

Dünyada Astronomik Yer Seçimi Çalışması

Nazım Aksaker^{1*}, Kazım Kaba², Zühal Kurt³, Ravide Kezban Seyhan²,
Mehmet Akif Erdoğan¹, Sinan Kaan Yerli⁴, Cahit Yeşilyaprak⁵, İbrahim Küçük⁶,
Süha Berberoğlu⁷, Mustafa Atılan⁸

¹ Çukurova Üniversitesi Adana Organize Sanayi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu

² Çukurova Üniversitesi Fizik Bölümü.

³ Çukurova Üniversitesi Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ABD.

⁴ Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü

⁵ Atatürk Üniversitesi Astronomi ve Astrofizik Bölümü

⁶ Kayseri Erciyes Üniversitesi Astronomi ve Astrofizik Bölümü

⁷ Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü

⁸ Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Özet

Teknolojinin gelişmesi, astronomik alanda büyük teleskopların üretimini hızlandırmıştır. Üretilen teleskoplardan maksimum verimin alınabilmesi için yerleşkenin en uygun koşullara sahip olması gerekmektedir. Dünya üzerinde astronomik açıdan uygun yerlerin belirlenebilmesi için etkin faktörlerin (yükseklik, bulutluluk, ışık kirliliği, su buharı miktarı, Atmosferde bulunan Aerosol miktarı vb.) niceliksel ve konumsal olarak analizi ile uzun dönemli meteorolojik yer verileri gerekmektedir. Bu faktörleri temsil eden sayısal verilerin temin edilmesi, düzenlenmesi, standardizasyonu, entegrasyonu ve analizlerinin ise geleneksel yöntemlerden ziyade Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla çok daha hızlı, ekonomik ve etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Aksaker ve ark. (2015) tarafından Türkiye için gerçekleştirilen ve etkin çıktılar üretirek tecrübe kazanımı sağlanan böyle bir yaklaşımın, bu çalışma ile global ölçeği hedeflenmiştir. Bu çalışmada; Dünya üzerinde Optik/Kızılöte bölgede çalışabilecek teleskoplar için en uygun yerler belirlenmesi, var olan gözlemevlerinin durumu karşılaştırılmalı olarak ortaya çıkarılması ve yeni bir gözlemevi kurmak isteyen ülkeler, araştırma merkezleri ve üniversiteler için güncel veriler CBS-ÇKKA (Coğrafi Bilgi Sistemi-Çok Kriterli Karar Analizi) ile yapılmıştır. Sonuçta düşük çözünürlük ve 1 yıllık arşiv verileri kullanılarak Dünyada gözlemevleri için uygun yerler belirlenmiştir. Buna göre Antarktika, Amerikanın batı kıyıları, Grönland, Afrikanın doğusunda bir kaç bölge ve Hindistan-Çin arasındaki dağlık bölgeler uygun yerlerdir.

Anahtar Kelimeler: observatories, Gözlemevleri, Teleskoplar, Aletler, Yazılım

1 Giriş

Astronomik yer seçimi geçmişten bu güne astronomide ilerlemenin önemli bir parçasıdır. Kullanılan teleskop ve enstrümantasyonun hem mekanik hem de optik sonuçlarındaki başarısı adına yer seçim çalışmaları, özel teleskoplar ve gözlemevleri bina maliyetleri açısından da ön çalışması yapılması gereken bir konudur. Bu nedenle, iyi bir astronomik gözlemevinin yeri gözlemevinin finanse edilmesi kadar önemlidir.

Uzaktan algılama, hedef olarak kabul edilen ve ölçümü yapan algılayıcıdan uzakta bulunan bir obje tarafından yansıtılan veya yayılan elektromanyetik enerjinin ölçülmesi ve yorumlanmasıdır (White. (1977);Mather. (1999)). Ayrıca, mekanik bir temas olmaksızın bir cisimden yayılan ışınımın nitelik ve nicelik yönünden değerlendirilmesi ile cismin özelliklerinin uzaktan ortaya konması ve ölçülmesi Lintz ve ark. (1979) şeklinde de tanımlanmaktadır. Uzaktan algılama çalışmaları için gereken veriler, elektromanyetik alana, mekâna ve zamana bağlı farklılıkların ölçülmesi şeklinde de özetlenebilir Sensoren. (1999). Uzaktan algılama biliminin bu özelliği; hızlı, doğru ve geleneksel ölçme yöntemlerine göre daha ekonomik ve ayrıntılı bir araştırma olanağı sağlamaktadır. Bu özellikleri ile uzaktan

algılama, özellikle gözlemevleri gibi belli bir konuya özelleşmiş tesislerin yer seçiminde yeryüzüne dair özelliklerin tespiti ve envanteri çok daha etkin bir şekilde yapılabilmesinde karar destek aracı olarak ortaya çıkmaktadır.

