

İZMİR İLİNDEKİ IŞIK KİRLİLİĞİNİN DARKSKY MODEL İLE İNCELENMESİ

Ahmet Doğan YAZICI¹, Derya ÖZTÜRK², İsmail Ercüment AYAZLI³, Faik Ahmet SESLİ²,

¹Öğr. Gör., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Atça Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 09470, Sultanhisar, Aydın, adyazici@adu.edu.tr

²Doç. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 55139, Atakum, Samsun, dozturk@omu.edu.tr

³Doç. Dr., Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas, eayazli@cumhuriyet.edu.tr

²Prof. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 55139, Atakum, Samsun, fasesli@omu.edu.tr

ÖZET

Işığın yanlış şekilde kullanılması ışık kirliliğine neden olmaktadır. Işık kirliliği canlılar açısından olumsuz etkiler yarattığından ışık kirliliğinin tespitine yönelik çalışmalar büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada İzmir ilinin ışık kirliliği haritası Darksky model kullanılarak elde edilmiştir. Modelde yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip küresel insan yerleşim katmanı ve sayısal yükseklik modeli verileri kullanılmıştır. Modelleme sonucunda 100 m mekânsal çözünürlüğe sahip ışık kirliliği haritası oluşturulmuştur. Darksky model ile elde edilen haritaya göre İzmir ilindeki gece gökyüzü parlaklık değerleri 13.53-20.50 kadir/açısanıye² aralığındadır. Modelin doğruluğu kontrol noktalarında SQM (Sky Quality Meter) cihazından ölçülen değerlerden yararlanılarak Pearson korelasyon ve karesel ortalama hata hesabı ile incelenmiştir. Korelasyon değeri 0.840 ve karesel ortalama hata değeri 0.746'dır. Sonuçlar yerleşimin yoğun olduğu bölgelerde ışık kirliliğinin fazla olduğunu, yerleşim yoğunluğunun az ve yükseltinin fazla olduğu bölgelerde ışık kirliliğinin olmadığını ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler: Işık Kirliliği, Darksky Model, CBS.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF LIGHT POLLUTION IN İZMİR USING THE DARKSKY MODEL

Incorrect lighting causes light pollution. Since light pollution negatively affects people and the natural environment, studies on the detection of light pollution are of great importance. In this study, the light pollution map of İzmir province was obtained using the Darksky model. In the model, global human settlement layer with high spatial resolution and digital elevation model data were used. As a result of the modeling, a light pollution map with a spatial resolution of 100 meters was created. According to the map obtained with the Darksky model, the night sky brightness values in İzmir are in the range of 13.53-20.50 mag/arcsec². The accuracy of the model was examined with Pearson correlation and root mean square error by using the values measured from the SQM (Sky Quality Meter) device at the control points. The correlation value is 0.840 and the root mean square error value is 0.746. The results reveal that light pollution is high in densely populated areas, and there is no light pollution in areas with low residential density and high altitude.

Keywords: Light Pollution, Darksky Model, GIS.

1. GİRİŞ

Işık kirliliği, doğal ve yapay aydınlatmalar sonucunda oluşan gece gökyüzü parlaklık seviyesindeki değişim olarak ifade edilir. Diğer kirlilik türlerinde olduğu gibi canlılar üzerinde olumsuz etkiye sahiptir (Falchi vd., 2011; Olsen vd., 2014). Doğal ışık döngüleri üzerindeki etkisi nedeniyle potansiyel olarak ekolojik bir tehdit olarak görülmektedir (Sun vd., 2017). 20. yüzyılın başlarında yapay ışığın kullanılmaya başlanması, insan gelişimi üzerinde önemli değişikliklere neden olmuştur. Yapay ışığın gece kullanımı bitkilerin, hayvanların ve mikroorganizmaların fenolojik, fizyolojik ve ekolojik süreçlerine zarar vermektedir (Singhal vd., 2019).

