

# GÖKYÜZÜ PARLAKLIĞI ÖLÇÜMÜ VE IŞIK KİRLİLİĞİ HARİTALAMASI

## Örnek Uygulama: Eskişehir Kent Merkezi ve Yakın Çevresi

Metin ALTAN<sup>1,2</sup>, Bülent ASLAN<sup>2</sup>, Samet ÖZDEMİR<sup>3</sup>, Tahsin ERTAŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Anadolu Üniversitesi, Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü, İk Eylül Kampüsü, Eskişehir

<sup>2</sup>Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Yunusemre Kampüsü, 26470 Eskişehir

<sup>3</sup>Anadolu Üniversitesi F.B.E. İleri Teknolojiler Anabilim Dalı, Nanoteknoloji Bilim Dalı, Yunusemre Kampüsü, 26470 Eskişehir

### ÖZET

İstanbul Kültür Üniversitesi bünyesinde yürütülmekte olan “Türkiye’de seçilmiş bölgelerde gece gökyüzü parlaklığının ölçülmesi” konulu projenin bir basamağı olarak, pilot proje statüsünde, Eskişehir kent merkezi ve yakın çevresinin gece gökyüzü parlaklığı (ışık kirliliği) modellenmesi ve haritalanmasını içeren projenin ilk aşaması, bu çalışma kapsamında değerlendirilmektedir.

Yerleşim yerlerinin gökyüzü parlaklığı verilerinden, ışık kirliliğinin ekonomik, biyolojik, çevresel ve kültürel boyutunun değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Gelecekte kurulması olası astronomi gözlemevleri, amatör gökbilimi gözlemleri ve gökyüzü şenlikleri için uygun karanlık yerleri belirlemek, bitki ve hayvanların yaşamlarını olumsuz yönde etkileyen faktörleri ortaya çıkarmak ve bunların koruma altına alınması için ilgililer nezdinde girişimlerde bulunmak bu projenin amaçları arasındadır.

Proje kapsamında, çalışma alanı (Eskişehir) “kent merkezi” ve “kent merkezi yakın çevresi” olarak iki kısma ayrılmıştır. Kent merkezi, sistematik olarak homojen 112 kareye ayrılmış ve 106 noktadan ölçüm alınmıştır. Kent merkezi yakın çevresinde 30x36 km<sup>2</sup>’de toplam 132 noktadan ölçüm alınmıştır. Ölçümler ölçekli, koordinatlı ve projeksiyon tanımlı sayısal bir harita üzerinde veri tabanı etkileşimli olarak konumlandırılmıştır. İstatistiksel algoritmalar kullanılarak ölçüm değerlerinin çalışma alanı üzerindeki dağılımı modellenmiş ve konumsal ilişkileri sayısal harita üzerinde çıkarılmıştır. Elde edilen ölçüm değerleri ve sayısal harita, Türkiye gece gökyüzü parlaklığı haritasının bir parçası olmasına yönelik uygun formatta yapılandırılması için hazırlanmıştır.

### GİRİŞ

Kısaca, ışığın yanlış yerde, yanlış zamanda, yanlış miktarda ve yanlış yönde kullanılması olarak tanımlanan ışık kirliliği, bugün farklı boyutlarda hem toplumsal yaşantımızı, hem doğa ile ilişkimizi ve doğanın dengesini, hem de akademik/bilimsel çalışmalarımızı olumsuz etkileyen bir unsur olarak karşımızda durmaktadır. Işığın gerekmeyen yeri aydınlatması, rahatsız edici ışık olmasının yanında, boşa giden enerji demektir. Gözün alışık olduğu aydınlatma düzeyini aşan ışık, gözün görme yetisinin bozulmasına sebep olduğu gibi, nesnelerin görünürlüğünün kaybolmasına, dolayısıyla da yol ve çevre güvenliğinin olumsuz etkilenmesine neden olur. Gökyüzüne doğru yayılan yapay ışık, atmosferdeki toz ve moleküller tarafından her yöne saçılır ve gökyüzünün fon parlaklığını artırır; böylece, gökyüzünün doğal güzelliği ve yıldızlar kaybolur. Bu bağlamda, ışık kirliliği “**çözümü yerel olan küresel bir sorun**”dur.

