

Dünyadaki Gözlemelerde Işık Kirliliğinin Güncel Durumu ve Zamansal Değişimi

Zühal Kurt^{1,2}  , Nazım Aksaker^{2,3} , Sinan Kaan Yerli⁴ , M. Akif Erdoğan⁵ 

¹ Çukurova Üniversitesi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, 01330 Adana, Türkiye.

² Uzak Bilimleri ve Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (UZAYMER), 01330 Adana, Türkiye.

³ Çukurova Üniversitesi Adana Organize Sanayi Bölgesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 01330 Adana, Türkiye.

⁴ Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü, 06800 Ankara, Türkiye.

⁵ Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı, 31060 Hatay, Türkiye.

Accepted: March 1, 2025. Revised: March 1, 2025. Received: November 29, 2024.

Özet

Gözlemelerindeki ışık kirliliği değişimlerini incelemek amacıyla yapılan çalışmalar, gözlemelerinin geleceği açısından büyük önem taşımaktadır. Günümüzde dünya genelinde 2225 kayıtlı amatör ve profesyonel gözlemevi bulunmaktadır. Bu çalışmada, tüm bu gözlemeleri için 2002-2023 dönemine ait zamansal değişimler, uydu verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Mann-Kendall (MK) ve Sen's Slope (SS) istatistikleri hesaplanarak, ışık kirliliğinde gözlemlenen artış veya azalışların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda 570 gözleminde anlamlı bir değişim tespit edilmiştir; bu gözlemlerden 182'sinde ışık kirliliğinde azalma, 388'inde ise artış görülmüştür.

Abstract

The analysis of light pollution trends on astronomy websites is of significant importance for the future of observatories. At the time of writing, there are 2225 registered amateur and professional observatories. In this study, temporal trends for the period 2002-2023 for all these observatories were analysed using satellite data. The Mann-Kendall (MK) and Sen's Slope (SS) statistics were calculated to ascertain whether the observed increases or decreases in light pollution were statistically significant. The analysis revealed a significant change in 570 observatories, with 182 demonstrating a reduction in light pollution and 388 exhibiting an increase.

Anahtar Kelimeler: light pollution – methods: data analysis – telescopes

1 Giriş

Astronomide ışık kirliliği, gece gökyüzünde hedef nesnelerin ışık kirliliğinden dolayı görülmesini engelleyen kirlilik olarak tanımlanır (Cinzano ve diğ. 2001). İnsan etkisinin doğrudan bir sonucu olan ışık kirliliği, gözlemlerinde troposferde yayılmakta ve gökyüzünü aydınlatarak sönük nesnelerin gözlemlenmesini engellemektedir (Green ve diğ. 2018). Artan nüfus ve şehirleşmenin etkisiyle ışık kirliliği giderek artmakta, gözlemleri de yapay ışığın oluşturduğu tehdit ile karşı karşıya kalmaktadır (Ma ve diğ. 2015; Hao ve diğ. 2023). Bu nedenle, yapay ışığın yakından incelenmesi önemlidir.

Yapay ışığı ölçmek için bugüne kadar birçok teknik geliştirilmiştir. Bu teknikler, genel olarak yer tabanlı ve havadan yapılan ölçümler olmak üzere iki gruba ayrılır (Hänel ve diğ. 2018). Yer tabanlı yöntemler; dijital kameralar, aydınlık ölçerler ve Gökyüzü Kalite Ölçer (SQM) cihazlarını kapsamaktadır (Ho & Lin 2015; Coaton ve diğ. 2012; Bará ve diğ. 2019; Longcore ve diğ. 2020). Havadan yapılan ölçümlere, uçaklardan veya dronlardan çekilen fotoğraflar örnek olarak verilebilir (Fiorentin ve diğ. 2018; Liu ve diğ. 2018). Bunun yanı sıra, son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte uzay tabanlı uydu gözlemleri de yapay ışığı ölçmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Elvidge ve diğ. 2013; Mander ve diğ. 2023).

