

Atmosferik Türbülans Gözlemleri Yazılımı: ATLAS

Cihan Tuğrul Tezcan¹  , Onur Şatır¹ 

¹ Türkiye Ulusal Gözlemevleri, DAG, Erzurum 25050, Türkiye

Accepted: March 1, 2025. Revised: March 1, 2025. Received: February 7, 2025.

Özet

Türkiye Ulusal Gözlemevleri Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) yerleşkesinde, sürekli ve anlık olarak atmosferik türbülans ölçümlerinin gerçekleştirildiği Türbülans Profil Sisteminin (TPS) veri üretimi ve kontrolleri, cihazların kendi yazılımları üzerinden bir operatör vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Atmosferik türbülans parametrelerinin ölçümünü yapan TPS cihazlarının gözlem otomasyonu için DAG Gözlem ve Yazılım Ekibi tarafından, DAG'ın Gözlemevi Kontrol Yazılımı - Observatory Control Software (OCS) altyapısının bir parçası olarak TPS yazılımı ATLAS'ın (Atmospheric TurbuLans Software) da geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Yazılım aynı zamanda AG-MAM (Meteorological and Atmospheric Monitoring) sistemine de bilgi üretmektedir.

Abstract

At the Türkiye National Observatories Eastern Anatolia Observatory (DAG) site, continuous and instantaneous atmospheric turbulence measurements are performed by the Turbulence Profiling System (TPS). Data acquisition and control of the TPS are currently carried out by an operator using the devices' proprietary software. To automate the observation process for the TPS, which measures atmospheric turbulence parameters, the DAG Observation and Software Team has undertaken the development of ATLAS (Atmospheric TurbuLans Software). This software is integrated with DAG's Observatory Control Software (OCS) infrastructure. ATLAS also provides data to the DAG Meteorological and Atmospheric Monitoring (MAM) system.

Anahtar Kelimeler: atmospheric turbulence – instrumentation – atmospheric seeing

1 Giriş

Atmosferik türbülansın yarattığı optik bozulmalar, astronomik gözlemler üzerinde 1 metre ve üzeri teleskoplar ile yapılan gözlemlerde etkin olmaya başlar (Roddier 1981). Optik bozulmalar bilimsel gözlemler üzerinde sinyal-gürültü oranını (SNR) azaltarak gözlem sisteminin ulaşabileceği teorik kırınım limitine ulaşmayı imkansızlaştırmaktadır. Bu nedenle büyük teleskoplarda aktif optik (aO) ve adaptif optik (AO) sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler gözlem ile eş zamanlı olarak dalgacephesi sensörü (WFS) sayesinde yüksek hızlar ile optik bozulmaları tespit edip uyarlanabilir ayna (DM) ile düzeltilmiş dalgacephesini bilimsel kamera ya yönlendirir. Böylelikle çözünürlüğü artırarak, sinyal-gürültü oranı yükselir dolayısıyla çözünürlük, kırınım limitine yaklaştırılır (Glindemann ve diğ. 2000). Tasarlanan AO sistemlerine göre mekanizmanın verimli çalışabilmesi belli atmosferik türbülans şartlarında gerçekleşmektedir.

Atmosferik türbülans bir kaç parametre ile ölçülendirilir. Temel parametre ise tüm atmosferin toplam etkisini niteleyen atmosferik görüş parametresidir piksel veya yay saniyesi biriminde ölçülür. Atmosferik görüş temel olarak bir karar parametresi olarak kullanılmaktadır. Beraberinde farklı yöntemler ile atmosferik kırınım indisi yapı sabiti C_n^2 ($m^{-2/3}$) birimiyle, eş yüzey açısı θ ($^\circ$), dış ölçek L_0 (m) ve Fried Parametresi ya da uzunluğu r_0 (cm) parametrelerinin gözlemsel ölçümleri gerçekleştirilebilir (Guyon 2005). Yönteme

bağlı olarak aynı zamanda farklı atmosfer yüksekliklerinde bu parametrelerin hesaplanması gerçekleştirilmektedir. Atmosferik türbülans parametrelerinin anlık (1 Hz) ölçülerek veritabanlarına kaydedilmesi ve görüntülenmesi aO ve AO sistemlerine sahip büyük teleskoplar için elzemdir. Bu parametreler karar verme süreçlerinde kullanılabileceği gibi sistemlerin optimum verimde çalışabilmesini sağlayacak giriş verilerinin hesaplanmasında rol oynamaktadırlar.

