IMSEC 2017
2nd International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2017)
Çukurova University, Congress Center, October 25-27, 2017, Adana / TURKEY
Pages: 1799-1806, Paper ID:791

Astronomik Gözlemevleri için "Gökyüzü Kalitesi Ölçüm Sistemi" (GÖKSİS)

Nazım Aksaker[1*], Sinan Kaan Yerli[2], Recep Balbay[3], Volkan Bakış[4], Tuncay Özışık[5], Tansel Ak[6], Serdar Evren[7], İbrahim Küçük[3], Tuncay Özdemir[8], Korhan Yelkenci[6], Zeki Aslan[9], Mustafa Atılan[10].

[1]Çukurova Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Adana, Türkiye; naksaker@cu.edu.tr; [2]Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fizik Bölümü, Ankara, Türkiye; [3]Erciyes Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Gözlemevi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Kayseri, Türkiye; [4]Akdeniz Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri, Antalya, Türkiye; [5]TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi, Antalya, Türkiye; [6]İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri, İstanbul, Türkiye; [7]Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri, İzmir, Türkiye; [8]İnönü Üniversitesi, Fen Edebiyat Bölümü, Astronomi ve Uzay Bilimleri, Türkiye; [9]Akdeniz Üniversitesi, Emekli Öğretim Üyesi, Antalya, Türkiye; [10]Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

Özet

Bu çalışmada gözlemevi yerleşkelerinde gökyüzü kalitesini ölçmek için üretilmiştir prototipin ayrıntıları sunulmuştur. 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. Bu ölçümlere göre TUG'un gecelik görüş değeri ortası 0.85 yay saniyesi olarak bulunmuştur. Meteorolojik ölçümlerin %65'i bulutsuz ve %18'i çok bulutlu ve en yüksek rüzgar hızı 47.8 km/sa olarak belirlenmiştir. Ayrıca gökyüzü parlaklığı en düşük 21.8 kadir/açı saniye kare olarak bulunmuştur. Astronomik gece görüş ve gökyüzü parlaklığı sonuçları ilk kez bu çalışmayla belirlenmiştir. TUG'da kurulan bu prototip, aldığı veri ve gösterdiği sonuçlar nedeniyle başarıyla sonuçlandırılmış durumdadır. Ancak prototip mekanik açıdan güncellemeye ihtiyaç duymaktadır. Sistemden alınan tüm veriler goksis.ileti.info.tr web sayfasından en kısa sürede yayınlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Astronomik Gözlemevi, Yer Seçimi, Site Testleri, Astronomi, Atmosfer

"Sky Quality Measuring System" (GÖKSİS) for Astronomical Observatories

Abstract

We present the first results of a prototype designed to measure the quality of sky located on an observatory site. It has five different devices to achieve the measurement: A meteorological station, all sky camera, seeing measurement device, Boltwood cloud sensor and sky quality meter. The whole system is controlled automatically using LabView. The system has been installed on June 14th, 2017 at TÜBİTAK National Observatory (TUG) for field testing purpose and it has started its measurements. As the first results; 65% not cloudy and 18% cloudy; maximum wind speed 47.8 km/h have been recorded. In addition to this, minimum sky brightness is found to be 21.8 mag/arcsecondsquare. Astronomical seeing during the night and sky brightness were measured for the first time. Taking into account the data gathered by the prototype, it proved itself successfully. However, mechanical installation of the prototype has to be upgraded. In near future, all the data collected from the GÖKSİS will be available at goksis.ileti.info.tr web page.

Keywords: Observatory, Site Selection, Site Measurements, Astronomy, Meteorology

1. GİRİŞ

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 araştırma-

(*) Corresponding author

ları 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 [1, 2]. Bu amaçla çok kriterli karar analizi CBS içerisinde kullanılarak Türkiye'de kurulabilecek gözlemevleri için yer adayları astronomik kriterler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir [1]. 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 [1].

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 TÜBITAK 1001 projesi hazırlanmış ve kabul edilen proje çerçevesinde (2014-2017) çalışmalar yapılmıştır. Projede üretilen prototip GÖkyüzü Kalitesi ölçüm SİStemi (GÖKSİS) adını almıştır.

