
AKADEMİK PERSPEKTİFTEN HARİTA MÜHENDİSLİĞİ

Editör: Prof.Dr. İbrahim YILMAZ



yaz
yayınları

Akademik Perspektiften Harita Mühendisliği

Editör

Prof.Dr. İbrahim YILMAZ

yaz
yayınları

2025

**Akademik Perspektiften Harita
Mühendisliği**

Editör: Prof.Dr. İbrahim YILMAZ

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-5596-70-3

Haziran 2025 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

İÇİNDEKİLER

Comparison of Pixel and Object-Based Classification Results Using High-Resolution Remote Sensing Data: A Case Study Of Zonguldak, Turkey.....	1
<i>Aycan Murat MARANGOZ, Zübeyde ALKIŞ, Gürcan BÜYÜKSALİH</i>	
İnsansız Hava Araçları (İHA) Kullanılarak Yüzey Değişimlerinin Belirlenmesi	16
<i>Aytaç TAN, İbrahim YILMAZ</i>	
Kitab-ı Bahriye’de Gelgit Olgusu: Cerbe Adası.....	43
<i>Mustafa YILMAZ</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

COMPARISON OF PIXEL AND OBJECT-BASED CLASSIFICATION RESULTS USING HIGH-RESOLUTION REMOTE SENSING DATA: A CASE STUDY OF ZONGULDAK, TURKEY¹

Aycan Murat MARANGOZ²

Zübeyde ALKIŞ³

Gürcan BÜYÜKSALİH⁴

1. INTRODUCTION

The rich information content of satellite images and the ease of processing of images with the developing technology have increased the use of remote sensing techniques. However, the choice of which image to use for a specific application must be carefully considered from an economic perspective. In addition to the cost of the image, the cost of the software and hardware that will be used to make the image ready for use in the application and obtain the necessary information should also be taken into account. At this stage, even the method to be applied will reveal differences. Manual vectorization methods and automatic and semi-automatic algorithms are used to determine the information content and extract features from the image (Karakış 2005). Satellite imagery can serve as a basis for

¹ This chapter was derived from PhD thesis of Aycan Murat Marangoz.

² Asst. Prof. Dr., Zonguldak Bülent Ecevit University, Faculty of Engineering, Geomatic Engineering Department, Zonguldak, aycanmarangoz@beun.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4409-6000.

³ Prof. Dr., Yıldız Technical University, Geomatic Engineering, İstanbul.

⁴ Prof. Dr., Istanbul University, Institute of Marine Sciences and Management, Department of Marine Management, İstanbul, gurcanb@istanbul.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7127-4602.

applications in many areas such as mapping and updating at appropriate scales, planning, risk management, analysis and many similar applications. The need for up-to-date, fast and low-cost data to make critical decisions in the above-mentioned applications is the reason for the use of satellite imagery in these areas. In such applications, fully automatic algorithms are based on image processing techniques to extract the information content to be used from satellite images, while semi-automatic algorithms add operator support and interpretation to these image processing algorithms. In on-screen vectorization processes, the operator's interpretation and workforce come to the fore (Çelikoyan et al. 2005).

Various classification techniques are used for image analysis based on image processing techniques. The approach that has been used in remote sensing technologies until today is pixel-based classification approach, where the processing unit is the pixel. In these approaches, the color values of the pixel and the neighborhood relations of the pixels with each other are considered. In addition to these approaches, object-based approaches have also started to be used. The rich information content of high-resolution data cannot be fully extracted in pixel-based approaches (Wong et al. 2003). High resolution satellite imagery gives inconsistent classification results and exceeds expectations in the extraction of the objects. Due to the nature of the aforementioned classical methods, this situation has led to the use of new software capable of object-based image analysis. The algorithms used in such software provide more appropriate solutions by taking into account the structure, textures and spectral information in order to make the segments more suitable classifications (Antunes et al. 2003).

In this approach, the classification phase starts with grouping neighboring pixels into meaningful segments that can be handled in the next step of classification. This type of image

segmentation and topology formation should be adjusted according to the resolution and the scale of the features to be extracted from the image. With this approach, not only individual pixels can be classified, but also homogeneous image objects are revealed during the previous segmentation step. This segmentation can be performed at different resolutions and allows distinguishing levels of object categories. After the segmentation stage, the classes to be extracted from the image are created and appropriate functions are determined for the segments to be included in these classes (Baatz et al. 2004).

This study aims to determine the extent to which the results obtained with pixel and object-based classification approaches can be compiled by using a high-resolution Ikonos satellite image of Zonguldak province from 2002, to specify the processing steps to be taken for this purpose, to examine the success of the inferences that can be made with different approaches compared to each other and to the available products, and to give the results and comments of the analysis by making comparisons.

2. STUDY AREA

Zonguldak test area is an industrial city located in Northwestern Turkey, situated on a narrow coastline between the Black Sea to the North and forested areas to the South. The city is surrounded by the sea on one side and dense forested mountains up to 800 meters high on the other. The main characteristic of this test area, as shown in Figure 1, is that it has a rugged and highly variable topography and is the most built-up area in Zonguldak. In addition, this area has a high density of buildings and road structures, which are the urban features to be classified. Upon closer examination of the image in Figure 1, it is evident that the building features exhibit different roof

structures, and some road structures are partially obscured by the shadows of buildings.