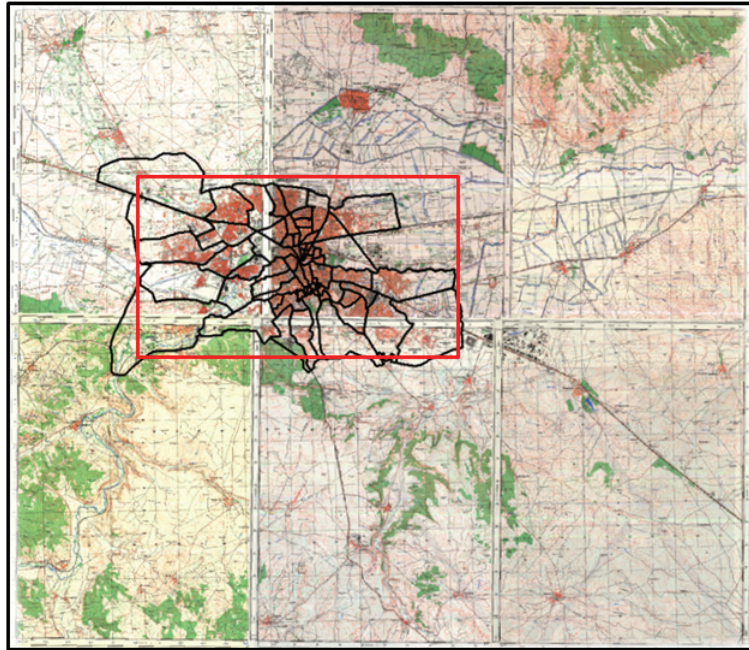
Bu sorunun ülkemizdeki çözümüne dair ilk farkındalık çalışmaları, 1990’lı yıllarda Prof. Dr. Zeki ASLAN tarafından başlatılmıştır. Geçen zaman içindeki kazanımlar sonrasında bugün, farklı şehirlerden gerek akademik gerek gönüllü bireylerin katılımıyla,

bir **Ulusal Proje** olarak Türkiye'nin ışık kirliliği haritası oluşturulma çalışmaları sürdürülmektedir. İstanbul Kültür Üniversitesi bünyesinde yürütülmekte olan “*Türkiye’de gece gökyüzü parlaklığının ölçülmesi*” başlıklı projenin amacı; Türkiye’de seçilmiş yerleşim yerlerinde (şehirler, kasabalar, köyler), seçilmiş “karanlık” yerlerde, astronomi gözlemevlerinde ve milli parklarda, doğal yaşam alanlarında gece gökyüzü parlaklığını ölçmek ve bu ölçümleri yıldızlı gecelerin doğal gök parlaklığı ile karşılaştırmaktır. Yerleşim yerlerinin gök parlaklığı verilerinden, ışık kirliliğinin ekonomik, çevresel ve kültürel boyutunun değerlendirilmesi amaçlanmaktadır [1].

Bu çalışmada, bahsi geçen projenin bir basamağı olarak, pilot proje statüsünde, Eskişehir kent merkezi ve yakın çevresinin gece gökyüzü parlaklığı (ışık kirliliği) modellenmesi ve haritalanması yapılmış ve elde edilen ilk sonuçlar değerlendirilmiştir.

## ÇALIŞMA ALANI VE YÖNTEM

Uygulama kapsamında, çalışma alanı olarak **Eskişehir**, “*kent merkezi*” ve “*kent merkezi yakın çevresi*” olarak iki kısma ayrılmıştır (Şekil 1). Kent merkezi, 14x8 km<sup>2</sup>’lik bir alanı kapsamakta, iki alt belediye ve 64 mahalleden oluşmaktadır. Kentin organize sanayi bölgesi, farklı nitelikte olduğundan özellikle çalışma alanı kapsamına alınmamıştır. Kent merkezi yakın çevresi ise 30x36 km<sup>2</sup>’lik bir alanı içermektedir (Şekil 1).



**Şekil 1.** Çalışma alanı olarak seçilen Eskişehir kent merkezi ve yakın çevresinin 1/25.000 ölçekli harita üzerinde gösterimi. Küçük (kırmızı) çerçeveli kısım *kent merkezi*, büyük (siyah) çerçeveli kısım ise *kent merkezi yakın çevresi* ölçüm sınırlarını göstermektedir.