4 metre birincil ayna çapıyla birlikte aO ve AO sistemlerine sahip Doğu Anadolu Gözlemevi teleskobu bu parametrelere ihtiyaç duymaktadır. Bunu sağlamak için yerleşkede gözlem istasyonu kurulmuş ve MASS-DIMM (Multi Aperture Scintillation Sensor - Differential Image Motion Monitor) (Kornilov ve diğ. 2007) ile DIMM (Sarazin & Roddier 1990) yöntemlerini eş zamanlı ve eş hedeften gözlem yapılabilecek, "Turbulence Profiling System" (TPS) adı verilen yapı geliştirilmiştir. Bu çalışmada TPS'nin bir operatör gözlemci vasıtasıyla gözlem yapılabilmesini sağlayan ATLAS yazılımının yapısı anlatılmaktadır.

1.1 Meteorolojik ve Astronomik Görüntüleme - MAM

MAM sistemi ve kulesi, bir çok çevresel ölçüm cihazından oluşan bir yapıdır. 9 metre yüksekliğindeki MAM kulesinin her köşesi ve kenar ortasında farklı ölçüm cihazları bulunmaktadır. İki farklı meteoroloji istasyonu, iki farklı tüm gökyüzü kamerası, GNSS anteni, astronomik görüş monitör cihazı ve bulut sensörü bu cihazlar arasındadır. Kule, fiber internet altyapısı, ağ zaman protokol (NTP) cihazı ve kesintisiz güç kaynağı üzerinden gelen elektrik altyapısı ile çalışmaktadır. Cihazların kesintisiz olarak

* cihant@trgozlemevleri.gov.tr



Şekil 1. MAM Kulesinin görüntüsü.

veri biriktirmesi gözlemevi için çok önemlidir. Hem anlık veri gösterimlerinde karar vericiler olarak kullanılırken aynı zamanda DAG veri sistemine depolanarak istatistiksel çalışmalara kaynak sağlanmaktadır (Yeşilyaprak ve diğ. 2018).

1.2 Türbülans Profil Sistemi - TPS

TPS sistemi kulenin ortasından yükselen ve kule yapısından bağımsız pilye üzerine konuşlandırılmış, 30 cm çaplı iki optik tüp, tek bir kundak üzerinde eş zamanlı olarak aynı hedeften gözlem yapmasını sağlayan, DAG teleskobuna 35 metre uzaklıkta, yerden yükseklik olarak aynı seviyede (9m) bulunan bir gözlem istasyonudur. İki farklı yöntem ile eş zamanlı gözlem yapılmasının temel amacı yöntemlerin birbirine uyumunun incelenmesi ve ölçüm hassasiyetinin artırılmasıdır. Aynı zamanda birbirlerinin yedekleri olarak kullanılabilir. Böylelikle kesintisiz olarak atmosferik türbülans ölçümleri yapılabilir.

MASS-DIMM cihazı sintilasyon değerlerinin (MASS) ve görüntü konum değişimlerinin (DIMM) hızlı ölçümü sonucunda dakikalık olarak 6 farklı atmosfer yüksekliğinde atmosferik kırınım indisi yapı sabiti/türbülans gücü (C_n^2) değerini, eş düzlemsel açı ve atmosferik görüş değerini ölçmektedir. MASS-DIMM, Linux ortamında kendine ait yazılımı ile çalışmaktadır. Cihaz bir adet kamera, 4 adet fotokatlandırıcı ve kendi elektronik devresi ile kompakt bir yapıda TPS teleskoplarının birinde bir elektronik odaklayıcı ile birlikte bulunmaktadır.

GDIMM sistemi görüntü konum değişimlerinin hızlı ölçümleriyle anlık olarak (mevcutta 0.1 Hz) tüm atmosfer



Şekil 2. TPS'nin kubbe açırken görüntüsü.

boyunca, atmosferik görüş değeri sonucunu ölçmektedir. Cihaz yalnızca elektronik odaklayıcı üzerinde bulunan kamera ile çalışmaktadır. Teleskobunun önünde ise pasif bir maske, maske üzerinde saptırıcı optik kama bulunmaktadır.