Figure 1. Study Area (Pan-Sharpended Ikonos Image)



3. MATERIAL AND METHOD

The image data used in the application is a high-resolution pan-sharpened Ikonos satellite image with 1m Ground Sampling Distance (GSD), acquired on 02.10.2002. In practice, not the entire image was studied, but the test area that would contain buildings and road classes that could be extracted from the content of the image was cut for the study and this region was used as the basis for the study. In addition, in accordance with the purpose of the study, a reference vector data with an appropriate scale with was used to analyze and compare the classification results.

The purpose of pixel-based classification approaches is to automatically aggregate all pixels in an image according to

land cover classes and attributes. More detailed information on this topic can be found in Lillesand and Kiefer (1994). Maximum Likelihood, Minimum Distance and Parallelepiped methods can be used in this approach. The Maximum Likelihood method was used in this study.

The Maximum Likelihood classification method is one of the most widely used and well-known supervised classification techniques for image classification in remote sensing applications. This method is based on the principle of defining equiprobability curves for classes and assigning the pixels to be classified to the class with the highest membership probability. If the geometric shape of the set of points representing the set of pixels belonging to any class is defined by an ellipsoid, the orientation and relative dimensions of this ellipsoid will depend on the covariance between the features defining the model space. The effectiveness of the maximum similarity method depends on the accurate estimation of the mean vector and the covariance matrix for each spectral class. This condition depends on the availability of a sufficient amount of sampling data (pixels) for each of the classes. When there is not insufficient data from the sampling region (i.e. not enough data to accurately estimate the probability distributions of the classes), the desired classification accuracies cannot be achieved. In such a case, it is necessary to use alternative classification methods that do not rely on covariance information (Oruç 2003).

On the other hand, unlike classical image processing methods, the basic processing unit of object-based image analysis is not only individual pixels, but also image segments or objects. Here, classification is based on image objects. One reason for the object-based approach is that the expected result of most image analysis applications is real-world objects, with real classifications and real shapes. This situation cannot be

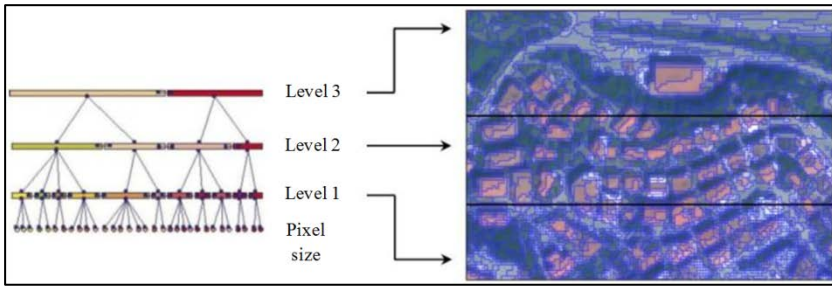
achieved with classical pixel-based approaches (Hofmann 2001a, b, c).

Every classification process depends on a precise scale. Therefore, it is very important that the average resolution of the image objects matches the desired scale. Image information can be presented at different scales depending on the average size of the image objects. The same image can be segmented into smaller or larger objects, which significantly impacts all the information that can be derived from the image objects. Different information can therefore be extracted at each scale. It is possible to present this information simultaneously in different object levels as image information at different scales. By associating levels in this structure with each other, a significant amount of additional information can be extracted (Marangoz 2009). This can be achieved, for example, with a hierarchical network layout and the presentation of objects in this network structure. Besides their neighbors, objects in such an organized hierarchical structure also recognize their top and bottom objects. This enables precise analysis of a given area and its sub-objects, which would be impossible without such a well-defined hierarchical structure. Furthermore, depending on the structure of the child objects, the shapes of the parent objects can be changed. On the basis of classification, the processing of image objects can be done in special ways. From the moment an object is classified as a forest, for example locally, artificial intelligence can be applied and in principle everything that is done with this object or its associated environment from that moment on is carried out using forest logic. Instead of processing all areas of an image with the same algorithm, it would be much more appropriate to apply a modified process. This is one of the highlights of object-based image analysis.

The first application step in the object-based classification approach is segmentation, which means dividing

the image into different sub-sections. At this stage, each pixel in the image is hierarchically connected to an object in the image. This hierarchy is established in the algorithm prepared for segmentation depending on some variables. The important thing here is to establish the appropriate structure from pixel to object by ensuring the right level of homogeneity. The variables used for this in the segmentation phase are scale, color/shape, and smoothness/compactness. With the help of a function including these variables, a chain structure is established from pixel to segment and from there to larger segments. Figure 2 shows the hierarchical structure between pixels and objects.

Figure 2. Hierarchical Network Structure of Image Objects After Image Segmentation in Three Levels (Baatz et al.2004; Karakis et al. 2005)



In the segmentation phase, following parameters should be assigned as accurate as possible, of course, suiting the reality (Baatz et al. 2004):

Scale parameter: this parameter indirectly influences the average object size. In fact this parameter determines the maximal allowed heterogeneity of the objects. The larger the scale parameter the larger the objects become.

- Color/Shape: with these parameters the influence of color vs. shape homogeneity on the object generation can be adjusted. The higher the shape criterion the less spectral homogeneity influences the object generation.

