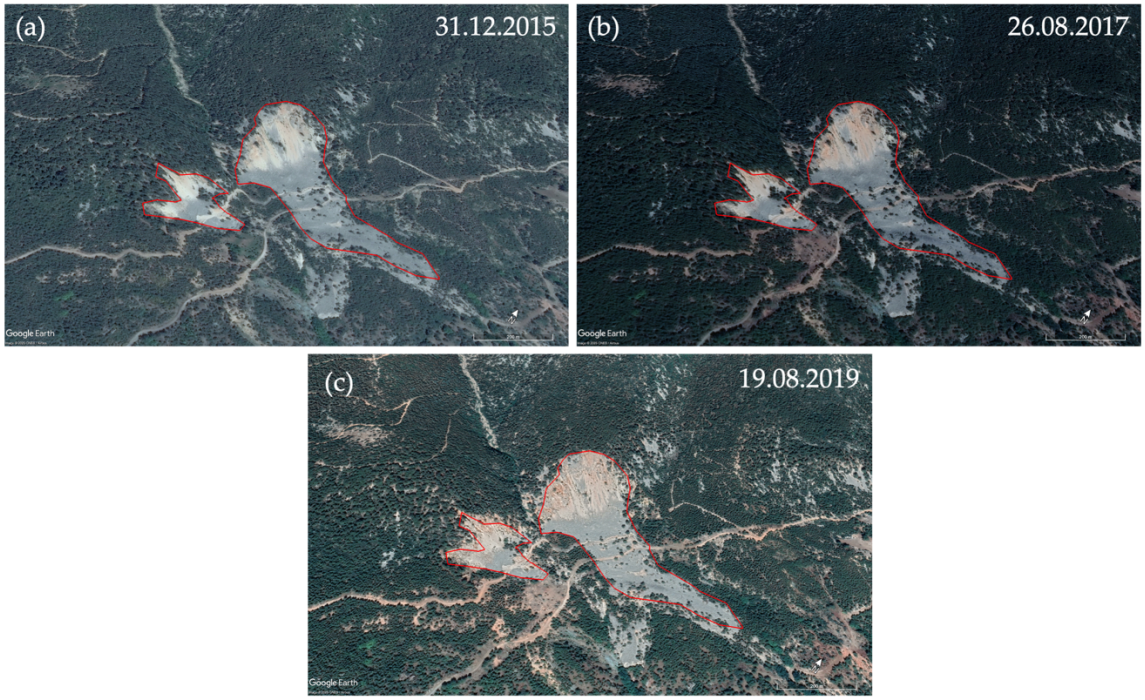
Haritaların doğu kesiminde ise iki yönteme ait sonuçlarda farklılık gözlemlenmektedir. Genel olarak Dereköy Radyolariti ve Kırkdirek Formasyonu içerisinde yer alan, sırasıyla çört ve melanj litolojisi ile temsil edilen bu alanda InCROSS yönteminde yoğun deformasyon alanları açıkça görülmekteyken, MIRA analizinde aynı bölgede anlamlı bir deformasyon gözlenmemektedir. Bu farklılık, bölgenin yoğun bitki örtüsüyle kaplı olmasıyla açıklanabilir. MIRA, çok boyutlu deformasyon ürünlerinin birleştirilerek yorumlandığı bir yaklaşımdır. Dolayısıyla bitki örtüsünün neden olduğu sinyal bozunması, bu yöntemde güvenilir piksel sayısını azaltarak deformasyon tespitini engellemiştir. Öte yandan, InCROSS yöntemi, farklı zaman dilimlerinden elde edilen trend bileşenlerini ana bileşen analizine tabi tutarak birleştirdiği için, tekil pikseller yerine eğilimleri temel alır. Bu sayede uyumluluk değeri düşük olan bölgelerde dahi zayıf ama tutarlı sinyalleri ön plana çıkarabilmektedir. Yoğun bitki örtüsüne rağmen InCROSS'un bu bölgede deformasyonu tespit edebilmiş olması ve bu deformasyon alanlarının envanterdeki heyelan alanları ile örtüşmesi, yöntemin avantajını ortaya koymaktadır.



Şekil 5.1. MIRA yöntemiyle elde edilen deformasyon dağılım haritası (a); InCROSS yöntemiyle elde edilen deformasyon yoğunluk haritası (b). Her iki haritada da ortak beş deformasyon noktası numaralandırılmıştır

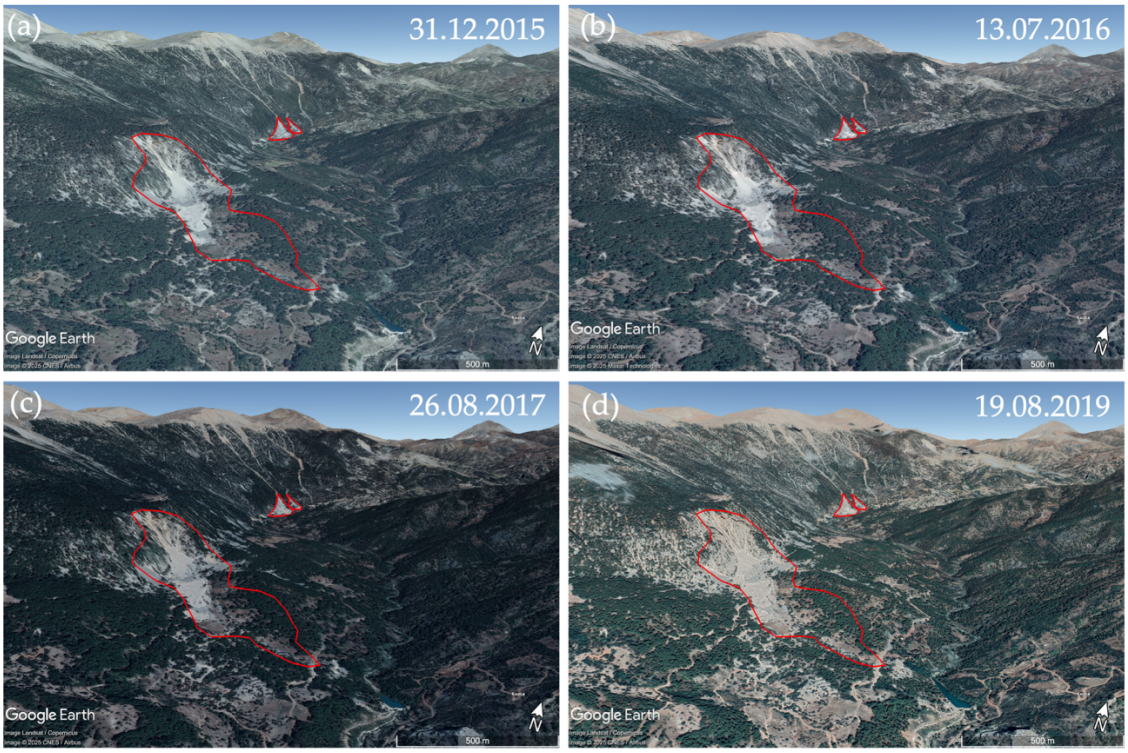
Şekil 5.1'deki haritalar üzerinde numaralandırılmış beş adet ortak deformasyon noktası belirlenmiştir. Bu noktalar, her iki analizde de öne çıkan yüzey hareketlerinin yoğunlaştığı alanları temsil etmektedir. Söz konusu noktalardaki deformasyonlar, jeolojik özellikleri açısından aşağıda ayrıntılı şekilde değerlendirilmiştir.

1 numaralı nokta; Beydağları Formasyonu içerisinde yer almakta olup kireçtaşı litolojisi ile temsil edilmektedir (Şekil 5.2). Bu noktada her iki yöntemde de deformasyon tespit edilmiştir. Kireçtaşlarının çatlaklı yapısı ve karstik özellikleri, bu deformasyonun saptanmasında etkili olmuştur. MIRA yöntemi bu bölgede daha belirgin lokal deformasyonlar sunarken, InCROSS analizinde deformasyon daha geniş bir alana yayılmış olarak izlenmektedir.



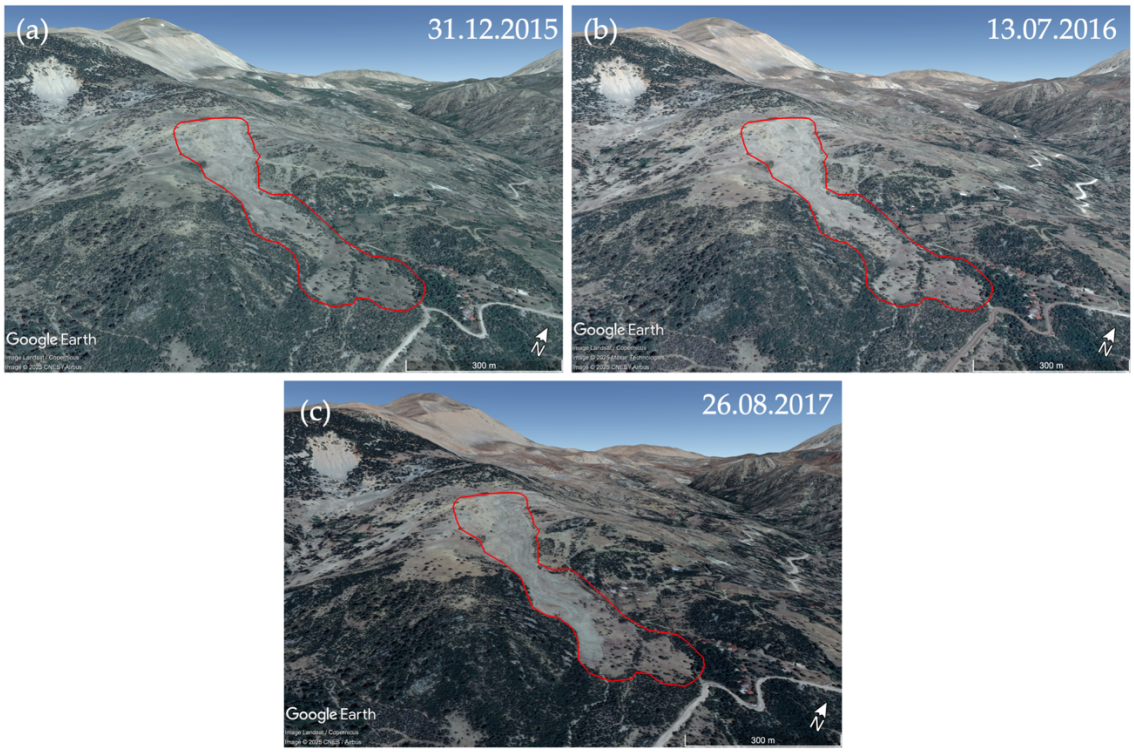
Şekil 5.2. 1 numaralı noktanın 31.12.2015 (a), 26.08.2017 (b) ve 19.08.2019 (c) tarihli google earth görüntüleri

2 numaralı nokta, Kırkdirek Formasyonu'na ait melanj birimler üzerinde yer almaktadır (Şekil 5.3.). Melanj yapılar, içerdikleri farklı litolojilerin zayıf bağlanımı nedeniyle yüzey hareketlerine karşı oldukça hassastır. Bu durum hem MIRA hem de InCROSS sonuçlarında gözlemlenen deformasyon yoğunlukları ile uyumludur.



Şekil 5.3. 2 ve 3 numaralı noktaların 31.12.2015 (a), 13.07.2016 (b), 26.08.2017 (c) ve 19.08.2019 (d) tarihli google earth görüntüleri

3 ve 4 numaralı noktalar, Dereköy Radyolariti içinde yer almakta olup çört litolojisi ile temsil edilmektedir (Şekil 5.4). Çört, nispeten rijit bir kayaç olmasına rağmen, fay zonlarına yakınlığı ya da tabaka düzlemleri boyunca gelişen süreksizlikler deformasyona olanak tanımaktadır. Özellikle 4 numaralı noktada, MIRA analizi yoğun bir deformasyon bölgesi tanımlarken, InCROSS analizi bu etkiyi daha yaygın bir biçimde ortaya koymaktadır.

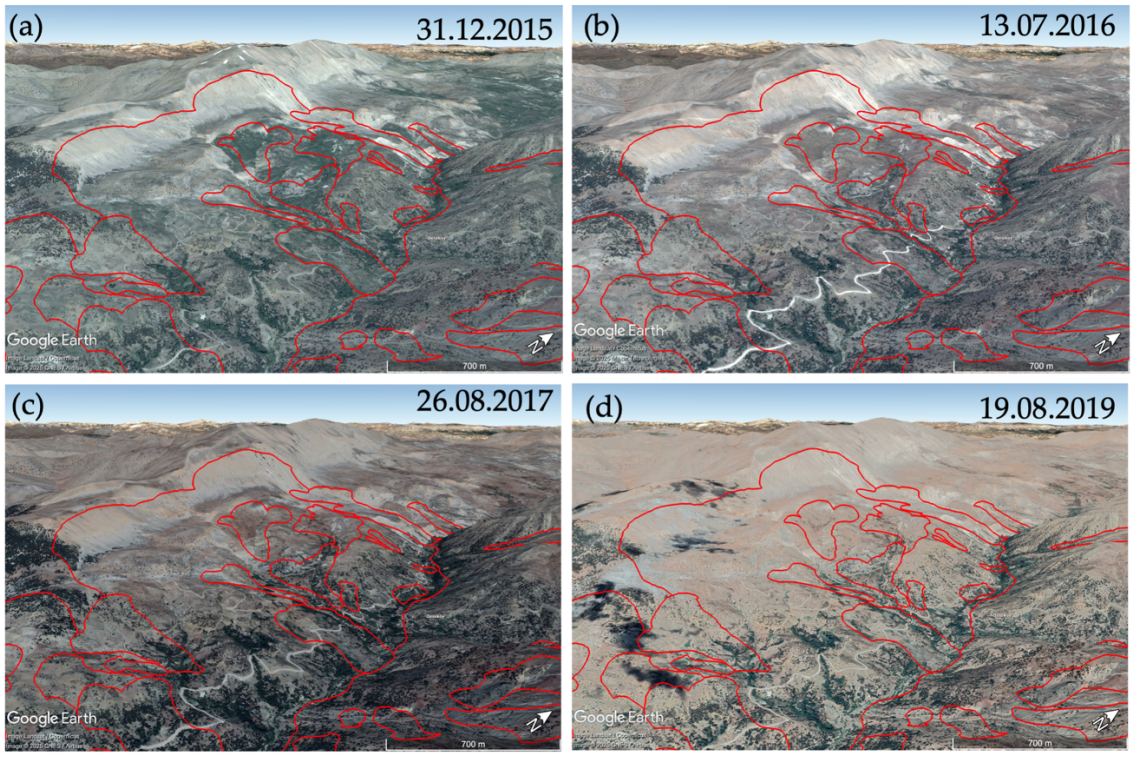


Şekil 5.4. 4 numaralı noktanın 31.12.2015 (a), 13.07.2016 (b) ve 26.08.2017 (c) tarihli google earth görüntüleri

5 numaralı nokta, oldukça heterojen bir litolojik yapıya sahiptir. Nokta, hem kireçtaşı (Beydağları Formasyonu), hem çört (Dereköy Radyolariti) hem de yamaç molozu birimlerini kapsamaktadır (Şekil 5.5). Bu durum, burada gözlemlenen deformasyonun çok bileşenli bir litolojik zemin üzerinde gerçekleştiğini ve hem MIRA hem de InCROSS yöntemleriyle güçlü biçimde tespit edildiğini göstermektedir. Yamaç molozu sınırları içerisinde yer alan birimlerin analiz sonuçlarında ve envanterdeki heyelan poligonları ile tutarlılık gösterdiği görülmektedir.

Genel olarak, her iki yöntem de benzer deformasyon alanlarını tespit etmiş; ancak dağılım ve yoğunluk açısından farklı desenler ortaya koymuştur. MIRA daha çok lokalize deformasyon kümelenmelerine işaret ederken, InCROSS yöntemi deformasyonun alan içerisindeki sürekli dağılımını daha net sunmaktadır. Bu farklılık, kullanılan tekniklerin algoritmik yaklaşımından ve veri işleme süreçlerinden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, litolojik birimlerin özellikleriyle elde edilen deformasyon alanlarının yüksek düzeyde örtüşmesi, sonuçların jeolojik açıdan güvenilirliğini desteklemektedir.

