

Aynalı Teleskoplar için Düşük Maliyetli Düz-Alan (Flat-Field) Panel Üretimi

Şeyma Pekdemir¹  , Neslihan Arslan¹ , Mustafa Kürşad Yıldız^{2,3} 

¹ Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 38039, Kayseri, Türkiye

² Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 38030, Kayseri, Türkiye

³ Erciyes Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Gözlemevi Uygulama ve Araştırma Merkezi (UZAYBİMER), 38281, Kayseri, Türkiye

Accepted: February 13, 2025. Revised: February 13, 2025. Received: November 29, 2024.

Özet

Bu çalışmada Erciyes Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Gözlemevi Uygulama ve Araştırma Merkezinde (UZAYBİMER) kullanılmak üzere yüksek maliyetli düz-alan panellerine ekonomik bir alternatif geliştirilmesi amaçlanmıştır. Düz-alan panelleri, CCD ve CMOS dedektörleri ile alınan bilimsel görüntülerin kalibrasyonu için gerekli olup, dedektörlerdeki üretim hatalarını ve optik yol üzerindeki toz ve lekelerin etkilerini ortadan kaldırmak için kullanılırlar. Çalışma kapsamında iki farklı yöntem ile düz-alan panel üretimi hedeflenmiştir. Birinci yöntemde, led izleme paneli kullanılarak taşınabilir bir düz-alan paneli üretilmiştir. UZAYBİMER'de bulunan T40 teleskopundan deneme düz-alan görüntüleri başarıyla alınmıştır. İkinci yöntemde ise UZAYBİMER teleskoplarından Meade-LT6 isimli 6 inçlik bir teleskobun üzerine takılıp, otomatik olarak parlaklık ayarı yapacak ve teleskobun ASCOM yazılımı ile uyumlu bir şekilde çalışacak düz-alan paneli üretilmiştir.

Abstract

This study aims to develop an economical alternative to high-cost flat-field panels to be used at Erciyes University Astronomy and Space Sciences Observatory Application and Research Center (UZAYBİMER). Flat-field panels are essential for the calibration of scientific images taken with CCD and CMOS detectors and are used to eliminate manufacturing errors in detectors and the effects of dust and stains on the optical path. This study aims to produce flat-field panels using two different methods. The first method produced a portable flat-field panel using an LED viewing panel. Trial flat images were successfully obtained from the T40 telescope at UZAYBİMER. In the second method, we produced a flat-field panel to be mounted on a 6-inch Meade-LT6 telescope at UZAYBİMER, and it will automatically adjust brightness, and work in harmony with the telescope's ASCOM software.

Anahtar Kelimeler: Flat-Field — Optical Observation — Image Sensors

1 Giriş

Sensörler, çevresel bilgileri algılayıp diğer cihazlara aktarır. Son yıllarda mikro teknoloji alanında gerçekleşen ilerlemelerle sensörlerin işlevselliikleri genişlemiştir. Optik görüntüleri elektronik sinyallere dönüştüren bu sensörler, ışığa duyarlı fotodiyotlar içerir (Kumbhar & Kshirsagar 2015; Polatoğlu & Özkesen 2022). Çözünürlük, fotodiyot sayısına göre belirlenir; ancak sensör boyutu küçüldükçe ışığa duyarlılık azalır, bu nedenle yüksek çözünürlük her zaman daha iyi kalite anlamına gelmez. CCD ve CMOS sensörler dijital kamera ve ölçüm sistemlerinde yaygın olarak kullanılır (Lesser 2015).

CCD ve CMOS sensörleri kullanarak yüksek doğruluklu astronomik veriler elde etmek için kalibrasyon görüntülerine ihtiyaç duyulur. Kalibrasyon görüntüleri, sensörlerin her pikseldeki kusurlarını gidererek ve gürültüleri en aza indirerek sensörlerden elde edilen ham verilerin analizi ve kullanılması için daha uygun hale gelmesini sağlar (Polatoğlu & Özkesen 2022).