Işık kirliliğinin belirlenmesi ve etkilerinin takip edilmesinde genellikle saha ölçümleri ve uydu görüntüleri kullanılmaktadır. Saha ölçümleri lokal alanlarda detaylı araştırmalar için etkin olarak kullanılabilirken geniş alanlar için yüksek maliyetli ve zaman alıcı bir işlem olması nedeniyle verimsiz olabilmektedir. Geniş alanlar için bölgesel/kıtasal/küresel araştırmalarda yaygın olarak The Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) ve The Defense Meteorological Program Operational Line-Scan System (DMSP-OLS) gibi sensörlerden elde edilen uydu görüntüleri kullanılmaktadır. Bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmalara örnek olarak Hu vd.'nin (2018) gece yapay ışık kirliliği ile deniz kaplumbağası yuva yoğunluğu arasındaki ilişkiyi VIIRS verileriyle, Han vd.'nin (2014) Çin'deki ışık kirliliği eğilimlerini DMSP-OLS verileriyle, Rybnikova ve Portnov'un (2017) dış mekân aydınlatması ve meme kanseri arasındaki ilişkiyi VIIRS ve DMSP-OLS verileriyle araştırdığı çalışmalar verilebilmektedir.

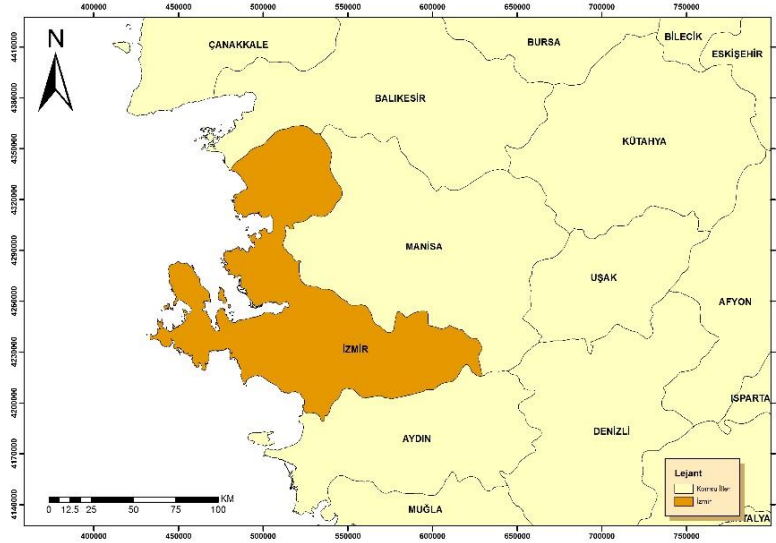
Ancak DMSP-OLS sensör verilerinin mekânsal çözünürlükleri yaklaşık olarak 1 km, VIIRS sensör verilerinin mekânsal çözünürlükleri ise 742 m (Cinzano vd., 2001; Shi vd., 2014) olup bu sensörlerden elde edilen uydu görüntülerinin düşük mekânsal çözünürlüğe sahip olması nedeniyle ışık kirliliğinin etkilerinin belirlenmesine yönelik bazı çalışmalarda yetersiz kaldığı görülmektedir.

Işık kirliliği modeli, belirli alanlar üzerinde gece gökyüzü parlaklığının haritasını elde etmek için kullanılan bir araçtır. Kısıtlamalar sonucu doğrudan ölçüm yöntemlerinin kullanılmadığı durumlarda ışık kaynakları hesaba katılmakta ve gözlenen gökyüzü parlaklık değerleri tahmin edilmektedir. Darksy model, ışık kirliliği haritalarının elde edilmesinde yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip Küresel İnsan Yerleşim Katmanı (KİYK) ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verilerini kullanmakta ve 100 m mekânsal çözünürlükte veri sağlamaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye’de yerleşim yoğunluğunun yüksek olduğu ve aynı zamanda yükseltinin fazla olduğu alanlara sahip olan İzmir ilinin ışık kirliliği haritası Darksy model kullanılarak elde edilmiştir. Kentsel ışık kirliliğini etkilediği düşünülen yerleşim yoğunluğu bilgisi KİYK verisi ile, yükseklik bilgisi ise SYM verisi ile sağlanmıştır. Çalışma alanında yerleşim yoğunluğunun kentsel ışık kirliliği ile ilişkisi incelenmiştir. Çalışmada, modelleme sonuçlarının gerçek gökyüzü parlaklık değerleri ile olan ilişkisi Pearson korelasyon analizi ve karesel ortalama hata hesabı ile değerlendirilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı olarak belirlenen İzmir ili $37^{\circ} 45' - 39^{\circ} 15'$ kuzey enlemleri ile $26^{\circ} 15' - 28^{\circ} 20'$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. İzmir ilinin batısında Ege Denizi, kuzeyinde Balıkesir ili, doğusunda Manisa ili ve güneyinde ise Aydın ili bulunmaktadır (**Şekil 1**). İlin kuzey-güney yönünde uzunluğu yaklaşık 200 km, doğu-batı yönündeki genişliği yaklaşık 180 km’dir. Yüz ölçümü yaklaşık olarak 12012 km²’dir (Yalçinkaya vd., 2022).