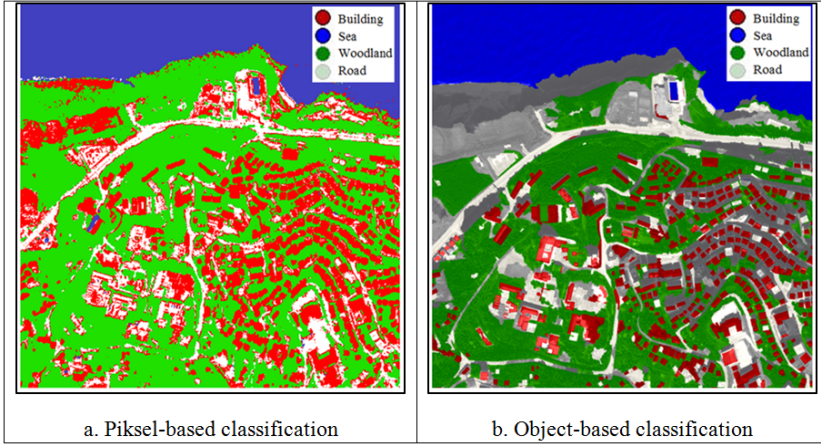
- Smoothness/Compactness: when the shape criterion is larger than 0 the user can determine whether the objects shall become more compact fringed) or more smooth.

After determining the appropriate objects, the stage of creating classes is started. At this point, segmentation plays a critical role. Appropriate functions are defined to ensure that segments representing a specific class are accurately assigned to the relevant class. Here, nearest neighbor relationships or fuzzy membership functions come into play. At this stage, it should be noted that inappropriate selection of parameters during the segment determination phase may increase heterogeneity and segments may merge and be included in the wrong classes. In order to avoid such problems, it is necessary to create a structure that can express real structures with as few segments as possible, while keeping heterogeneity in balance.

4. CLASSIFICATION RESULTS

At this stage, Ikonos image was evaluated using both pixel-based and object-based classification approaches, the accuracy of the classification result products was analyzed and the results of the classification of buildings and road classes in the images were shown. Maximum Likelihood method was used for pixel-based classification applications, which is generally the most widely used method and gives the closest results to reality. This method is based on the principle of defining equiprobability curves for the specified classes in the image and assigning the pixels to be classified to the class with the highest membership probability. Object-based classification approach, as mentioned earlier, is a method that takes into account the structure, textures and spectral information in the image together. Pixel and object-based classification results obtained from the images are shown in Figures 3a and 3b respectively.

Figure 3. Classification Result of Ikonos Image (Marangoz 2009)



In remote sensing, classification accuracy refers to the determination of the correspondence between the selected reference information and the classified data. For this purpose, 50 pixels were randomly selected on the images of the study area to assess the accuracy of the pixel-based classification results and the agreement of each pixel with the ground truth data was analyzed. As a result of this evaluation, the accuracy values for pixel-based classification are given in Table 1. In addition, sample objects were selected for 100 buildings and 50 road structures in order to evaluate the accuracy of the object-based classification results of the image. Then, for these classes, the statistic type “Error matrix based on sample objects” was selected and error matrices were created and given in Table 2.

Table 1. Kappa and Overall Accuracy Values for Pixel-Based Classification Results (Marangoz 2009)

Accuracy Assessment	Ikonos Image
Overall Accuracy (%)	67.39
Kappa	0.486

Table 2. Accuracy Assessment of Object-Based Classification Results (Marangoz 2009).