Astronomik gözlemler yapıldığında, her pikselden elde edilen ADU (Analog Dijital Birimi) sayısı, gözlenen nesneden gelen ışık, insan kaynaklı ışık kirliliği ve gökyüzü parlaklığını içeren arka plan ışığını içerir (AAVSO 2022). Bunun yanı sıra, piksel özelliklerinden kaynaklanan gürültüler de gözlemlenir;

bu gürültüler, yüksek tepki veren sıcak pikseller ve daha az hassas olan soğuk pikseller gibi farklı türlere ayrılır (Paterson 2000). Bu sinyalleri azaltmak için kalibrasyon işlemi uygulanır ve istenmeyen sinyalleri gidererek yüksek sinyal-gürültü oranını korumak hedeflenir.

Kalibrasyon işlemi, üç temel kalibrasyon görüntüsüne dayanır (Legault 2014): Bias kareleri, dedektörün foton alan bölümü kapalı konumda sıfır pozlama süresiyle alınır ve astronomik kaynaklardan bağımsız bir temel sinyali ölçerek bu değerin tüm görüntülerden çıkarılmasını sağlar (Baugh 2006). Karanlık kareler ise, "karanlık akım" olarak bilinen gürültüyü ölçüp CCD çiplerinin sıcaklık duyarlılığını belirler ve bu kareler sıcaklık etkisini minimize etmek amacıyla aynı pozlama süresinde kaydedilir. Son olarak, düz-alan kareleri her pikselin aynı ışık yoğunluğuna verdiği tepkiyi ölçmek için kullanılır ve genellikle gün batımından sonra veya şafaktan önce gökyüzünde boş bir alan hedeflenerek çekilir (Baugh 2006). Ancak gözlemlerde her zaman gün doğumu ya da batımı beklenilmesi bazen bazı sorunlara yol açmaktadır. Bu sebepten gözlemlerinde düz-alan panelleri kullanılarak her gözlemden sonra zaman kısıtlaması olmadan düz-alan kalibrasyon görüntüleri alınmaktadır.

Bu çalışmada, Erciyes Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Gözlemevi Uygulama ve Araştırma Merkezi (UZAYBİMER), astronomik gözlemler için daha ekonomik

* syma.pkdmr28@gmail.com



Şekil 1. Yöntem 1'den elde edilen düz-alan paneli.

bir düz-alan (flat-field) paneli geliştirilmesi amaçlamaktadır. Piyasada yaygın bulunan bu panellerin yüksek maliyeti nedeniyle, UZAYBİMER teleskop ve gözlemevi koşullarına uygun, düşük maliyetli bir alternatif üzerinde çalışmıştır. Proje kapsamında, teleskop türleri, görüntüleme sensörleri ve kalibrasyon yöntemleri detaylı bir şekilde incelenmiş ve panel tasarımı bu doğrultuda gerçekleştirilmiştir. Dedektör ve teleskop yüzeylerindeki toz ve lekeler gibi kusurlar, düz-alan paneller sayesinde her bir piksele eşit parlaklıkta ışık gönderilerek giderilmiş; böylece doğru kalibrasyon sağlanmıştır.

Bu makalede çalışma sürecinde kullanılan yöntemler detaylı bir şekilde §2'de anlatılmıştır. §3'te birinci yöntemde kullanılan led izleme paneli yardımıyla, farklı filtreler kullanılarak elde edilen flat görüntüleri ve ilk bulgularımız verilmiştir. §4 tartışma ve sonuçlarımızı içermektedir. Bu düz-alan panelleri ile UZAYBİMER'de bulunan teleskopların gözlem kapasitesini artırarak, gözlemevinin verimliliğine önemli bir katkı sağlaması planlanmaktadır.

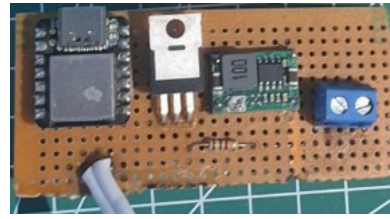
2 Yöntem

2.1 Yöntem 1

Birinci yöntem olarak, ayaklı bir düz-alan paneli tasarlanmıştır. Bu tasarımda kullanılan en önemli malzemelerden biri A2 boyutundaki LED izleme panelidir. Panel, güç düğmesi aracılığıyla manuel olarak kısılabilmekte ve aynı düğme ile çalıştırılmaktadır. Panel, gözlemevinin duvarına monte edilip teleskop doğrudan panele bakacak şekilde konumlandırılmıştır. Panelin parlaklığı, Arduino geliştirme kartı ile kontrol edilmiştir. Bu proje kapsamında, Erciyes Üniversitesi UZAYBİMER Gözlemevi'ndeki tüm teleskoplara uyumlu taşınabilir bir düz-



Şekil 2. Üç boyutlu yazıcı kullanılarak basılan parça.