Gözlemevlerinin başarısı bulunduğu konum ve bu konuma bağlı fiziksel koşulların durumuna bağlı olduğundan yeni bir gözlem evi için yer seçiminde etkin olacak faktörlerin modeller dahilinde temsili, arasındaki ilişkileri değerlendirilmesi, analizi ve yorumlanması için mutlak suretle organize edilmiş bir düzene diğer bir deyişle bir sisteme ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada CBS bu ihtiyacı karşılayacak bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. CBS coğrafi konuma ait grafik ve grafik olmayan verilerin kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayacak biçimde çeşitli kaynaklardan toplanması, depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi, yönetilmesi ve sunulması fonksiyonlarını bütünleşik olarak yerine getiren coğrafi veri, donanım, yazılım ve personel bileşenlerinden oluşan bir organizasyondur. Sahip olduğu bu kabiliyet ve yapısıyla gözlemevleri gibi doğru yer seçiminin kritik bir yer tuttuğu planlama çalışmalarında anahtar görevi görebilmektedir. CBS-ÇKKA yöntemleri kullanılarak yapılan yer seçimlerinin verimli, düşük maliyetli ve hızlı olduğu belirlenmiştir (Figueira ve ark. (2005);Longley ve ark. (2015)). Bu yöntem ile havaalanından güneş enerji santrallerinin yerlerine kadar birçok alanda yer seçimi yapılabilmektedir. Ayrıca

* naksaker@cu.edu.tr

bir gözlemevi için yer seçimi çalışmaları birçok kez başarılı bir şekilde uygulanmıştır (Graham ve ark. (2008); Sarazin ve ark. (2006); Hotan ve ark. (2013); Aksaker ve ark. (2015)). Astronomik gözlemleri için yer seçimi çalışmaları dünya ölçeğinde ELT (Extremely Large Telescope) ve TMT (Thirty Meter Telescope) projeleri ile daha önce yapılmıştır (Graham ve ark. (2008); Sarazin ve ark. (2006)). Bu çalışmalarda CBS mantığı ile web üzerinde çalışan java tabanlı bir yazılım geliştirilmiş, atmosferik (100 km) ile topoğrafik (1 km) veriler kullanılarak büyük teleskoplar için uygun yer seçimi çalışması yapılmıştır. Global ölçekte ve ilk defa CBS mantığının kullanılması nedeniyle bu çalışmalar önemlidir. Ancak kullanılan verilerin düşük çözünürlükte ve güncel olmaması çalışmanın zayıf tarafıdır. Atmosferik veriler için son döneme ait veriler çok daha güvenilirlerdir.

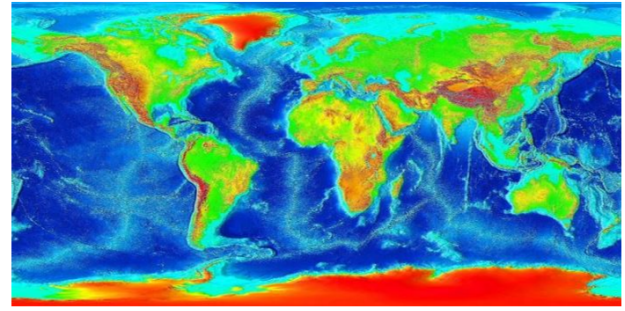
Yer seçimi farklı dalga boylarında çalışacak teleskoplar içinde yapılabilmektedir. Radyoastronomi çalışmalarının yapılacağı bir gözlemevi için yer seçimi çalışması için uzun dalga ışınımının ve yağışabilir (yağışa dönüşebilen) su buharı miktarı gibi özel gereksinimler bulunmaktadır. The Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA) projesi çerçevesinde yukarıda bahsedilen kriterler FriOWL yazılımında değerlendirilerek Chajnantor, Chile seçilmiştir (Sarazin ve ark. (2006)). FriOWL sisteminin bir diğer zayıf yönü ise katmanlar eşit ağırlık değerlendirilmekte yani katmanlara farklı ağırlık verilememektedir (Graham ve ark. (2008)). Radyo teleskop yer seçiminde yukarıda bahsedilen kriterlerin ağırlıklarının daha fazla olması gerekmektedir. Benzer bir çalışma Türkiye ölçeğinde yapılmış, kurulması planlanan radyo teleskop için yer seçimi yapılmıştır (Kucuk ve ark. (2012)). Topoğrafya ve bulutluluk katmanları CBS ortamında değerlendirilerek Avustralya için uygun yerler belirlenmiş ve var olan gözlemlerinin durumları karşılaştırılmalı olarak ortaya çıkarılmıştır (Hotan ve ark. (2013)). Tarihsel olarak ise Türkiye'de uzun dönem meteorolojik kayıtlar, yerinde gözlem ve METEOSAT ve NOAA-7 uydularının görsel olarak incelenmesi ile yer seçimi çalışmaları yapılmış ve Antalya Bakırlitepe seçilmiştir (Aslan ve ark. (1989)). Yakın zamanda Antalya ve çevresi için CBS ve ÇKKA analizleri ile güncel veriler kullanarak yer seçimi yapılmıştır (Koc-San ve ark. (2013)). Son olarak da Türkiye genelinde yine CBS ve ÇKKA analizleri kullanılarak yer seçimi çalışması yapılmış ve uygun 13 bölge belirlenmiştir (Aksaker ve ark. (2015)). Şu anda Ortadoğu/Afrika bölgesi (Guessoum ve ark. (2014)) ve Çin (China Astronomical Site Survey, 2016) gibi birçok bölgede devam etmekte olan astronomik gözlemleri için yer seçimi çalışmalarına referans oluşturacaktır. Dünyada teknolojinin gelişmesi, yeni bilimsel soruların ortaya çıkması ile yeni gözlemleri ihtiyacını artırmakta ancak insan popülasyonunun artması ile şehir ışıklarının artması uygun gözlemleri için var olan yerleri azaltmaktadır. Bu ortamda astronomik gözlemlerinin en uygun yerlere kurulması bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır.