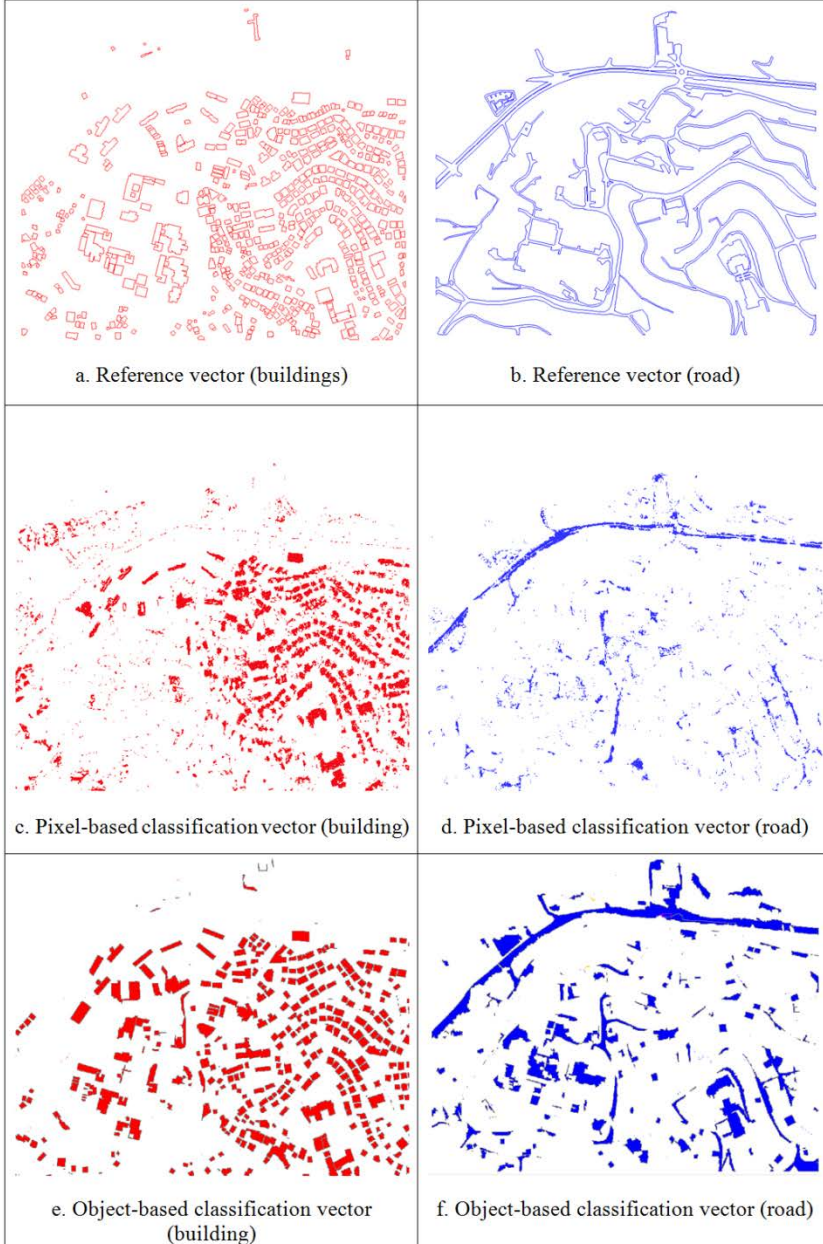
Class	Buildings	Road	Overall
Buildings	86	14	100
Road	19	31	50
Unclassified	13	17	30
Overall	118	62	
Accuracy			
Producer	0.74	0.66	
User	0.94	0.75	
Overall Accuracy	0.73		
Kappa	0.52		

When examining the overall accuracy values, it can be seen that the object-based classification approach produces more accurate results. This is because the segments are compact. Therefore, it produced much better results in terms of overall accuracy. In addition, some object-based misclassification results caused by similar spectral reflectance between the building and other objects can be seen in Figure 4b.

5. COMPARATIVE ANALYSES

For the purpose of the study, the reference vector, pixel and object-based classification vectors for building and road structures are shown in Figure 4.

Figure 4. Comparison of building and road classes obtained with all classification approaches with the reference vector (Marangoz 2009)



Comparing the results with the reference vector data, it was observed that many building structures could not be extracted properly using the pixel-based classification approach. On the other hand, these classes were more appropriately extracted using the object-based classification approach. This is due to the fact that additional vector layers can be added before the segmentation phase, resulting in a successful segmentation.

Looking at the resulting vectors, it can be seen that there are some problems due to the shadow problem in the image. The solar elevation of the image used is very important for extracting buildings. Here, the image, with a solar elevation angle of 63.2° , led to misclassifications caused by building shadows, as shown in (Figures 4d and 4f). Therefore, the variable shadow length depending on the sun height is one of the problems in this study. The area and length information obtained with the reference vector data and different classification approaches for buildings and road classes are given in Table 3.

Table 3. Information of Building and Road Classes Using Comparative Analyses

Data \ Class		Number of Buildings	Area of Buildings (m²)	Area of Roads (m²)
1/5000 Scale Reference Vector		596 (%100)	143100.45 (%100)	165037.52 (%100)
Pan-sharpened Ikonos	Pixel-based	-	118624.89 (%82)	120714.23 (%73)
	Object-based	530 (%89)	123534.14 (%86)	220481.00 (%133)

Since the pixel-based classification approach operates on a pixel basis, no data could be obtained for number of building class. However, area-based comparisons could be made for road class. Looking at the values in Table 3, it is seen that the object-based results match the results in the vector map, and when analyzed on an area basis, the pixel-based results are also close to the vector data. However, the high number of erroneous

pixels increased the total area for both building and road classes using pixel-based approach. Thus, the pixel-based results are close to the reference vector values.

6. CONCLUSION

In this study, pixel and object-based classification approaches to extract building and road classes are tested using high-resolution Ikonos imagery. Ikonos image of Zonguldak province, which has variable topography and contains many land classes, is selected as the test area. Due to its high spatial resolution, Ikonos image is well suited for extracting urban features. The pan-sharpening method can be used to extract its spectral characteristics. In this case, the image with 1m GSD will also have four spectral channels. With the high GSD of the Ikonos image, it was possible to obtain a much higher geometric accuracy and to extract features in the images.

For the purpose of the study, the Maximum Likelihood algorithm was used as a pixel-based approach to extract building and road structures in the test area. Based on the real materials in the area of interest, their capacities were analyzed with the Ikonos image used. On the other hand, for object-based classification, led to misclassifications caused by building shadows, as shown in. In conclusion, object-based image analysis approaches can produce satisfactory results for extracting building and road features using high-resolution images. Accuracy analysis results were obtained as error matrices, showing that object-based image analysis is far beyond the classical pixel-based classification approaches in terms of accurate classification of details.