Şekil 3. Tamamlanan elektronik devre kartı.

alan panel tasarlanmıştır. Yöntem 1'den elde edilen düz-alan panel Şekil 1'de gösterilmektedir.

2.2 Yöntem 2

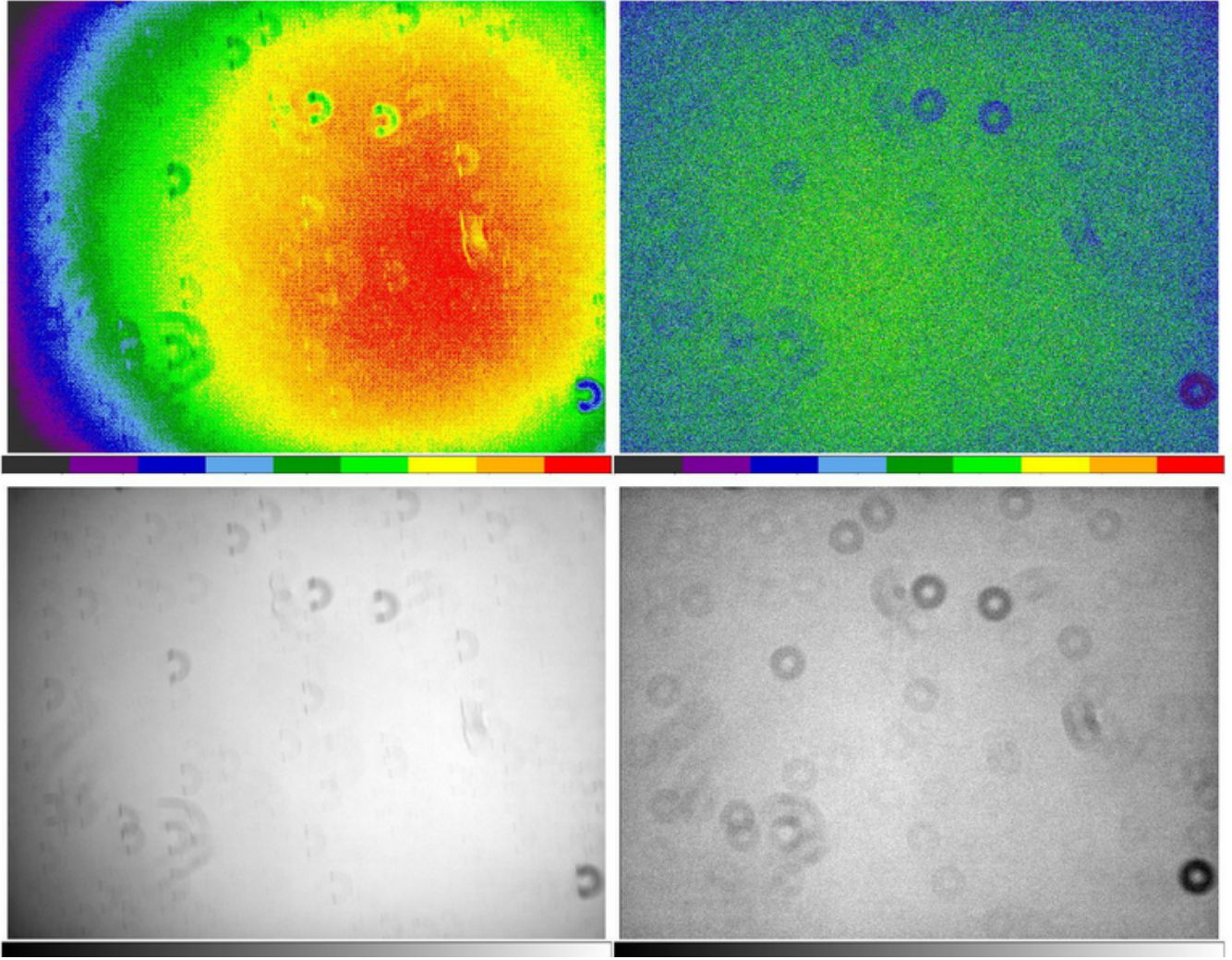
Bu yöntem yazılım ve donanım olmak üzere iki aşamaya ayrılmaktadır. Yazılım aşamasında, ASCOM sürücülerini kurmuş ve mikrodenetleyici ile test edilerek ekipmanlar merkezi bir noktadan kontrol edilmiştir.

