

Türkiye'deki Astrojeodezik Çalışmaların Evrimi: Optik Sistemlerden Gerçek Zamanlı Uygulamalara

Evolution of Astrogeodetic Studies in Turkey: From Optical Systems to Real-Time Applications

Müge Albayrak^{1,✉}

¹Harita Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi

✉ muge.albayrak@harran.edu.tr

Özet

Türkiye'de astrojeodezik gözlemler, 1942 yılında optik sistemler ile ulusal geoit belirlemek için başlamıştır. 1953 yılına kadar ülke genelinde 98 Laplace istasyonunda (astrojeodezik enlem, boylam ve azimut gözlemlenen) bu gözlemler tamamlanmıştır. 11 yıllık bir zaman diliminde gerçekleştirilen gözlem sayısı, optik sistemler ile gözlemlerin ne kadar zor yapıldığının bir göstergesidir. Örneğin özel bir astrojeodezik sistem geliştirmek ve çok iyi eğitilmiş bir gözlemci yetiştirmek vb. 1990'lı yıllara gelindiğinde ise ülke genelinde 200 noktada daha bağıl astrojeodezik çekül sapma bileşeni gözlemlenmiştir ve 1994 yılında hesaplanan Türkiye Astrojeodezik Geoidi-1994'te (TAG-94) kullanılmıştır. Bu veriler, sonraki yıllarda da farklı yöntemlerle geoit modeli belirlemek için kullanılmıştır. Optik sistemler ile astrojeodezik çalışmalar ise yerel ve bölgesel ölçekte devam ettirilmiştir. Ancak, astrojeodezik yöntemlerle veri elde etmedeki bahsedilen zorlukların yanı sıra uydu konum belirleme (GPS, GNSS) ve uydu gravite alanı tanımlama (GRACE, GOCE) tekniklerindeki gelişmeler nedeniyle, klasik astrojeodezi çalışmalarının önemi dünya genelinde büyük ölçüde azalmıştır.

2000'li yılların başında Almanya ve İsviçre'de CCD kameraların astrojeodezik sistemlere entegre edilmesi ile birlikte, astrojeodezide dijital bir dönüşüm yaşanarak, Sayısal Zenit Kamera Sistemleri (SZKS) geliştirilmiştir. SZKS'ler, astrojeodezik gözlem ve yıldız görüntülerinin değerlendirilme süreleri ile birlikte gözlemci eğitim süresinin önemli ölçüde kısalmasını sağlamıştır. Ayrıca, GPS ile birlikte kullanılarak gerçek zamanlı çekül sapma verisinin elde edilmesini de mümkün kılmışlardır; GPS temelli gerçekleştirilen astrojeodezik uygulamalar, bağıl çekül sapmasından mutlak çekül sapmasına da geçilmesini sağlamıştır. Astrojeodezideki dijital çağın etkisi 2008 yılında Türkiye'de de kendini göstermiştir ve İstanbul'da da SZKS geliştirmek için gerekli çalışmalar başlatılmıştır. Ülkemizde geliştirilen ilk SZKS, Astrojeodezik Kamera Sistemi (AKS) olarak isimlendirilerek, elde edilen ilk veriler 2015 yılında kamuoyuyla paylaşılmıştır. AKS sistemi 2019 yılında modernizasyon çalışmaları ile güncellenerek, AKS2 (hassasiyeti ~0.3") olarak yeniden isimlendirilmiştir. AKS2'nin doğruluğunun bir başka sistem ile karşılaştırılarak belirlenmesi için; 2014 yılında ETH Zürih tarafından geliştirilen robotik total station temelli QDaedalus sistemi (doğruluğu ~0.1") bu amaç için İsviçre'den temin edilmiştir. AKS2'nin doğruluğu QDaedalus ile karşılaştırılarak ~0.3" olarak belirlenmiştir. Bu çalışmadan sonra ise, İstanbul'da beş aylık (Mart–Temmuz 2018) bir süre zarfında, sekiz noktada tekrarlı gözlem olmak üzere, 30 noktada (toplam üç astrojeodezik gözlem kampanyası) astrojeodezik gözlem gerçekleştirilmiştir.