REFERENCES

- Antunes AF Lingnau C Da Silva JC (2003) Object Oriented Analysis and Semantic Network For High Resolution Image Classification, Anais XI SBSR, 05-10 April 2003, Belo Horizonte, Brazil, 273-279.
- Baatz M Benz U Dehghani S Heynen M Höltje A Hofmann P Lingenfelder I Mimler M Sohlbach M Weber M Willhauck G (2004) eCognition Professional: User Guide 5, Definiens-Imaging, Munich.
- Çelikoyan TM Altan O (2005) Examination and analysis of periodic periods of land use of Istanbul from aerial photographs and satellite images”, ITU Journal/ Engineering, 4/3: 67-75.
- Hofmann P (2001a) Detecting Urban Features From IKONOS Data Using an Object-Oriented Approach, First Annual Conference of the Remote Sensing & Photogrammetry Society 12-14 September 2001, 28-33.
- Hofmann P (2001b) Detecting Buildings and Roads from IKONOS Data Using Additional Elevation Information, GIS Geo-Information-System, 2001:6
- Hofmann P (2001c) Detecting Informal Settlements from IKONOS Image Data Using Methods Of Object Oriented Image Analysis - An Example From Cape Town”, Remote Sensing of Urban Areas, edited by Jürgens, Carsten (Regensburg).
- Karakış S Marangoz AM Büyüksalih G (2005) Automatic Feature Extraction from QuickBird Pan-Sharpned Imagery and Analysis of Its Suitability for Geographic Information Systems, 10th Meeting of Chamber of Surveying and Cadastre Engineers, Ankara.

- Marangoz AM (2009) Detection of Urban Details from Satellite Images using Object-based Classification Methods and Integration to GIS, PhD Thesis, Yıldız Technical University (YTU) Graduate School of Natural And Applied Sciences, Remote Sensing and GIS Program, İstanbul, October 2009, Supervisor: Prof. Dr. Zübeyde ALKIŞ.
- Oruç M (2003) Analysis of Unnatural Environmental Changes in Zonguldak Region with Satellite Image Data, Master's Thesis, Institute of Natural and Applied Sciences, BEUN, Zonguldak, Turkey, 2015.

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI (İHA) KULLANILARAK YÜZEY DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ¹

Aytaç TAN²

İbrahim YILMAZ³

1. GİRİŞ

Toplumda ekonomik ve fiziksel kayıplara yol açarak normal yaşamı kesintiye uğratan ve toplumun baş etme kapasitesinin yetersiz kaldığı doğa veya insan kaynaklı olaylar, "afet" olarak tanımlanmaktadır. Afet, bir olayın kendisinden ziyade, ortaya çıkardığı sonuçları ifade etmektedir (AFAD, 2024). Doğa veya insan kaynaklı olayların, belirli bir yer ve zamanda meydana gelerek can ve mal kayıplarına neden olmasıyla ortaya çıkan sosyal, politik ve ekonomik olumsuz etkilerin oluşma olasılığı ise "afet tehlikesi" olarak adlandırılmaktadır. Afet tehlikeleri, kaynaklarına göre üç ana grupta sınıflandırılabilir: Deprem, heyelan, sel ve kuraklık gibi olaylar doğal; nükleer kazalar, endüstriyel kazalar ve taşımacılık kazaları gibi olaylar teknolojik; savaş ve terör gibi olaylar ise insan kaynaklı tehlikeler arasında yer almaktadır. Tehlike kavramı, matematiksel açıdan belirli bir büyüklüğe sahip olayın, belirli bir yerde ve belirli bir zaman diliminde gerçekleşme

¹ Bu çalışma, Aytaç Tan tarafından Prof. Dr. İbrahim Yılmaz danışmanlığında hazırlanan Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

² Aytaç Tan. İzmir Büyükşehir Belediyesi, aytactn@gmail.com , ORCID: 0009-0002-2463-5900.

³ İbrahim Yılmaz. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, ibrahim.yilmaz.afyon@gmail.com , ORCID: 0000-0003-0510-9446.

olasılığı olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle, afet tehlikesi; büyüklük, oluşum sıklığı, etki alanı ve gerçekleşme olasılığı gibi parametreler dikkate alınarak tanımlanmalıdır (AFAD, 2024).

Afetlerin ani ve beklenmedik bir şekilde meydana gelmesi, can ve mal kayıplarına yol açması, ciddi yapısal hasarlara neden olması ile ekonomik ve çevresel zararlara sebebiyet vermesi, toplumsal düzeyde sosyolojik dengesizliklere yol açmaktadır. Bu olumsuz etkilerin yanı sıra, afet risklerinin tamamen önlenememesi, toplumları afetlere yönelik bilimsel araştırmalar yürütmeye teşvik etmiştir. Afet riskine yönelik yapılan araştırmalar, afetlerin nedenlerinin ve etkilerinin daha derinlemesine anlaşılmasına olanak sağlamakta; bu doğrultuda risk analizleri yapılarak afet planlama, afet yönetimi ve erken uyarı sistemleri gibi çeşitli alanlarda çalışmaların gelişmesine zemin hazırlamaktadır (Şahin, 2017).