Donanım aşamasında ise UZAYBİMER'de bulunan Meade-LT6 isimli 6 inçlik bir teleskoba takılarak kullanılması planlanan bir düz-alan paneli tasarlanmıştır. Bu aşamada üç boyutlu yazıcı kullanarak gerekli bölümler basılmıştır. Basılan bu bölümlerden bir parça Şekil 2'te gösterilmiştir. Ayrıca teleskobun ASCOM vasıtası ile yapılan düz-alan paneli ile iletişimini sağlayacak olan elektronik kart, Şekil 3'deki gibi gözlemevinde basılmış ve yazılımla uyumlu olarak çalışması kontrol edilmiştir. Düz-Alan panelin parlaklığı, devrede kullanılan SAMD21 XIAO mikrodenetleyicisi ve N.I.N.A uygulaması sayesinde hassas bir şekilde kontrol edilebilmektedir.

3 Bulgular

Yöntem-1 ile elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Şekil 4'ün üst panel sağdaki görsel, gökyüzünden alınan düz-alan görüntüsünü, soldaki görsel ise yöntem-1 ile yapılan düz-alan panelinin kullanılmasıyla alınan düz-alan görüntüsünü göstermektedir. Her iki görüntüye de daha iyi bir karşılaştırma için 3-sigma ile yumuşatma filtresi uygulanmıştır. Bu işlem görüntüdeki değişikliklerin daha belirgin olmasını sağlamıştır.

LED izleme paneli ile alınan düz-alan görüntüsünde, merkezde yüksek bir aydınlatma yoğunluğu ve kenarlarda parlaklık düşüşü gözlemlenmiştir. Bu, panelin homojen olmayan aydınlatmasını ve ışık kaynağının merkezdeki daha güçlü olmasını göstermektedir. Gökyüzünden alınan düz-alan görüntüsünde ise daha homojen bir aydınlatma bulunmuştur, ancak dairesel kusurlar gözlemlenmiştir. Bu kusurlar, lens veya sensör üzerindeki toz ve kirlere kaynaklanabilir. LED



Şekil 4. (Üst Panel) ERÜ UZAYBİMER’de alınan yöntem-1 ile üretilen düz-alan paneli ile alınan (sol), gökyüzünden alınan düz-alan görüntüleri (sağ). Görüntülerdeki farkların daha net ortaya çıkması için 3-sigmalık bir yumuşatma filtresi uygulanmıştır. (Alt Panel) Herhangi bir yumuşatma filtresi uygulanmamış ve renksiz sonuçlar gösterilmektedir.

paneli ile alınan görüntüdeki daireler, gökyüzünden alınan görüntüye göre daha belirgin ve fazladır, bu da panelin homojen aydınlatma sağlamamasından veya optik sistemdeki kirlere dolaylı olarak olabilir.

Şekil 4’ün alt paneli renksiz ve smooth edilmemiş düz-alan görüntüsü karşılaştırması sunmaktadır. Burada renkli görüntülere göre hatalar daha belirgin gözlemlenmiştir, fakat renkli görüntüdeki parlaklık yoğunlaşması ve homojen olmayan ışık dağılımı daha belirgindir. Renksiz görüntüde ise bu tür farklar net bir şekilde gözlemlenememiştir.