2 Veri

Çalışmanın kapsamının küresel olması nedeniyle mümkün olduğunca küresel ve erişime açık veriler tercih edilmiştir. En önemli veri kaynağı uzaktan algılama tekniği ile elde edilen veriler kullanılmıştır. Çok farklı veri yapısı ve farklı çözünürlüklere sahip bu veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri analizleri ile bir sonuca varılabilmektedir. Aşağıda CBS ortamında kullanılan farklı veri katmanları listelenmiştir.



Şekil 1. 2018 Yılı Dünya Geneli Ortalama Bulutluluk Haritası



Şekil 2. Dünya Geneli Ortalama Yükseklik Haritası

2.1 Bulutluluk

Bu çalışmada kutupsal yörüngeli AQUA ve TERRA uydularında bulunan MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer) enstrümanı MOD35-L2 ürünü 1kmX1km çözünürlükte olup 2018 yılı için ortalama alınarak üretilmiştir. Şekil 1

2.2 Yükseklik

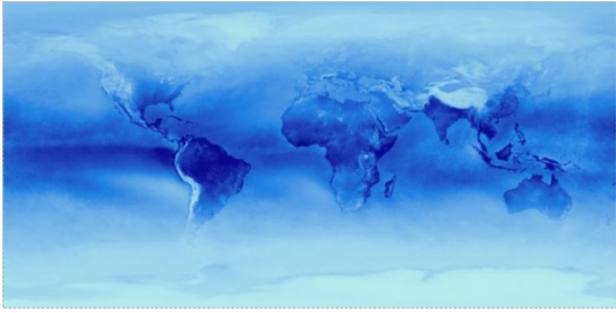
Atmosferik kalınlığın, atmosferik su buharı miktarının ve troposferik aktivitenin yükseklik ile azalması nedeniyle yükseklik en önemli ikinci katmandır. İdeal olarak gözlemleri mümkün olduğunca yükseğe kurulmalıdır. Bu çalışmada yükseklik verisi ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) GDEM (Global DEM) uydusundan alınmıştır. ASTER GDEM verisi tüm dünya yüzeyi için 30 m hassasiyet ile bulunmakta ve ilgili web sitesinden indirilebilmektedir (Şekil 2).

2.3 Gökyüzü Parlaklığı

Işık kirliliği gökyüzü parlaklığını artırmakta dolayısıyla gözlebilen kaynak sayısını azaltmaktadır. Bu nedenle astronomik gözlemlerinin mümkün olduğunca karanlık ve gelecekte de karanlık kalabilecek bölgelere kurulması gerekmektedir. Gökyüzü parlaklığı için insan kaynaklı ışıkların (yıldırımlar ve orman yangınları gibi olaylar çıkarılmıştır.) gece VIIRS DNB sensor on the Suomi National Polar orbiting Partnership (NPP) satelite tarafından görüntülenmesi ile oluşturulan güncel veriler kullanılmıştır. Gece ışıklılığı aydınlık ve karanlık olarak yer almaktadır ve veri setinde kaçak ışık değerleri temizlenmiştir. Verilerin yersel çözünürlükleri 750M olup bu çalışmada 2018



Şekil 3. Dünya Geneli 2018 Yılı Ortalama Işık Kirliliği Haritası



Şekil 4. Dünya Geneli 2018 Yılı Ortalama PWV Haritası

Aralık ayı ortalama ışık kirliliği haritası elde edilmiştir (Şekil 3).