Bu kapsamda, her iki yöntem de farklı jeolojik ve fiziksel koşullar altında avantajlar ve sınırlılıklar sergilemektedir. Bitki örtüsü, litoloji, yüzey topografyası ve sinyal gürültüsü gibi faktörler, deformasyon analizlerinde kullanılan yöntemin performansını doğrudan etkilemektedir. Bu durum, MIRA ve InCROSS gibi farklı metodolojik yaklaşımların birlikte değerlendirilmesinin, yüzey deformasyonlarının çok yönlü ve güvenilir şekilde incelenmesine katkı sunduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 5.5. 5 numaralı noktanın 31.12.2015 (a), 13.07.2016 (b), 26.08.2017 (c) ve 19.08.2019 (d) tarihli google earth görüntüleri

Her iki önerilen yöntemin de birbirine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Uygulamada, MIRA'nın n-boyutlu veri kümelerini işleme konusunda sadece çok boyutlu uzayda anomali kümelerinin belirlenmesi bu konuya uzak kullanıcılar için oldukça zor olarak düşünülebilir. Ancak, bu durumu gidermeye yönelik adımlar bu çalışmada ayrıntılı olarak sunulduğundan, söz konusu dezavantaj azaltılabilir. Kümelerin kesin sınırları kullanıcıya bağlı olarak değişebilse de bu durum makine öğrenmesine dayalı SVM sınıflandırması ve örneklem büyüklüğünden bağımsız bir sınıflandırma aracı kullanılarak giderilmektedir. Bununla birlikte ileriki çalışmalarda çok boyutlu uzayda uç üye belirleme işlemi için yapay zeka destekli bir çözüm geliştirilebilir.

InCROSS'un uygulanması MIRA'ya kıyasla daha kolay olmakla birlikte, temel dezavantajı bölgedeki bilinen bir deformasyon alanına ilişkin bilgi gerektirmesidir. Eğer bölgede önceden var olan deformasyon verisi bulunmuyorsa, bu durum, uygulama alanında yürütülen InSAR çalışmalarından elde edilen deformasyon ürünleri kullanılarak aşılabilir. Her iki yenilikçi yöntemin entegre kullanımı, karmaşık InSAR veri setlerinin yorumlanabilirliğini artıracağı ve farklı çevresel koşullarda daha geniş bir uygulama potansiyeline katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada kullanılan InSAR verileri C-Bant frekans aralığında olduğundan, bitki örtüsüne bağlı olarak meydana gelen yansıma değişimleri, girdi verilerinde anomali oluşumuna neden olabilmekte ve dolayısıyla analiz sonuçlarını doğrudan etkileyebilmektedir. Ancak gelecekte L-Bant InSAR verilerinin kullanılması durumunda, dalga boyunun daha uzun olması nedeniyle bitki örtüsünden kaynaklanan bozunmaların

büyük ölçüde azaltılması mümkün olacak, bu sayede yüzey deformasyonları daha güvenilir biçimde izlenebilecektir.

Bu bulguların daha geniş kapsamlı etkileri, entegre tehlike haritalama çerçevelerinin geliştirilmesine yöneliktir. GNSS ölçümleri ve yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modelleri ile desteklendiğinde, bu çerçeveler erken uyarı kapasitesini ve arazi kullanım planlamasını önemli ölçüde iyileştirebilir. Gelecekteki çalışmalar, MIRA ve InCROSS yaklaşımlarının bölgesel heyelan izleme sistemlerine operasyonel entegrasyonunu araştırmalı ve farklı iklimsel ve jeolojik koşullardaki performanslarını değerlendirmelidir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, InSAR'ın deformasyon tespit kapasitesini artırma potansiyeline sahip iki yaklaşım geliştirilmesi amaçlanmıştır. Sentinel-1 SAR verilerinin LiCSAR ve LiCSBAS gibi gelişmiş işleme teknikleriyle entegrasyonu, Batı Antalya'daki Büyükalan bölgesinde çok zamanlı yüzey deformasyon desenlerinin başarılı bir şekilde tespit edilmesini ve analizini mümkün kılmıştır.

Önerilen MIRA ve InCROSS yöntemlerinin her biri kendine özgü avantajlar sergilemiştir. MIRA, çok boyutlu görselleştirme yoluyla birden fazla InSAR ürününün deformasyon analizinde kullanılmasını kolaylaştırmaktadır. Buna karşılık, InCROSS yöntemi, bölgedeki bilinen alanlardan yola çıkarak eğilim tabanlı bir tanımlama yaklaşımı kullanmakta ve bu alanları tek bir ana bileşene entegre ederek daha önce tespit edilmemiş deformasyonların belirlenmesini sağlamaktadır.

Ayrıca yalnızca MIRA ya da yalnızca InCROSS'un değil, her iki yaklaşımın birlikte kullanımı da deformasyon alanlarının belirlenmesinde son derece güçlü bir araç sunacaktır. Bu çalışmada önerilen MIRA ve InCROSS yaklaşımlarının entegrasyonu, karmaşık deformasyon sinyallerinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesinde etkili olmuştur. Bu bulgular, yer tabanlı gözlemler ve yüksek çözünürlüklü topografik verilerle desteklenen entegre yöntemlerin, gelecekteki uygulamalar için erken uyarı sistemlerini ve tehlike haritalama stratejilerini önemli ölçüde iyileştirebileceğini ortaya koymaktadır. Çalışmada önerilen yaklaşımlar, daha ileri düzey geliştirmelere açıktır ve InSAR araştırmacılarına yol gösterici niteliktedir.

7. KAYNAKLAR

Ada, M. ve San, B. T. (2017). Comparison of machine-learning techniques for landslide susceptibility mapping using two-level random sampling (2LRS) in Alakir catchment area, Antalya, Turkey. *Natural Hazards*, (14). doi:10.1007/s11069-017-3043-8

Aktas, H. ve San, B. T. (2019). Landslide Susceptibility Mapping Using an Automatic Sampling Algorithm Based on Two Level Random Sampling. *Computers & Geosciences*, 104329. doi:10.1016/J.CAGEO.2019.104329

Albert, P., Bennartz, R. ve Fischer, J. (2001). Remote Sensing of Atmospheric Water Vapor from Backscattered Sunlight in Cloudy Atmospheres. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, *18*(6), 865–874. doi:10.1175/1520-0426(2001)018<0865:RSOAWV>2.0.CO;2

Alptekin, A. ve Yakar, M. (2024). Mapping of a Landslide Site with SAR Images in the Taurus Mountains (ss. 251–253). Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-031-43218-7_58

Bamler, R. ve Hartl, P. (1998). Synthetic aperture radar interferometry. *Inverse Problems*, *14*(4), R1. doi:10.1088/0266-5611/14/4/001

Bayrakdar, C. ve Görüm, T. (2013). Yeşil Göl Heyelanı ' nın Jeomorfolojik Özellikleri ve Oluşum Mekanizması. *Türk Coğrafya Dergisi*, *59*, 1–10. http://dergipark.gov.tr/download/article-file/198417 adresinden erişildi.

Berardino, P., Fornaro, G., Lanari, R. ve Sansosti, E. (2002). A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *40*(11), 2375–2383. doi:10.1109/TGRS.2002.803792

Bioucas-Dias, J. M. ve Valadão, G. (2007). Phase unwrapping via graph cuts. *IEEE Transactions on Image Processing*, *16*(3), 698–709. doi:10.1109/TIP.2006.888351

Blanco-Sànchez, P., Mallorquí, J. J., Duque, S. ve Monells, D. (2008). The Coherent Pixels Technique (CPT): An Advanced DInSAR Technique for Nonlinear Deformation Monitoring. *Earth Sciences and Mathematics*, 1167–1193. doi:10.1007/978-3-7643-8907-9_10

Bock, Y., Wdowinski, S., Fang, P., Zhang, J., Williams, S., Johnson, H., … Gurtner, W. (1997). Southern California Permanent GPS Geodetic Array: Continuous measurements of regional crustal deformation between the 1992 Landers and 1994 Northridge earthquakes. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, *102*(B8), 18013–18033. doi:10.1029/97JB01379

Burgmann, R., Rosen, P. A. ve Fielding, E. J. (2000). Synthetic aperture radar interferometry to measure earth's surface topography and its deformation. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, *28*(Volume 28, 2000), 169–209. doi:10.1146/ANNUREV.EARTH.28.1.169/CITE/REFWORKS

Cao, N., Lee, H. ve Jung, H. C. (2016). A Phase-Decomposition-Based PSInSAR Processing Method. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *54*(2), 1074–1090. doi:10.1109/TGRS.2015.2473818

Chang, C. C. ve Lin, C. J. (2011). LIBSVM: A Library for support vector machines. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, *2*(3). doi:10.1145/1961189.1961199

Chang, F., Li, H., Dong, S. ve Yin, H. (2025). Pre-, Co-, and Post-Failure Deformation Analysis of the Catastrophic Xinjing Open-Pit Coal Mine Landslide, China, from Optical and Radar Remote Sensing Observations. *Remote Sensing*, *17*(1). doi:10.3390/rs17010019

Chen, C. W. ve Zebker, H. A. (2002). Phase unwrapping for large SAR interferograms: statistical segmentation and generalized network models. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *40*(8), 1709–1719. doi:10.1109/TGRS.2002.802453

CNN Türk. (2017). Landslide in Antalya destroyed 8 houses. 22 Nisan 2025 tarihinde http://www.cnnturk.com/video/turkiye/antalyada-heyelan-8-evi-yikti adresinden erişildi.

Colesanti, C. ve Wasowski, J. (2006). Investigating landslides with space-borne Synthetic Aperture Radar (SAR) interferometry. *Engineering Geology*, *88*(3–4), 173–199. doi:10.1016/j.enggeo.2006.09.013

Costantini, M., Falco, S., Malvarosa, F. ve Minati, F. (2008). A new method for identification and analysis of persistent scatterers in series of sar images. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, *2*(1), 449–452. doi:10.1109/IGARSS.2008.4779025

Costantini, M. ve Rosen, P. A. (1999). A generalized phase unwrapping approach for sparse data. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, *1*, 267–269. doi:10.1109/IGARSS.1999.773467

Crosetto, M., Biescas, E., Dura, J., Closa, J. ve Arnaud, A. (2008). Generation of Advanced ERS and Envisat Interferometric SAR Products Using the Stable Point Network Technique. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, *74*(4), 443–450. doi:10.14358/PERS.74.4.443

Crosetto, M., Monserrat, O., Cuevas-González, M., Devanthéry, N. ve Crippa, B. (2016). Persistent Scatterer Interferometry: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *115*, 78–89. doi:10.1016/j.isprsjprs.2015.10.011

Crosta, A. P. ve Moore, J. M. (1989). Enhancement of Landsat Thematic Mapper Imagery for Residual Soil Mapping in SW Minas Gerais State, Brazil: A Prospecting Case History in Greenstone Belt Terrain. *Proceedings of the 7th Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology* içinde (ss. 1173–1187). Calgary, Canada.

Đeđanski, V., Durlević, U., Kovjanić, A. ve Lukić, T. (2024). GIS-based spatial modeling

of landslide susceptibility using BWM-LSI: A case study - City of Smederevo (Serbia). *Open Geosciences*, *16*(1). doi:10.1515/geo-2022-0688

Demir, N. ve Yazgan, U. (2023). Insar-Based Investigation of Surface Displacement Over the Area of the Collapsed Buildings in Istanbul. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, *48*(M-1–2023), 81–85. doi:10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-1-2023-81-2023

Deng, Z., Sun, H., Zhou, S., Zhao, J., Lei, L. ve Zou, H. (2018). Multi-scale object detection in remote sensing imagery with convolutional neural networks. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *145*, 3–22. doi:10.1016/j.isprsjprs.2018.04.003

Dheenathayalan, P., Cuenca, M. C. ve Hanssen, R. (2011). Different approaches for PSI target characterization for monitoring urban infrastructure. *Proceedings Fringe Workshop* içinde (s. 5). Frascati, Italy.

Du, Q., Li, G., Chen, D., Zhou, Y., Qi, S., Wu, G., … Peng, W. (2021). SBAS-InSAR-Based Analysis of Surface Deformation in the Eastern Tianshan Mountains, China. *Frontiers in Earth Science*, *9*(November), 1–16. doi:10.3389/feart.2021.729454

Dualeh, E. W. ve Biggs, J. (2025). Separating Magmatic and Hydrothermal Deformation Using InSAR Timeseries: Independent Component Analysis at Corbetti Caldera, Ethiopia. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, *130*(4). doi:10.1029/2024JB030974

Duman, T. Y., Olgun, S., Can, T., Nefeslioglu, H. A., Hamzacebi, S., Elmaci, H., … Corekcioglu, S. (2009). 1: 500,000 Scaled Landslide Inventory Maps of Turkey, Konya Quarter. *General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara*, *22*.

Elias, P., Kontoes, C., Papoutsis, I., Kotsis, I., Marinou, A., Paradissis, D. ve Sakellariou, D. (2009). Permanent Scatterer InSAR Analysis and Validation in the Gulf of Corinth. *Sensors 2009, Vol. 9, Pages 46-55*, *9*(1), 46–55. doi:10.3390/S90100046

Environmental Systems Research Institute (ESRI Inc.). (2010). ArcGIS Desktop. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. https://www.esri.com adresinden erişildi.

ESA. (2025). Satellite missions catalogue. 20 Haziran 2025 tarihinde https://www.eoportal.org/satellite-missions?Mission+type=EO adresinden erişildi.

Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., … Alsdorf, D. (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. *Rev. Geophys*, *45*(2), 2004. doi:10.1029/2005RG000183

Ferretti, A., Fumagalli, A., Novali, F., Prati, C., Rocca, F. ve Rucci, A. (2011). A new algorithm for processing interferometric data-stacks: SqueeSAR. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *49*(9), 3460–3470.

doi:10.1109/TGRS.2011.2124465

Ferretti, A., Monti-Guarnieri, A., Prati, C., Rocca, F. ve Massonet, D. (2007). InSAR Principles - Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation. *ESA Training Manual*, *19*.

Ferretti, A., Prati, C. ve Rocca, F. (2000). Nonlinear subsidence rate estimation using permanent scatterers in differential SAR interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *38*(5 I), 2202–2212. doi:10.1109/36.868878

Ferretti, A., Prati, C. ve Rocca, F. (2001). Permanent scatterers in SAR interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *39*(1), 8–20. doi:10.1109/36.898661

Ferretti, A., Savio, G., Barzaghi, R., Borghi, A., Musazzi, S., Novali, F., … Rocca, F. (2007). Submillimeter accuracy of InSAR time series: Experimental validation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *45*(5), 1142–1153. doi:10.1109/TGRS.2007.894440

Gabriel, A. K., Goldstein, R. M. ve Zebker, H. A. (1989). Mapping small elevation changes over large areas: Differential radar interferometry. *Journal of Geophysical Research*, *94*(B7), 9183. doi:10.1029/JB094iB07p09183

Galloway, D. L., Hudnut, K. W., Ingebritsen, S. E., Phillips, S. P., Peltzer, G., Rogez, F. ve Rosen, P. A. (1998). Detection of aquifer system compaction and land subsidence using interferometric synthetic aperture radar, Antelope Valley, Mojave Desert, California. *Water Resources Research*, *34*(10), 2573–2585. doi:10.1029/98WR01285

Galloway, Devin L ve Burbey, T. J. (2011). Regional land subsidence accompanying groundwater extraction. *Hydrogeology Journal*, *19*(8), 1459.