Bu çalışmada, dünyadaki tüm gözlemleri için ışık

kirliliğinin 2002-2023 dönemindeki zamansal değişimi, uydu görüntüleri kullanılarak istatistiksel olarak incelenmiştir. Kullanılan uydu verileri karşılaştırma amacıyla SQM parlaklık birimine dönüştürülmüştür.

2 Uzaktan Algılama ve Işık Kirliliği

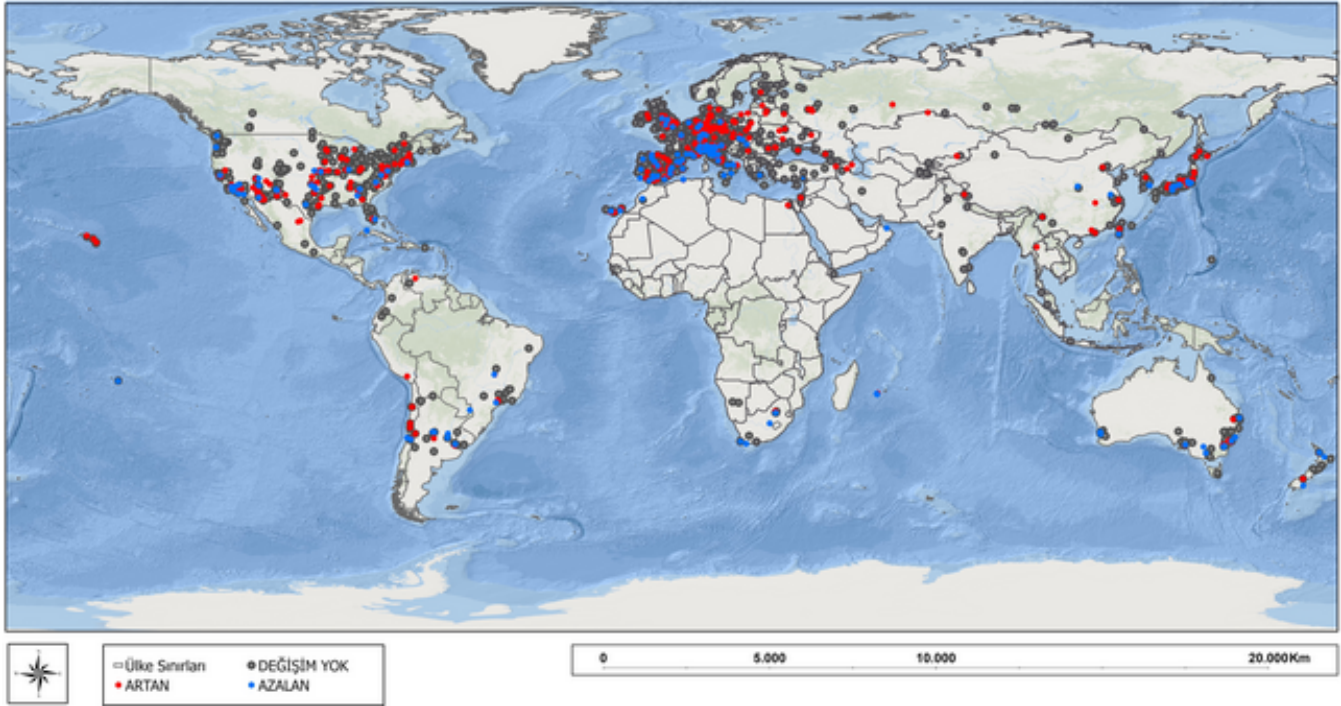
Uzaktan Algılama verilerinin zamansal derinlik sunması, geçmiş yıllara ait ışık kirliliği değişimlerinin incelenmesine ve bu değişimlerin zamansal olarak modellenmesine olanak vermektedir (Zhao ve diğ. 2019). Bunun yanında CBS ile entegre edildiğinde, bu değişimler mekânsal haritalar olarak görselleştirilebilmekte ve zaman serisi analizleriyle desteklenebilmektedir (Priyatikanto ve diğ. 2019).