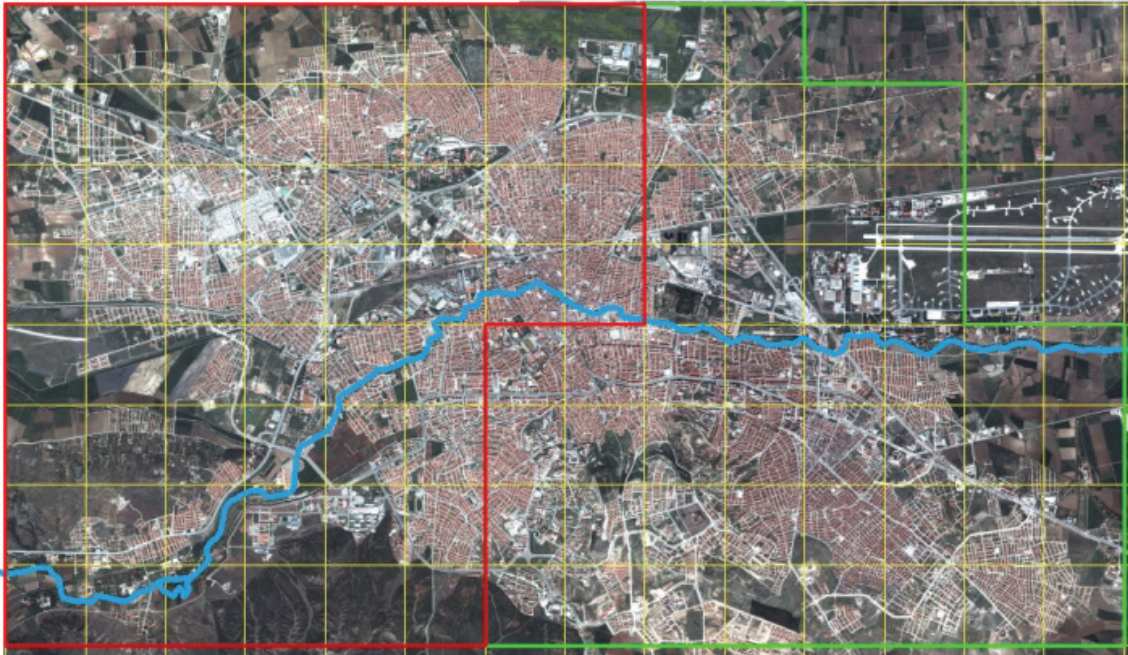
Çalışma sürecinde planlama ve konumsal ilişkilendirme uygulamaları, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri teknikleri kullanılarak, Ikonos uydusuna ait uydu görüntüleri ve veritabanı etkileşimli sayısal harita üzerinde yapılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri teknikleri, konumsal olarak harita elemanları arasındaki ilişkileri sayısal ortamda tanımlayabilmeyi sağlar. Her harita elemanının öznitelik bilgisi, ait olduğu eleman sınıfı için veri tabanında ayrılan alana kaydedilir. Bu öznitelik bilgisi, sayısal haritadaki grafik veri ile ilişkilendirilerek, sorgulama, analiz ve modelleme için zemin hazırlar.

Ölçümler, veri tabanı etkileşimli, ölçekli ve projeksiyon tanımlı olarak hazırlanan sayısal harita üzerinde, gerçek koordinatlarında konumlandırılmıştır. Vektör veri formatında çizilen karelaj altına, Ikonos uydusundan alınan çalışma alanının uydu görüntüsü, raster (piksel) veri formatında, farklı bir katman halinde koordinatlandırılmıştır. Gösterimdeki karmaşıklığı önlemek amacıyla, her harita eleman sınıfı, farklı katmanlarda yapılandırılmıştır. Diğer katman, ölçüm noktalarını içermektedir. Her ölçüm noktası, arazide okunan GPS değeri ile ilgili farklı koordinata, fakat sayısal harita üzerindeki aynı katmana konumlandırılmıştır. Böylece, analiz aşamasında diğer harita elemanlarından bağımsız değerlendirilebilmiştir. Analizler yapılırken, istatistiksel algoritmalar kullanılarak, ölçüm değerlerinin çalışma alanı üzerindeki dağılımı modellenmiş ve konumsal ilişkileri sayısal harita üzerinde çıkarılmıştır.