Şekil 1. İzmir ilinin idari sınırları

İzmir ili 30 ilçesi, 1295 mahallesi ve 4425789 nüfusu ile İstanbul ve Ankara’dan sonra Türkiye’nin en kalabalık üçüncü ilidir. İzmir körfezi ve çevresi en yoğun nüfuslu bölgedir. Ayrıca kilometrekareye düşen 389 kişi ile Türkiye’nin nüfus yoğunluğu en fazla olan üçüncü ili İzmir’dir (TÜİK, 2021).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Darksy Model

Işık kirliliğinin modellenmesinde kullanılan ilk modellerden biri Richard Berry tarafından önerilen modeldir. Belirli bir nüfusa ve yerleşim alanına sahip olan bir şehrin başucunda oluşan yapay parlaklığın hesaplanmasında basit bir formül kullanmıştır. Model çeşitli varsayımları içerir. Bunlardan birincisi, şehirlerin tek ışık kaynağının olduğu ve bu kaynağın noktasal bir biçimde olduğudur. İkinci varsayım ise gelen ışık katkısı, nüfusun kareköküyle orantılıdır. Işığın atmosferdeki yayılımı da basitleştirilmiştir. Atmosferin homojen olduğu varsayılır ve ışık doğrudan ışık kaynağından gözlenen bir tepe noktasına kadar ilerler. Işın demetinin bir kısmı da tek saçılmaya maruz kalır. Berry, Kanada-Ontario

üzerinde yapay gece gökyüzü parlaklığının haritasını üretirken bu yaklaşımı kullanmıştır (Berry, 1976). Berry'nin geliştirdiği bu model birkaç varsayım ve basitleştirilmiş kurallar üzerinde kurulması sebebiyle, model ile elde edilen harita gece gökyüzü parlaklığını tam olarak tanımlamamaktadır. Özellikle yüksek oranda kentleşmiş alanlar için bu durum geçerlidir (Netzel ve Netzel, 2018).

Berry tarafından önerilen ışık kirliliği modeline dayanan Darksky model ile yüksek oranda kentleşmiş alanların yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip ışık kirliliği haritaları elde edilmektedir. Darksky model ile elde edilen ışık kirliliği haritalarının mekânsal çözünürlükleri 100 m'dir (**Şekil 2**).

```
Usage:
./darksky -g <file_name> [-d <file_name>] -o <file_name> [-a <dbl>] [-U <dbl>]
[-V <dbl>] [-h <dbl>] [-k <dbl>] [-N <n>] [--res_x=<dbl>] [--res_y=<dbl>] [--res_h=<d
bl>] [-t <n>] [--help]

-g, --ghsl=<file_name>    name of GHSL file (GeoTIFF)
-d, --dem=<file_name>     name of DEM file (GeoTIFF)
-o, --output=<file_name>  name of output file (GeoTIFF)
-a, --a=<dbl>             parameter 'a' in Berry's model (default: 2.37583)
-U, --U=<dbl>             parameter 'U' in Berry's model (default: 5.96033)
-V, --V=<dbl>             parameter 'V' in Berry's model (default: 0.02625)
-h, --h=<dbl>             parameter 'h' in Berry's model (default: 1.13661)
-k, --k=<dbl>             parameter 'k' in Berry's model (default: 0.03875)
-N, --radius=<n>          model radius in cells (default: 300)
--res_x=<dbl>             scale factor: column to km (default: 0.1)
--res_y=<dbl>             scale factor: row to km (default: 0.1)
--res_h=<dbl>            scale factor: height to km (default: 0.001)
-t, --threads=<n>        number of threads (default 1)
--help                   print help and exit
```

Şekil 2. Gece gökyüzü parlaklığı için kullanılan Darksky modeli arayüzü

Berry modeline ait yarı deneysel formül Denklem 1'de verilmiştir (Netzel ve Netzel, 2018).

$$B(D) = a\sqrt{P\left(\frac{U}{D^2+h^2} + \frac{V}{\sqrt{D^2+h^2}}\right)}e^{-k\sqrt{D^2+h^2}} \quad (1)$$

Burada; B S_{10} biriminde başucu noktasındaki parlaklık değerini, a bir parlaklık sabitini, U ve V gözlemlere uyacak şekilde yarı deneysel olarak belirlenen sabitleri, D ışık kaynağından gözlemciye olan mesafeyi, h ışığın gözlemciye doğru saçıldığı ince bir tabakanın yüksekliğini, k absorpsiyon parametresini ifade etmektedir. **Çizelge 1**'de formülde kullanılan parametrelerin değerleri yer almaktadır. Bu değerler Berry'nin 1976'da kullandığı ve Darksky modelde kullanılan değerlerdir.