Her iki sistem tek bir kundak üzerinde konuşlandırılmıştır. Böylelikle sistemlerin eş zamanlı olarak aynı hedeften gözlem yapılması sağlanmaktadır. Kubbe, TPS için özel olarak tasarlanmış ve üretilmiş, çevresel şartlara dayanıklı, tamamen açılabilen ve programlanabilen bir yapıdır. Kubbe içerisinde bir adet fanlı ısıtıcı da bulunmaktadır. TPS Şekil 2'de görülmektedir.

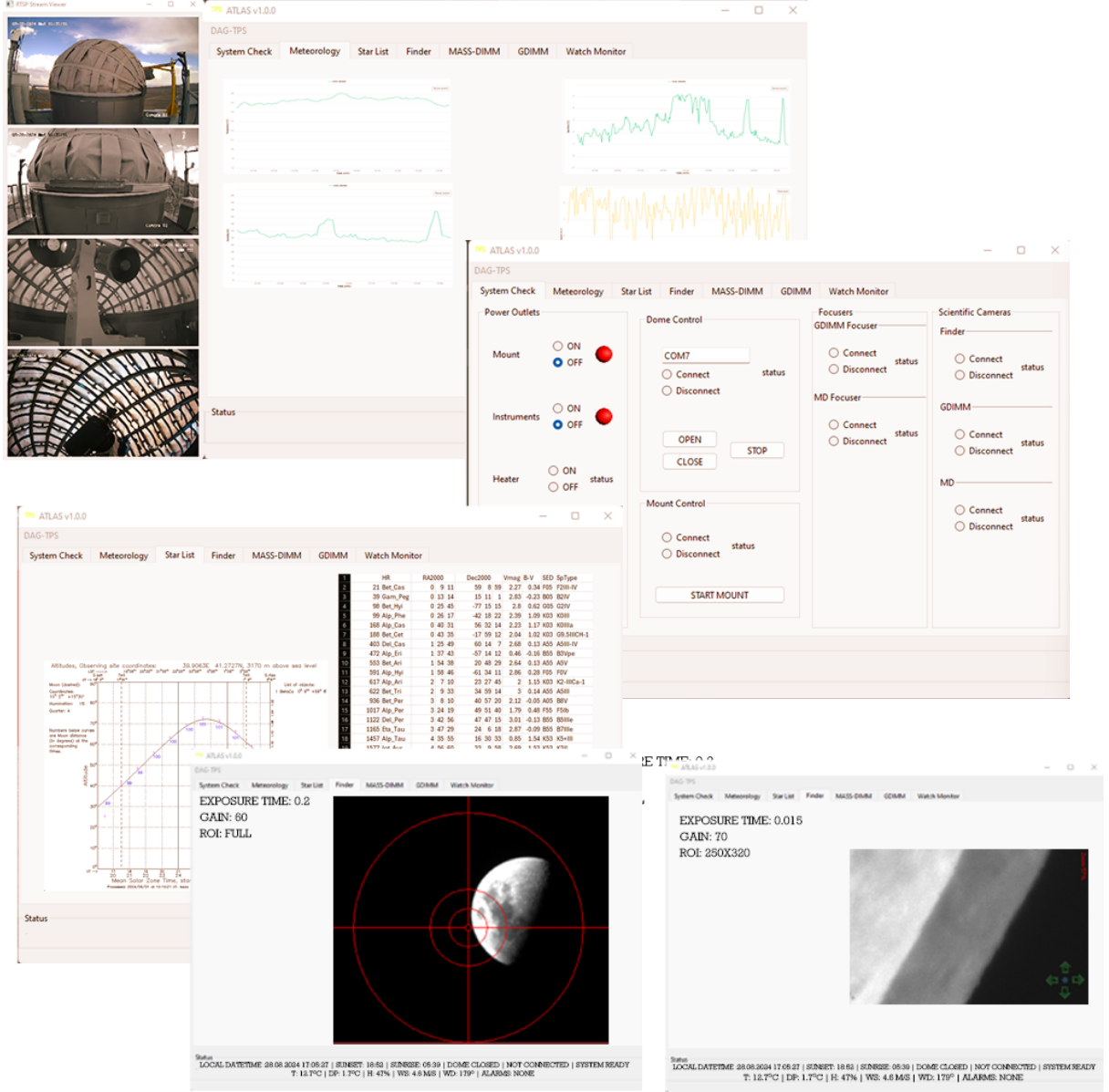
2 ATLAS

ATLAS, tüm bu sistemlerin eş zamanlı olarak çalıştırılabilmesi için yazılımsal altyapıyı oluşturan arayüze sahip bir uygulamadır. Bir çok cihazın aynı anda performanslı bir şekilde çalıştırılması ve alınan verilerin anlık olarak depolanması ile monitör edilmesini sağlamaktadır. Her bir cihazın farklı protokoller izleyerek çalışması zaman kaybı yaratmakta ve kendi uygulamalarında hatalar oluşturabilmektedir. Bu durumların önüne geçmek ile operatör gözlemcinin daha kolay işlem yapabilmesi amacıyla ATLAS yazılımı geliştirilmeye başlanmıştır.