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 ölçülmeli 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 alanına sahip (tüm yıllık hareket aynı çerçevede kalacak kadar geniş), algılayıcıyla gece boyunca çerçeve 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[1]). 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[2]. Atmosfer parçacık yoğunluğu yüksekse (toz, polen v.b) yıldız ışığı atmosferi geçerken daha çok saçıldığından ölçülen değerin kararlılığını bozabilmektedir. Bu bağlamda uzun dönemli gözlem önem kazanmaktadır. SQM verisi KB düzeyinde TXT formatında saklanmaktadır.

1 http://www.alcor-system.com/new/SeeingMon/Cyclope.html
2 http://www.isikkirliligi.org

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 önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca yüksek sıcaklıkta cihazların arızalanma riski artmakta ve görüntüleme cihazlarında ise gürültü 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 yükseğe konumlandırılarak ufuk çizgisi açık tutulmuştur (yalnızca BW'nun üst koruma telleri görülmektedir; bkz. Şekil 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 ağdan 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 alacağından, ağ bağlantısı TUG'unkine uyarlanmıştır. Prototipten üretim aşamasına geçildiğinde veri protokolü korunarak ağ türü değiştirilecektir. Sisteme uzak masaüstü protokolleriyle (VNC, FTP vb.) ulaşılabilmektedir.



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

3. VERİ VE YÖNTEM

3.1 Veri Aktarımı

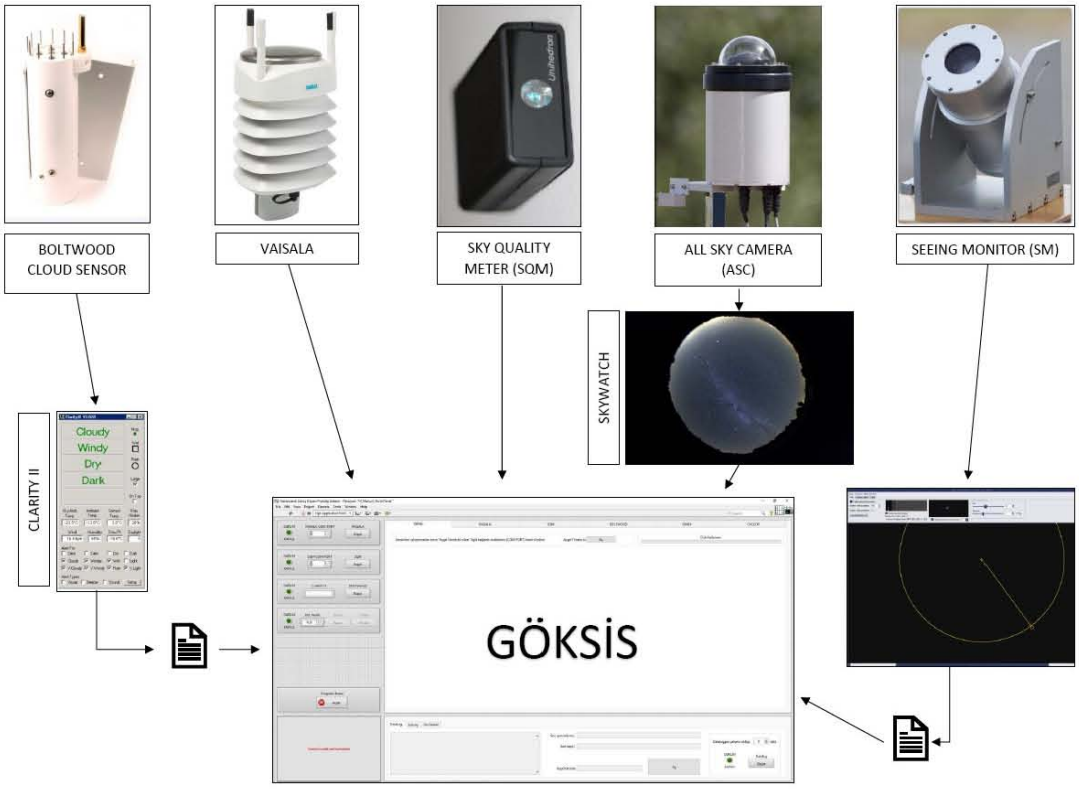
GÖKSİS'le üretilen prototip insan yerleşiminden uzak noktalara kurulacağından kendi elektriğini üretebilmesi ve veri transferini uydu ya da GSM ağ yapısı üzerinden yapması düşünülmüştür. Bu temel hedefe geçilmeden önce prototipin saha testlerinin tamamlanabilmesi için Haziran 2017'den başlayarak 1 yıl 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[3] 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.