Türkiye'de 1950-2008 yılları arasında toplam 13.494 heyelan olayı meydana gelmiş ve bu olaylar sonucunda 59.345 kişi afetzede olarak kayıtlara geçmiştir. Aynı dönemde, 5.318 deprem afetinin yaşandığı ve bu afetler nedeniyle 158.241 kişinin afetzede olduğu belirlenmiştir. Bu verilere göre, olay sayısı bakımından heyelanlar birinci sırada yer alırken, afetzede sayısı bakımından ikinci sırada bulunmaktadır (Fidan, 2019). Tüm afet türlerinde olduğu gibi heyelanların da tamamen önlenemez oluşu, bu alanda yapılan bilimsel araştırmaların önemini artırmaktadır. Heyelan risk analizlerinin ve buna bağlı olarak yürütülecek afet planlama çalışmalarının sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için, öncelikle bölgelerin heyelan duyarlılığı ile heyelanları tetikleyen faktörlerin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda yürütülecek çalışmalara temel teşkil edebilmesi amacıyla heyelan duyarlılık haritalarına ve envanter haritalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Üç farklı türde heyelan envanter haritası bulunmaktadır: (i) Tetikleyici unsur ve tarih ayrımı yapılmaksızın tüm heyelanların gösterildiği jeomorfolojik heyelan envanter

haritaları, (ii) deprem, aşırı yağış veya kar erimesi gibi tetikleyici unsurlar sonucu meydana gelen heyelanların kaydedildiği heyelan olay envanter haritaları ve (iii) aynı bölgenin farklı zamanlarda çekilmiş hava fotoğraflarından üretilen çok zamanlı heyelan envanter haritaları (Guzetti vd., 2012).

Bu çalışmanın hem heyelan olay envanter haritalarına hem de çok zamanlı heyelan envanter haritalarına altlık teşkil etmesi hedeflenmektedir. Çalışma, İzmir İli Çiğli İlçesi'ne bağlı Harmandalı Mahallesi'nde meydana gelen heyelan ve buna bağlı olarak gelişen yüzey hareketlerinin gözlemlendiği bölgede yürütülmüştür. Heyelanın oluşum sürecinde, başlangıçta küçük çatlaklar şeklinde deformasyonlar tespit edilmiş ve süreç düzenli olarak izlenmeye başlanmıştır. 30 Ekim 2020 tarihinde Sisam Adası'nda meydana gelen Mw:6,9 büyüklüğündeki deprem, İzmir'de de etkili olmuş ve bölgede önceden gözlemlenen heyelanın oluşum süreci hız kazanmıştır. Yüzeyde meydana gelen hızlı ve büyük kütleli değişimler, bölgedeki bina ve yollar üzerinde ağır yapısal hasarlara neden olmuştur. Bu çalışmanın temel amacı, insansız hava aracı (İHA) kullanılarak gerçekleştirilen fotogrametrik uçuşlardan elde edilen Sayısal Arazi Modelleri (SAM) aracılığıyla bölgedeki yüzey değişimlerinin belirlenmesidir. Çalışma kapsamında deformasyon verileri, toplam 9 adet fotogrametrik uçuş ve 7 adet jeodezik ölçüm kullanılarak elde edilmiştir.

2. HEYELAN

2.1. Heyelan Oluşum Nedenleri

Heyelan, bir yamacın veya eğimli bir arazinin çeşitli faktörlerin etkisiyle tetiklenmesi sonucunda, zeminde bulunan toprak ve kayaç kütlelerinin aşağı yönlü kayarak hareket etmesidir (Okan, 2003).

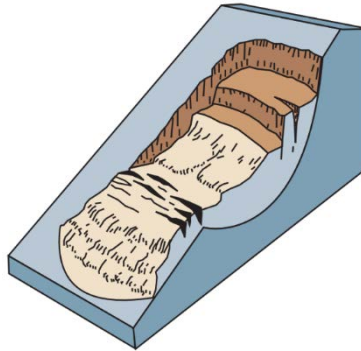
Heyelan nedenlerini sınıflandırmada, oluşuma etki eden faktörleri kaynağına göre jeolojik, morfolojik, hidrolojik ve insansal faktörler şeklinde 4 gruba ayırabiliriz. İnsansal faktörler inşaat, kazı, patlatma gibi yapay sebeplerden dolayı gerçekleşen, diğer gruplar ise tamamen doğal sebeplerden dolayı gerçekleşen faktörlerdir (Kayhan, 2021).

Bu faktörlere aşağıdaki gibi örnekler verilebilir;

1. Jeomorfolojik faktörler: Yamaç eğimi, toprak ve kayaç türleri, bitki örtüsü vb.
2. Jeolojik faktörler: Depremler, volkanik aktiviteler, litoloji vb.
3. Hidrolojik faktörler: Yoğun yağışlar, yer altı suyu, akarsu indeksleri vb.
4. İnsansal sebepler: Fazla sulama, plansız yapılaşma, kazı, patlatma vb. (Kayhan, 2021).

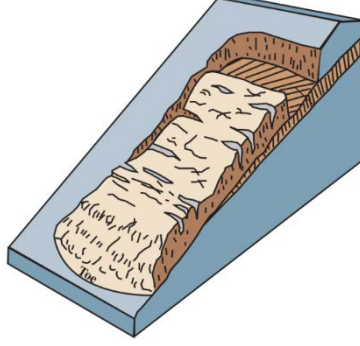
2.2. Heyelan Türleri

Açısal kayma: Kopma yüzeyi iç bükey olarak kavisli bir şekildedir (Şekil 1). Zemin yüzeyine paralel ve kayma hattı boyunca enine bir eksen etrafında gerçekleşir (Cruden, 2014).