Yazılım içerisinde çevre kameraları görüntüleme, ısıtıcı kontrolü, cihaz güç kontrolü ve bilgisayar bağlantıları gerçekleştirme, meteoroloji bilgileri takibi, otomatik gözlem listesi oluşturma, bulucu teleskobun kamera bağlantısı ve görüntü akışı, MASS-DIMM bağlantısı ve ön ayarlarını gerçekleştirme, DIMM bağlantısı ile hedef seçimi, ilgili görüntü alanı (ROI) seçimi, gözleme başlangıç ve sonuçların takip ekranı sekmeler dahilinde kontrol edilerek çalıştırılmaktadır. Bütün bu işlemler mevcut durumda kısmen otomatik olarak gerçekleşmektedir. ATLAS yazılımı mevcut haliyle robotikleştirme çalışmalarının altyapı kütüphanesini oluşturmaktadır. Yazılım, Python programlama dili ve Qt arayüz kütüphanesi ile geliştirilmektedir. Cihazların sahip olduğu Python kütüphanelerinin kullanılmasının yanı sıra güç kontrolü, kubbe kontrolü, analiz adımlarının yazılım paketleri ATLAS dahilinde geliştirilmektedir.

3 Sonuç

ATLAS yazılımı böylesine kompleks bir gözlem istasyonu için standart yazılım altyapı kütüphanelerini oluşturmakta fakat TPS'ye adanmış bir yazılımdır. Benzer gözlem istasyonlarının başka yerleşkelere kurulması ile aynı altyapı farklı donanımların ihtiyaç duyabileceği modifikasyonlar sonrası kullanılabilemesi hedeflenmektedir. Güncel versiyonu ile bir operatör kontrolünde



Şekil 3. ATLAS yazılımının farklı sekmelerinde görüntü.

gözlem yürütülmektedir. Yakın zamanda tamamlanması planlanan yazılımsal ve cihazlardaki fiziksel güncellemeler sonrasında robotik kullanıma kısım kısım başlanacaktır.

Benzer tarz küçük teleskopların robotik çalıştırılması günümüzde insan gücünün hem gözlem yapması hem de veri analizi yapması hususunda hantal bir yapı oluşturmaktadır. Hızlı bir şekilde istenen sonuca ulaşmaya günümüz teknolojisi izin vermektedir. ATLAS tarzı yazılımların geliştirilmesi ve içeriğinin kullanıcılara sunulması son derece önemlidir.

Teşekkür

Çalışmanın yürütüldüğü kurum Türkiye Ulusal Gözlemevleri Doğu Anadolu Gözlemevine sağladığı altyapı, üstyapı ve imkanları için teşekkür ederiz. Bu çalışma, yürütücülüğünü Dr. Onur Şatır'ın yaptığı 121F033 numaralı TÜBİTAK 3501 projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Glindemann A., Hippler S., Berkefeld T., Hackenberg W., 2000, *Experimental Astronomy*, 10, 5
 Guyon O., 2005, *ApJ*, 629, 592
 Kornilov V., Tokovinin A., Shatsky N., Voziakova O., Potanin S., Safonov B., 2007, *MNRAS*, 382, 1268
 Roddier F., 1981, *Progress in Optics*, 19, 281
 Sarazin M., Roddier F., 1990, *A&A*, 227, 294, *ADS*
 Yeşilyaprak C., Tezcan C. T., Shameoni Niaei M., Öztürk İ., Güney Y., Doğan E., 2018, in Marshall H. K., Spyromilio J., eds, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series Vol. 10700, Ground-based and Airborne Telescopes VII. p. 107005D, doi:10.1117/12.2313420

Access:

M25-0378: *Turkish J.A&A* — Vol.6, Issue 3.