Goel, K. ve Adam, N. (2014). A distributed scatterer interferometry approach for precision monitoring of known surface deformation phenomena. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *52*(9), 5454–5468. doi:10.1109/TGRS.2013.2289370

Goldstein, R. (1995). Atmospheric limitations to repeat-track radar interferometry. *Geophysical Research Letters*, *22*(18), 2517–2520. doi:10.1029/95GL02475

Goldstein, R. M. ve Werner, C. L. (1998). Radar interferogram filtering for geophysical applications. *Geophys Research Letters*, *25*(21), 4035–4038. doi:10.1029/1998GL900033

Goldstein, R. M., Zebker, H. A. ve Werner, C. L. (1988). Satellite radar interferometry: Two-dimensional phase unwrapping. *Radio Science*, *23*(4), 713–720. doi:10.1029/RS023I004P00713

Grandin, R. (2015). Interferometric processing of SLC Sentinel-1 TOPS data. *European Space Agency, (Special Publication) ESA SP*, *SP-731*(4), 2220–2234.

doi:10.5270/fringe2015.pp116

Günçe, H. B. ve San, B. T. (2025). Two Novel Multidimensional Data Analysis Approaches Using InSAR Products for Landslide Prone Areas. *Applied Sciences*, *15*(14). doi:10.3390/app15148024

Günçe, H. B. ve San, B. T. (2018). Measuring Earthquake-Induced Deformation in the South of Halabjah (Sarpol-e-Zahab) Using Sentinel-1 Data on November 12, 2017. *Proceedings 2018, Vol. 2, Page 346*, *2*(7), 346. doi:10.3390/ECRS-2-05159

Heumann, B. W. (2011). Satellite remote sensing of mangrove forests: Recent advances and future opportunities. *Progress in Physical Geography*, *35*(1), 87–108. doi:10.1177/0309133310385371

Hong, D., Gao, L., Yokoya, N., Yao, J., Chanussot, J., Du, Q. ve Zhang, B. (2021). More Diverse Means Better: Multimodal Deep Learning Meets Remote-Sensing Imagery Classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *59*(5), 4340–4354. doi:10.1109/TGRS.2020.3016820

Hong, D., Zhang, B., Li, H., Li, Y., Yao, J., Li, C., … Zhu, X. X. (2023). Cross-city matters: A multimodal remote sensing benchmark dataset for cross-city semantic segmentation using high-resolution domain adaptation networks. *Remote Sensing of Environment*, *299*(February), 113856. doi:10.1016/j.rse.2023.113856

Hooper, A., Bekaert, D., Spaans, K. ve Arikan, M. (2012). Recent advances in SAR interferometry time series analysis for measuring crustal deformation. *Tectonophysics*, *514–517*, 1–13. doi:10.1016/j.tecto.2011.10.013

Hooper, A. J. (2008). A multi-temporal InSAR method incorporating both persistent scatterer and small baseline approaches. *Geophysical Research Letters*, *35*(16), 1–5. doi:10.1029/2008GL034654

Hooper, A., Zebker, H., Segall, P. ve Kampes, B. (2004). A new method for measuring deformation on volcanoes and other natural terrains using InSAR persistent scatterers. *Geophysical Research Letters*, *31*(23), 1–5. doi:10.1029/2004GL021737

Hsu, C.-W., Chang, C.-C. ve Lin, C.-J. (2003). A Practical Guide to Support Vector Classification. http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin adresinden erişildi.

Imamoglu, M., Balik Sanli, F., Cakir, Z. ve Kahraman, F. (2022). Rapid ground subsidence in the Küçük Menderes Graben (W. Turkey) captured by Sentinel-1 SAR data. *Environmental Earth Sciences*, *81*(7), 1–14. doi:10.1007/s12665-022-10339-3

Jiang, M., Ding, X., Hanssen, R. F., Malhotra, R. ve Chang, L. (2015). Fast statistically homogeneous pixel selection for covariance matrix estimation for multitemporal InSAR. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *53*(3), 1213–1224. doi:10.1109/TGRS.2014.2336237

Kampes, B. M. ve Adam, N. (2006). The STUN algorithm for persistent scatterer interferometry. *Fringe 2005 Workshop* içinde (C. 610, s. 16).

Kimura, H. ve Yamaguchi, Y. (2000). Detection of landslide areas using satellite radar interferometry. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, *66*(3), 337–344.

Kostoglodov, V., Valenzuela, R. W., Gorbatov, A., Mimiaga, J., Franco, S. I., Alvarado, J. A. ve Peláez, R. (2001). Deformation in the Guerrero seismic gap, Mexico, from leveling observations. *Journal of Geodesy*, *75*(1), 19–32. doi:10.1007/S001900000144/METRICS

Kruse, F. A., Boardman, J. W. ve Huntington, J. F. (2003). Comparison of airborne hyperspectral data and EO-1 Hyperion for mineral mapping. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *41*(6 PART I), 1388–1400. doi:10.1109/TGRS.2003.812908

Lan, H., Zhou, C., Wang, L., Zhang, H. ve Li, R. (2004). Landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in the Xiaojiang watershed, Yunnan, China. *Engineering Geology*, *76*(1–2), 109–128.

Lanari, R., Mora, O., Manunta, M., Mallorquí, J. J., Berardino, P. ve Sansosti, E. (2004). A small-baseline approach for investigating deformations on full-resolution differential SAR interferograms. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *42*(7), 1377–1386. doi:10.1109/TGRS.2004.828196

Lazeckỳ, M., Spaans, K., González, P. J., Maghsoudi, Y., Morishita, Y., Albino, F., … Wright, T. J. (2020). LiCSAR: An automatic InSAR tool for measuring and monitoring tectonic and volcanic activity. *Remote Sensing*, *12*(15), 1–27. doi:10.3390/RS12152430

Li, R., Lv, X., Yu, H., Yuan, J. ve Yun, Y. (2019). An arc-clustering-based phase ambiguity estimation method for persistent scatterer interferometry. *Remote Sensing Letters*, *10*(1), 67–76. doi:10.1080/2150704X.2018.1530483;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER

Li, R., Lv, X., Yuan, J. ve Yao, J. (2019). A triangle-oriented spatial-temporal phase unwrapping algorithm based on irrotational constraints for time-series InSAR. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *57*(12), 10263–10275. doi:10.1109/TGRS.2019.2933024

Li, R., Lv, X. ve Yun, Y. (2018). A Network-Optimization-Based L1-Norm Sparse 2-D Phase Unwrapping Method for Persistent Scatterer Interferometry. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, *15*(5), 709–713. doi:10.1109/LGRS.2018.2806005

Liang, H., Zhang, L., Ding, X., Lu, Z. ve Li, X. (2019). Toward Mitigating Stratified Tropospheric Delays in Multitemporal InSAR: A Quadtree Aided Joint Model. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *57*(1), 291–303. doi:10.1109/TGRS.2018.2853706

LiCSAR. (2025). COMET-LiCS Sentinel-1 InSAR Portal. 12 Haziran 2025 tarihinde https://comet.nerc.ac.uk/COMET-LiCS-portal/ adresinden erişildi.

Liu, G., Buckley, S. M., Ding, X., Chen, Q. ve Luo, X. (2009). Estimating spatiotemporal

ground deformation with improved persistent-scatterer radar interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *47*(9), 3209–3219. doi:10.1109/TGRS.2009.2028797

Lv, X., Yazici, B., Zeghal, M., Bennett, V. ve Abdoun, T. (2014). Joint-scatterer processing for time-series InSAR. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *52*(11), 7205–7221. doi:10.1109/TGRS.2014.2309346

Ma, X., Peng, J., Su, Y., Shi, M., Zheng, Y., Li, X. ve Jiang, X. (2024). Deformation Characteristics and Activation Dynamics of the Xiaomojiu Landslide in the Upper Jinsha River Basin Revealed by Multi-Track InSAR Analysis. *Remote Sensing*, *16*(11). doi:10.3390/rs16111940

Madsen, S. N., Zebker, H. A. ve Martin, J. (1993). Topographic Mapping Using Radar Interferometry: Processing Techniques. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *31*(1), 246–256. doi:10.1109/36.210464

Manap, H. S. ve San, B. T. (2022). Data Integration for Lithological Mapping Using Machine Learning Algorithms. *Earth Science Informatics*, *15*(3), 1841–1859. doi:10.1007/s12145-022-00826-3

Mario Costantini, T. (1998). A novel phase unwrapping method based on network programming. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *36*(3), 813–821. doi:10.1109/36.673674

Massonnet, D. ve Feigl, K. L. (1998). Radar interferometry and its application to changes in the Earth's surface. *Reviews of Geophysics*, *36*(4), 441–500. doi:10.1029/97RG03139

Massonnet, D., Rossi, M., Carmona, C., Adragna, F., Peltzer, G., Feigl, K. ve Rabaute, T. (1993). The displacement field of the Landers earthquake mapped by radar interferometry. *Nature*, *364*(6433), 138–142. doi:10.1038/364138a0

Milliyet. (2017a). 12 houses evacuated due to landslide in Kumluca (County). 22 Nisan 2025 tarihinde http://www.milliyet.com.tr/kumluca-da-heyelan-nedeniyle-12-ev-gundem-2417651/ adresinden erişildi.

Milliyet. (2017b). The landslide's hurt in Kumluca County. 22 Nisan 2025 tarihinde http://www.milliyet.com.tr/kumluca-daki-heyelanin-yaralari-sariliyor-antalya-yerelhaber-1925025/ adresinden erişildi.

Monti-Guarnieri, A., Albinet, C., Cotrufo, A., Franceschi, N., Manzoni, M., Miranda, N., … Recchia, A. (2022). Passive sensing by Sentinel-1 SAR: Methods and applications. *Remote Sensing of Environment*, *270*, 112866. doi:10.1016/J.RSE.2021.112866

Morishita, Y. (2021). Nationwide urban ground deformation monitoring in Japan using Sentinel-1 LiCSAR products and LiCSBAS. *Progress in Earth and Planetary Science*, *8*(1), 1–23. doi:10.1186/S40645-020-00402-7/FIGURES/16

Morishita, Y., Lazecky, M., Wright, T. J., Weiss, J. R., Elliott, J. R. ve Hooper, A. (2020). LiCSBAS: An open-source insar time series analysis package integrated with the LiCSAR automated sentinel-1 InSAR processor. *Remote Sensing*, *12*(3), 5–8. doi:10.3390/rs12030424

Motagh, M., Shamshiri, R., Haghshenas Haghighi, M., Wetzel, H. U., Akbari, B., Nahavandchi, H., … Arabi, S. (2017). Quantifying groundwater exploitation induced subsidence in the Rafsanjan plain, southeastern Iran, using InSAR time-series and in situ measurements. *Engineering Geology*, *218*, 134–151. doi:10.1016/J.ENGGEO.2017.01.011

Narayan, A. B., Tiwari, A., Dwivedi, R. ve Dikshit, O. (2018). A Novel Measure for Categorization and Optimal Phase History Retrieval of Distributed Scatterers for InSAR Applications. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *56*(10), 5843–5849. doi:10.1109/TGRS.2018.2826842

Ojha, C., Manunta, M., Lanari, R. ve Pepe, A. (2015). The Constrained-Network Propagation (C-NetP) Technique to Improve SBAS-DInSAR Deformation Time Series Retrieval. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, *8*(10), 4910–4921. doi:10.1109/JSTARS.2015.2482358

Osmanoğlu, B., Sunar, F., Wdowinski, S. ve Cabral-Cano, E. (2016). Time series analysis of InSAR data: Methods and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *115*, 90–102. doi:10.1016/J.ISPRSJPRS.2015.10.003

Pacifici, F., Chini, M. ve Emery, W. J. (2009). A neural network approach using multi-scale textural metrics from very high-resolution panchromatic imagery for urban land-use classification. *Remote Sensing of Environment*, *113*(6), 1276–1292. doi:10.1016/j.rse.2009.02.014

Pepe, A. ve Calò, F. (2017). A Review of Interferometric Synthetic Aperture RADAR (InSAR) Multi-Track Approaches for the Retrieval of Earth's Surface Displacements. *Applied Sciences 2017, Vol. 7, Page 1264*, *7*(12), 1264. doi:10.3390/APP7121264

Perissin, D. ve Ferretti, A. (2007). Urban-target recognition by means of repeated spaceborne SAR images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *45*(12), 4043–4058. doi:10.1109/TGRS.2007.906092

Perissin, D. ve Wang, T. (2012). Repeat-pass SAR interferometry with partially coherent targets. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *50*(1), 271–280. doi:10.1109/TGRS.2011.2160644

Piromthong, P. (2021). *3-D Satellite Interferometry for Interseismic Velocity Fields*. University of Leeds, Leeds, United Kingdom.

Pourghasemi, H. R., Jirandeh, A. G., Pradhan, B., Xu, C. ve Gokceoglu, C. (2013). Landslide susceptibility mapping using support vector machine and GIS at the Golestan province, Iran. *Journal of Earth System Science*, *122*(2), 349–369.

doi:10.1007/s12040-013-0282-2

Pradhan, B. (2013). A comparative study on the predictive ability of the decision tree, support vector machine and neuro-fuzzy models in landslide susceptibility mapping using GIS. *Computers & Geosciences*, *51*, 350–365. doi:10.1016/J.CAGEO.2012.08.023

Raimbault, B. (2023). *Space-based seismotectonic of Hispaniola Island*. https://theses.hal.science/tel-04678642 adresinden erişildi.

Rajan Girija, R. ve Mayappan, S. (2019). Mapping of mineral resources and lithological units: a review of remote sensing techniques. *International Journal of Image and Data Fusion*, *10*(2), 79–106. doi:10.1080/19479832.2019.1589585

Rawal, S. ve Wang, G. (2025). Long-Term Subsidence Assessment by LiCSBAS and Emerging Hot Spot Analysis in Kathmandu Valley. *Land*, *14*(4), 1–25. doi:10.3390/land14040700

Romero, L. A. ve Ghiglia, D. C. (1996). Minimum Lp-norm two-dimensional phase unwrapping. *J. Opt. Soc. Amer. A*, *13*(10), 1999–2013. doi:10.1364/JOSAA.13.001999

Rosen, P. A. (2000). Synthetic aperture radar interferometry. *Proceedings of the IEEE*, *88*(3), 333–380. doi:10.1109/5.838084

Samiei Esfahany, S. (2017). *Exploitation of distributed scatterers in synthetic aperture radar interferometry*. Delft University of Technology, Delft, Netherlands.

Sarı, C. ve Şen, C. (2019). Antalya-Kumluca Yayla Yolunda Meydana Gelen Heyelan Olayları Ve Beşeri Etkileri (ss. 374–383).

Senel, M. (1997). *1:100,000 scaled geological maps of Turkey, No. 7, Antalya—L10 Map*. Ankara, Turkey: General Directorate of Mineral Research and Exploration.

Sentinel-1 Team. (2013). Sentinel-1 User Handbook. Frascati, Italy. doi:GMES-S1OP-EOPG-TN-13-0001

Shahabi, H. ve Hashim, M. (2015). Landslide susceptibility mapping using GIS-based statistical models and Remote sensing data in tropical environment. *Scientific Reports*, *5*, 1–15. doi:10.1038/srep09899

Shami, S., Azar, M. K., Nilfouroushan, F., Salimi, M. ve Reshadi, M. A. M. (2022). Assessments of ground subsidence along the railway in the Kashan plain, Iran, using Sentinel-1 data and NSBAS algorithm. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *112*(July), 102898. doi:10.1016/j.jag.2022.102898

Singh, A. ve Harrison, A. (1985). Standardized principal components. *International Journal of Remote Sensing*, *6*(6), 883–896. doi:10.1080/01431168508948511;WGROUP:STRING:PUBLICATION

Singh, K., Stussi, N., Keong, K. L. ve Hock, L. (1997). Baseline estimation in interferometric SAR. *European Space Agency, (Special Publication) ESA SP*, (414 PART 3), 1681–1684. doi:10.1109/IGARSS.1997.615913

Soergel, U. (2010). Review of Radar Remote Sensing on Urban Areas. *Remote Sensing and Digital Image Processing*, *15*, 1–47. doi:10.1007/978-90-481-3751-0_1

Sopaci, E. ve Akgün, H. (2015). Engineering Geological Characterization of the Antalya Karstic Rocks (ss. 489–492). Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-319-09048-1_94

Terzaghi, K., Peck, R. B. ve Mesri, G. (1996). *Soil mechanics in engineering practice*. John wiley & sons.

Thanh Noi, P. ve Kappas, M. (2017). Comparison of Random Forest, k-Nearest Neighbor, and Support Vector Machine Classifiers for Land Cover Classification Using Sentinel-2 Imagery. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *18*(1), 18. doi:10.3390/S18010018

Van der Linden, S., Rabe, A., Wirth, F., Suess, S., Okujeni, A. ve Hostert, P. (2010). imageSVM regression, application manual: imageSVM Version 2.1. *Humboldt-Universität zu Berlin, Germany*.