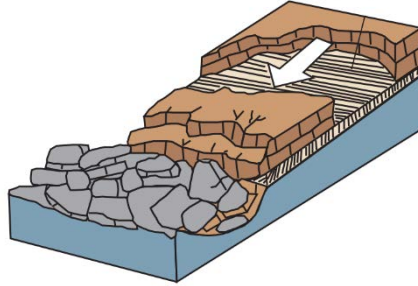
Şekil 1. Açısal kayma gösterimi (Cruden, 2014)

Düzlemsel kayma: Kopma yüzeyi düz ve kayma hattı boyunca bir düzlem üzerinde (Şekil 2) hareket eder (Cruden, 2014).



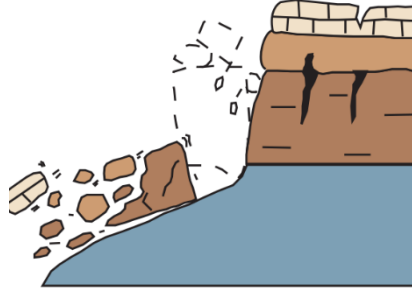
Şekil 2. Düzlemsel kayma gösterimi (Cruden, 2014)

Blok kayma: Hareketli kütle tek bir parçadan oluşur. Hareket eden kütle veya bu kütleyle ilişkili olan kütleler eğim aşağı büyüyerek hareket eder (Şekil 3) (Cruden, 2014).



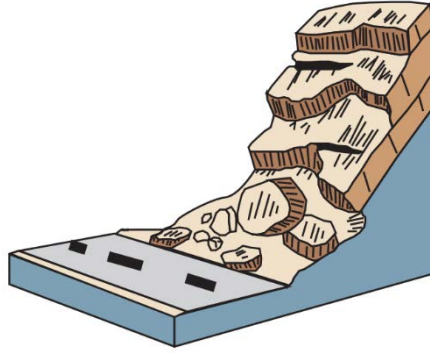
Şekil 3. Blok kayma gösterimi (Cruden, 2014)

Devrilme: Kütlelerin yerçekimi ve çatlaklar arasından sızan yüzey sularının etkisiyle ağırlık merkezi üzerinde ki bir noktadan (Şekil 4) veya eksen boyunca şevden düşmesidir (Cruden, 2014).



Şekil 4. Devrilme türünün gösterimi (Cruden, 2014)

Düşme: Toprak, kaya, büyük taş gibi kütlelerin dik yamaçlardan ani bir şekilde hareket etmesidir (Şekil 5). Hareket sıçrama, yuvarlanma ve serbest düşme şeklinde olur (Cruden, 2014).



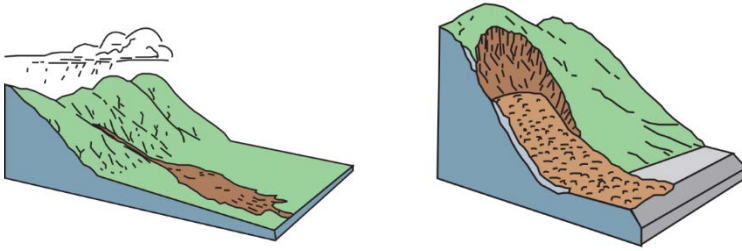
Şekil 5. Düşme türünün gösterimi (Cruden, 2014)

Toprak kayması: Yamaçta bulunan toprak kütlesi yoğun su emilimi sonrasında doymuş hale gelir ve sıvılaşır. Sıvılaşan kütle başlangıçta bir kâse şeklinde bir çukur oluşturur ve eğim yönünde akarak hareket eder (Şekil 6) (Cruden, 2014).



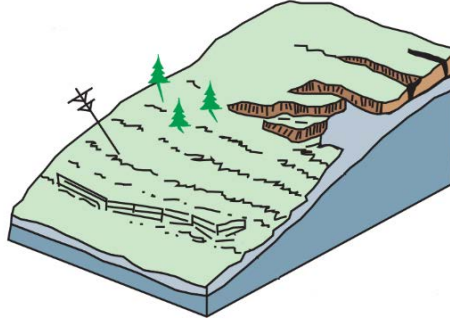
Şekil 6. Toprak kayması gösterimi (Cruden, 2014)

Akma: Şiddetli yağış ve hızlı kar erimesi, dik yamaçlarda gevşek toprak ve kaya erozyonunu tetikler. Doymuş olan yüzey vadi boyunca, vadi ağzlarında ise yelpaze şeklinde hareket eder (Şekil 7). Yamaçlardaki bitki örtüsünün az olması heyelan oluşum riskini artırır (Cruden, 2014).



Şekil 7. Akma türünün gösterimi (Cruden, 2014)

Sürünme: Yüzeydeki kütlenin algılanamayacak kadar yavaş bir şekilde, istikrarlı ve sürekli olarak hareket etmesidir (Şekil 8). Çatlak olmuş duvarlar, eğilmiş çitler, kıvrılmış ağaç gövdeler, eğik direkler gibi çevresel gözlemlerle belirlenebilir (Cruden, 2014).



