

# GÖKSİS: Gökyüzü Kalitesi Ölçüm Sistemi

Sinan Kaan Yerli<sup>1</sup>★, Nazım Aksaker<sup>2</sup>, Recep Balbay<sup>3</sup>, Volkan Bakış<sup>4</sup>, Tuncay Özışık<sup>5</sup>, Tansel Ak<sup>6</sup>, Serdar Evren<sup>7</sup>, İbrahim Küçük<sup>3</sup>, Tuncay Özdemir<sup>8</sup>, Korhan Yelkenci<sup>6</sup>, Zeki Aslan (Emekli)<sup>9</sup>, Mustafa Atılan<sup>10</sup>

<sup>1</sup> Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fizik Bölümü, 06800 Ankara.

<sup>2</sup> Çukurova Üniversitesi Adana Organize Sanayi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu.

<sup>3</sup> Kayseri Erciyes Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Kayseri.

<sup>4</sup> Akdeniz Üniversitesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Antalya.

<sup>5</sup> TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi, Antalya

<sup>6</sup> İstanbul Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul.

<sup>7</sup> Ege Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İzmir.

<sup>8</sup> İnönü Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Malatya.

<sup>9</sup> Akdeniz Üniversitesi, Fizik Bölümü, Antalya.

<sup>10</sup> Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara

## Özet

Bu çalışmada gözlemevi yerleşkelerinde gökyüzü kalitesini ölçmek için üretilen prototip ölçerin bir özeti sunulmuştur. GÖKSİS olarak adlandırılan bu prototip beş farklı sistemden oluşmaktadır: Meteoroloji sistemi, tüm gökyüzü kamerası, astronomik görüş izleme, bulutluluk ölçümü ve gökyüzü parlaklığı ölçümü. Tüm sistem LabView ortamında otomatik olarak kontrol edilebilmektedir. Sistem test amaçlı olarak 14 Haziran 2017'de TÜBİTAK Ulusal Gözlemevine (TUG) kurulmuş ve ölçümlere başlamıştır. Şu anda TUG meteorolojik ölçüm sistemine entegre edilerek sitede sürekli görüş (seeing) ölçümleri elde edilir hale getirilmiştir. TUG'da kurulan bu prototip, aldığı veri ve gösterdiği sonuçlar nedeniyle başarıyla veri topluyor olsa da prototip mekanik açıdan güncellemeye ihtiyaç duymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** site testing, Gözlemevleri, Teleskoplar, Aletler, Yazılım

## 1 Giriş ve Tarihçe

Astronomi gözlemevlerinin, çok yüksek maliyetleri düşünüldüğünde, performans açısından çok verimli çalışacak uygun yerlere kurulması gerekmektedir. Astronomi gözlemevleri için yer seçimi derinlemesine ve uzun yıllar sürecek araştırmaları içermesi açısından oldukça karmaşık bir problemdir. Bu tür karmaşık problemler uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımıyla düşük maliyetli, hızlı ve verimli bir şekilde çözülebilmektedir (Aksaker v.ark. 2015; Koc-San v.ark. 2013). Bu amaçla çok kriterli karar analizi CBS içerisinde kullanılarak Türkiye'de kurulabilecek gözlemevleri için yer adayları astronomik kriterler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir (Aksaker v.ark. 2015). Bu çalışmaya göre Antalya'dan Kars'a çizilecek bir hattın doğusu astronomi gözlemevleri için uygun bölgelere sahiptir. Çalışma sonucunda bu bölgedeki uygun yerler (13 adet) belirlenmiştir. Bu yerlerin uygunluğunun kesinleştirilmesi, ancak yerinde gözlemlerle sağlanabileceği de vurgulanmıştır (Aksaker v.ark. 2015).

