

Onur UÇAR^{1,2} ve Ali KILÇIK¹¹Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi, 07058 Antalya, Türkiye²Türkiye Ulusal Gözlemevleri, TUG, 07070 Antalya, Türkiye

1 ÖZET

Atmosferik türbülans, astronomik gözlemlerde görüntü kalitesini sınırlayan önemli etkenlerden biridir. **Solar Differential Image Motion Monitor (S-DIMM)** yöntemi, Güneş görüntülerindeki diferansiyel görüntü hareketini ölçerek atmosferik görüş koşullarının nicel olarak belirlenmesini sağlar.

Bu çalışmada, S-DIMM görüntülerinin otomatik analizine yönelik Python tabanlı bir görüntü işleme ve analiz yazılımı geliştirilmiştir. Yazılım; görüntülerin ön işlenmesi, Güneş diskinin kenar konumunun belirlenmesi, alt piksel konumlandırma, diferansiyel görüntü hareketinin çıkarılması ve gürültülü verilerin filtrelenmesi aşamalarını içermektedir. Elde edilen diferansiyel görüntü hareketi istatistiklerinden **Fried parametresi (r_0)** ve **Seeing parametresi (ϵ_0)** değerleri hesaplanmıştır. Geliştirilen yazılım, mevcut S-DIMM arşiv görüntüleri kullanılarak test edilmiş ve S-DIMM verilerinin otomatik, hızlı ve tekrarlanabilir biçimde analiz edilmesine olanak sağladığı gösterilmiştir.

2 VERİ VE YÖNTEM

Veri: Çalışmada, S-DIMM arşiv görüntülerinden 2003 yılı Nisan, Mayıs, Ekim ve Kasım aylarına ait gözlem verileri seçilmiştir. Seçilen görüntüler, geliştirilen Python tabanlı yazılım kullanılarak yeniden analiz edilmiş ve elde edilen sonuçların önceki ölçümlerle karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Yöntem: Görüntülerin analizi, Python tabanlı olarak geliştirilen otomatik görüntü işleme yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yazılım algoritmasında görüntü ön işleme, kenar tespiti, alt piksel konumlandırma, gürültü azaltma ve ilgili parametrelerin hesaplanması işlemleri ardışık olarak uygulanmıştır. Tüm işlem basamakları belirli bir sıra dâhilinde ve otomatik olarak yürütülerek ölçüm sürecindeki olası farklılıkların en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Böylece analiz sürecinin hızlı, nesnel, tekrarlanabilir ve standartlaştırılmış bir şekilde gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

1. Görüntü Ön İşleme

Bias, Dark ve Flat düzeltmeleri.

2. Kenar Tespiti

Güneş kenarının belirlenmesi için farklı kenar tespit algoritmaları karşılaştırılması ve Sobel operatörünün kullanılması. (Bkz. Şekil 1)

3. Alt-piksel Konumlandırma

Yoğunluk profilinin Gauss fonksiyonu ile modellenmesi ve kenar konumlarının alt piksel hassasiyetinde belirlenmesi. (Bkz. Şekil 2)

4. Gürültü Azaltma

Elde edilen kenar verisine medyan düzeltme filtresinin uygulanması.

5. Mesafe Hesaplama

Kenarlar arası piksel mesafesinin hesaplanması. (Bkz. Şekil 3)

6. Uç Değerlerin Temizlenmesi

Ölçüm dışı sapmaların Hampel filtresi yöntemiyle kaldırılması. (Bkz. Şekil 3)