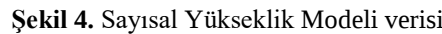
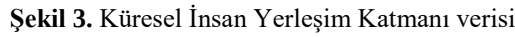
Çizelge 1. Berry ve Darksky modellerinde bulunan beş sabit

Gerçekleşen Faaliyetler	Berry (1976)	Darksky
a	50	2.37583
U (km ²)	2.59	5.96033
V (km ²)	0.08	0.02625
H (km)	2.4	1.13661
k (km ⁻¹)	0.026	0.03875

3.2. Veri Toplama ve İşleme

Darksky model, Berry modelini yüksek çözünürlüklü kentleşme verisi olan KİYK ve SYM verileri ile birleştirmektedir. KİYK kavramı, 2008-2011 Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (European Commission Joint Research Centre) tarafından "Etkili ve Hızlı Dış Eylem İçin Bilgi Desteği" adlı program çerçevesinde yeni görüntü bilgi madenciliği teknolojileri geliştirilerek tanıtılmıştır (Jasani vd., 2009). Demchenko ve arkadaşlarına göre (2014) "Büyük Veri (Big Data)", karar verme konusunda yenilikçi bilgi işleme biçimlerine ihtiyaç duyulan uygun maliyetli, yüksek hacimli, yüksek hızlı ve yüksek çeşitlilikteki bilgi varlıklarıdır. Bu senaryoda KİYK, pragmatik ve uyarlanabilir bir bakış açısı sunmaktadır. KİYK'nin metodolojik odak noktası, tüm evreni tanımlayan geniş kapsamlı veri serileri arasındaki ilişkisel kuralların hesaplanması açısından verimli bir şekilde araştırılmasına yöneliktir (Pesaresi, 2014). KİYK verileri kentleşme değerlendirmesi, arazi örtüsü değişikliği, kentsel planlama ve yönetimi, tür değişiklikleri gibi çalışmalar için kapsamlı veri katmanı içermektedir (Liu vd., 2020).

Darksky modelde kullanılan KİYK, 100 m mekânsal çözünürlükte bir raster haritadır. Haritada değerler 0-1 ile ifade edilir. 0 yapay yüzeyin olmadığı alan, 1 ise yapay yüzeyin olduğu yerleşim alanı anlamına gelmektedir (**Şekil 3**).



4.2. Doğruluk Değerlendirmesi

The graph displays the sky brightness measurements from two sensors, DARKSKY and SQM, across 20 points. The Y-axis represents the brightness value, ranging from 0 to 25. The X-axis represents the point number, ranging from 1 to 20. The DARKSKY sensor (blue line) shows values mostly between 15 and 20, while the SQM sensor (orange line) shows values mostly between 16 and 20. Both sensors exhibit significant fluctuations throughout the measurement points.

Nokta Numarası	DARKSKY	SQM
1	18.0	20.0
2	17.5	20.0
3	16.5	17.0
4	16.0	17.5
5	16.5	16.5
6	19.0	20.0
7	16.0	17.0
8	16.5	17.0
9	16.5	17.5
10	16.5	17.5
11	16.0	16.5
12	17.5	20.0
13	17.5	19.5
14	16.0	17.0
15	16.0	17.0
16	17.5	18.0
17	19.0	19.5
18	16.5	17.0
19	16.5	17.0
20	17.5	17.5