Bu bağlamda, CBS ile belirlenen aday yerlerin yerinde site testleri için gerekli ölçerler bir araya getirilerek bütünleşik bir sistemle gözlenmesi gereksinimi doğmuştur. Bu amaçla kurulacak sistem, belirlenen 13 aday yere kurularak ölçümler yapacak ve sonucunda adaylar arasında karşılaştırma yapılarak büyük teleskoplar için en uygunu olup olmadığı kesinleştirilecektir. Böyle

bir prototipin yapımı için ulusal çapta temsilcilerden oluşan bir ekiple TÜBİTAK 1001 projesi hazırlanmış ve kabul edilen proje çerçevesinde (2014-2017) çalışmalar yapılmıştır. Projede üretilen prototip Gökyüzü Kalitesi Ölçüm Sistemi (GÖKSİS) adını almıştır. GÖKSİS prototip olarak çalıştırdıktan sonra ilk veriler Aksaker v.ark. (2017) tarafından sunulmuştur.

## 2 GÖKSİS

GÖKSİS beş farklı ölçerden oluşmaktadır. Bu ölçer parkının ayrıntıları ve ölçerlerin çalışmasını sağlayan altyapı aşağıda açıklanmıştır.

### 2.1 Ölçerler

#### 2.1.1 Astronomik Görüş (Seeing Monitor - SM)

Gözlemevi sitelerinde hava kalitesi, fotonların izlediği yolun modellenmesi açısından en önemli öğelerin başında yer alır. Bu nedenle farklı hava katmanlarındaki türbülans hareketleri ölçümleni ve atmosferik durgunluk düzeyi belirlenmelidir (atmosfer ne kadar durağansa astronomik görüş o kadar küçük olur). Astronomik görüşün gece ölçümleri için birçok teknik bulunmaktadır (bkz. DIMM, yıldız izi takibi vb.). Ancak prototipin platformu küçük bir alan olduğundan çok duyarlı ölçümlerde gerekecek büyük ayna çaplı teleskoplar yerine piyasadan alınabilirliği ve ölçüm değerlerinin duyarlılığının yüksek olması nedeniyle var olan SM seçilmiştir. Çalışma ilkesi şöyle özetlenebilir: Kutup yıldızına yönlendirilmiş 3 derece karelik görüş

★ yerli@metu.edu.tr

alanına sahip (tüm yıllık hareket aynı çerçevede kalacak kadar geniş), algılayıcıyla gece boyunca çerçevede içinde kalan yıldız konumu bulunup FWHM değerleri çok hızlı ölçülerek anlık görüş değişimleri hesaplanabilmektedir. Ayrıca SM'nin diğer tekniklerle de yapılan çalışmalara uyumlu sonuçlar verdiği bilinmektedir (Alcor firması gizlilik anlaşmasıyla edinilen hesaplamalar ve gözlem sonuçları ve ayrıca bkz. Cyclope Kılavuzu ). SM, her ne kadar görüntü analizi yapsa da görüş ölçüm değerlerini TXT formatında saklamaktadır. Gecelik 100 KB veri üretilmektedir.

### 2.1.2 Tüm Gökyüzü Kamerası (All Sky Camera - ASC)

Temel olarak balıkgözü mercek ve CCD algılayıcı yardımıyla tüm gökyüzünü bir kerede görüntülemek amacıyla kullanılan bir kamera sistemidir. Bu türden gözlemlerle alınan görüntüler, diğer ölçerlerle belirlenen değişimlerle (bulutluluk, aydınlanmalar vb.) görsel olarak kaydedilip eşleştirilebilmektedir. Ayrıca bu görüntülerden görüş ve bulutluluk ölçümleri de yapılabilmektedir (GÖKSİS'e bu yeteneği ekleme gereği henüz duyulmadı). Üretilen görüntüler JPG formatında saklanmaktadır. Dolayısıyla gecelik 10 GB'a yakın veri üretilebilmektedir.