### ***Kent Merkezi***

Sistemantik ve kontrollü veri toplayabilme amacı ile, sayısal harita üzerinde, çalışma alanı 1x1 km<sup>2</sup>'lik alanlara bölünerek (grid), toplamda homojen 112 kare alan oluşturulmuştur (Şekil 2). Çalışma alanı iki bölgeye ayrılmış ve ölçümler ikişer kişiden oluşan iki ekip tarafından eş zamanlı olarak yapılmıştır (Şekil 2). Ölçümler yapılırken dikkat edilen unsurlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Ay'ın olmadığı günler seçilmiştir: 16 – 23 Nisan 2012.
- Şehir aydınlatmasındaki saate bağlı etkilerin asgaride tutulabilmesi için, ölçüm zamanı saat 21:00 – 24:00 arasında sınırlandırılmıştır.
- Bulutluluk oranı göz önünde bulundurulmuştur.
- Her ölçüm karesinin orta koordinatına ulaşılabilir en yakın koordinat, ölçüm noktası olarak seçilmeye özen gösterilmiştir.
- Aydınlatmaların doğrudan etkisinden olabildiğince uzak koordinatlardan ölçüm alınırken, otomobil, fasılalı yanıp sönen bozuk aydınlatmalar gibi sürekliliği olmayan geçici aydınlanmaların olmadığı zamanlarda ölçüm alınmaya çalışılmıştır.



**Şekil 2.** İkonos uydu görüntüsü üzerinde konumlandırılan Kent Merkezi çalışma alanındaki 1x1 km<sup>2</sup>'lik kare alanlar (grid) (sarı renkte) ve eş zamanlı ölçüm alan iki ekibin alt çalışma bölgeleri (kırmızı ve yeşil renkte).

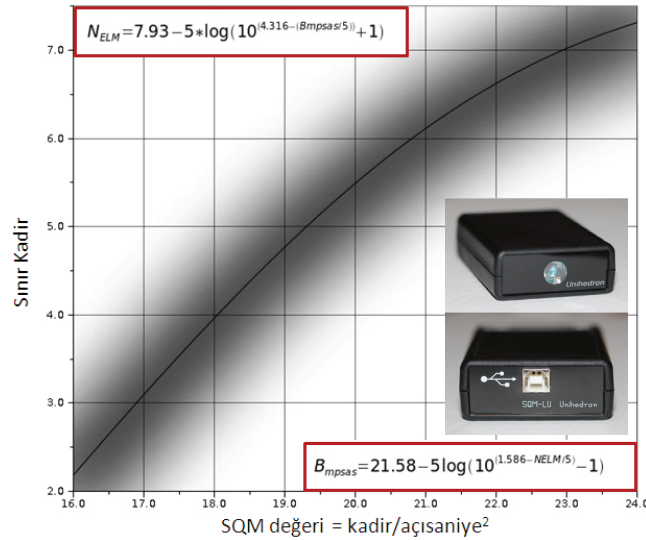
### **Kent Merkezi Yakın Çevresi**

Ölçümler, kent merkezi yakın çevresinde 30x36 km<sup>2</sup>'lik bölge içinde kalan yerleşim yerleri (uydu yerleşimler, köyler vb) göz önüne alınarak belirlenen güzergâhlar boyunca alınmıştır. Ölçümler yapılırken yukarıda belirtilenlere ek olarak dikkat edilen unsurlar şu şekilde sıralanabilir:

- Ölçümler 18 – 25 Temmuz 2012 arasında yapılmıştır.
- Güzergâhtaki yerleşim yerleri (köyler) içinden ölçüm alınmaya çalışılmıştır. Yanlış aydınlatma nedeniyle ölçümün mümkün olmadığı yerleşim yerlerinin giriş veya çıkışlarından ölçüm alınmıştır.
- Şehrin kuzey batısında, kent merkezinden uzaklaştıkça ölçülen parlaklık değerinin azaldığını ayrıntılı olarak gösterebilmek için kontrol amaçlı ölçüm aralıkları sıklaştırılmıştır.

### **Ölçüm Cihazı**

Ölçümler, mevcut en iyi yöntem olarak kabul edilen, Unihedron firmasının Gök Niteliği Ölçeri (Sky Quality Meter – SQM: Clear Sky Detector) kullanılarak yapılmıştır. Araziye farklı noktalardan ölçüm alma aşamasında, cihazlar dizüstü bilgisayarlar ile USB yolu ile bağlantılı olarak çalışmışlardır. Ölçüm alınan her noktada, en az beş defa gökyüzü parlaklığı değeri okunmuş ve bu değerlerin ortalaması (duruma göre en çok okunan değer) o koordinat için okunan değer olarak atanmıştır. Cihazdan okunan ve “SQM okuma değeri” olarak bilinen sayısal gökyüzü parlaklık değeri, “kadir/açısanıye<sup>2</sup>” birimindedir ve bilinen “sınır kadir” değeri ile Şekil 3’de gösterildiği gibi bir matematiksel ifade ile ilişkilidir. SQM değerinin 5 kadir/açısanıye<sup>2</sup> azalması, gökyüzü parlaklığının 100 kat artması anlamına gelmektedir.