İstanbul'daki bu gözlemler, en son teknolojilerle geliştirilen QDaedalus sistemi ile ne kadar hızlı ve etkili bir şekilde çekül sapma bileşeni elde edildiğini ortaya koymuştur. QDaedalus sistemiyle, bir seri gözlem 15 dk sürmektedir ve meteorolojik koşulların el verdiği ölçüde, bir oturumda üç ya da dört seri gözlem yapılması önerilmektedir. Gelecek yıllarda, QDaedalus sistemi ülkemizde, özellikle Türkiye Geoidi 2020 (TG20) modelinin standart hatasının yüksek olduğu bölgelerde kullanılarak, modelin o bölgelerdeki doğruluğunun iyileştirilmesi sağlanabilir. Ayrıca, yeni bir ulusal geoit modeli, İsviçre geoidi 2004 (CHGeo2004) modeli gibi, gravite, GNSS/Nivelman ve astrojeodezik çekül sapma verilerinin birlikte kullanılması ile de hesaplanabilir. Özetle, Türkiye'de yürütülen astrojeodezik çalışmalar, mutlak ve bağıl çekül sapma kavramları ile birlikte ele alınarak, gerçekleştirilmesi planlanan ve öngörülen çalışmalar bu kapsamda tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Astrojeodezik Gözlemler, Astrojeodezik Sistemler, Çekül Sapması, QDaedalus, Sayısal Zenit Kamera Sistemi

Abstract

Astrogeodetic observations in Turkey to determine a national geoid using optical systems began in 1942. Until 1953, these observations were completed at 98 Laplace stations, at which astrogeodetic latitudes, longitudes and azimuths were observed, throughout the country. The number of observations carried out over this 11-year period is an indicator of the difficulties inherent in optical system observations, e.g., limited dedicated astrogeodetic instrumentation and well-trained observers. In the 1990s, relative astrogeodetic deflections of the vertical (DoV) components were observed at 200 additional benchmarks throughout the country, and in 1994, these were used to calculate the Turkish Astrogeodetic Geoid-1994 (TAG-94). These data were further used to determine geoid models using different methods over the next several years. Astrogeodetic studies with optical systems have continued at local and regional scales. However, due to the aforementioned difficulties in obtaining data via astrogeodetic methods, as well as developments in satellite positioning (GPS, GNSS) and gravity field determination (GRACE, GOCE) techniques, the importance of classical astrogeodetic studies worldwide has significantly decreased.

In the early 2000s, Digital Zenith Camera Systems (DZCSs) which integrated CCD cameras into the analog zenith camera system were developed in Germany and Switzerland, ushering in a digital transformation in astrogeodesy. These DZCSs led to dramatically shortened astrogeodetic observation and stellar image processing times, as well as training time for the observers. They also enabled real-time DoV data collection using GPS; GPS-based astrogeodetic applications have also enabled the transition from relative DoV to absolute DoV. The impact of the digital age on astrogeodesy made itself known in Turkey in 2008 when needed studies began in Istanbul to develop a DZCS. The first DZCS developed in Turkey was named the Astrogeodetic Camera System (AKS), and the first AKS-obtained data were shared with the public in 2015. The AKS system was updated in 2019 through modernization studies and renamed the AKS2 (precision of $\sim 0.3''$). In order to determine the accuracy of the AKS2, it was compared against another system; the robotic total station-based QDaedalus system (accuracy of $\sim 0.1''$), developed by ETH Zurich in 2014, was obtained from Switzerland for this purpose. The accuracy of the AKS2 was determined as $\sim 0.3''$ by comparing it against QDaedalus. After this study, astrogeodetic observations were carried out at 30 benchmarks (a total of three astrogeodetic observation campaigns), with repeated observations at eight of the benchmarks, in Istanbul over a period of five months (March-July 2018).

These observations in Istanbul revealed how quickly and effectively the DoV components could be obtained with the state-of-the-art digital QDaedalus system. With the QDaedalus system, a series of observations can be conducted in 15 minutes, and, to the extent that meteorological conditions allow, it is recommended to conduct three or four series of observations in a session. In the future, the QDaedalus system can be used in Turkey, particularly in regions with high standard errors in the Turkish Geoid 2020 (TG20) model, so that the model can be improved in those regions. Also, a new national geoid could be calculated using a combination of gravity, GNSS/Levelling and astrogeodetic DoV data, following the process used to create the Swiss Geoid 2004 (CHGeo2004) model. In summary, the astrogeodetic studies carried out in Turkey will be discussed together with the concepts of absolute and relative DoVs, and further planned and anticipated studies are presented in these contexts.

Keywords: *Astrogeodetic Observations, Astrogeodetic Systems, Deflections of the Vertical, QDaedalus, Digital Zenith Camera System*