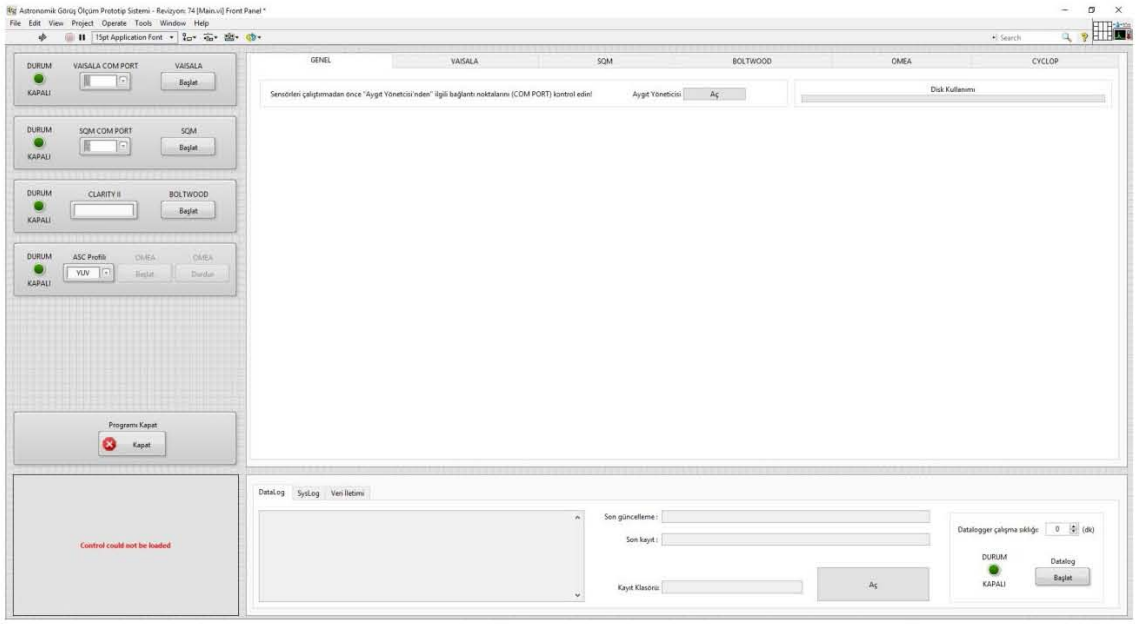
GÖKSİS yazılımında kullanılan diğer alt modüller ise sırasıyla: Astronomik zaman hesaplarını yapmak için kullanılan ASCOM kütüphanesi (3. parti), NI VISA modülü (seri port haberleşmesi için gerekli modül), ICImaging kütüphanesi (ASC ve SM de kullanılan görüntülerin alınması için gerekli modül), Datalog 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. Veri yolu yapısı Şekil 2'de, yazılım arayüzü Şekil 3'de ayrıntılı olarak sunulmuştur.



Şekil 2. GÖKSİS ölçerlerinden toplanan verinin akış diagramı.