Şekil 5’de 30 saniyelik pozlama süresi ile yeşil ve mavi filtreleri kullanılarak alınan düz-alan görüntüleri gösterilmektedir. Sol üstteki görüntü, 30 saniye pozlama süresi ile yeşil filtreden alınmış düz-alan görüntüsüdür, sağ üstteki görüntü, 30 saniye pozlama süresi ile mavi filtreden alınmış düz-alan görüntüsüdür. Alt panelde yeşil ve mavi filtreleri kullanarak alınan düz-alan görüntüsündeki piksel başına düşen ortalama foton sayısı gösterilmektedir. Bu grafiklerden de anlaşılacağı üzere, piksel başına düşen ortalama foton sayısının hemen hemen eşit olduğunu göstermektedir. Grafikte bazı ufak

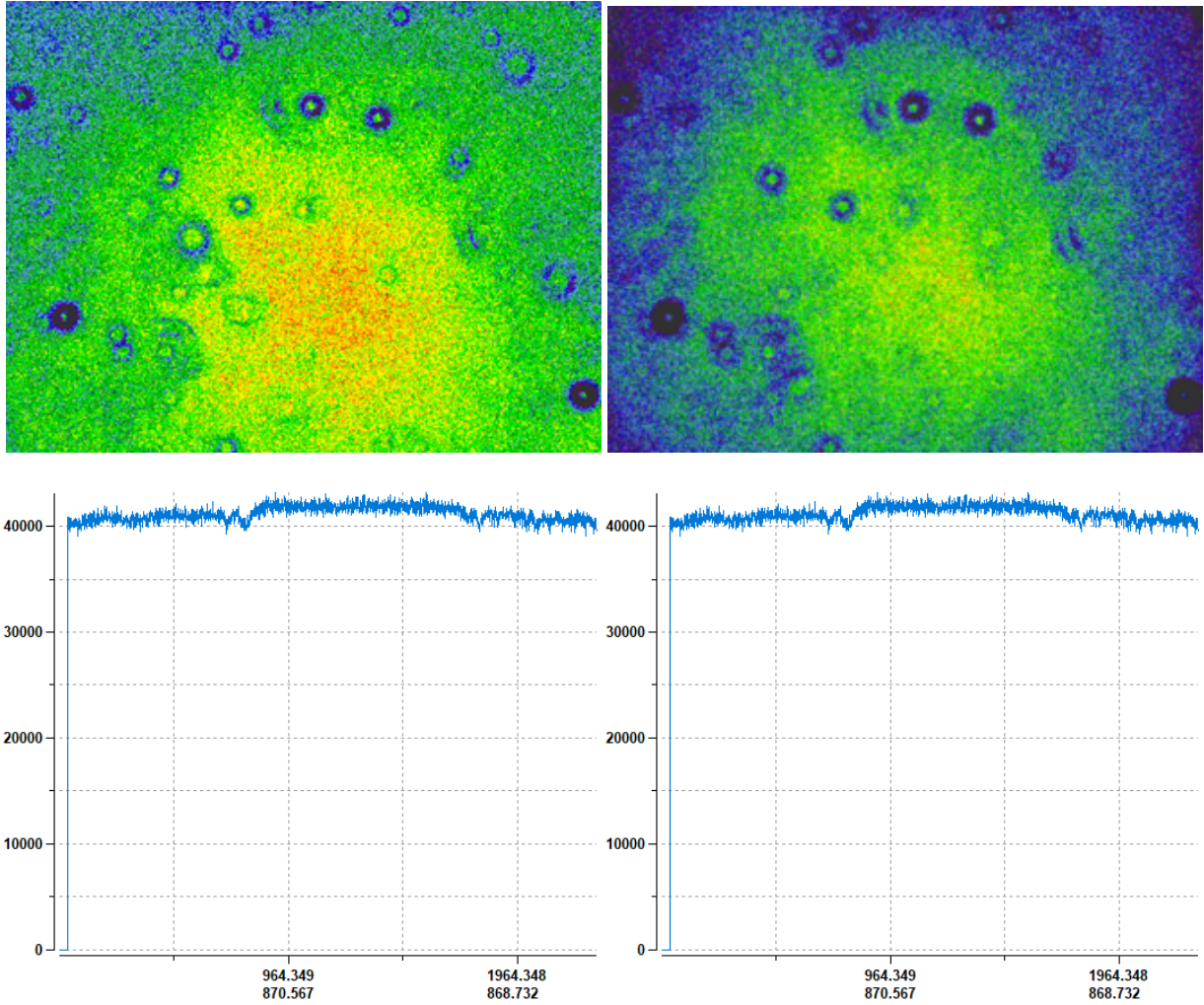
düzensizlikler bulunmaktadır bu durum ise, sensörde veya lenste bulunan kusurlardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şekil 5’deki düz-alan görüntüsünde, Şekil 4’ün alt panelinde görülen kusurlar düzeltilmiştir ve görüntü incelendiğinde, homojen bir aydınlanma olduğu, düzgün bir düz-alan alındığı görülmektedir. Ayrıca, düz-alan görüntüsündeki daireler ise, sensör veya lensteki bulunan kusurları daha net ve kaymalar olmadan ortaya çıkardığı görülmektedir.