SUOMI NPP uydusu, VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) sensörünün DNB (Day/Night Band) özelliği sayesinde düşük ışık seviyelerini yüksek hassasiyetle algılayabilmektedir. Yaklaşık 750 metre yersel çözünürlüğe sahip olan DNB, yapay ışık alanında veri sağlamaktadır (Zou ve diğ. 2020). Bu çalışmada astroGIS veri tabanında bulunan SUOMI NPP / VIIRS / DNB verileri kullanılmıştır. Kullanılan bu veriler 2002-2023 periyodu arasındaki verileri kapsamaktadır ve astroGIS veri tabanından temin edilebilmektedir.

3 Veri Analizi

Dünya genelinde hâlihazırda 2225 gözlemevi bulunmaktadır. Bu çalışmada, 2002-2023 yıllarına ait aylık ortalamalar,

* zkurt@student.cu.edu.tr



Şekil 1. Dünya'daki 2225 gözleminin Mann-Kendall ve Sen's Slope istatistiklerine göre yapay ışıktaki değişimlerini gösteren harita. Kırmızı noktalar SQM değerindeki artışı, mavi noktalar gökyüzü parlaklığındaki azalışı gri noktalar ise değişimin olmamasını temsil etmektedir.

astroGIS veri tabanında bulunan VIIRS/DNB veri setinden elde edilmiştir. Toplamda 129 aylık veriden oluşan bu veri seti, Python yazılımı kullanılarak ön işleme adımlarına tabi tutulmuştur. Ön işleme sürecinde, negatif ve aykırı değerlerin çıkarılması ile aurora düzeltmelerinin yapılması yer almakta, ayrıca SQM dönüşümü **Yerli ve diğ. (2021)**'de belirtilen yöntemle uygulanmıştır. Bu dönüşümle uydu verisindeki ölçülen gökyüzü parlaklığı $W\ cm^{-2}\ sr^{-1}$ biriminden $mag\ arcsec^{-2}$ birimine dönüştürülmüştür. Bu işlemlerin ardından, gözlemlerine ait veriler konumsal olarak piksel bazında çıkarılarak bir zaman serisi oluşturulmuştur.

Elde edilen zaman serisi üzerinde Mann-Kendall ve Sen's Slope gibi farklı istatistiksel yöntemler uygulanmıştır. Mann-Kendall testi, zaman serisi içerisindeki monoton eğilimlerin anlamlı olup olmadığını belirlemek için kullanılmıştır (**Mann 1945**). Bu test sonuçlarına göre, değişimlerin yönü ve anlamlılığı istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Sen's Slope analizi ile de eğilimlerin büyüklüğü belirlenmiş ve bu doğrultuda, her bir gözlemevine ait yapay ışık seviyelerindeki artış ya da azalış eğilimleri hesaplanmıştır (**Sen 1968**). Bu kapsamda, değişimlerin yıllara göre düzenli bir artış ya da azalış gösterip göstermediği detaylı bir şekilde incelenmiştir.

4 Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışma kapsamında, tüm dünyada kayıtlı toplam 2225 gözlemevi incelenmiş ve bunlardan 2186'sından veri alınmıştır. Tüm bu gözlemlerinin değişimi Şekil 1'de harita üzerinde gösterilmiştir. Haritadaki kırmızı noktalar SQM değerinde artış gösteren (karanlık artar, yapay parlaklık azalır), mavi noktalar SQM değerinde azalış gösteren (karanlık azalır, yapay parlaklık artar) gözlemlerini temsil eder. Gri noktalar ise artış ya da azalış olmadığını göstermektedir:

- Tüm gözlemleri arasında en düşük SQM parlaklık karşılığı (en parlak) $14.54\ mag\ arcsec^{-2}$ ile Moscow Gözlemevinde gözlemlenmiştir.
- Dünyadaki tüm gözlemlerine ait ortalama SQM parlaklık karşılığı $19.49\ mag\ arcsec^{-2}$ olup bu değerinin üzerinde toplamda 1046 gözlemevi bulunmaktadır.
- MK test istatistiği sonucunda, 570 gözlemevinde istatistiksel olarak anlamlı değişimler olduğu belirlenmiştir. 182 gözlemevinde yapay ışık seviyesinde azalma, 388 gözlemevinde yapay ışık seviyesinde artış olduğu SS istatistiği ile ortaya konulmuştur.
- Türkiye'deki gözlemlerine bakıldığında belirlenen en yüksek SQM parlaklık karşılığı (en karanlık) $24.86\ mag\ arcsec^{-2}$ ile Türkiye Ulusal Gözlemleri (TUG) Antalya Yerleşkesi, en düşük SQM parlaklık karşılığı (en parlak) $15.29\ mag\ arcsec^{-2}$ ile İstanbul Üniversitesi Gözlemevinde belirlenmiştir.
- Türkiye'deki gözlemlerinin ortalama SQM parlaklık karşılığı $19.01\ mag\ arcsec^{-2}$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer üzerinde yalnızca 5 gözlemevi bulunmaktadır. Bu gözlemleri ÇOMÜ, DAG, EGE, TUG -Antalya yerleşkesi ve TURAG'dır.

Teşekkür

Bu çalışma 123F244 nolu TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmektedir.

Kaynaklar

- Bará S., Tapia C. E., Zamorano J., 2019, *Sensors*, 19, 1336
 Cinzano P., Falchi F., Elvidge C. D., 2001, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328, 689
 Coaton J., Cayless M., Marsden A., 2012, *Lamps and lighting*. Routledge

- Elvidge C. D., Baugh K. E., Zhizhin M., Hsu F.-C., 2013, Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network, 35, 62
- Fiorentin P., Bettanini C., Lorenzini E., Aboudan A., Colombatti G., Ortolani S., Bertolo A., 2018, in 2018 5th IEEE International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace). pp 274–278
- Green R. F., Luginbuhl C., Wainscoat R. J., Duriscoe D., 2018, in American Astronomical Society Meeting Abstracts# 231. pp 122–03
- Hänel A., ve diğ., 2018, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 205, 278
- Hao Q., Wang L., Liu G., Ren Z., Wu Y., Yu Z., Yu J., 2023, Environmental Science and Pollution Research, 30, 101963
- Ho C., Lin H., 2015, Lighting Research & Technology, 47, 931
- Liu M., Zhang B., Li W., Guo X., Pan X., 2018, Lighting Research & Technology, 50, 616
- Longcore T., Duriscoe D., Aubé M., Jechow A., Kyba C. C., Pendoley K. L., 2020, Frontiers in Marine Science, 7, 706
- Ma T., Zhou Y., Zhou C., Haynie S., Pei T., Xu T., 2015, Remote Sensing of Environment, 158, 453
- Mander S., Alam F., Lovreglio R., Ooi M., 2023, Sustainable Cities and Society, 92, 104465
- Mann H. B., 1945, *Econometrica*, 13, 245
- Priyatikanto R., Admiranto A. G., Putri G. P., Elyyani E., Maryam S., Suryana N., 2019, Indonesian Journal of Geography, 51, 190
- Sen P. K., 1968, Journal of the American statistical association, 63, 1379
- Yerli S. K., Aksaker N., Bayazit M., Kurt Z., Aktay A., Erdoğan M. A., 2021, *Ap&SS*, 366, 34
- Zhao M., ve diğ., 2019, Remote Sensing, 11, 1971
- Zou C.-Z., ve diğ., 2020, Remote Sensing, 12, 2891

Access:

M25-0325: *Turkish J.A&A* — Vol.6, Issue 3.