Wang, G., Li, P., Li, Z., Liang, C. ve Wang, H. (2022). Coastal subsidence detection and characterization caused by brine mining over the Yellow River Delta using time series InSAR and PCA. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *114*(October), 103077. doi:10.1016/j.jag.2022.103077

Wang, M., Wan, Y., Ye, Z. ve Lai, X. (2017). Remote sensing image classification based on the optimal support vector machine and modified binary coded ant colony optimization algorithm. *Information Sciences*, *402*, 50–68. doi:10.1016/J.INS.2017.03.027

Wang, X., Zhong, D., Liu, C., Song, X., Xu, L., Deng, Y. ve Li, S. (2025). DS Net: A Dual-Coded Segmentation Network Leveraging Large Model Prior Knowledge for Intelligent Landslide Extraction. *Remote Sensing*, *17*(11). doi:10.3390/rs17111912

Wei, S., Zeng, X., Qu, Q., Wang, M., Su, H. ve Shi, J. (2020). HRSID: A High-Resolution SAR Images Dataset for Ship Detection and Instance Segmentation. *IEEE Access*, *8*, 120234–120254. doi:10.1109/ACCESS.2020.3005861

Wei, Z., Li, Y., Dong, J., Cao, S., Ma, W., Wang, X., … Tang, C. (2024). The Identification and Influence Factor Analysis of Landslides Using SBAS-InSAR Technique: A Case Study of Hongya Village, China. *Applied Sciences (Switzerland)*, *14*(18). doi:10.3390/app14188413

Werner, C., Wegmüller, U., Strozzi, T. ve Wiesmann, A. (2003). Interferometric Point Target Analysis for Deformation Mapping. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, *7*, 4362–4364. doi:10.1109/IGARSS.2003.1295516

Wright, T. J., Parsons, B. E. ve Lu, Z. (2004). Toward mapping surface deformation in

three dimensions using InSAR. *Geophysical Research Letters*, *31*(1), 1–5. doi:10.1029/2003GL018827

Wu, T.-F., Lin, C.-J. ve Weng, R. C. (2004). Probability Estimates for Multi-class Classification by Pairwise Coupling. *Journal of Machine Learning Research*, *5*, 975–1005.

Wu, X., Hong, D. ve Chanussot, J. (2022). Convolutional Neural Networks for Multimodal Remote Sensing Data Classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *60*, 1–10. doi:10.1109/TGRS.2021.3124913

Xue, F., Lv, X., Dou, F. ve Yun, Y. (2020). A Review of Time-Series Interferometric SAR Techniques: A Tutorial for Surface Deformation Analysis. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, *8*(1), 22–42. doi:10.1109/MGRS.2019.2956165

Ye, K., Wang, Z., Wang, T., Luo, Y., Chen, Y., Zhang, J. ve Cai, J. (2024). Deformation Monitoring and Analysis of Baige Landslide (China) Based on the Fusion Monitoring of Multi-Orbit Time-Series InSAR Technology. *Sensors*, *24*(20). doi:10.3390/s24206760

Yi, Y., Xu, X., Xu, G. ve Gao, H. (2023). Landslide Detection Using Time-Series InSAR Method along the Kangding-Batang Section of Shanghai-Nyalam Road. *Remote Sensing*, *15*(5). doi:10.3390/rs15051452

Yu, H., Lan, Y., Yuan, Z., Xu, J. ve Lee, H. (2019). Phase unwrapping in InSAR : A review. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, *7*(1), 40–58. doi:10.1109/MGRS.2018.2873644

Yu, H., Lee, H., Yuan, T. ve Cao, N. (2018). A novel method for deformation estimation based on multibaseline InSAR phase unwrapping. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *56*(9), 5231–5243. doi:10.1109/TGRS.2018.2812769

Yu, Y., Li, B., Li, Y. ve Jiang, W. (2024). Retrospective Analysis of Glacial Lake Outburst Flood (GLOF) Using AI Earth InSAR and Optical Images: A Case Study of South Lhonak Lake, Sikkim. *Remote Sensing*, *16*(13). doi:10.3390/rs16132307

Zebker, H. A., Rosen, P. A. ve Hensley, S. (1997). Atmospheric effects in interferometric synthetic aperture radar surface deformation and topographic maps. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, *102*(B4), 7547–7563. doi:10.1029/96jb03804

Zebker, H. A. ve Villasenor, J. (1992). Decorrelation in interferometric radar echoes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *30*(5), 950–959.

Zhang, L., Lu, Z., Ding, X., Jung, H. S., Feng, G. ve Lee, C. W. (2012). Mapping ground surface deformation using temporarily coherent point SAR interferometry: Application to Los Angeles Basin. *Remote Sensing of Environment*, *117*, 429–439. doi:10.1016/J.RSE.2011.10.020

Zhang, T., Lv, X., Qian, J., Hong, J. ve Yun, Y. (2017). Phase unwrapping based on the

phase-gradient-jump connections. *Electronics Letters*, *53*(10), 683–685. doi:10.1049/EL.2017.0235;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER

Zhao, C., Lu, Z., Zhang, Q. ve de la Fuente, J. (2012). Large-area landslide detection and monitoring with ALOS/PALSAR imagery data over Northern California and Southern Oregon, USA. *Remote Sensing of Environment*, *124*, 348–359. doi:10.1016/J.RSE.2012.05.025

Zhu, X. X., Tuia, D., Mou, L., Xia, G. S., Zhang, L., Xu, F. ve Fraundorfer, F. (2017). Deep Learning in Remote Sensing: A Comprehensive Review and List of Resources. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, *5*(4), 8–36. doi:10.1109/MGRS.2017.2762307

8. EKLER

EK-1. Alçalan ve yükselen yörüngelerde kullanılan Sentinel-1 SAR verilerinden üretilen interferogram çiftlerine ait bilgiler

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20150303-20150315	-26,0	12	0,217	20150314-20150326	0,6	12	0,151
20150303-20150408	-121,0	36	0,192	20150314-20150407	-0,9	24	0,111
20150303-20150514	89,0	72	0,114	20150314-20150419	0,1	36	0,114
20150303-20150607	26,0	96	0,123	20150326-20150407	-1,5	12	0,372
20150303-20150911	-31,0	192	0,084	20150326-20150419	-0,5	24	0,337
20150303-20160321	15,0	384	0,098	20150326-20150501	-0,8	36	0,226
20150315-20150408	-95,0	24	0,165	20150407-20150419	1,0	12	0,412
20150315-20150514	115,0	60	0,108	20150407-20150501	0,6	24	0,246
20150315-20150607	52,0	84	0,095	20150407-20150513	1,8	36	0,225
20150315-20150911	-5,0	180	0,077	20150419-20150513	0,8	24	0,262
20150315-20160321	41,0	372	0,079	20150419-20150606	-0,8	48	0,197
20150408-20150514	210,0	36	0,270	20150501-20150513	1,2	12	0,293
20150408-20150607	147,0	60	0,160	20150501-20150606	-0,5	36	0,271
20150408-20150713	47,0	96	0,146	20150513-20150606	-1,6	24	0,330
20150514-20150607	-63,0	24	0,273	20150513-20150618	-0,9	36	0,295
20150514-20150713	-163,0	60	0,208	20150606-20150618	0,8	12	0,394
20150514-20150725	-105,0	72	0,146	20150606-20150712	0,4	36	0,296
20150607-20150713	-100,0	36	0,285	20150618-20150712	-0,4	24	0,400
20150607-20150818	-78,0	72	0,229	20150618-20150817	-0,9	60	0,248
20150607-20160321	-11,0	288	0,106	20150712-20150817	-0,5	36	0,352
20150607-20160601	-41,0	360	0,151	20150712-20150829	0,4	48	0,300
20150713-20150725	58,0	12	0,439	20150829-20150910	-0,5	12	0,610
20150713-20150818	22,0	36	0,356	20150829-20150922	0,8	24	0,257
20150713-20150911	43,0	60	0,285	20150829-20151004	-1,1	36	0,403
20150713-20151005	-3,0	84	0,281	20150910-20150922	1,3	12	0,289
20150725-20150818	-36,0	24	0,415	20150910-20151004	-0,6	24	0,466
20150725-20150911	-15,0	48	0,335	20150910-20151016	0,6	36	0,528
20150725-20151005	-61,0	72	0,262	20150922-20151004	-2,0	12	0,355
20150725-20151017	9,0	84	0,290	20150922-20151016	-0,7	24	0,312
20150818-20150911	21,0	24	0,532	20150922-20151028	-1,0	36	0,256
20150818-20151005	-25,0	48	0,444	20151004-20151016	1,2	12	0,641
20150818-20151017	45,0	60	0,436	20151004-20151028	0,9	24	0,433
20150818-20151029	46,0	72	0,355	20151004-20151109	1,5	36	0,404
20150911-20151005	-46,0	24	0,516	20151016-20151028	-0,3	12	0,505
20150911-20151017	24,0	36	0,540	20151016-20151109	0,3	24	0,513
20150911-20151029	25,0	48	0,408	20151016-20151121	-1,0	36	0,594
20150911-20151110	23,0	60	0,413	20151028-20151109	0,6	12	0,618
20150911-20160321	46,0	192	0,104	20151028-20151121	-0,7	24	0,498
20150911-20160601	16,0	264	0,202	20151028-20151203	0,1	36	0,434
20150911-20160613	-12,0	276	0,195	20151109-20151121	-1,2	12	0,589

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20150911-20160905	-35,0	360	0,156	20151109-20151203	-0,4	24	0,433
20150911-20160917	25,0	372	0,184	20151109-20151215	-1,0	36	0,392
20150911-20160929	82,0	384	0,176	20151121-20151203	0,8	12	0,519
20151005-20151017	70,0	12	0,642	20151121-20151215	0,2	24	0,457
20151005-20151029	71,0	24	0,542	20151121-20151227	1,3	36	0,331
20151005-20151110	69,0	36	0,540	20151203-20151215	-0,6	12	0,589
20151005-20151122	60,0	48	0,502	20151203-20151227	0,5	24	0,440
20151017-20151029	1,0	12	0,592	20151203-20160108	-0,7	36	0,198
20151017-20151110	-1,0	24	0,523	20151215-20151227	1,1	12	0,521
20151017-20151122	-10,0	36	0,591	20151215-20160108	-0,1	24	0,242
20151017-20151216	-8,0	60	0,388	20151215-20160120	0,9	36	0,171
20151029-20151110	-2,0	12	0,536	20151227-20160108	-1,2	12	0,268
20151029-20151122	-11,0	24	0,557	20151227-20160120	-0,2	24	0,184
20151029-20151216	-9,0	48	0,477	20151227-20160213	-0,9	48	0,175
20151029-20151228	-124,0	60	0,311	20160108-20160120	1,0	12	0,264
20151110-20151122	-9,0	12	0,587	20160108-20160213	0,3	36	0,181
20151110-20151216	-7,0	36	0,404	20160108-20160225	1,2	48	0,175
20151110-20151228	-122,0	48	0,253	20160120-20160213	-0,7	24	0,219
20151110-20160109	38,0	60	0,142	20160120-20160225	0,3	36	0,195
20151122-20151216	2,0	24	0,459	20160120-20160308	-1,1	48	0,186
20151122-20151228	-113,0	36	0,299	20160213-20160225	1,0	12	0,331
20151122-20160109	47,0	48	0,164	20160213-20160308	-0,4	24	0,281
20151122-20160202	-27,0	72	0,153	20160213-20160320	0,4	36	0,251
20151216-20151228	-115,0	12	0,452	20160225-20160308	-1,4	12	0,543
20151216-20160109	45,0	24	0,232	20160225-20160320	-0,6	24	0,293
20151216-20160202	-29,0	48	0,196	20160225-20160401	-1,0	36	0,396
20151216-20160214	3,0	60	0,164	20160308-20160320	0,8	12	0,353
20151228-20160109	160,0	12	0,258	20160308-20160401	0,4	24	0,414 *
20151228-20160202	86,0	36	0,174	20160308-20160413	1,6	36	0,348
20151228-20160214	118,0	48	0,146	20160320-20160401	-0,4	12	0,326
20151228-20160226	120,0	60	0,227	20160320-20160413	0,8	24	0,289
20160109-20160202	-74,0	24	0,222	20160320-20160425	-1,0	36	0,238
20160109-20160214	-42,0	36	0,170	20160401-20160413	1,2	12	0,564
20160109-20160226	-40,0	48	0,198	20160401-20160425	-0,6	24	0,454
20160109-20160321	-15,0	72	0,178	20160401-20160507	0,6	36	0,331
20160202-20160214	32,0	12	0,304	20160413-20160425	-1,8	12	0,468
20160202-20160226	34,0	24	0,301	20160413-20160507	-0,7	24	0,382
20160202-20160321	59,0	48	0,216	20160413-20160531	-1,3	48	0,327
20160202-20160402	-36,0	60	0,229	20160425-20160507	1,1	12	0,406
20160214-20160226	2,0	12	0,327	20160425-20160531	0,5	36	0,431
20160214-20160321	27,0	36	0,198	20160425-20160612	1,6	48	0,343
20160214-20160402	-68,0	48	0,226	20160507-20160531	-0,6	24	0,360
20160214-20160414	-68,0	60	0,207	20160507-20160612	0,5	36	0,320
20160226-20160321	25,0	24	0,294	20160507-20160706	-1,1	60	0,254
20160226-20160402	-70,0	36	0,401	20160531-20160612	1,1	12	0,520

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20160226-20160414	-70,0	48	0,319	20160531-20160706	-0,5	36	0,366
20160226-20160426	-36,0	60	0,215	20160531-20160718	0,5	48	0,292
20160601-20160613	-28,0	12	0,567	20160612-20160706	-1,6	24	0,405
20160601-20160707	13,0	36	0,374	20160612-20160718	-0,7	36	0,282
20160601-20160719	-8,0	48	0,312	20160612-20160730	-0,9	48	0,262
20160601-20160731	-12,0	60	0,284	20160706-20160718	1,0	12	0,489
20160601-20160905	-51,0	96	0,205	20160706-20160730	0,7	24	0,421
20160601-20160929	66,0	120	0,229	20160706-20160811	1,4	36	0,356
20160601-20170316	-39,0	288	0,088	20160718-20160730	-0,2	12	0,565
20160601-20170328	38,0	300	0,120	20160718-20160811	0,5	24	0,455
20160601-20170602	-127,0	366	0,150	20160718-20160823	-0,9	36	0,367
20160601-20170626	-20,0	390	0,178	20160730-20160811	0,7	12	0,594
20160613-20160707	41,0	24	0,422	20160730-20160823	-0,7	24	0,456
20160613-20160719	20,0	36	0,334	20160730-20160916	0,1	48	0,377
20160613-20160731	16,0	48	0,297	20160811-20160823	-1,3	12	0,602
20160613-20160812	-48,0	60	0,273	20160811-20160916	-0,6	36	0,434
20160613-20160905	-23,0	84	0,241	20160811-20160928	0,4	48	0,471
20160613-20160917	37,0	96	0,258	20160823-20160904	1,2	12	0,287
20160613-20160929	94,0	108	0,223	20160823-20160916	0,7	24	0,438
20160613-20170304	91,0	264	0,098	20160823-20160928	1,7	36	0,471
20160613-20170316	-11,0	276	0,087	20160823-20161004	-0,1	42	0,443
20160613-20170328	66,0	288	0,118	20160904-20160916	-0,5	12	0,435
20160613-20170608	84,0	360	0,157	20160904-20160928	0,5	24	0,362
20160613-20170620	10,0	372	0,180	20160904-20161004	-1,3	30	0,361
20160613-20170626	8,0	378	0,183	20160916-20160928	1,0	12	0,636
20160707-20160719	-21,0	12	0,549	20160916-20161004	-0,8	18	0,617
20160707-20160731	-25,0	24	0,465	20160916-20161010	0,3	24	0,538
20160707-20160812	-89,0	36	0,343	20160928-20161004	-1,8	6	0,767
20160707-20160824	-46,0	48	0,350	20160928-20161010	-0,7	12	0,702
20160719-20160731	-4,0	12	0,621	20160928-20161016	-0,9	18	0,660
20160719-20160812	-68,0	24	0,471	20161004-20161010	1,1	6	0,718
20160719-20160824	-25,0	36	0,458	20161004-20161016	0,9	12	0,722
20160719-20160905	-43,0	48	0,312	20161004-20161022	1,9	18	0,660
20160731-20160812	-64,0	12	0,580	20161010-20161016	-0,2	6	0,644
20160731-20160824	-21,0	24	0,547	20161010-20161022	0,8	12	0,785
20160731-20160905	-39,0	36	0,357	20161010-20161028	-0,9	18	0,657
20160731-20160917	21,0	48	0,416	20161016-20161022	1,0	6	0,655
20160812-20160824	43,0	12	0,639	20161016-20161028	-0,7	12	0,766
20160812-20160905	25,0	24	0,422	20161016-20161103	0,3	18	0,542
20160812-20160917	85,0	36	0,467	20161016-20161203	-0,1	48	0,243
20160812-20160929	142,0	48	0,411	20161022-20161028	-1,7	6	0,727
20160824-20160905	-18,0	12	0,497	20161022-20161103	-0,6	12	0,587
20160824-20160917	42,0	24	0,535	20161022-20161109	-1,2	18	0,616
20160824-20160929	99,0	36	0,494	20161022-20161203	-1,1	42	0,274
20160824-20161005	22,0	42	0,550	20161022-20161209	-0,2	48	0,304