### 2.1.3 Bulutluluk Ölçeri (Boltwood - BW)

Gözlemevleri için en belirleyici atmosferik olay bulutluluktur. Çünkü gözlemevi sitesi ne kadar yüksek irtifada olursa olsun veya bütçeniz ne kadar yüksek olursa olsun bulutlu bir gecede gözlem yapamazsınız. Bu nedenle bulutluluk sürekli izlenmelidir. Bu hedef için meteorolojik uyduların geniş alan kapsayanlarının verilerinden yararlanılabilir. Ancak astronomik gözlemler için gerçek zamanlı bulutluluk bilgisi gereklidir (hem o anki durumu hem de bulutlanma eğilimi için). Hava durumunun bulutlulukla eş zamanlı ve anlık izlemesi için Boltwood bulut algılayıcısı kullanılmıştır. İndirgenmiş veriler gecelik birkaç KB tutmaktadır.

### 2.1.4 Gökyüzü Parlaklığı Ölçümü (Sky Quality Meter - SQM)

Gözlemevleri kurulduktan sonra ilk ışıkla birlikte sitenin inebileceği nesne sönüklük sınırı önemli bir konudur. Dolayısıyla gökyüzü parlaklığının sürekli ölçülmesi gerekmektedir. Bu amaçla "Sky Quality Meter" (SQM) aygıtı kullanılmakta ve gece boyunca birkaç MB veri üretmektedir. SQM, gökyüzünde birim açı saniye alandaki parlaklığı kadir cinsinden ölçüp hesaplamaktadır. SQM'in özellikleri ve ölçümün nasıl yapıldığı bilgisi için ulusal oluşumumuz "Türkiye'de Işık Kirliliğini Engelleme Çalışmaları" sitesinde verilmektedir. Atmosfer parçacık yoğunluğu yüksekse (toz, polen v.b) yıldız ışığı atmosferi geçerken daha çok saçıldığından ölçülen değer kararlılığını bozabilmektedir. Bu bağlamda uzun dönemli gözlem önem kazanmaktadır. SQM verisi KB düzeyinde TXT formatında saklanmaktadır.

### 2.1.5 Meteoroloji İstasyonu (METEO)

Meteoroloji istasyonu ile sıcaklık, nem, basınç vb. gibi klasik meteorolojik öğeler ölçülmekte ve kaydedilmektedir. Sitenin rüzgar profili (hakim yön, şiddet vb.) kurulacak bina yapısını etkilemesi nedeniyle önemli bir öğedir. Şiddetli rüzgar nedeniyle gözlemlerin durdurulduğu bilinmektedir. Ayrıca, gözlemevinin sürdürülebilirliği için nem oranı düşük bölgeler seçilmektedir. Bunun yanında en düşük ve en yüksek sıcaklık bina tasarımını



Şekil 1. GÖKSİS sisteminin temel ölçerleri; 1-ASC: Tüm Gökyüzü Kamerası, 2- SQM, 3-SM, 4-BW: Bulutluluk Ölçeri ve 5- Meteoroloji İstasyonu.

önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca yüksek sıcaklıkta cihazların arızalanma riski artmakta ve görüntüleme cihazlarında ise görüntü seviyesini artırmaktadır. Tüm bu değerler zamana karşı değer olarak TXT formatında tutulmakta dolayısıyla gecelik birkaç KB veri üretmektedir. Meteoroloji istasyonu seçilirken özellikle zor kış şartlarına dayanması açısından hareketli ölçer parçasının olmaması sağlanmıştır.

## 2.2 GÖKSİS Altyapısı

### 2.2.1 Platform

GÖKSİS ölçerlerinin yerleştirildiği platform ve direk, ticari bir çizim programıyla hazırlanmıştır. Zeminin astronomik görüşe ve yüzeydeki rüzgarın ölçümlere etkisini azaltmak adına direğin boyu 4 metre olarak düşünülmüştür. Direğin zemine montajı için 200x140 cm beton dolgu kullanılmıştır. Platform, sert ve hafif olması nedeniyle alüminyum olarak üretilmiştir. Tasarım aşamasında, rüzgar ölçümlerinin platform yapısından etkilenmemesi için meteoroloji ölçeri platformdan 50 cm dışarıda tutulmuştur. ASC diğer ölçerlerden yüksekse konumlandırılarak ufuk çizgisi açık tutulmuştur (yalnızca BW'nun üst koruma telleri görülmektedir; bkz. Resim 1). SM platformdaki en ağır ölçer olduğu için mümkün olduğunca kütle merkezine yakın tutulmuştur. Alandan kazanmak amacıyla BW ve SQM ölçerleri SM'nin yan metal levhasına konmuştur. Böylece sıkı, sağlam ve dar bir fiziksel yapı sağlanmıştır. Üretilen platform, direğe 4 farklı noktadan tutturulmuştur.