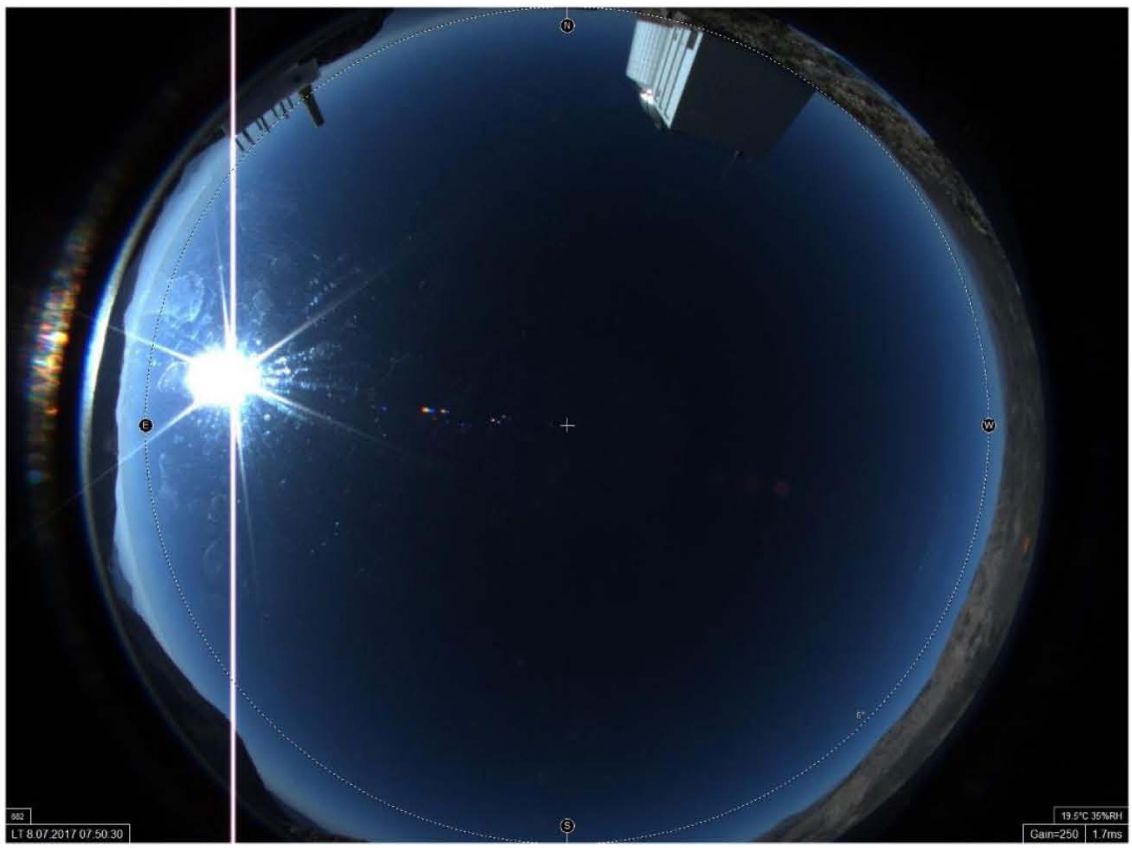
3 http://diffractionlimited.com/product/boltwood-cloud-sensor-ii/



Şekil 3. LabView ortamında yazılan GÖKSİS izleme arayüzü.

3.3 İlk Işık

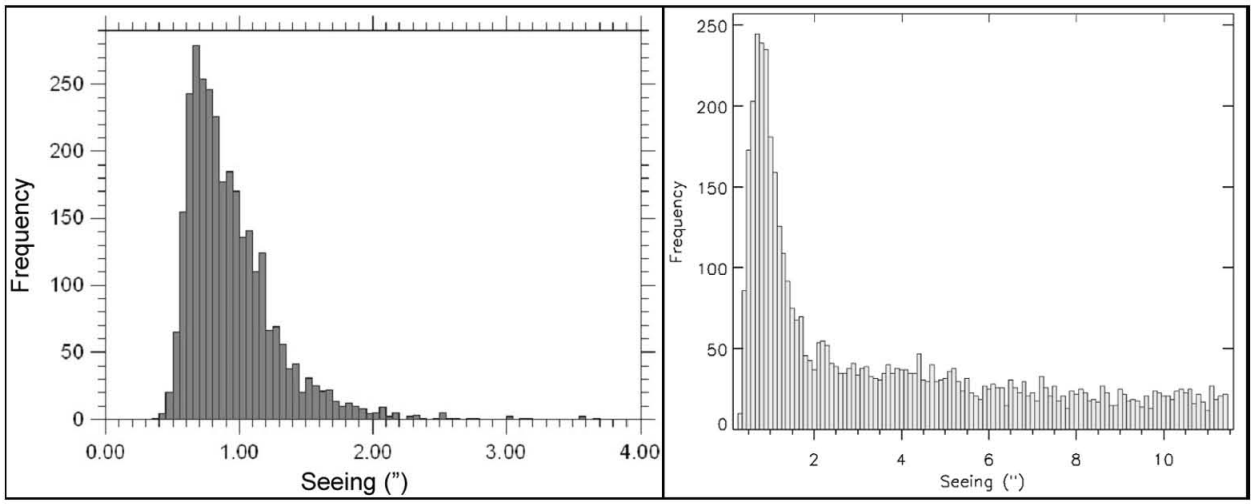
Astronomi çalışmalarında bir aygıta ya da ölçere ilk kez ışık düşmesi "ilk ışık" terimiyle anılmaktadır. Bu açıdan tüm sistem çalışırken ilk ışığımız 8 Temmuz 2017 saat 07:50' de alınmıştır. ASC ile alınan ilk görüntü Şekil 4'de verilmiştir. Görüntünün alındığı zaman (sol altta) ve meteo bilgisi (sağ 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 anda başucundaki yıldız kullanılarak ASC'nin denge ayarları yapılabilir. ASC'nin optiğine bağlı olarak güney ufkunda birkaç derecelik bir bölgeyi gözleyememekteyiz. ASC optiğinden dolayı ufka yaklaşılması ile çözünürlük üstel oranda düşse de büyük bir kayıp olarak düşünülmemelidir.