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20160905-20160917	60,0	12	0,529	20161028-20161103	1,0	6	0,632
20160905-20160929	117,0	24	0,420	20161028-20161109	0,5	12	0,611
20160905-20161005	40,0	30	0,444	20161028-20161115	1,5	18	0,630
20160905-20161011	61,0	36	0,440	20161103-20161109	-0,6	6	0,694
20160905-20170310	11,0	186	0,089	20161103-20161115	0,5	12	0,657
20160905-20170602	-76,0	270	0,182	20161103-20161121	-1,0	18	0,596
20160905-20170608	107,0	276	0,173	20161109-20161115	1,0	6	0,685
20160905-20170626	31,0	294	0,184	20161109-20161121	-0,5	12	0,634
20160905-20170912	24,0	372	0,164	20161109-20161127	0,5	18	0,620
20160917-20160929	57,0	12	0,648	20161115-20161121	-1,5	6	0,622
20160917-20161005	-20,0	18	0,640	20161115-20161127	-0,6	12	0,719
20160917-20161011	1,0	24	0,628	20161115-20161203	-0,9	18	0,326
20160917-20161017	-13,0	30	0,599	20161121-20161127	0,9	6	0,653
20160917-20170310	-49,0	174	0,091	20161121-20161203	0,6	12	0,329
20160917-20170316	-48,0	180	0,092	20161121-20161209	1,5	18	0,391
20160917-20170608	47,0	264	0,179	20161127-20161203	-0,3	6	0,318
20160917-20170906	-46,0	354	0,189	20161127-20161209	0,5	12	0,342
20160917-20170918	43,0	366	0,184	20161127-20161215	-1,1	18	0,365
20160929-20161005	-77,0	6	0,756	20161203-20161209	0,9	6	0,518
20160929-20161011	-56,0	12	0,713	20161203-20161215	-0,8	12	0,402
20160929-20161017	-70,0	18	0,659	20161203-20161221	0,6	18	0,380
20160929-20161023	-99,0	24	0,616	20161203-20161227	-0,2	24	0,154
20160929-20170316	-105,0	168	0,084	20161209-20161215	-1,7	6	0,565
20160929-20170328	-28,0	180	0,141	20161209-20161221	-0,3	12	0,490
20160929-20170608	-10,0	252	0,196	20161209-20161227	-1,1	18	0,157
20160929-20170906	-103,0	342	0,182	20161209-20170213	-1,0	66	0,121
20160929-20170918	-14,0	354	0,207	20161215-20161221	1,4	6	0,594
20161005-20161011	21,0	6	0,810	20161215-20161227	0,6	12	0,186
20161005-20161017	7,0	12	0,757	20161215-20170102	1,5	18	0,089
20161005-20161023	-22,0	18	0,715	20161215-20170213	0,7	60	0,119
20161005-20161029	35,0	24	0,707	20161221-20161227	-0,8	6	0,170
20161011-20161017	-14,0	6	0,768	20161221-20170102	0,1	12	0,099
20161011-20161023	-43,0	12	0,750	20161221-20170108	-1,3	18	0,094
20161011-20161029	14,0	18	0,720	20161221-20170213	-0,7	54	0,120
20161011-20161104	18,0	24	0,585	20161227-20170102	0,9	6	0,128
20161017-20161023	-29,0	6	0,764	20161227-20170108	-0,5	12	0,098
20161017-20161029	28,0	12	0,722	20161227-20170114	0,6	18	0,066
20161017-20161104	32,0	18	0,550	20161227-20170213	0,1	48	0,078
20161017-20161110	0,0	24	0,385	20170102-20170108	-1,4	6	0,121
20161023-20161029	57,0	6	0,731	20170102-20170114	-0,3	12	0,070
20161023-20161104	61,0	12	0,572	20170102-20170120	-1,1	18	0,082
20161023-20161110	29,0	18	0,420	20170102-20170213	-0,8	42	0,065
20161023-20161116	62,0	24	0,591	20170108-20170114	1,1	6	0,109
20161029-20161104	4,0	6	0,637	20170108-20170120	0,4	12	0,130
20161029-20161110	-28,0	12	0,396	20170108-20170126	1,8	18	0,118

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20161029-20161116	5,0	18	0,644	20170108-20170213	0,6	36	0,085
20161029-20161122	-2,0	24	0,554	20170114-20170120	-0,8	6	0,169
20161104-20161110	-32,0	6	0,470	20170114-20170126	0,7	12	0,105
20161104-20161116	1,0	12	0,711	20170114-20170201	-1,3	18	0,089
20161104-20161122	-6,0	18	0,523	20170114-20170213	-0,6	30	0,072
20161104-20161128	18,0	24	0,644	20170120-20170126	1,5	6	0,235
20161110-20161116	33,0	6	0,456	20170120-20170201	-0,5	12	0,167
20161110-20161122	26,0	12	0,410	20170120-20170207	0,7	18	0,155
20161110-20161128	50,0	18	0,401	20170120-20170213	0,2	24	0,137
20161110-20161204	55,0	24	0,255	20170126-20170201	-1,9	6	0,177
20161116-20161122	-7,0	6	0,596	20170126-20170207	-0,8	12	0,163
20161116-20161128	17,0	12	0,712	20170126-20170213	-1,2	18	0,133
20161116-20161204	22,0	18	0,323	20170126-20170219	-0,3	24	0,117
20161116-20161210	-37,0	24	0,376	20170201-20170207	1,2	6	0,337
20161122-20161128	24,0	6	0,585	20170201-20170213	0,7	12	0,304
20161122-20161204	29,0	12	0,236	20170201-20170219	1,7	18	0,230
20161122-20161210	-30,0	18	0,354	20170207-20170213	-0,5	6	0,348
20161122-20161216	49,0	24	0,278	20170207-20170219	0,5	12	0,294
20161128-20161204	5,0	6	0,349	20170207-20170225	-0,8	18	0,280
20161128-20161210	-54,0	12	0,342	20170213-20170219	1,0	6	0,381
20161128-20161216	25,0	18	0,375	20170213-20170225	-0,3	12	0,314
20161128-20161222	-49,0	24	0,177	20170213-20170303	0,3	18	0,291
20161204-20161210	-59,0	6	0,407	20170219-20170225	-1,3	6	0,467
20161204-20161216	20,0	12	0,398	20170219-20170303	-0,7	12	0,355
20161204-20161222	-54,0	18	0,186	20170219-20170309	-1,2	18	0,142
20161204-20161228	22,0	24	0,151	20170225-20170303	0,6	6	0,472
20161210-20161216	79,0	6	0,506	20170225-20170309	0,1	12	0,177
20161210-20161222	5,0	12	0,255	20170225-20170315	1,1	18	0,225
20161210-20161228	81,0	18	0,123	20170303-20170309	-0,5	6	0,204
20161210-20170103	17,0	24	0,098	20170303-20170315	0,5	12	0,267
20161216-20161222	-74,0	6	0,272	20170303-20170321	-0,6	18	0,316
20161216-20161228	2,0	12	0,179	20170309-20170315	1,0	6	0,192
20161216-20170103	-62,0	18	0,098	20170309-20170321	-0,1	12	0,181
20161216-20170109	-62,0	24	0,090	20170309-20170327	0,5	18	0,180
20161222-20161228	76,0	6	0,094	20170315-20170321	-1,1	6	0,303
20161222-20170103	12,0	12	0,074	20170315-20170327	-0,5	12	0,248
20161222-20170109	12,0	18	0,069	20170315-20170402	-1,0	18	0,290
20161222-20170115	38,0	24	0,054	20170321-20170327	0,6	6	0,399
20161228-20170103	-64,0	6	0,145	20170321-20170402	0,1	12	0,388
20161228-20170109	-64,0	12	0,093	20170321-20170408	1,5	18	0,344
20161228-20170115	-38,0	18	0,066	20170327-20170402	-0,6	6	0,439
20161228-20170121	-55,0	24	0,071	20170327-20170408	0,8	12	0,386
20170103-20170109	0,0	6	0,131	20170327-20170414	-0,9	18	0,227
20170103-20170115	26,0	12	0,071	20170402-20170408	1,4	6	0,512
20170103-20170121	9,0	18	0,079	20170402-20170414	-0,4	12	0,317

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20170103-20170127	41,0	24	0,083	20170402-20170420	0,5	18	0,421
20170109-20170115	26,0	6	0,096	20170408-20170414	-1,8	6	0,312
20170109-20170121	9,0	12	0,111	20170408-20170420	-0,9	12	0,477
20170109-20170127	41,0	18	0,109	20170408-20170426	-1,3	18	0,430
20170109-20170202	-46,0	24	0,094	20170408-20170502	-0,1	24	0,404
20170115-20170121	-17,0	6	0,150	20170414-20170420	0,9	6	0,352
20170115-20170127	15,0	12	0,085	20170414-20170426	0,5	12	0,270
20170115-20170202	-72,0	18	0,077	20170414-20170502	1,7	18	0,300
20170115-20170208	7,0	24	0,079	20170420-20170426	-0,4	6	0,464
20170121-20170127	32,0	6	0,154	20170420-20170502	0,8	12	0,483
20170121-20170202	-55,0	12	0,158	20170420-20170508	-0,6	18	0,448
20170121-20170208	24,0	18	0,127	20170420-20170526	0,6	36	0,272
20170121-20170214	-101,0	24	0,112	20170426-20170502	1,2	6	0,509
20170127-20170202	-87,0	6	0,174	20170426-20170508	-0,2	12	0,488
20170127-20170208	-8,0	12	0,152	20170426-20170514	0,8	18	0,421
20170127-20170214	-133,0	18	0,146	20170502-20170508	-1,4	6	0,560
20170127-20170220	-39,0	24	0,108	20170502-20170514	-0,4	12	0,495
20170202-20170208	79,0	6	0,271	20170502-20170520	-1,0	18	0,432
20170202-20170214	-46,0	12	0,231	20170502-20170526	-0,2	24	0,322
20170202-20170220	48,0	18	0,231	20170502-20170601	-1,4	30	0,377
20170202-20170226	-43,0	24	0,178	20170508-20170514	1,1	6	0,529
20170208-20170214	-125,0	6	0,297	20170508-20170520	0,4	12	0,458
20170208-20170220	-31,0	12	0,255	20170508-20170526	1,2	18	0,385
20170208-20170226	-122,0	18	0,278	20170514-20170520	-0,6	6	0,455
20170208-20170304	21,0	24	0,169	20170514-20170526	0,1	12	0,357
20170214-20170220	94,0	6	0,312	20170514-20170601	-1,0	18	0,431
20170214-20170226	3,0	12	0,289	20170520-20170526	0,8	6	0,426
20170214-20170304	146,0	18	0,169	20170520-20170601	-0,3	12	0,446
20170214-20170310	43,0	24	0,142	20170520-20170607	0,2	18	0,392
20170220-20170226	-91,0	6	0,379	20170526-20170601	-1,1	6	0,538
20170220-20170304	52,0	12	0,297	20170526-20170607	-0,6	12	0,471
20170220-20170310	-51,0	18	0,165	20170526-20170613	-1,0	18	0,367
20170220-20170316	-50,0	24	0,210	20170526-20170625	-1,5	30	0,355
20170226-20170304	143,0	6	0,310	20170526-20170701	-0,5	36	0,271
20170226-20170310	40,0	12	0,204	20170601-20170607	0,5	6	0,619
20170226-20170316	41,0	18	0,237	20170601-20170613	0,1	12	0,379
20170226-20170328	118,0	30	0,306	20170601-20170619	1,3	18	0,458
20170304-20170310	-103,0	6	0,206	20170601-20170625	-0,4	24	0,405
20170304-20170316	-102,0	12	0,222	20170601-20170701	0,6	30	0,346
20170304-20170328	-25,0	24	0,223	20170601-20170713	1,3	42	0,304
20170304-20170403	-123,0	30	0,280	20170607-20170613	-0,4	6	0,445
20170304-20170620	-81,0	108	0,122	20170607-20170619	0,8	12	0,511
20170304-20170918	-11,0	198	0,076	20170607-20170625	-0,9	18	0,450
20170304-20170930	-62,0	210	0,083	20170613-20170619	1,2	6	0,424
20170304-20180323	18,0	384	0,110	20170613-20170625	-0,5	12	0,361

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20170310-20170316	1,0	6	0,242	20170613-20170701	0,5	18	0,324
20170310-20170328	78,0	18	0,216	20170619-20170625	-1,7	6	0,488
20170310-20170403	-20,0	24	0,209	20170619-20170701	-0,7	12	0,438
20170310-20170409	62,0	30	0,186	20170619-20170707	-1,1	18	0,352
20170310-20170602	-87,0	84	0,108	20170625-20170701	1,0	6	0,510
20170310-20180311	85,0	366	0,089	20170625-20170707	0,6	12	0,518
20170316-20170328	77,0	12	0,288	20170625-20170713	1,6	18	0,419
20170316-20170403	-21,0	18	0,264	20170625-20170725	0,9	30	0,370
20170316-20170409	61,0	24	0,220	20170701-20170707	-0,4	6	0,540 *
20170316-20170415	2,0	30	0,199	20170701-20170713	0,7	12	0,535
20170316-20170614	22,0	90	0,119	20170701-20170719	-0,6	18	0,483
20170316-20170912	12,0	180	0,086	20170701-20170725	-0,0	24	0,403
20170328-20170403	-98,0	6	0,410	20170707-20170713	1,0	6	0,563
20170328-20170409	-16,0	12	0,412	20170707-20170719	-0,2	12	0,473
20170328-20170415	-75,0	18	0,298	20170707-20170725	0,3	18	0,466
20170328-20170421	-63,0	24	0,341	20170713-20170719	-1,3	6	0,630
20170328-20170602	-165,0	66	0,178	20170713-20170725	-0,7	12	0,566
20170328-20170608	18,0	72	0,230	20170713-20170731	-1,1	18	0,509
20170328-20170912	-65,0	168	0,123	20170713-20170818	-0,3	36	0,364
20170328-20170918	14,0	174	0,132	20170713-20170830	0,2	48	0,296
20170328-20180317	-18,0	354	0,154	20170719-20170725	0,6	6	0,616
20170403-20170409	82,0	6	0,404	20170719-20170731	0,2	12	0,589
20170403-20170415	23,0	12	0,406	20170719-20170806	1,3	18	0,348
20170403-20170421	35,0	18	0,398	20170725-20170731	-0,4	6	0,645
20170403-20170427	83,0	24	0,349	20170725-20170806	0,8	12	0,431
20170409-20170415	-59,0	6	0,373	20170725-20170812	-1,0	18	0,425
20170409-20170421	-47,0	12	0,408	20170725-20170830	0,9	36	0,344
20170409-20170427	1,0	18	0,461	20170725-20170911	0,0	48	0,374
20170409-20170503	-25,0	24	0,387	20170725-20170917	-0,3	54	0,368
20170415-20170421	12,0	6	0,505	20170731-20170806	1,1	6	0,423
20170415-20170427	60,0	12	0,379	20170731-20170812	-0,6	12	0,448
20170415-20170503	34,0	18	0,377	20170731-20170818	0,7	18	0,494
20170415-20170509	83,0	24	0,312	20170806-20170812	-1,7	6	0,500
20170421-20170427	48,0	6	0,515	20170806-20170818	-0,4	12	0,445
20170421-20170503	22,0	12	0,500	20170806-20170824	-1,1	18	0,426
20170421-20170509	71,0	18	0,430	20170812-20170818	1,3	6	0,580
20170421-20170515	34,0	24	0,334	20170812-20170824	0,6	12	0,507
20170427-20170503	-26,0	6	0,619	20170812-20170830	1,9	18	0,466
20170427-20170509	23,0	12	0,570	20170818-20170824	-0,7	6	0,630
20170427-20170515	-14,0	18	0,453	20170818-20170830	0,6	12	0,528
20170427-20170521	-12,0	24	0,418	20170818-20170905	-1,4	18	0,516
20170503-20170509	49,0	6	0,613	20170824-20170830	1,2	6	0,493
20170503-20170515	12,0	12	0,468	20170824-20170905	-0,7	12	0,625
20170503-20170521	14,0	18	0,462	20170824-20170911	0,3	18	0,489
20170503-20170527	-48,0	24	0,397	20170830-20170905	-1,9	6	0,478