7. Varyans hesaplama

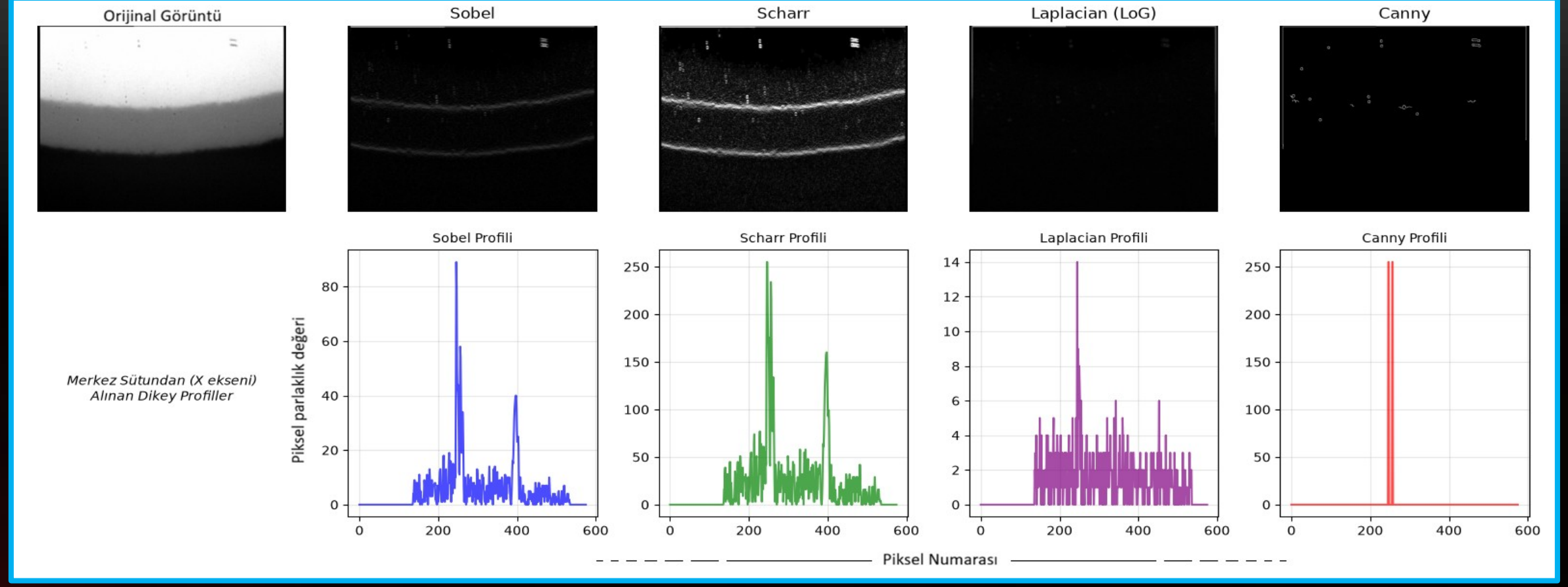
Kenar mesafesinin, beklenen teorik değerden sapmasının varyansının hesaplanması.

8. Fried Parametresinin Hesaplanması (r_0)

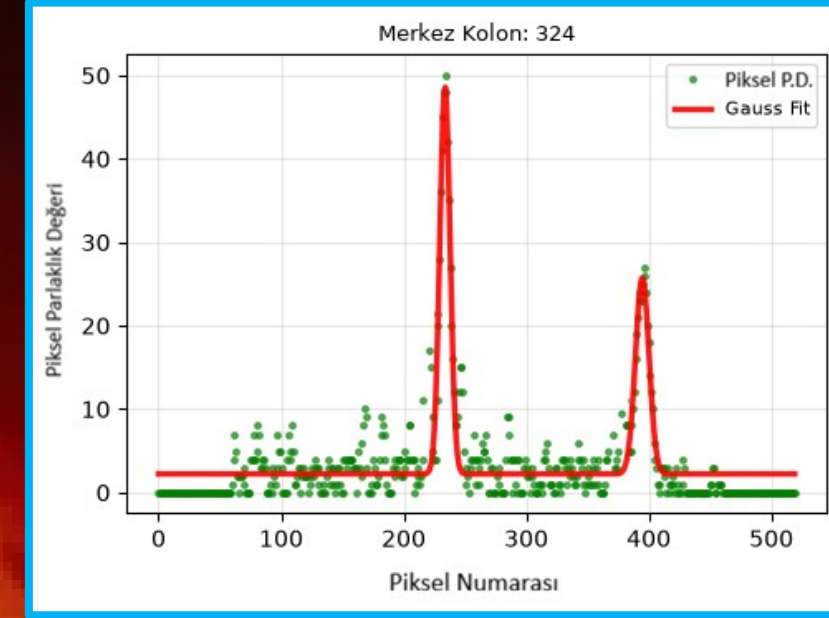
$$r_0 = \left(\frac{K\lambda^2}{\sigma^2 D^3} \right)^{\frac{3}{5}}$$

9. Seeing Parametresinin Hesaplanması (ϵ_0)

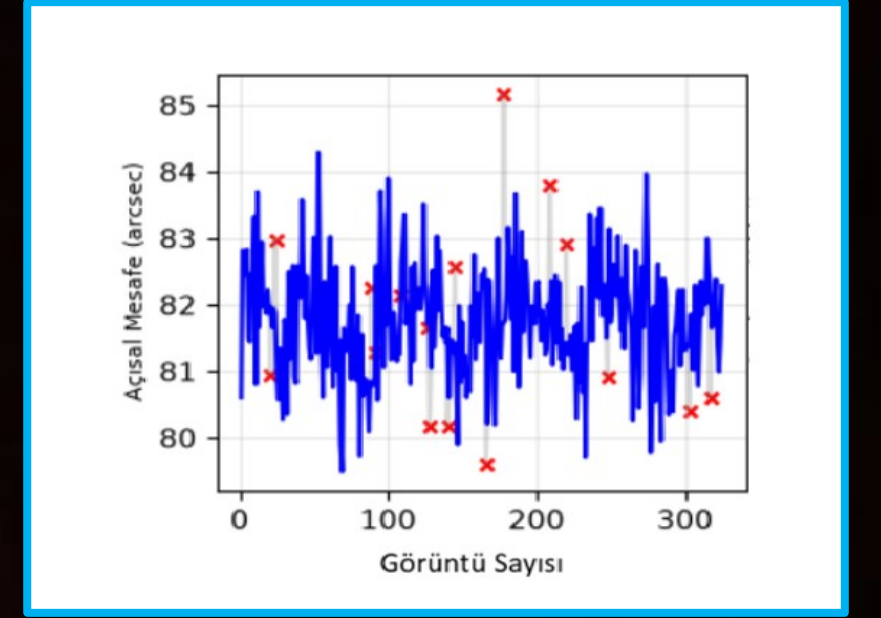
$$\epsilon_0 = 0.98 \frac{\lambda}{r_0}$$