Şekil 4.ASC ile 08.07.2017-07:50:30'da alınan "ilk ışık".

3.4 Astronomik Görüş

GÖKSİS SM ölçeri, 14 Haziran 2017'de kutup yıldızına yönlendirilerek "Kutup Ayarı" yapılmıştır. Daha sonra 4-14 Temmuz 2017 geceleri arasında yaklaşık 4767 kadar ölçüm yapılmıştır. SM farklı görüntüleme (fps) hızı kullanabilmektedir. Uygun görüntüleme hızı seçildikten sonra belirlenen sıklıkta (100-3000) gözlem yapılarak uygun bir veri istatistiği oluşturulmaktadır. Örneğin, 1/32s ile 100 kere görüntü görüş değerleri üretilmiştir. Bu dönemde genellikle rüzgar hızı 5 km/sa'den büyüktür (bkz. T60 teleskobu meteoroloji verisi[4]). Unutulmamalıdır ki astronomik görüşü etkileyen en önemli faktörlerden birisi rüzgardır. Şekil 5 sol panelde, Solar Differential Image Motion Monitor (S-DIMM) ile 2005 yılında, 3026 ölçüm yapılmış ve görüş sıklığı grafiği çizilmiştir. Bu grafiğe göre Gauss'a yakın bir dağılım oluşmuş ve bu dağılımın orta değeri 0.86 açı saniyesi çıkmıştır (bkz. TUG S-DIMM Çalışması[5]). Şekil 5 sağ paneldeyse aynı grafik SM ile çizilmiştir. Dağılım yine Gauss yapıda ve orta değeri (4767 ölçüm için) 0.85 açı saniyesi çıkmıştır. Ayrıca S-DIMM'den farklı olarak sıklığı 50'den az ancak 1.5 görüş değerinden büyük tüm değerlerde ölçüm de kaydedilmiştir (Gauss dağılımının kuyruğu). Bu, rüzgarlı havalarda platform sallandıkça uygun görüş ölçümü yapılamaması ve döngünün o anı için yeterli istatistik oluşturulamamasından dolayıdır; bu durum yazılım arayüzünde birebir deneyimlenmiştir. Dolayısıyla gürültü kabul edilebilecek bu değerler rahatlıkla yok sayılabilir (astronomik görüş istatistiği için "uygun gece" sayısı, "kötü gece" sayısından daha anlamlıdır).



Şekil 5. Farklı tarihlerde TUG'da S-DIMM (sol panel) ve GÖKSİS SM (sağ panel) ile ölçümlerin karşılaştırılması. TUG S-DIMM verisi TUG ağ sayfasından[6] alınmıştır.

Ayrıca S-DIMM ile SM aletlerinin astronomik görüş ölçümlerindeki uyumu, [3] ve [4] çalışmalarında ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur.

3.5 Bulutluluk

Göksis'de bulutluk için Boltwood Bulut Sensörü bulunmaktadır. Sensör 8 farklı parametreyi ölçmektedir. Bunlardan dış sıcaklık değeri -25 °C'den küçük ise "açık" yani bulutsuz ve -10 °C'dan büyük değerler içinse çok bulutlu olarak belirtmektedir. Sensörle alınan 16735 verinin %65'i bulutsuz, %18'i ise çok bulutlu olarak kaydedilmiştir. Sistem bu değeri gece ve gündüz vermesi nedeniyle oldukça önemlidir.