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20170509-20170515	-37,0	6	0,524	20170830-20170911	-0,9	12	0,532
20170509-20170521	-35,0	12	0,489	20170830-20170917	-1,3	18	0,512
20170509-20170527	-97,0	18	0,391	20170830-20170923	-0,4	24	0,467
20170509-20170602	-173,0	24	0,351	20170905-20170911	1,0	6	0,553
20170515-20170521	2,0	6	0,449	20170905-20170917	0,7	12	0,566
20170515-20170527	-60,0	12	0,378	20170905-20170923	1,6	18	0,600
20170515-20170602	-136,0	18	0,352	20170911-20170917	-0,4	6	0,744 *
20170515-20170608	47,0	24	0,385	20170911-20170923	0,5	12	0,631
20170521-20170527	-62,0	6	0,519	20170911-20170929	-0,6	18	0,554
20170521-20170602	-138,0	12	0,427	20170917-20170923	0,9	6	0,715
20170521-20170608	45,0	18	0,412	20170917-20170929	-0,3	12	0,589
20170521-20170614	-28,0	24	0,404	20170917-20171005	0,4	18	0,605
20170527-20170602	-76,0	6	0,516	20170917-20171011	0,2	24	0,596
20170527-20170608	107,0	12	0,436	20170923-20170929	-1,2	6	0,565
20170527-20170614	34,0	18	0,469	20170923-20171005	-0,5	12	0,690
20170527-20170620	33,0	24	0,419	20170923-20171011	-0,7	18	0,569
20170602-20170608	183,0	6	0,456	20170923-20171023	-1,4	30	0,618
20170602-20170614	110,0	12	0,425	20170929-20171005	0,7	6	0,516
20170602-20170620	109,0	18	0,424	20170929-20171011	0,5	12	0,640
20170602-20170626	107,0	24	0,386	20170929-20171017	1,1	18	0,476
20170602-20180305	99,0	276	nan *	20170929-20171023	-0,2	24	0,536
20170602-20180609	61,0	372	0,169	20170929-20171110	1,3	42	0,319
20170602-20180615	141,0	378	0,138	20171005-20171011	-0,2	6	0,588
20170602-20180627	159,0	390	0,136	20171005-20171017	0,5	12	0,694
20170608-20170614	-73,0	6	0,520	20171005-20171023	-0,9	18	0,620
20170608-20170620	-74,0	12	0,500	20171011-20171017	0,7	6	0,600
20170608-20170626	-76,0	18	0,446	20171011-20171023	-0,7	12	0,649
20170608-20170702	-140,0	24	0,308	20171011-20171029	0,1	18	0,371
20170608-20170912	-83,0	96	0,202	20171011-20171104	-0,2	24	0,355
20170608-20180311	-11,0	276	0,114	20171011-20171110	0,8	30	0,392
20170608-20180317	-36,0	282	0,168	20171017-20171023	-1,4	6	0,683
20170608-20180615	-42,0	372	0,159	20171017-20171029	-0,5	12	0,313
20170614-20170620	-1,0	6	0,564	20171017-20171104	-0,8	18	0,410
20170614-20170626	-3,0	12	0,490	20171023-20171029	0,8	6	0,351
20170614-20170702	-67,0	18	0,347	20171023-20171104	0,5	12	0,379
20170614-20170708	12,0	24	0,352	20171023-20171110	1,5	18	0,411
20170614-20170924	-17,0	102	0,210	20171023-20171116	0,2	24	0,317
20170614-20170930	18,0	108	0,235	20171029-20171104	-0,3	6	0,404
20170620-20170626	-2,0	6	0,612	20171029-20171110	0,7	12	0,359
20170620-20170702	-66,0	12	0,441	20171029-20171116	-0,7	18	0,302
20170620-20170708	13,0	18	0,437	20171104-20171110	1,0	6	0,536
20170620-20170714	-37,0	24	0,370	20171104-20171116	-0,3	12	0,510
20170620-20170924	-16,0	96	0,245	20171104-20171122	0,8	18	0,352
20170620-20180621	-91,0	366	0,158	20171104-20171210	-0,7	36	0,277
20170626-20170702	-64,0	6	0,557	20171110-20171116	-1,3	6	0,568

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20170626-20170708	15,0	12	0,522	20171110-20171122	-0,2	12	0,472
20170626-20170714	-35,0	18	0,458	20171110-20171128	-1,1	18	0,360
20170626-20170720	19,0	24	0,446	20171110-20171210	-1,6	30	0,302
20170626-20170906	-17,0	72	0,283	20171110-20171216	-0,4	36	0,346
20170626-20180317	40,0	264	0,165	20171116-20171122	1,1	6	0,506
20170626-20180323	101,0	270	0,138	20171116-20171128	0,2	12	0,414
20170702-20170708	79,0	6	0,591	20171116-20171204	1,2	18	0,526
20170702-20170714	29,0	12	0,579	20171116-20171210	-0,3	24	0,329
20170702-20170720	83,0	18	0,425	20171116-20171216	0,9	30	0,467
20170702-20170726	42,0	24	0,452	20171116-20171222	0,1	36	0,461
20170708-20170714	-50,0	6	0,613	20171122-20171128	-0,9	6	0,456
20170708-20170720	4,0	12	0,531	20171122-20171204	0,1	12	0,431
20170708-20170726	-37,0	18	0,493	20171122-20171210	-1,4	18	0,357
20170708-20170801	-20,0	24	0,465	20171128-20171204	1,0	6	0,375
20170714-20170720	54,0	6	0,592	20171128-20171210	-0,5	12	0,420
20170714-20170726	13,0	12	0,609	20171128-20171216	0,7	18	0,324
20170714-20170801	30,0	18	0,529	20171204-20171210	-1,5	6	0,348
20170714-20170807	104,0	24	0,305	20171204-20171216	-0,3	12	0,596
20170720-20170726	-41,0	6	0,621	20171204-20171222	-1,1	18	0,480
20170720-20170801	-24,0	12	0,589	20171210-20171216	1,2	6	0,392
20170720-20170807	50,0	18	0,427	20171210-20171222	0,5	12	0,447
20170720-20170813	-60,0	24	0,442	20171210-20171228	1,6	18	0,255
20170726-20170801	17,0	6	0,700	20171216-20171222	-0,8	6	0,586
20170726-20170807	91,0	12	0,384	20171216-20171228	0,4	12	0,282
20170726-20170813	-19,0	18	0,483	20171216-20180103	-0,9	18	0,186
20170726-20170819	10,0	24	0,445	20171222-20171228	1,1	6	0,273
20170801-20170807	74,0	6	0,453	20171222-20180103	-0,2	12	0,191
20170801-20170813	-36,0	12	0,543	20171222-20180109	0,6	18	0,248
20170801-20170819	-7,0	18	0,515	20171228-20180103	-1,3	6	0,280
20170801-20170825	9,0	24	0,509	20171228-20180109	-0,5	12	0,180
20170807-20170813	-110,0	6	0,527	20171228-20180115	-0,7	18	0,223
20170807-20170819	-81,0	12	0,514	20180103-20180109	0,8	6	0,189
20170807-20170825	-65,0	18	0,443	20180103-20180115	0,6	12	0,227
20170807-20170831	-79,0	24	0,442	20180103-20180121	1,2	18	0,236
20170813-20170819	29,0	6	0,671	20180109-20180115	-0,2	6	0,368
20170813-20170825	45,0	12	0,588	20180109-20180121	0,5	12	0,191
20170813-20170831	31,0	18	0,544	20180109-20180127	-0,8	18	0,252
20170813-20170906	24,0	24	0,536	20180109-20180304	-0,1	54	0,195
20170819-20170825	16,0	6	0,694	20180115-20180121	0,7	6	0,237
20170819-20170831	2,0	12	0,608	20180115-20180127	-0,6	12	0,290
20170819-20170906	-5,0	18	0,586	20180115-20180208	0,4	24	0,276
20170819-20170912	5,0	24	0,535	20180115-20180304	0,2	48	0,227
20170825-20170831	-14,0	6	0,624	20180115-20180310	-0,3	54	0,214
20170825-20170906	-21,0	12	0,623	20180121-20180127	-1,3	6	0,203
20170825-20170912	-11,0	18	0,600	20180121-20180208	-0,2	18	0,204

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20170825-20170918	68,0	24	0,553	20180121-20180214	-0,9	24	0,216
20170831-20170906	-7,0	6	0,617	20180121-20180304	-0,5	42	0,164
20170831-20170912	3,0	12	0,583	20180121-20180310	-1,0	48	0,146
20170831-20170918	82,0	18	0,510	20180121-20180316	0,1	54	0,136
20170831-20170924	-4,0	24	0,552	20180127-20180208	1,1	12	0,344
20170906-20170912	10,0	6	0,667	20180127-20180214	0,4	18	0,252 *
20170906-20170918	89,0	12	0,605	20180127-20180220	1,6	24	0,207
20170906-20170924	3,0	18	0,624	20180208-20180214	-0,7	6	0,407
20170906-20170930	38,0	24	0,562	20180208-20180220	0,5	12	0,299
20170912-20170918	79,0	6	0,692	20180208-20180226	-0,9	18	0,207
20170912-20170924	-7,0	12	0,744	20180214-20180220	1,2	6	0,363
20170912-20170930	28,0	18	0,577	20180214-20180226	-0,2	12	0,244
20170912-20171006	35,0	24	0,666	20180214-20180304	0,4	18	0,308
20170912-20180603	-65,0	264	0,163	20180220-20180304	-0,8	12	0,293
20170912-20180919	3,0	372	0,211	20180220-20180310	-1,3	18	0,252
20170918-20170924	-86,0	6	0,701	20180226-20180304	0,6	6	0,244
20170918-20170930	-51,0	12	0,625	20180226-20180310	0,2	12	0,220
20170918-20171006	-44,0	18	0,650	20180226-20180316	1,2	18	0,199
20170918-20171012	-85,0	24	0,559	20180304-20180310	-0,5	6	0,478
20170918-20180329	-78,0	192	0,080	20180304-20180316	0,6	12	0,425
20170918-20180609	-118,0	264	0,163	20180304-20180322	-0,9	18	0,364
20170918-20180913	-77,0	360	0,176	20180310-20180316	1,1	6	0,652
20170918-20180919	-76,0	366	0,188	20180310-20180322	-0,5	12	0,544
20170918-20180925	-86,0	372	0,192	20180310-20180328	0,5	18	0,470
20170924-20170930	35,0	6	0,668	20180316-20180322	-1,5	6	0,644
20170924-20171006	42,0	12	0,753	20180316-20180328	-0,6	12	0,579
20170924-20171012	1,0	18	0,668	20180316-20180403	-1,0	18	0,569
20170924-20171018	28,0	24	0,693	20180322-20180328	0,9	6	0,669
20170924-20180323	115,0	180	0,151	20180322-20180403	0,5	12	0,615
20170924-20180603	-58,0	252	0,162	20180322-20180409	1,8	18	0,412
20170924-20180609	-32,0	258	0,187	20180328-20180403	-0,4	6	0,630
20170924-20180615	48,0	264	0,165	20180328-20180409	0,9	12	0,416
20170924-20180627	66,0	276	0,175	20180328-20180415	-0,7	18	0,536
20170924-20180919	10,0	360	0,216	20180403-20180409	1,4	6	0,486
20170924-20180925	0,0	366	0,220	20180403-20180415	-0,3	12	0,573
20170930-20171006	7,0	6	0,667	20180403-20180421	0,5	18	0,496
20170930-20171012	-34,0	12	0,633	20180409-20180415	-1,6	6	0,493
20170930-20171018	-7,0	18	0,600	20180409-20180421	-0,9	12	0,432
20170930-20171024	26,0	24	0,636	20180409-20180427	-1,1	18	0,376
20170930-20180305	-29,0	156	nan *	20180415-20180421	0,8	6	0,638
20170930-20180323	80,0	174	0,137	20180415-20180427	0,6	12	0,381
20170930-20180329	-27,0	180	0,093	20180415-20180503	1,6	18	0,562
20170930-20180627	31,0	270	0,190	20180421-20180427	-0,2	6	0,400
20170930-20180925	-35,0	360	0,197	20180421-20180503	0,8	12	0,603
20171006-20171012	-41,0	6	0,713	20180421-20180509	-1,0	18	0,414

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20171006-20171018	-14,0	12	0,755	20180427-20180503	1,0	6	0,424
20171006-20171024	19,0	18	0,682	20180427-20180509	-0,8	12	0,462
20171006-20171105	43,0	30	0,184	20180427-20180521	0,3	24	0,327
20171012-20171018	27,0	6	0,738	20180503-20180509	-1,8	6	0,487
20171012-20171024	60,0	12	0,651	20180503-20180521	-0,7	18	0,543
20171012-20171105	84,0	24	0,190	20180503-20180527	-0,9	24	0,433
20171012-20171111	35,0	30	0,439	20180509-20180521	1,1	12	0,442
20171018-20171024	33,0	6	0,719	20180509-20180527	0,8	18	0,453
20171018-20171105	57,0	18	0,189	20180509-20180602	1,5	24	0,407
20171018-20171111	8,0	24	0,423	20180521-20180527	-0,3	6	0,531
20171018-20171117	-39,0	30	0,369	20180521-20180602	0,4	12	0,472
20171024-20171105	24,0	12	0,218	20180521-20180608	-0,8	18	0,539
20171024-20171111	-25,0	18	0,376	20180527-20180602	0,7	6	0,611
20171024-20171117	-72,0	24	0,333	20180527-20180608	-0,5	12	0,506
20171024-20171123	-9,0	30	0,305	20180527-20180614	0,3	18	0,389
20171105-20171111	-49,0	6	0,234	20180602-20180608	-1,2	6	0,556
20171105-20171117	-96,0	12	0,213	20180602-20180614	-0,4	12	0,416
20171105-20171123	-33,0	18	0,189	20180602-20180620	-0,7	18	0,451
20171105-20171129	-66,0	24	0,206	20180608-20180614	0,8	6	0,406
20171111-20171117	-47,0	6	0,586	20180608-20180620	0,5	12	0,420
20171111-20171123	16,0	12	0,436	20180608-20180626	1,5	18	0,462
20171111-20171129	-17,0	18	0,365	20180614-20180620	-0,3	6	0,454
20171111-20171205	-6,0	24	0,428	20180614-20180626	0,7	12	0,416
20171117-20171123	63,0	6	0,541	20180614-20180702	-0,9	18	0,337
20171117-20171129	30,0	12	0,457	20180620-20180626	1,0	6	0,533
20171117-20171205	41,0	18	0,514	20180620-20180702	-0,6	12	0,411
20171117-20171211	44,0	24	0,395	20180620-20180714	0,5	24	0,322
20171123-20171129	-33,0	6	0,479	20180626-20180702	-1,6	6	0,545
20171123-20171205	-22,0	12	0,535	20180626-20180714	-0,5	18	0,422
20171123-20171211	-19,0	18	0,402	20180626-20180720	-1,1	24	0,341
20171123-20171217	17,0	24	0,354	20180702-20180714	1,1	12	0,439
20171129-20171205	11,0	6	0,519	20180702-20180720	0,5	18	0,389
20171129-20171211	14,0	12	0,499	20180702-20180801	1,3	30	0,367
20171129-20171217	50,0	18	0,381	20180714-20180720	-0,7	6	0,393
20171129-20171223	50,0	24	0,371	20180714-20180801	0,2	18	0,474
20171205-20171211	3,0	6	0,512	20180714-20180813	-0,3	30	0,422
20171205-20171217	39,0	12	0,474	20180720-20180801	0,9	12	0,416
20171205-20171223	39,0	18	0,419	20180720-20180813	0,4	24	0,338
20171205-20171229	9,0	24	0,246	20180720-20180819	-0,0	30	0,373
20171211-20171217	36,0	6	0,535	20180801-20180807	-1,6	6	0,437
20171211-20171223	36,0	12	0,495	20180801-20180813	-0,5	12	0,558
20171211-20171229	6,0	18	0,311	20180801-20180819	-0,9	18	0,405
20171211-20180104	52,0	24	0,225	20180807-20180813	1,1	6	0,419
20171217-20171223	0,0	6	0,600	20180807-20180819	0,8	12	0,387
20171217-20171229	-30,0	12	0,281	20180807-20180825	1,6	18	0,378