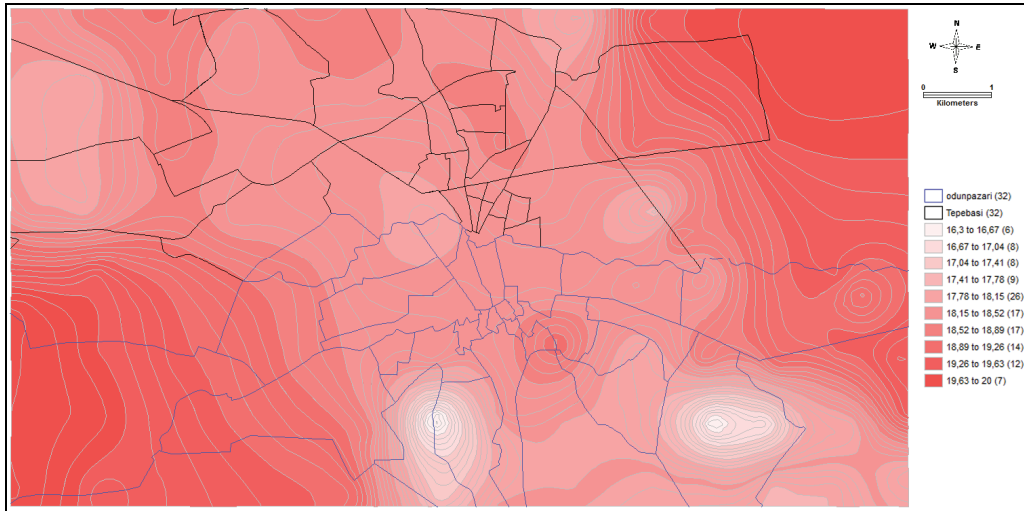
**Şekil 3.** Ölçümlerde kullanılan Gök Niteliği Ölçeri cihazı ve cihazdan okunan SQM değerinin bilinen sınır kadir cinsinden karşılığı [2].

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Arazide okunan GPS değerlerine göre, her ölçüm noktası için atanan değerler, *GeoMedia Professional 6.1* Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı kullanılarak yapılandırılan veritabanı etkileşimli sayısal haritada, katmanlar halinde konumlandırılmıştır. Kaydedilen gökyüzü parlaklık değerleri, daha sonra sayısal harita üzerindeki konumlarına göre aynı anda görüntülenerek kıyaslanabilmesi sağlanmıştır. Kent merkezi için okunan değerler, Ikonos uydu görüntüsü üzerine konumlandırılmış, en aydınlık (16,15) ve en karanlık (20,04) değer arası 10 eşit kademeye bölünerek renk kodlaması yapılmıştır (Şekil 4). Alınan her ölçümün ait olduğu kare alanın (grid) ışık kirliliğini temsil ettiği düşünüldüğünde, çözünürlüğü düşük olan bir dağılım haritası elde edilmektedir. Bu nedenle farklılıkların daha ayrıntılı değerlendirilebilmesi için, istatistiksel algoritmalar uygulanarak bir dağılım haritası elde edilmiş ve sonuçlar *eş parlaklık eğrileri* olarak gösterilmiştir (Şekil 5). Kent merkezinin güney ve güney doğusunda *sıcak nokta* olarak kendini gösteren bölgelerde okunan yüksek parlaklık değerlerinin nedeni, yeni yapılanma sürecindeki yanlış aydınlatmalardır. Görüldüğü gibi, sorunlu/etraftan farklı davranışta olan bölgeler, bu yöntemle kolaylıkla fark edilebilmektedir.