2.4 Yağışabilir Su Buharı Miktarı

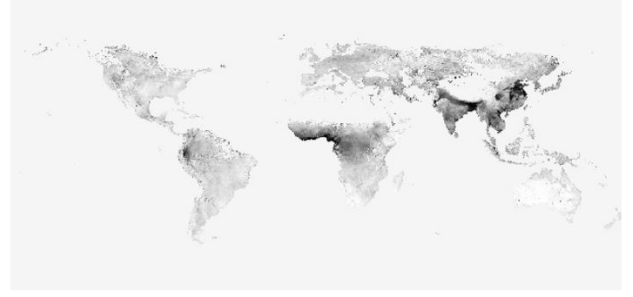
Yağışa dönüşebilir su buharı miktarı başucu doğrultusunda bulunan belirli bir sütun yoğunluğunda bulunan su buharı miktarı olarak tanımlanmaktadır Ferrare ve ark. (2002). Atmosferik su buharı miktarı atmosferin kızılotesi bölgedeki geçirgenliği etkileyen en önemli faktördür. Kızılotesi astronomisi çalışmak için bu etkinin mümkün olduğunca az olması gerekmektedir. 4m+ teleskoplar artık kızılotesi bölgesinde çalışabilecek şekilde tasarlandıklarından yer seçimi çalışmasında bu katman daha önemli hale gelmektedir. Bu çalışmada TERRA ve AQUA uydularının MODIS enstrümanının bir ürünü olan mod05-L2 su buharı verileri 1kmX1km çözünürlükte kullanılarak 2018 yılına ait küresel ortalama su buharı miktarı haritası üretilmiştir (Şekil 4).

2.5 Aerosol Miktarı

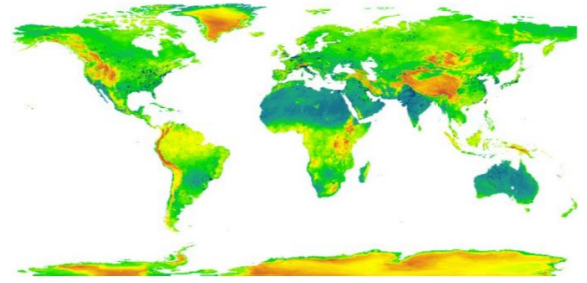
Atmosferdeki Aerosol miktarı atmosferik geçirgenliğin değişim seviyesi olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada MODIS aerosol optik derinlik verisi olan MOD04-L2 veri seti 3kmX3km yersel çözünürlükte kullanılarak 2018 yılına ait ortalama aerosol haritası üretilmiştir (Şekil 5).

3 Analiz

Yukarıda bulunan bilimsel kriterler ışığında farklı kaynaklardan elde edilmiş farklı tür veriler ile çalışılmıştır. MODIS aletinden alınan veriler ile bulutluluk, yağışabilir su buharı miktarı, aerosol miktarı verileri elde edilmiştir. MODIS aleti ile üretilen veriler Hierarchical Data Format (HDF) türünde tutulmak-



Şekil 5. 2018 Yılı Dünya Geneli Ortalama Aerosol Haritası



Şekil 6. Senaryo (CC=1.0,DEM=1.0,CL=1.0)

tadır. Alınacak tüm veriler CBS ortamında kullanılabilmesi için Geo-TIFF formatına dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlem için Python yazılımı kullanılmıştır. Ayrıca günlük olarak 288 tane indirilen veriler tif formatına dönüştürüldükten sonra birleştirilerek ortalamaları alınmıştır. Sayısal yükseklik verileri için 121 adet ASTER GDEM verileri mozaik haline getirilerek geotiff formatına dönüştürülmüştür. Gökyüzü parlaklığı için bulutsuz gecelerde alınmış VIIRS verisi 750m çözünürlükte, -180 ile 180 derece boylam ve -65 ve 75 derece enlem aralığında bulunmaktadır. Bu veri koordinatlandırılacak ve Geo-TIFF formatına dönüştürülmüştür. Yukarıda bahsedilen veriler CBS ortamında ÇKK(Kriterli Karar Analizi) yöntemi ile ağırlıklandırılıp ortak coğrafik koordinat sistemi (WCS84) ile koordinatlandırılmıştır.