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20171217-20180104	16,0	18	0,244	20180813-20180819	-0,4	6	0,527
20171217-20180110	-38,0	24	0,148	20180813-20180825	0,5	12	0,661
20171223-20171229	-30,0	6	0,295	20180813-20180831	-1,1	18	0,644
20171223-20180104	16,0	12	0,273	20180819-20180825	0,9	6	0,516
20171223-20180110	-38,0	18	0,151	20180819-20180831	-0,7	12	0,496
20171223-20180116	-141,0	24	0,192	20180819-20180906	0,2	18	0,522
20171229-20180104	46,0	6	0,250	20180825-20180831	-1,5	6	0,758
20171229-20180110	-8,0	12	0,206	20180825-20180906	-0,7	12	0,649
20171229-20180116	-111,0	18	0,177	20180825-20180912	-0,8	18	0,596
20171229-20180122	-2,0	24	0,103	20180831-20180906	0,9	6	0,661
20180104-20180110	-54,0	6	0,196	20180831-20180912	0,7	12	0,638
20180104-20180116	-157,0	12	0,246	20180831-20180918	1,5	18	0,591
20180104-20180122	-48,0	18	0,126	20180906-20180912	-0,2	6	0,584
20180104-20180128	-56,0	24	0,126	20180906-20180918	0,6	12	0,671
20180110-20180116	-103,0	6	0,320	20180906-20180924	-0,6	18	0,543
20180110-20180122	6,0	12	0,105	20180912-20180918	0,8	6	0,641
20180110-20180128	-2,0	18	0,256	20180912-20180924	-0,4	12	0,618
20180110-20180203	43,0	24	0,200	20180918-20180924	-1,2	6	0,623
20180116-20180122	109,0	6	0,120	20180918-20180930	-0,2	12	0,568
20180116-20180128	101,0	12	0,235	20180918-20181006	-0,8	18	0,664
20180116-20180203	146,0	18	0,289	20180918-20181012	-0,1	24	0,476
20180116-20180209	111,0	24	0,252	20180924-20180930	1,0	6	0,511
20180122-20180128	-8,0	6	0,115	20180924-20181006	0,4	12	0,573
20180122-20180203	37,0	12	0,116	20180924-20181012	1,1	18	0,424
20180122-20180209	2,0	18	0,109	20180924-20181018	-0,0	24	0,477
20180122-20180215	51,0	24	0,111	20180930-20181006	-0,7	6	0,649
20180128-20180203	45,0	6	0,358	20180930-20181012	0,1	12	0,570
20180128-20180209	10,0	12	0,349	20180930-20181018	-1,0	18	0,581
20180128-20180215	59,0	18	0,239	20180930-20181024	-0,3	24	0,399
20180128-20180221	27,0	24	0,212	20181006-20181012	0,8	6	0,578
20180203-20180209	-35,0	6	0,391	20181006-20181018	-0,4	12	0,691
20180203-20180215	14,0	12	0,382	20181006-20181024	0,4	18	0,361
20180203-20180221	-18,0	18	0,223	20181012-20181018	-1,1	6	0,617
20180203-20180227	-41,0	24	0,224	20181012-20181024	-0,4	12	0,414
20180209-20180215	49,0	6	0,382	20181012-20181105	0,1	24	0,414
20180209-20180221	17,0	12	0,324	20181018-20181024	0,7	6	0,390
20180209-20180227	-6,0	18	0,265	20181018-20181105	1,2	18	0,472
20180215-20180221	-32,0	6	0,284	20181024-20181105	0,5	12	0,408
20180215-20180227	-55,0	12	0,284	20181024-20181111	-1,0	18	0,384
20180215-20180311	-9,0	24	0,276	20181105-20181111	-1,5	6	0,689
20180221-20180227	-23,0	6	0,311	20181105-20181117	-0,2	12	0,367
20180221-20180311	23,0	18	0,293	20181111-20181117	1,3	6	0,472
20180221-20180317	-2,0	24	0,241	20181111-20181123	0,6	12	0,569
20180227-20180311	46,0	12	0,258	20181117-20181123	-0,7	6	0,480
20180227-20180317	21,0	18	0,263	20181117-20181205	-1,0	18	0,207

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20180227-20180323	82,0	24	0,177	20181117-20181211	-0,2	24	0,130
20180311-20180317	-25,0	6	0,506	20181217-20181223	0,9	6	0,315
20180311-20180323	36,0	12	0,476	20181217-20190110	-0,6	24	0,095
20180311-20180329	-71,0	18	0,190	20181217-20190128	0,1	42	0,115
20180311-20180404	-119,0	24	0,474	20181217-20190203	-0,3	48	0,118
20180311-20180609	-111,0	90	0,219	20181223-20190110	-1,5	18	0,088
20180311-20180621	-154,0	102	0,195	20181223-20190128	-0,8	36	0,105
20180311-20180919	-69,0	192	0,141	20181223-20190203	-1,1	42	0,155
20180311-20180925	-79,0	198	0,138	20181223-20190209	-0,3	48	0,122
20180311-20190312	-43,0	366	0,108	20190110-20190128	0,7	18	0,093
20180311-20190318	-80,0	372	0,107	20190110-20190203	0,3	24	0,080
20180317-20180323	61,0	6	0,431	20190110-20190209	1,1	30	0,091
20180317-20180329	-46,0	12	0,212	20190110-20190221	0,1	42	0,077
20180317-20180404	-94,0	18	0,435	20190128-20190203	-0,3	6	0,221
20180317-20180416	-19,0	30	0,409	20190128-20190209	0,5	12	0,178
20180317-20180603	-112,0	78	0,230	20190128-20190221	-0,6	24	0,160
20180317-20180621	-129,0	96	0,189	20190128-20190227	0,4	30	0,152
20180317-20180913	-45,0	180	0,177	20190203-20190209	0,8	6	0,220
20180317-20180925	-54,0	192	0,165	20190203-20190221	-0,2	18	0,254
20180317-20190318	-55,0	366	0,104	20190203-20190227	0,8	24	0,189
20180323-20180329	-107,0	6	0,166	20190209-20190221	-1,0	12	0,235
20180323-20180404	-155,0	12	0,558	20190209-20190227	-0,1	18	0,183
20180323-20180422	20,0	30	0,471	20190209-20190311	0,5	30	0,152
20180323-20180603	-173,0	72	0,258	20190221-20190227	1,0	6	0,260
20180323-20180913	-106,0	174	0,145	20190221-20190311	1,5	18	0,269
20180323-20180925	-115,0	186	0,152	20190221-20190317	-0,4	24	0,267
20180329-20180404	-48,0	6	0,200	20190227-20190311	0,5	12	0,222
20180329-20180416	27,0	18	0,188	20190227-20190317	-1,4	18	0,220
20180329-20180422	127,0	24	0,142	20190227-20190323	0,0	24	0,181
20180329-20180925	-8,0	180	0,095	20190311-20190317	-1,9	6	0,416
20180329-20190318	-9,0	354	0,085	20190311-20190323	-0,5	12	0,383
20180329-20190330	26,0	366	0,099	20190311-20190329	-1,4	18	0,193
20180404-20180416	75,0	12	0,543	20190311-20190404	-0,1	24	0,266
20180404-20180422	175,0	18	0,477	20190317-20190323	1,4	6	0,427
20180404-20180428	98,0	24	0,351	20190317-20190329	0,5	12	0,204
20180404-20180504	55,0	30	0,375	20190317-20190404	1,8	18	0,296
20180416-20180422	100,0	6	0,515	20190317-20190410	0,4	24	0,251
20180416-20180428	23,0	12	0,506	20190323-20190329	-0,9	6	0,209
20180416-20180504	-20,0	18	0,520	20190323-20190404	0,4	12	0,321
20180416-20180510	-34,0	24	0,436	20190323-20190410	-1,0	18	0,273
20180422-20180428	-77,0	6	0,389	20190323-20190416	-0,4	24	0,277
20180422-20180504	-120,0	12	0,444	20190329-20190404	1,3	6	0,317
20180422-20180510	-134,0	18	0,362	20190329-20190410	-0,1	12	0,267
20180422-20180516	-113,0	24	0,363	20190329-20190416	0,5	18	0,246
20180428-20180504	-43,0	6	0,570	20190329-20190422	0,1	24	0,186

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20180428-20180510	-57,0	12	0,531	20190404-20190410	-1,4	6	0,423
20180428-20180516	-36,0	18	0,503	20190404-20190416	-0,8	12	0,410
20180428-20180522	-71,0	24	0,443	20190404-20190422	-1,1	18	0,255
20180504-20180510	-14,0	6	0,578	20190404-20190428	-0,2	24	0,256
20180504-20180516	7,0	12	0,588	20190410-20190416	0,7	6	0,447
20180504-20180522	-28,0	18	0,542	20190410-20190422	0,3	12	0,258
20180504-20180528	-13,0	24	0,451	20190410-20190428	1,2	18	0,258
20180510-20180516	21,0	6	0,613	20190410-20190504	-0,0	24	0,272
20180510-20180522	-14,0	12	0,562	20190416-20190422	-0,4	6	0,329
20180510-20180528	1,0	18	0,524	20190416-20190428	0,6	12	0,322
20180510-20180603	-59,0	24	0,445	20190416-20190504	-0,7	18	0,326
20180516-20180528	-20,0	12	0,571	20190422-20190428	1,0	6	0,521
20180516-20180603	-80,0	18	0,478	20190422-20190504	-0,3	12	0,380
20180522-20180528	15,0	6	0,612	20190422-20190522	-0,1	30	0,272
20180522-20180603	-45,0	12	0,526	20190428-20190504	-1,3	6	0,485
20180522-20180615	61,0	24	0,412	20190428-20190522	-1,1	24	0,321
20180528-20180615	46,0	18	0,471	20190504-20190522	0,2	18	0,466
20180603-20180627	124,0	24	0,379	20190522-20190715	0,5	54	0,310
20180603-20190610	-22,0	372	0,169	20190709-20190715	0,8	6	0,532
20180603-20190616	126,0	378	1,000	20190709-20190721	0,4	12	0,514
20180603-20190622	31,0	384	0,163	20190709-20190727	1,5	18	0,506
20180609-20180615	80,0	6	0,490	20190709-20190802	0,1	24	0,231
20180609-20180621	-43,0	12	0,461	20190715-20190721	-0,4	6	0,574
20180609-20180627	98,0	18	0,447	20190715-20190727	0,7	12	0,514
20180609-20180703	73,0	24	0,435	20190715-20190802	-0,8	18	0,336
20180609-20180919	42,0	102	0,269	20190715-20190808	0,2	24	0,342
20180609-20180925	32,0	108	0,261	20190721-20190727	1,1	6	0,631
20180609-20190306	-66,0	270	0,066	20190721-20190802	-0,3	12	0,318
20180609-20190318	31,0	282	0,094	20190721-20190808	0,7	18	0,435
20180615-20180621	-123,0	6	0,512	20190721-20190814	0,2	24	0,410
20180615-20180627	18,0	12	0,526	20190727-20190802	-1,4	6	0,335
20180615-20180703	-7,0	18	0,452	20190727-20190808	-0,5	12	0,532
20180615-20180709	-63,0	24	0,366	20190727-20190814	-0,9	18	0,476
20180615-20180913	-39,0	90	0,255	20190727-20190820	-0,1	24	0,510
20180615-20180925	-48,0	102	0,233	20190802-20190808	1,0	6	0,262
20180615-20190312	-12,0	270	0,089	20190802-20190814	0,5	12	0,334
20180615-20190324	-21,0	282	0,088	20190802-20190820	1,3	18	0,276
20180615-20190604	6,0	354	0,165	20190802-20190826	-0,3	24	0,276
20180615-20190616	20,0	366	1,000	20190808-20190814	-0,5	6	0,489
20180615-20190622	-75,0	372	0,153	20190808-20190820	0,4	12	0,559
20180621-20180627	141,0	6	0,473	20190808-20190826	-1,3	18	0,498
20180621-20180703	116,0	12	0,404	20190808-20190901	-0,3	24	0,394
20180621-20180709	60,0	18	0,392	20190814-20190820	0,8	6	0,645
20180621-20180715	38,0	24	0,340	20190814-20190826	-0,9	12	0,620
20180621-20180913	84,0	84	0,241	20190814-20190901	0,1	18	0,576

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20180621-20180919	85,0	90	0,229	20190814-20190907	-0,1	24	0,486
20180621-20190318	74,0	270	0,091	20190820-20190826	-1,7	6	0,733
20180621-20190616	143,0	360	1,000	20190820-20190901	-0,7	12	0,584
20180627-20180703	-25,0	6	0,640	20190820-20190907	-0,9	18	0,638
20180627-20180709	-81,0	12	0,474	20190820-20190913	-0,1	24	0,514
20180627-20180715	-103,0	18	0,379	20190826-20190901	1,0	6	0,688
20180627-20180721	-83,0	24	0,398	20190826-20190907	0,8	12	0,657
20180627-20180913	-57,0	78	0,292	20190826-20190913	1,6	18	0,587
20180627-20180919	-56,0	84	0,282	20190826-20190919	0,1	24	0,616
20180627-20190330	-32,0	276	0,084	20190901-20190907	-0,2	6	0,580
20180627-20190604	-12,0	342	0,174	20190901-20190913	0,6	12	0,675
20180627-20190616	2,0	354	1,000	20190901-20190919	-0,9	18	0,629
20180703-20180709	-56,0	6	0,584	20190901-20190925	0,0	24	0,500
20180703-20180715	-78,0	12	0,467	20190907-20190913	0,8	6	0,573
20180703-20180721	-58,0	18	0,436	20190907-20190919	-0,7	12	0,612
20180703-20180727	-23,0	24	0,414	20190907-20190925	0,2	18	0,584
20180709-20180715	-22,0	6	0,607	20190907-20191001	0,1	24	0,596
20180709-20180721	-2,0	12	0,505	20190913-20190919	-1,5	6	0,729
20180709-20180727	33,0	18	0,401	20190913-20190925	-0,6	12	0,564
20180709-20180802	-22,0	24	0,470	20190913-20191001	-0,7	18	0,622
20180715-20180721	20,0	6	0,486	20190913-20191007	0,3	24	0,516
20180715-20180727	55,0	12	0,396	20190919-20190925	0,9	6	0,650
20180715-20180802	0,0	18	0,473	20190919-20191001	0,8	12	0,732
20180715-20180808	-17,0	24	0,377	20190919-20191007	1,8	18	0,595
20180721-20180727	35,0	6	0,551	20190919-20191013	0,2	24	0,642
20180721-20180802	-20,0	12	0,524	20190925-20191001	-0,1	6	0,675
20180721-20180808	-37,0	18	0,528	20190925-20191007	0,9	12	0,641
20180721-20180814	25,0	24	0,419	20190925-20191013	-0,7	18	0,519
20180727-20180802	-55,0	6	0,509	20190925-20191019	0,1	24	0,402
20180727-20180808	-72,0	12	0,468	20191001-20191007	1,0	6	0,665
20180727-20180814	-10,0	18	0,399	20191001-20191013	-0,7	12	0,633
20180727-20180820	-31,0	24	0,429	20191001-20191019	0,2	18	0,414
20180802-20180808	-17,0	6	0,576	20191001-20191025	-0,3	24	0,514
20180802-20180814	45,0	12	0,555	20191007-20191013	-1,7	6	0,548
20180802-20180820	24,0	18	0,524	20191007-20191019	-0,8	12	0,426
20180802-20180826	47,0	24	0,523	20191007-20191025	-1,3	18	0,470
20180808-20180814	62,0	6	0,521	20191007-20191031	-0,2	24	0,508
20180808-20180820	41,0	12	0,578	20191013-20191019	0,9	6	0,407
20180808-20180826	64,0	18	0,488	20191013-20191025	0,3	12	0,626
20180808-20180913	63,0	36	0,437	20191013-20191031	1,5	18	0,567
20180814-20180820	-21,0	6	0,659	20191013-20191106	-0,2	24	0,597
20180814-20180826	2,0	12	0,668	20191019-20191025	-0,6	6	0,525
20180814-20180913	1,0	30	0,510	20191019-20191031	0,6	12	0,510
20180814-20180919	2,0	36	0,573	20191019-20191106	-1,1	18	0,507
20180820-20180826	23,0	6	0,721	20191019-20191112	-0,0	24	0,461