Şekil-1: Kenar tespiti için kullanılan algoritmaların karşılaştırması



Şekil-2: Yoğunluk profilinin Gauss fonksiyonu ile modellenmesi.



Şekil-3: Piksel mesafelerinin hesaplanması ve uç değerlerin filtrelenmesi.

4 ANALİZ VE SONUÇLAR

Tablo-1: Eski ve yeni hesaplanan Fried parametresi (r_0) değerlerinin karşılaştırılması.

Ay	Eski r_0 (cm)	Yeni r_0 (cm)	Fark (%)
Nisan	5.55	5.63	+%1.44
Mayıs	4.44	4.35	-%2.03
Ekim	4.44	4.59	+%3.38
Kasım	5.77	5.82	+%0.87

☀ Geliştirilen yazılım ile elde edilen Fried parametresi değerleri, önceki ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır (Bkz. Tablo 1). Eski ve yeni hesaplanan r_0 değerleri arasındaki farkların %5'in altında kalması, geliştirilen yazılımın mevcut analiz sonuçlarıyla yüksek uyum gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Geliştirilen yazılım, S-DIMM ham görüntülerinden atmosferik görüş parametrelerine ulaşmayı sağlayan otomatik ve bütünsel bir analiz altyapısı sunmaktadır.

- ✓ S-DIMM görüntülerinin otomatik analizine yönelik bütünsel bir görüntü işleme ve analiz yazılımı geliştirilmiştir.
- ✓ Güneş kenarının belirlenmesi ve alt piksel konumlandırma ile diferansiyel görüntü hareketinin hassas biçimde çıkarılması sağlanmıştır.
- ✓ Diferansiyel görüntü hareketi zamansal olarak analiz edilmiş; gürültülü ve aykırı değerlerin etkisi istatistiksel filtreleme ile azaltılmıştır.
- ✓ Analiz edilen görüntü serilerinden Fried parametresi (r_0) ve Seeing parametresi (ϵ_0) değerleri elde edilmiştir.
- ✓ Geliştirilen yazılımın arşiv S-DIMM görüntüleri üzerindeki uygulanabilirliği gösterilmiştir.

5 GELECEK ÇALIŞMALAR



Geliştirilen yazılımın yeni S-DIMM gözlemlerine ve gerçek zamanlı veri akışına entegre edilmesi planlanmaktadır.



Uzun süreli gözlemlerin otomatik olarak analiz edilerek atmosferik görüş (seeing) koşullarının zamana bağlı değişiminin incelenmesi hedeflenmektedir.



Elde edilen atmosferik görüş (seeing) değerlerinin meteorolojik ve çevresel parametrelerle birlikte değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

6 KAYNAKLAR

- Beckers, J. M. (2001). A seeing monitor for solar and other extended object observations. *Experimental Astronomy*, 12, 1–20.
- Duan, X. M., Liu, Y., Song, T. F., & Zhu, F. R. (2024). A portable S-DIMM developed for preliminary measurement of seeing for solar site survey: Theory and one case study. *New Astronomy*, 109, 102206.
- Hampel, F. R. 1974. The influence curve and its role in robust estimation. *Journal of the American Statistical Association*, 69 (346): 383-393.
- Mohammed, E. Z., & Akbar, H. S. (2015). Automated identification of sunspots area size using Sobel edge detection and image histogram. *American Journal of Science and Technology*, 2(2), 54–61.
- Özişik, T., & Ak, T. (2004). First day-time seeing observations at the TÜBİTAK National Observatory in Turkey. *Astronomy & Astrophysics*, 422(3), 1129–1133.
- Sarazin, M., & Roddier, F. (1990). The ESO differential image motion monitor (DIMM). *Astronomy and Astrophysics*, 227, 294–300.
- Tokovinin, A. (2002). From differential image motion to seeing. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 114(800), 1156–1166.
- Wang, J., Feng, J., Qian, X., Yao, Y., Zhao, M., Kang, K., & Song, T. (2025, July). A Low-Cost Portable SDIMM for Daytime Atmospheric Optical Turbulence Measurement in Observatory Site Testing: Primary Results from Ali Site. In *Photonics* (Vol. 12, No. 7, p. 705). MDPI.

7 TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde sağladıkları destek ve katkılarından dolayı Akdeniz Üniversitesi ve Türkiye Ulusal Gözlemevleri'ne teşekkür ederiz.