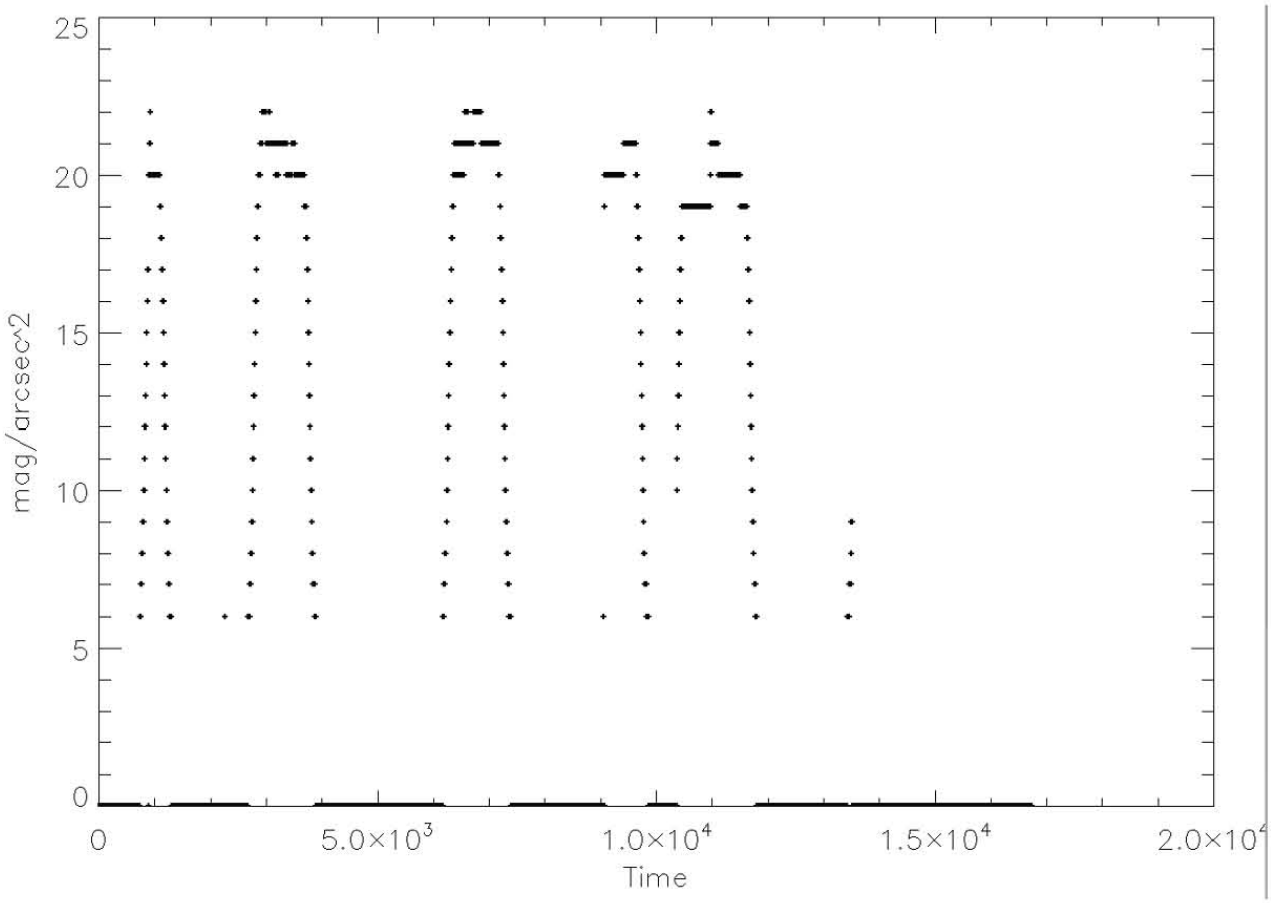
3.6 Meteoroloji

Her ne kadar BW, ASC, SM de kendi "hava durumunu" kaydediyor olsa da GÖKSİS klasik meteoroloji bilgilerinin tümünü METEO ölçeriyle daha duyarlı kaydetmektedir. Saha testlerinin kaydedildiği Haziran-Temmuz 2017 verilerine göre kaydedilen en yüksek rüzgar hızı 47.8 km/sa olarak ölçülmüştür. Saha testlerinin sonlandırılmasından sonra diğer ölçerlerle birlikte anlık olarak site durumu goksis.ileti.info.tr adresindeki web arayüzünden izlenebilecektir.