### 2.2.2 Güç

GÖKSİS'de 250 watt'lık iki Güneş paneli ve 50 A'lık iki aküyle fotovoltaik bir sistem kurulmuştur. Sistem sıradan konumda (ölçer ısıtıcıları çalışmadığında) 0.36 A akım çekmektedir. Dolayısıyla tam dolu akü grubu, ışık kaynağı olmadan sistemi 2 gün besleyebilmektedir. Ancak prototip saha testlerinin sağlıklı, yürütülebilmesi adına, inverter'a şebeke bağlantısı da yedek güç kaynağı olarak eklenmiştir. Sistemin enerji kontrolü ağıdan yönetilebilen grup prizlerle internet erişimi olan herhangi bir yerden yapılabilmektedir.

### 2.2.3 Ağ

GÖKSİS'e uzaktan erişebilmek için sistem internet içinde çalışmalıdır. Sistemin çevrimiçi olması için önce uydu bağlantısı/GSM ağı düşünülmüş ancak prototip ilk ışığı TUG

sitesinde olacağından, ağ bağlantısı TUG'un kine uyarlanmıştır. Prototipten üretim aşamasına geçildiğinde veri protokolü korunarak ağ türü değiştirilecektir. Sisteme uzak masaüstü protokolleriyle (VNC, FTP vb.) ulaşılabilmektedir.

### 3 Veri ve Yöntem

#### 3.1 Veri Aktarımı

GÖKSİS'le üretilen prototip insan yerleşiminden uzak noktalara kurulacağından kendi elektrikliğini üretebilmesi ve veri transferini uydu ya da GSM ağ yapısı üzerinden yapması düşünülmüştür. Bu temel hedefe geçilmeden önce prototipin saha testlerinin tamamlanabilmesi için Haziran 2017'den başlayarak 1 yıl süreyle kalacağı TÜBİTAK Ulusal Gözlemevine konumlandırılmıştır. Buradaki testlerinin ardından, prototip, yer seçimi çalışmasında belirlenen diğer bölge ya da bölgelerde kurularak çalışmasını sürdürecektir. Dolayısıyla, veri aktarım yöntemi de kurulacak konuma göre yeniden düzenleneceğinden aktarım yöntemi ve donanımı bu çalışmada belirlenmemiştir.

#### 3.2 Yazılım

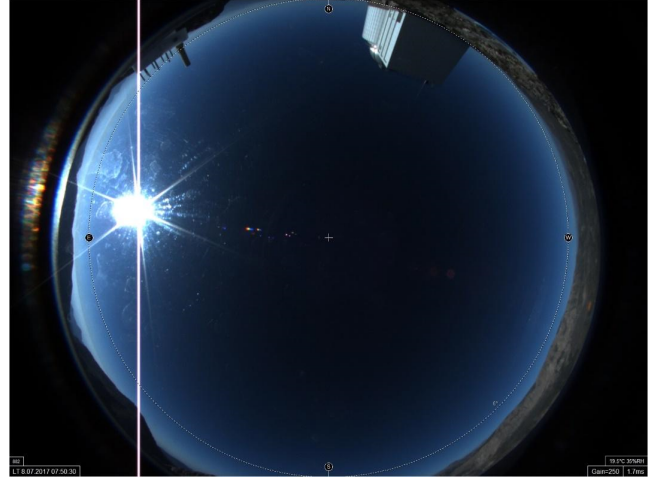
GÖKSİS yazılımı ve görsel arayüz LabVIEW platformunda geliştirilmiştir. GÖKSİS Yazılımı, 5 farklı ana modül (ölçer adlarıyla eşleşen) ve 6 farklı alt modülden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla meteoroloji (METEO), Bulut Sensörü (BW), SQM, ASC ve SM'dir. METEO ve SQM modülleri, meteoroloji aygıtına seri port üzerinden sorgu komutları göndermekte ve ölçüm değerlerini okumaktadır. BW ölçeri, Clarity yazılımıyla döngüsel biçimde gözlem verisi (veri kütükleri) oluşturmaktadır. BW modülü de bu kütüklerden uygun olanları toplamaktadır. ASC modülü SkyWatch yazılımının ürettiği dakikalık gökyüzü görüntülerini kaydetmektedir. Benzer biçimde SM modülü Cyclope yazılımının gece boyunca düzenli aralıklarla hesapladığı görüş değerini okumaktadır.