4 Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada, projelerden biri olan Yöntem-1 uygulanmış ve detayları bu yöntem başlığı altında açıklanmıştır. Şekil 4 üst panelde gökyüzü, alacakaranlık düz-alan yöntemiyle (sol) ve Yöntem-1’de (sağ) kullanılan düz-alan teknikleriyle elde edilen görüntüler yer almaktadır. Görseller, renkli ve siyah-beyaz olarak değerlendirilmiştir.

Renkli görüntülerin incelenmesi sonucunda, LED izleme paneli kullanılarak elde edilen düz-alan görüntüsünde merkezde yüksek bir aydınlatma yoğunluğu ile kenar kararması gözlemlenmiştir. Siyah-beyaz görüntülerin incelenmesinde ise (Şekil



Şekil 5. (Üst Panel) İkinci yöntemi kullanarak, 30 saniyelik pozlama süresi ve yeşil (sol) ve mavi (sağ) filtreler kullanılarak M33 gökada gözleminden sonra alınan flat görüntüleri. (Alt Panel) Üst paneldeki görüntüler için piksel başına düşen ortalama foton sayısı gösterilmektedir.

4 alt panel), merkezdeki ışık yoğunluğu fark edilememekle birlikte, dairesel kusurlar ve lekeler daha belirgin bir şekilde tespit edilmiştir.

Bu kusurların kaynakları araştırılmış olup, konuya ilişkin çalışmalar halen sürmektedir. İlk bulgular doğrultusunda, gökyüzü alacakaranlık düz-alan yönteminin bilimsel olarak daha uygun bir yöntem olduğu değerlendirilmiştir.

İlerleyen çalışmalarda ikinci yöntem detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Bu çalışmanın yazılım aşaması tamamlanmıştır. Donanım aşamasında ise 3B yazıcıdan üretilen çerçevelere LED şerit yerleştirilecek ve ışığı dağıtmak için beyaz akrilik levha kullanılacaktır. LED şeritler, gövdenin içine dikkatlice monte edilecek; ışık kılavuz plakası (LGP) ve akrilik levha yardımıyla homojen bir aydınlatma sağlanacaktır. Panel teleskoba entegre bir kapak olarak tasarlanacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) bünyesinde TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) tarafından yürütülen 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında TÜBİTAK-2209-A-919B012335325

Numaralı proje ile desteklenmiştir. Projeye verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız. Bu çalışmada yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Dr. Özgün Arslan'a teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- AAVSO 2022, Guide to CCD/CMOS Photometry
- Baugh P. A., 2006, Brigham Young University, pp 5–10
- Kumbhar K., Kshirsagar K. P., 2015, IJIREICE
- Legault T., 2014, Astrophotography. Rocky Nook
- Lesser M., 2015, Publications of the Astronomical Society of the Pacific
- Paterson K. G., 2000, Old OA Course, pp 1–2
- Polatoğlu A., Özkesen I. C., 2022, Journal of Astronomy and Space Sciences

Access:

M25-0322: [Turkish J.A&A](#) — Vol.6, Issue 3.