3.7 Gece Gökyüzü Parlaklığı

Gece gökyüzü parlaklığını ölçmek için SQM kullanılmıştır. SQM, birim alana düşen aydınlanma miktarını kadir/açısaniyesikare cinsinden vermektedir. Dünya'da en karanlık gökyüzü parlaklığı 21.8 kadir/açısaniyekare olarak ölçüldüğü bilinmektedir. Gözlemler sırasında SQM'in ölçtüğü maksimum (en sönük) değer de hemen her gece 21.8 kadir/açısaniyekare olmuştur. SQM verileri incelendiğinde güneşin batmasıyla birlikte değerler 6'nın üzerine çıktıktan sonra gece yarısında tepe yapmaktadır. Şekil 6'da zamana karşı gökyüzü parlaklığı çizdirilmiştir.

4 http://t60meteo.tug.tubitak.gov.tr/
5 http://www.tug.tubitak.gov.tr/dokumanlar/tug_sdimm/
6 http://www.tug.tubitak.gov.tr/dokumanlar/tug_dimm/tug_dimm95a.jpg



Şekil 6. Farklı tarihlerde SQM'den alınan gökyüzü parlaklığına karşı zamanın grafiği.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada astronomik gözlemevleri için gökyüzü kalitesini farklı yöntemlerle ölçüp kaydedebilecek bir prototipin ayrıntıları sunulmuştur. 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 kurulmuştur.

15 Haziran - 14 Temmuz 2017 tarihleri arasında alınan veriler incelendiğinde TUG'un astronomik görüşünün 4767 ölçüm sonunda orta değerinin 0.85 açı saniyesi olduğu belirlenmiştir. Gökyüzü parlaklığı değişkenlik gösterse de en düşük 22 kadir/açısaniyekare olarak ölçülmüştür. Gece karanlıklığı güneş etkisi nedeniyle beklendiği gibi gecelik değişim göstermektedir. Saha test veri setinde geceler genelde bulutsuz geçmiş olsa da %65'i bulutsuz ve %18'i çok bulutlu olduğu görülmüştür..

Sistem şimdilik (Haziran-Eylül 2017) TUG'un ağ ve şebekesinden beslenmektedir. Ancak Ağustos 2017'yle birlikte TUG'a bağımlılığı azaltılacaktır. Şu anda GÖKSİS'in tüm ölçerleri etkin biçimde veri üretmekte ve arşivlenmektedir. 1 yıl içinde üretilecek veriler analiz edilerek performans değerlendirmesi yapılarak sonuçlar yayınlanacaktır. Prototip için üretilen platformun geliştirilmesi gerekmektedir. Buradaki temel hedef, kurulum aşamalarının basitleştirilip kolaylaştırılması ve SM'in kutup yıldızına yönlendirilmesinin duyarlı hale getirilmesidir.

Alınan tüm veriler yakında http://göksis.ileti.info.tr adresinden herkese açık olarak yayınlanacaktır. Şu anda site yapım aşamasındadır.

Saha testleri sonrasında oluşturulacak önerilerle GÖKSİS, geliştirilip seri üretilebilir ve sonrasında da yer seçimi çalışmasında [1] belirlenen aday konumlara yerleştirilerek, ileride kurulabilecek olası büyük teleskoplar için en uygun yerin seçimi doğru biçiminde 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 çıkarabilir ve olası kutup astronomik gözlemevi 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 hesaplamaya girmeyen harcamalar (tasarım, taşıma, kurulum hizmeti v.b) yerel kaynaklardan (çoğunlukla TUG) sağlanmıştır.

5. 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.

REFERANSLAR

[1] 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.; Özışık, T.; Selam, S. O. ,(2015), "Astronomical site selection for Turkey using GIS techniques", Experimental Astronomy, Volume 39, Issue 3, pp.547-566

[2] Koç-San, D., San, B.T., Bakis, V., Helvaci, 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

[3] A. Ziad, R. Gredel, J. Aceituno, J. Borgnino, F. Hoyo, A. Irbah, F. Martin, U. Thiele, S. Pedraz; A site-testing campaign at the Calar Alto Observatory with GSM and DIMM instruments. Mon Not R Astron Soc 2005; 362 (2): 455-459. doi: 10.1111/j.1365-2966.2005.09299.x

[4] Liu, L. Y., Yao, Y. Q., Wang, Y. P., Ma, J. L., He, B. L., Wang, H. S. ,(2010), "Seeing measurements for the Guoshoujing Telescope (LAMOST) site with DIMM". Res. Astron. Astrophys. 10, 1061–1070 (2010)