GÖKSİS yazılımında kullanılan diğer alt modüller ise sırasıyla: Astronomik zaman hesaplarını yapmak için kullanılan ASCOM kütüphanesi (3. parti), NI VISA modülü (seri port haberleşmesi için gerekli modül), ICLmaging kütüphanesi (ASC ve SM de kullanılan görüntülerin alınması için gerekli modül), Datalog modülü (ölçüm verilerin döngüsel biçimde cihazlardan alınmasını ve kaydedilmesini sağlayan modül), Syslog modülü (yazılım çalışırken oluşan tüm istekleri kaydeden [kütükleme] modül) ve FTP transfer modülü (ölçüm verilerinin TUG yerleşkesindeki sunucuya yüklenmesini sağlayan modül).

Modüllerle toplanan tüm veri bir FTP sunucuya 1 dk zaman aralığı ile yüklenmektedir. GÖKSİS Windows 10 işletim sisteminde çalıştırılmaktadır. Ancak tüm arayüz, tüm sürücüler ve ölçer sorgulamaları Linux işletim sistemine uyarlanacaktır. Tüm ölçerler USB 3.0 ile intel@NUC mini bilgisayar ile kontrol edilmektedir.

#### 3.3 İlk Işık

Tüm sistem çalışırken ilk ışığımız 8 Temmuz 2017 saat 07:50'de alınmıştır. ASC ile alınan ilk görüntü Şekil 2'de verilmiştir. Görüntünün alındığı zaman (sol altta) ve meteo bilgisi (sağ altta) verilmiştir. Yönelim için yönler ayrıca görüntü üzerinde bulunmaktadır. Kuzey doğuda bulut sensörü ve kuzeyde RTT150 teleskop binası görülmektedir. Ayrıca ASC'nin cam yüzeyinde bulunan lekeler güneş parlamasının olduğu bölgede fark edilmektedir. Görüntünün ortasında bulunan + simgesi ASC'nin başucu doğrultusunu göstermektedir. Bu simge ve o



Şekil 2. ASC ile 08.07.2017-07:50:30'da alınan ilk ışık.

anda başucundaki yıldız kullanılarak ASC'nin denge ayarları yapılabilir. ASC'nin optiğine bağlı olarak güney ufku da birkaç derecelik bir bölgeyi gözleyememekteyiz. ASC optiğinden dolayı ufka yaklaşımları ile çözünürlük üstel oranda düşse de büyük bir kayıp olarak düşünülmemelidir.

### 4 Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada astronomik gözlemleri için gökyüzü kalitesini farklı yöntemlerle ölçüp kaydedebilecek bir prototip üretilmiştir. GÖKSİS olarak tanımlanan prototip üzerinde meteoroloji sistemi, tüm gökyüzü kamerası, astronomik görüş, bulutluluk ölçeri ve gökyüzü parlaklığı ölçüm aygıtı bulunmaktadır. Aygıtların eş zamanlı ölçüm yapabilmesi amacıyla bir platform tasarlanmış ve üretilmiştir. Sistemin performansının belirlenmesi ve saha testleri için TÜBİTAK Ulusal Gözlemevine 1 yıllığına kurulmuş ve prototipin ilk sonuçları [Aksaker v.ark. \(2017\)](#) tarafından sunulmuştur.