4 Sonuçlar

CBS-ÇKKA ile ağırlıklar eşit olarak(CC(Cloud Coverage):1.0, DEM(Digital Elevation Model):1.0, CL(City Ligth):1.0) seçilerek uygun yerler belirlenmiştir. Sonuç harita Şekil 6'da verilmiştir. Buna göre kahverengi renk gözlemevleri için uygun yerleri göstermektedir. Sonuçta düşük çözünürlük ve 1 yıllık arşiv verileri kullanılarak Dünyada gözlemevleri için uygun yerler belirlenmiştir. Buna göre Antarktika, Amerikanın batı kıyıları, Grönland, Afrikanın doğusunda bir kaç bölge ve Hindistan-Çin arasındaki dağlık bölgeler uygun yerlerdir. Devam eden bu çalışmada, hem yersel hem zamansal çözünürlük değerleri arttırmak hedeflenmektedir.

Teşekkür

Bu çalışıma 117F309 no'lu TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmektedir.

Kaynaklar

- Aksaker, N., Yerli, S.K., Erdogan, M. A., Erdi, E., Kaba, K., Ak, T., Aslan, Z., Bakis, V., Demircan, O., Evren, S., Keskin, V., Küçük, İ., Özdemir, T., Özışık, T., Selam, S.O. *Astronomical site selection for Turkey using GIS techniques.*, Exp. Astron. **39(3)** (2015) 547–566
- Aslan, Z., Aydın, C., Tunca, Z., Demircan, O., Derman, E., Golbası, O., Marsoglu, A. *Site testing for an optical observatory in Turkey.*, Astron. Astrophys. **(208)** (1989) 385–391
- Ferrare, R., Brasseur, L., Clayton, M., Turner, D., Remer, L., Gao, B.C. *Evaluation of TERRA aerosol and water vapor measurements using ARM SGP data.*, American Meteorological Society 11th Conference on Atmospheric Radiation.
- Figueira, J., Greco, S. ve Ehrgott, M. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer Science and Business Media
- Guessoum, N., Alsaeed, N., Abdelhafez, N. *Preliminary search for astronomical observatory sites in the MENA region, The Observatory.* (2014)
- Graham, E., Sarazin, M., Beniston, M., Collet, C., Hayoz, M., Neun, M., Casals, P. *Climate-based site selection for a very large telescope using GIS techniques.*, Meteorol. Appl. **(12)** (2005) 77–81
- Graham, E., Sarazin, M., Kurlandczyk, H., Neun, M., Matzler, C. *Site selection for extremely large telescopes using the FriOWL software and global re-analysis climate data. Ground-based and Airborne Telescopes II.*, SPIE. **(7012)** (2008) 7012
- Hotan, C.E., Tingay, S.J., Glazebrook, K. *Testing potential new sites for optical telescopes in Australia.*, Publ. Astron. Soc. Aust. **30(002)** (2013) 11
- Koc-San, D., San, B.T., Bakis, V., Helvacı, M., Eker, Z. *Multi-Criteria Decision Analysis integrated with GIS and remote sensing for astronomical observatory site selection in Antalya province, Turkey.*, Adv. Space Res. **(52)** (2013) 39–51
- Kucuk, I., Üler, I., Öz, Ş., Onay, S., Özdemir, A.R., Gülşen, M., Sarıkaya, M., Dağtekin, N.D., Özeren, F.F. *Site selection for a radio astronomy observatory in Turkey: atmospheric, meteorological, and radio frequency analyses.*, Exp. Astron. **(33)** (2012) 1–26
- Longley P.A., Goodchild M.F., Maquire D.J., Rhind D.W. *Geographical Information Systems.*, Exp. Astron. Copyright by John Wiley and Sons
- Lintz, J. and Simonett, D. S., editors, *Remote sensing of environment.*, Exp. Astron. **3(4)** (1979) 609–611
- Mather, P., Koch, M. *Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction.* Fourth Edition (1999)
- Sarazin, M., Graham, E., Kurlandczyk, H.L. *FriOWL: A site selection tool for the European Extremely Large Telescope (E-ELT) Project.*, The Messenger **125** (2006)
- Sensören, A. *Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar.*
- White, K. D. *Salivation: A Review and Experimental Investigation of Major Techniques*

Erişim:

054-1525: [UAK-2018 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A.](#)