5. SONUÇLAR

VIII. UZAKTAN ALGILAMA-CBS SEMPOZYUMU (UZAL-CBS 2022), 17-19 Kasım 2022, Ankara

KAYNAKLAR

- Benesty, J., Chen, J. ve Huang, Y.,** 2008. On the Importance of the Pearson Correlation Coefficient in Noise Reduction, *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 16(4): 757-765.
- Berry, R. L.,** 1976. Light Pollution in Southern Ontario. *The Journal of The Royal Astronomical Society of Canada*, 70(3): 97-115.
- Cinzano, P., Falchi, F., ve Elvidge, C. D.,** 2001. The First World Atlas of The Artificial Night Sky Brightness. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328: 689-707.
- Congalton, R. G.,** 1991. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. *Remote Sensing of Environment*, 37, 35-46.
- Demchenko, Y., Laat, C. ve Membrey P.,** 2014. Defining Architecture Components of the Big Data Ecosystem. *International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 19-23 May 2014, Minneapolis USA.
- Falchi, F., Cinzano, P., Elvidge, C. D., Keith, D. M. ve Haim, A.,** 2011. Limiting the Impact of Light Pollution on Human Health, Environment and Stellar Visibility. *Journal of Environmental Management*, 92(10): 2714-2722.
- Han, P., Huang, J., Li, R., Wang, L., Hu, Y., Wang J. ve Huang, W.,** 2014. Monitoring Trends in Light Pollution in China Based on Nighttime Satellite Imagery. *Remote Sensing*, 6, 5541-5558.
- Hu, Z., Hu, H. ve Huang, Y.,** 2018. Association Between Nighttime Artificial Light Pollution and Sea Turtle Nest Density Along Florida Coast: A Geospatial Study Using VIIRS Remote Sensing Data. *Environmental Pollution*, 239, 30-42.
- Jasani, B., Valerio, T., Pergola, N., Carolina, F., Casciello, D. ve Lacava T.,** 2009. Remote Sensing from Space - Supporting International Peace and Security, *Springer*.
- Liu, F., Wang, S., Xu, Y., Ying, Q., Yang, F. ve Qin, Y.,** 2020. Accuracy Assessment of Global Human Settlement Layer (GHSL) Built-up Products Over China, *PLoS ONE*, 15(5), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233164>
- Liu, Y. Mu, Y., Chen, K., Li, Y. ve Gou, J.,** 2020. Daily Activity Feature Selection in Smart Homes Based on Pearson Correlation Coefficient. *Neural Processing Letters*, 51:1771-1787.
- Netzel, H. ve Netzel, P.,** 2018. High-resolution Map of Light Pollution. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 221: 300-308.
- Olsen, R. N., Gallaway, T. ve Mitchell, D.,** 2014. Modelling US Light Pollution. *Journal of Environmental Planning and Management*, 57(6): 883-903.
- Pesaresi, M.,** 2014. Global Fine-Scale Information Layers: The Need of a Paradigm Shift. *Conference on Big Data from Space (BiDS'14)*, 12-14 November 2014, Frascati, Italy.
- Rodgers, J., L. ve Nicewander, W., A.,** 1988. Thirteen Ways to Look at the Correlation Coefficient. *American Statistical Association*, 42(1), 59-66.
- Rybnikova, N. A. and Portnov B. A.,** 2017. Outdoor Light and Breast Cancer Incidence: A Comparative Analysis of DMSP and VIIRS-DNB Satellite Data. *International Journal of Remote Sensing*, 38:21. 5952-5961.
- Singhal, R., K., Kumar., M. ve Bose, B.,** 2019. Ecophysiological Responses of Artificial Night Light Pollution in Plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 66:2, 190-202
- Shi, K., Huang, C., Yu, B., Yin, B., Huang, Y., ve Wu, J.,** 2014. Evaluation of NPP-VIIRS Night-time Light Composite Data for Extracting Built-up Urban Areas. *Remote Sensing Letters*, 5(4): 358-366.
- Sun, J., Raap T., Pinxten, R. ve Marcel, E.,** 2017. Artificial Light at Night Affects Sleep Behaviour Differently in Two Closely Related Songbird Species. *Environmental Pollution*, 231:882-889.
- TÜİK,** 2021. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, <https://data.tuik.gov.tr/>. [Erişim Tarihi: 10.10.2022]
- Yalçınkaya, S., Doğan, F. ve Kaleli, H. İ.,** 2022. Investigation of Waste Fires and Spatial Accessibility of Fire Stations in Izmir, Turkey. *Urban Academy*, 15(2):727-741
- Zhou, H., Deng, Z., Xia, Y. ve Fu, M.,** 2016. A New Sampling Method in Particle Filter Based on Pearson Correlation Coefficient. *Neurocomputing*, 216: 208-215.