Sistem şu anda prototip olarak TUG'un ağ ve şebekesinden beslenecek biçimde çalıştırılmaktadır. Şu anda GÖKSİS'in tüm ölçerleri etkin biçimde veri üretmekte ve TUG sunucularında arşivlenmektedir.

Prototip için üretilen platformun geliştirilmesi gerekmektedir. Buradaki temel hedef, kurulum aşamalarının basitleştirilip kolaylaştırılması ve SM'in kutup yıldızına yönlendirilmesinin duyarlı hale getirilmesidir.

TUG'da konuşlandırılmasından elde edilecek sonuçlarla GÖKSİS, geliştirilip seri üretilir ve sonrasında da yer seçimi çalışmasında ([Aksaker v.ark. 2015](#)) belirlenen aday konumlara yerleştirilerek, ileride kurulabilecek olası büyük teleskoplar için en uygun yerin seçimi doğru biçimde yapılabilir. Prototipin çalıştırıldığını gösterdiğimiz bu çalışma ile gelecekte öngördüğümüz üretim sürecinin de yapılabileceği gösterilmiştir. Bunun yanında, GÖKSİS Antarktika'daki "Kutup Bilimsel Araştırmalar Merkezine" konuşlandırılırsa bölgenin astronomik kalitesi de çıkarılabilir ve olası kutup astronomik gözlemi için referans oluşturabilir.

Prototipin maliyetini aşağıdaki kalemlerle özetleyebiliriz (2017 değerlerine uyarlanmıştır): 1) Ölçer Parkı: yaklaşık 85 bin TL; 2) Mekanik altyapı (platform, direk, kabin, beton ve sarf): yaklaşık 10 bin TL; 3) Donanım altyapısı (bilgisayar, ağ, güneş paneli ve güç yönetimi): yaklaşık 15 bin TL. Toplamda

yaklaşık 110 bin TL'ye üretilmiştir. Bu hesaplama girmeyen harcamalar (tasarım, taşıma, kurulum hizmeti v.b) yerel kaynaklardan (çoğunlukla TUG) sağlanmıştır.

#### Teşekkür

Bu çalışma "Meteoroloji Destekli Astronomik Görüş Ölçümü için Otomatik İstasyon Tasarımı ve Prototip Yapımı" başlıklı, 113F266 nolu, TÜBİTAK 1001 projesince desteklenmiştir. Projenin ve prototip kurulumunun her aşamasında verdikleri sınırsız destekten dolayı TUG Müdürlüğüne ve TUG personeline teşekkür ediyoruz.

#### Kaynaklar

- Aksaker, N.; Yerli, S.K.; Erdoğan, M.A.; Erdi, E.; Kaba, K.; Ak, T.; Aslan, Z.; Bakış, V.; Demircan, O.; Evren, S.; Keskin, V.; Küçük, İ.; Özdemir, T.; Özişik, T.; Selam, S.O., (2015), *Astronomical site selection for Turkey using GIS techniques*, *Experimental Astronomy*, **39**, 547-566.
- Aksaker, N.; Yerli, S.K.; Balbay, R.; Bakış, V.; Özişik, T.; Ak, T.; Evren, S.; Küçük, İ.; Özdemir, T.; Yelkenci, K.; Aslan, Z.; Atılan, M., (2017), *Astronomik Gözlemleri için "Gökyüzü Kalitesi Ölçüm Sistemi" (GÖKSİS)*, 2nd International Mediterranean Science and Engineering Congress, 1799-1806.
- Koç-San, D., San, B.T., Bakış, V., Helvacı, M., Eker, Z., (2013), *Multi-Criteria Decision Analysis integrated with GIS and remote sensing for astronomical observatory site selection in Antalya province, Turkey*. *Adv. Space Res.* **52**, 39-51.

#### Erişim:

O54-1545: [UAK-2018 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A](#).