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20180820-20180913	22,0	24	0,585	20191025-20191031	1,1	6	0,743
20180820-20180919	23,0	30	0,576	20191025-20191106	-0,6	12	0,747
20180820-20180925	13,0	36	0,556	20191025-20191112	0,5	18	0,680
20180826-20180913	-1,0	18	0,632	20191025-20191118	0,2	24	0,517
20180826-20180919	0,0	24	0,661	20191031-20191106	-1,7	6	0,781
20180826-20180925	-10,0	30	0,642	20191031-20191112	-0,6	12	0,685
20180826-20181001	-38,0	36	0,493	20191031-20191118	-1,0	18	0,527
20180913-20180919	1,0	6	0,702	20191031-20191124	0,0	24	0,557
20180913-20180925	-9,0	12	0,662	20191106-20191112	1,1	6	0,774
20180913-20181001	-37,0	18	0,573	20191106-20191118	0,8	12	0,563
20180913-20181007	72,0	24	0,588	20191106-20191124	1,8	18	0,552
20180913-20190306	-107,0	174	0,071	20191106-20191130	0,3	24	0,506
20180913-20190330	25,0	198	0,085	20191112-20191118	-0,3	6	0,542
20180913-20190616	59,0	276	1,000	20191112-20191124	0,7	12	0,513
20180919-20180925	-10,0	6	0,780	20191112-20191130	-0,8	18	0,473
20180919-20181001	-38,0	12	0,565	20191112-20191206	-0,0	24	0,474
20180919-20181007	71,0	18	0,623	20191118-20191124	1,0	6	0,514
20180919-20181013	49,0	24	0,512	20191118-20191130	-0,4	12	0,547
20180919-20190306	-108,0	168	0,071	20191118-20191206	0,3	18	0,502
20180919-20190324	17,0	186	0,109	20191118-20191212	-0,2	24	0,240
20180919-20190330	24,0	192	0,084	20191124-20191130	-1,4	6	0,578
20180919-20190604	44,0	258	0,194	20191124-20191206	-0,7	12	0,488
20180919-20190610	-90,0	264	0,175	20191124-20191212	-1,2	18	0,341
20180919-20190616	58,0	270	1,000	20191124-20191218	0,0	24	0,278
20180925-20181001	-28,0	6	0,566	20191130-20191206	0,7	6	0,609
20180925-20181007	81,0	12	0,640	20191130-20191212	0,2	12	0,382
20180925-20181013	59,0	18	0,508	20191130-20191218	1,4	18	0,410
20180925-20181019	26,0	24	0,582	20191130-20191224	-0,1	24	0,244
20180925-20190306	-98,0	162	0,069	20191206-20191212	-0,5	6	0,351
20180925-20190312	36,0	168	0,100	20191206-20191218	0,7	12	0,454
20180925-20190324	27,0	180	0,109	20191206-20191224	-0,8	18	0,229
20180925-20190604	54,0	252	0,196	20191206-20191230	0,2	24	0,075
20180925-20190610	-80,0	258	0,177	20191212-20191218	1,2	6	0,319
20180925-20190616	68,0	264	1,000	20191212-20191224	-0,3	12	0,331
20180925-20190622	-27,0	270	0,152	20191212-20191230	0,7	18	0,088
20181001-20181007	109,0	6	0,544	20191212-20200105	0,2	24	0,112
20181001-20181013	87,0	12	0,563	20191218-20191224	-1,6	6	0,287
20181001-20181019	54,0	18	0,559	20191218-20191230	-0,5	12	0,086
20181001-20181025	74,0	24	0,501	20191218-20200105	-1,0	18	0,112
20181007-20181013	-22,0	6	0,650	20191224-20191230	1,1	6	0,116
20181007-20181019	-55,0	12	0,675	20191224-20200105	0,6	12	0,145
20181007-20181025	-35,0	18	0,461	20191224-20200117	0,2	24	0,135
20181007-20181031	-106,0	24	0,585	20191230-20200105	-0,5	6	0,113
20181013-20181019	-33,0	6	0,710	20191230-20200117	-0,9	18	0,080
20181013-20181025	-13,0	12	0,597	20191230-20200123	-0,3	24	0,070

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20181013-20181031	-84,0	18	0,494	20200105-20200117	-0,4	12	0,159
20181013-20181106	-4,0	24	0,482	20200105-20200123	0,2	18	0,119
20181019-20181025	20,0	6	0,551	20200105-20200129	-0,2	24	0,144
20181019-20181031	-51,0	12	0,569	20200117-20200123	0,6	6	0,291
20181019-20181106	29,0	18	0,543	20200117-20200129	0,2	12	0,272
20181019-20181112	56,0	24	0,545	20200117-20200204	1,4	18	0,172
20181025-20181031	-71,0	6	0,413	20200117-20200210	-0,1	24	0,189
20181025-20181106	9,0	12	0,406	20200123-20200129	-0,4	6	0,266
20181025-20181112	36,0	18	0,426	20200123-20200204	0,8	12	0,179
20181025-20181118	-33,0	24	0,496	20200123-20200210	-0,8	18	0,180
20181031-20181106	80,0	6	0,782	20200123-20200216	0,1	24	0,153
20181031-20181112	107,0	12	0,653	20200129-20200204	1,2	6	0,275
20181031-20181118	38,0	18	0,419	20200129-20200210	-0,4	12	0,235
20181031-20181124	113,0	24	0,514	20200129-20200216	0,5	18	0,252
20181106-20181112	27,0	6	0,686	20200129-20200222	0,1	24	0,154
20181106-20181118	-42,0	12	0,434	20200204-20200210	-1,5	6	0,199
20181106-20181124	33,0	18	0,517	20200204-20200216	-0,7	12	0,207
20181106-20181130	-11,0	24	0,210	20200204-20200222	-1,1	18	0,189
20181112-20181118	-69,0	6	0,477	20200204-20200228	-0,1	24	0,208
20181112-20181124	6,0	12	0,669	20200210-20200216	0,9	6	0,382
20181112-20181130	-38,0	18	0,214	20200210-20200222	0,4	12	0,207
20181112-20181206	11,0	24	0,120	20200210-20200228	1,4	18	0,311
20181118-20181124	75,0	6	0,516	20200210-20200305	0,0	24	0,173
20181118-20181130	31,0	12	0,341	20200216-20200222	-0,4	6	0,292
20181118-20181206	80,0	18	0,126	20200216-20200228	0,6	12	0,397
20181118-20181212	19,0	24	0,154	20200216-20200305	-0,8	18	0,233
20181124-20181130	-44,0	6	0,257	20200216-20200311	0,0	24	0,306
20181124-20181206	5,0	12	0,140	20200222-20200228	1,0	6	0,269
20181124-20181212	-56,0	18	0,129	20200222-20200305	-0,4	12	0,286
20181124-20181218	-66,0	24	0,143	20200222-20200311	0,4	18	0,199
20181130-20181206	49,0	6	0,189	20200228-20200305	-1,4	6	0,273 *
20181130-20181212	-12,0	12	0,163	20200228-20200311	-0,6	12	0,380
20181130-20181218	-22,0	18	0,169	20200228-20200317	-1,1	18	0,238
20181130-20181224	54,0	24	0,110	20200305-20200311	0,9	6	0,274
20181206-20181212	-61,0	6	0,157	20200305-20200317	0,3	12	0,206
20181206-20181218	-71,0	12	0,149	20200305-20200323	1,5	18	0,209
20181206-20181224	5,0	18	0,126	20200311-20200317	-0,5	6	0,347
20181206-20181230	-59,0	24	0,094	20200311-20200323	0,7	12	0,424
20181212-20181218	-10,0	6	0,326	20200311-20200329	-0,7	18	0,344
20181212-20181224	66,0	12	0,216	20200317-20200323	1,2	6	0,293
20181212-20181230	2,0	18	0,215	20200317-20200329	-0,2	12	0,281
20181212-20190105	19,0	24	0,140	20200323-20200329	-1,4	6	0,456
20181218-20181224	76,0	6	0,260				
20181218-20181230	12,0	12	0,250				
20181218-20190105	29,0	18	0,177				

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20181218-20190111	30,0	24	0,106				
20181224-20181230	-64,0	6	0,358				
20181224-20190105	-47,0	12	0,169				
20181224-20190111	-46,0	18	0,102				
20181224-20190117	-83,0	24	0,106				
20181230-20190105	17,0	6	0,185				
20181230-20190111	18,0	12	0,115				
20181230-20190117	-19,0	18	0,138				
20181230-20190123	17,0	24	0,139				
20190105-20190111	1,0	6	0,192				
20190105-20190117	-36,0	12	0,116				
20190105-20190123	0,0	18	0,194				
20190105-20190210	-29,0	36	0,126				
20190111-20190117	-37,0	6	0,129				
20190111-20190123	-1,0	12	0,158				
20190111-20190210	-30,0	30	0,093				
20190111-20190306	-150,0	54	0,084				
20190117-20190123	36,0	6	0,168				
20190117-20190210	7,0	24	0,121				
20190117-20190306	-113,0	48	0,092				
20190117-20190312	21,0	54	0,101				
20190123-20190210	-29,0	18	0,170				
20190123-20190306	-149,0	42	0,131				
20190123-20190312	-15,0	48	0,126				
20190123-20190318	-52,0	54	0,120				
20190210-20190306	-120,0	24	0,205				
20190210-20190312	14,0	30	0,215				
20190210-20190318	-23,0	36	0,209				
20190210-20190324	5,0	42	0,162				
20190306-20190312	134,0	6	0,258				
20190306-20190318	97,0	12	0,242				
20190306-20190324	125,0	18	0,175				
20190306-20190330	132,0	24	0,153				
20190306-20190622	71,0	108	0,084				
20190312-20190318	-37,0	6	0,431				
20190312-20190324	-9,0	12	0,331				
20190312-20190330	-2,0	18	0,214				
20190312-20190405	78,0	24	0,248				
20190312-20190622	-63,0	102	0,125				
20190318-20190324	28,0	6	0,371				
20190318-20190330	35,0	12	0,228				
20190318-20190405	115,0	18	0,279				
20190318-20190411	-44,0	24	0,270				
20190318-20190610	-79,0	84	0,123				
20190324-20190330	7,0	6	0,215				

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20190324-20190405	87,0	12	0,254				
20190324-20190411	-72,0	18	0,259				
20190324-20190417	62,0	24	0,238				
20190324-20190604	27,0	72	0,145				
20190324-20190610	-107,0	78	0,143				
20190324-20190616	41,0	84	1,000				
20190324-20190622	-54,0	90	0,122				
20190330-20190405	80,0	6	0,277				
20190330-20190411	-79,0	12	0,274				
20190330-20190417	55,0	18	0,245				
20190330-20190423	38,0	24	0,198				
20190330-20190604	20,0	66	0,126				
20190330-20190610	-114,0	72	0,107				
20190330-20190622	-61,0	84	0,124				
20190405-20190411	-159,0	6	0,341				
20190405-20190417	-25,0	12	0,439				
20190405-20190423	-42,0	18	0,314				
20190405-20190429	-53,0	24	0,299				
20190411-20190417	134,0	6	0,391				
20190411-20190423	117,0	12	0,305				
20190411-20190429	106,0	18	0,301				
20190411-20190517	138,0	36	0,197				
20190417-20190423	-17,0	6	0,439				
20190417-20190429	-28,0	12	0,412				
20190417-20190517	4,0	30	0,286				
20190417-20190604	-35,0	48	0,217				
20190423-20190429	-11,0	6	0,520				
20190423-20190517	21,0	24	0,374				
20190423-20190604	-18,0	42	0,263				
20190423-20190610	-152,0	48	0,182				
20190429-20190517	32,0	18	0,422				
20190429-20190604	-7,0	36	0,322				
20190429-20190610	-141,0	42	0,224				
20190429-20190616	7,0	48	1,000				
20190517-20190604	-39,0	18	0,461				
20190517-20190610	-173,0	24	0,305				
20190517-20190616	-25,0	30	1,000				
20190517-20190622	-120,0	36	0,250				
20190604-20190610	-134,0	6	0,485				
20190604-20190616	14,0	12	1,000				
20190604-20190622	-81,0	18	0,338				
20190604-20190710	-32,0	36	0,391				
20190610-20190616	148,0	6	1,000				
20190610-20190622	53,0	12	0,389				
20190610-20190710	102,0	30	0,359				

Alçalan (065D-05285-111314)				Yükselen (058A-05279-131311)			
İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk	İnterferogram tarihleri	Bperp (m)	Gün farkı	Ortalama uyumluluk
20190610-20190716	142,0	36	0,301				
20190616-20190622	-95,0	6	1,000				
20190616-20190710	-46,0	24	1,000				
20190616-20190716	-6,0	30	1,000				
20190616-20190722	-69,0	36	1,000				
20190622-20190710	49,0	18	0,377				
20190622-20190716	89,0	24	0,325				
20190622-20190722	26,0	30	0,329				
20190622-20190803	14,0	42	0,353				
20190710-20190716	40,0	6	0,634				
20190710-20190722	-23,0	12	0,537				
20190710-20190728	-26,0	18	0,542				
20190710-20190803	-35,0	24	0,428				
20190716-20190722	-63,0	6	0,545				
20190716-20190728	-66,0	12	0,543				
20190716-20190803	-75,0	18	0,429				
20190716-20190809	-37,0	24	0,417				
20190722-20190728	-3,0	6	0,624				
20190722-20190803	-12,0	12	0,508				
20190722-20190809	26,0	18	0,488				
20190722-20190815	62,0	24	0,399				
20190728-20190803	-9,0	6	0,618				
20190728-20190809	29,0	12	0,596				
20190728-20190815	65,0	18	0,472				
20190728-20190821	52,0	24	0,500				
20190803-20190809	38,0	6	0,542				
20190803-20190815	74,0	12	0,449				
20190803-20190821	61,0	18	0,463				
20190809-20190815	36,0	6	0,557				
20190809-20190821	23,0	12	0,583				
20190815-20190821	-13,0	6	0,683				

ÖZGEÇMİŞ

Hamit Beran GÜNÇE

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2019-2025	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans 2016-2019	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2005-2010	İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Uzman 2024-Devam Ediyor	Akdeniz Üniversitesi Kurumsal Araştırma ve Veri Yönetimi Koordinatörlüğü, Rektörlük, Antalya
Öğr. Gör. 2021-2024	Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi U.A.M, Rektörlük, Alanya
Uzman 2018-2020	Akdeniz Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi U.A.M, Rektörlük, Antalya

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1- Gunce, H. B., ve San, B. T. (2025). Two Novel Multidimensional Data Analysis Approaches Using InSAR Products for Landslide Prone Areas. *Applied Sciences*, 15(14), 8024. https://doi.org/10.3390/app15148024

Uluslararası bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1- Gunce, H. B. ve San, B. T. (2018). Measuring Earthquake-Induced Deformation in the South of Halabjah (Sarpol-e-Zahab) Using Sentinel-1 Data on November 12, 2017. *Proceedings 2018, Vol. 2, Page 346*, 2(7), 346. doi:10.3390/ECRS-2-05159

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1- Demir, N., Yazgan, U., San, B. T., Solmaz, D., Günce, H. B. ve Chang, L. (2023). Radar Uzaktan Algılama İle Elazığ Sivrice Bölgesinin Yüzey Yer Değiştirmelerinin Zamansal Olarak İzlenmesi. *Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP) Çalıştayı* içinde (ss. 130–133). Ankara, Turkey.

2- Demir, N., Yazgan, U., Solmaz, D., San, B. T. ve Günce, H. B. (2022). Elazığ-Sivrice M6.8 2020 Depremi ve Artçıları Sonrasında Bölgede Meydana Gelen Kalıcı Yüzey Yer Değiştirmelerinin Çok Disiplinli Bir Bakış Açısıyla İncelenmesi. *TMMOB 7. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi* içinde. Ankara, Turkey.