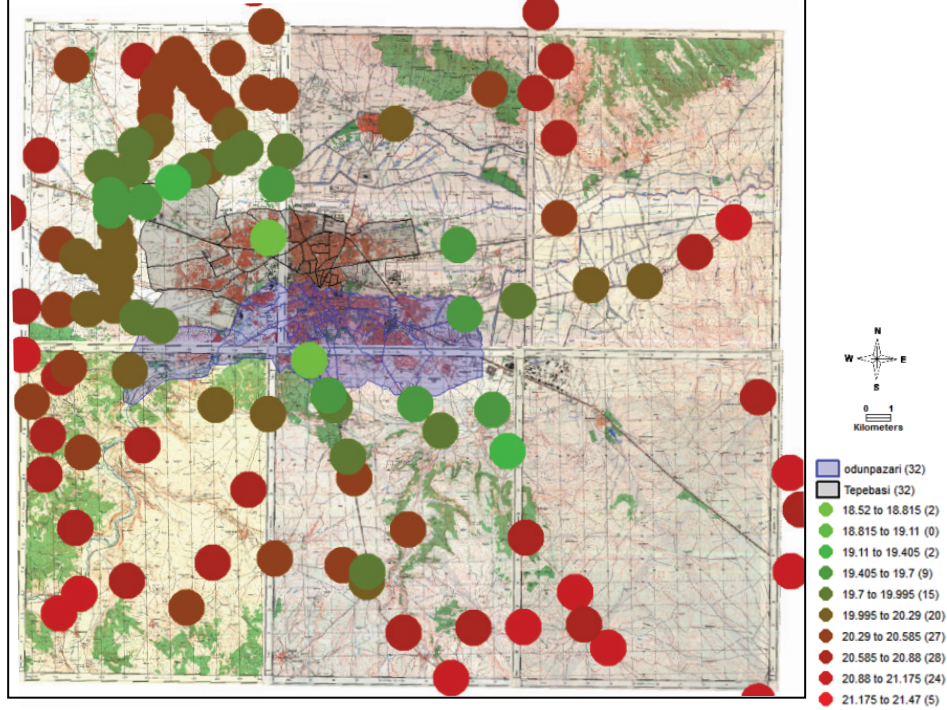


Şekil 4. Parlaklık ölçüm değerlerinin kent merkezinde dağılımı. 16,15 (en aydınlık) ve 20,04 (en karanlık) arası 10 kademeye bölünerek renk kodlanmıştır.



Şekil 5. Kent merkezi ölçüm değerlerinin eş parlaklık eğrileri. 16,3 (en aydınlık) ve 20,0 (en karanlık) arası 10 kademeye bölünerek renk kodlanmıştır.

Benzer şekilde, kent merkezi yakın çevresi için okunan değerler, 1/25.000 ölçekli altı pafta harita üzerinde konumlandırılmış, en aydınlık (18,52) ve en karanlık (21,47) değer arası 10 eşit kademeye bölünerek renk kodlaması yapılmıştır (Şekil 6). Kent merkezi için alınan ölçüm değerleri bu haritada gösterilmemiştir.



**Şekil 6.** Parlaklık ölçüm değerlerinin kent merkezi yakın çevresinde dağılımı. 18,52 (en aydınlık) ve 21,47 (en karanlık) arası 10 kademeye bölünerek renk kodlanmıştır.

Burada gösterilmemekle birlikte, bahsedilen yöntem kullanılarak her harita elemanının öznel bilgisi, sayısal haritadaki grafik veri ile ilişkilendirilerek sorgulama, analiz ve modelleme yapılabilmektedir. Örneğin, çalışma alanının tamamında veya tanımlanan bir bölgesinde, istenilen tek bir ölçüm değerine sahip noktalar ya da istenilen aralıkta olan noktalar/bölgeler çıkartılabilmektedir. Böylece istenen sorgulamalar istenen ölçütlere bağlı olarak çağrılabilir ve analizler yapılabilmektedir.

Projenin ilerleyen aşamalarında, elde edilen bu değerlerin kent merkezindeki dağılımı gözönünde bulundurularak, enerji kaybı hesabı yapılarak, yanlış aydınlatmaların ve dolayısıyla ışık kirliliğinin ekonomiye getirdiği yük bulunmaya çalışılacak ve sonuçlar Eskişehir Büyükşehir Belediyesi'ne rapor edilecektir.

Bu proje kapsamında bir internet sitesi oluşturulmuş ve aktif hale getirilmiştir [3].

### **Teşekkür**

Bu çalışmanın gerçekleşmesindeki önderliği ve yardımları için Prof. Dr. Zeki Aslan'a ve ölçüm cihazlarının teminini sağlayan Anadolu Üniversitesi, Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü'ne teşekkür ederiz.

### **KAYNAKLAR**

- [1] [http://www.iku.edu.tr/TR/semper\\_icerik.php?kategoriNo=433&p=204&r=3](http://www.iku.edu.tr/TR/semper_icerik.php?kategoriNo=433&p=204&r=3)
- [2] <http://www.unihedron.com>
- [3] <http://www.isikkirliligi.org>