Şekil 8. Sürünme türünün gösterimi (Cruden, 2014)

Yanal yayılma: Genellikle çok hafif eğimli yamaçlarda veya düz arazide meydana gelir. Hareketin temeli kayma veya gerileme kırıklarıdır. Kaya kütleli zeminin, yumuşak ve doymuş toprak olan temelinin hareket etmesiyle üzerinde bulunan kütlelerin çökme, kayma, dönme, parçalanma şeklinde hareket etmesi sonucu oluşur (Şekil 9). Çoğunlukla deprem sırasında yaşanan yer hareketiyle tetiklenir. Küçük bir alanda başlayıp hızla yayılır (Cruden, 2014).



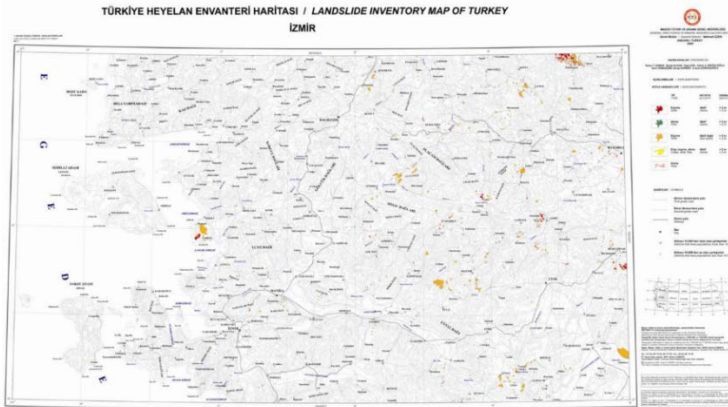
Şekil 9. Yanal yayılma türünün gösterimi (Cruden, 2014)

2.3. Heyelan Envanter Haritaları

Heyelan envanter haritaları, belirli bir bölgede meydana gelen heyelanların tespit edilerek sınıflandırıldığı ve kaydedildiği; heyelanların türleri, boyutları, frekansları, kaynakları, hareket tipleri, konumları ve tarihleri gibi çeşitli bilgileri içeren tematik haritalardır. Bu haritalar, kentsel

planlama, altyapı geliştirme, afet risk yönetimi ve doğal kaynakların korunması gibi birçok alanda kritik bir öneme sahiptir. Özellikle bir bölgedeki heyelan risklerinin belirlenmesi, afet risklerinin azaltılması ve önleyici tedbirlerin planlanması süreçlerinde temel veri kaynağı olarak kullanılmaktadır. Heyelan envanter haritaları, genellikle yerel ve ulusal düzeyde yetkili kurumlar, mühendisler, şehir plancıları ve araştırmacılar tarafından kullanılmaktadır. Envanter haritalarının üretiminde kullanılan yöntemler ise genel olarak altı ana grupta sınıflandırılmaktadır (Çömert, 2018).

- SYM analizi ve yorumlanması
- LİDAR (Light Detection and Ranging) verilerinin analizi
- Uydu görüntülerinin yorumlanması
- Saha ve jeomorfolojik verilerin analizi
- Arşiv haritaların yorumlanması
- Hava fotoğraflarının yorumlanması



Şekil 10. Türkiye Heyelan Envanteri Haritası İzmir-Ölçek 1/500 000 (MTA, 2009).

1997 yılında başlanan ve 2007 yılında tamamlanan, MTA Genel Müdürlüğü'nün yürütmüş olduğu “Türkiye Heyelan

Envanter Haritası Projesi” ülkemizde heyelandan kaynaklanan kayıpların azaltılmasına ve afet planlama çalışmalarına önemli bir altlık sağlamıştır (Şekil 10). Söz konusu projede farklı ölçeklerde envanter haritaları CBS ortamına aktarılmış ve tüm kullanıcılara açılmıştır (Çan vd., 2013).

3. JEODEZİK ÇALIŞMALAR

Doğal afetlere karşı alınacak önlemler ve afet planlama süreçlerinde izleme çalışmalarının önemi büyüktür. Bu bağlamda, heyelanların izlenmesinde en etkili yöntemlerden biri, yüzeyde meydana gelen değişimlerin düzenli olarak takip edilmesidir (Çınar, 2022; Özbulat, 2022). Yüzey deformasyonlarının tespitinde yaygın olarak kullanılan yöntemler dört ana grupta toplanabilir.

- GPS/GNSS sistemleri
- Lazer tarama sistemleri
- Uydu görüntüleme sistemleri
- İnsansız hava araçları (İHA)

Aktif heyelan bölgelerinde yüzey hareketlerinin izlenmesinde farklı yöntemlerin bir arada kullanılması, yapılan araştırmalarla daha etkin ve doğru sonuçlar elde edildiği gösterilmiştir. Ancak, yüzey hareketliliğinin yoğun olduğu alanlarda ulaşım zorlukları ve yüzey üzerinde yapılan çalışmaların (örneğin nokta tesisi gibi) güçleşmesi, geleneksel ölçüm yöntemlerinin uygulanabilirliğini azaltmaktadır. Bu nedenle, uzaktan algılama sistemleri aracılığıyla havadan gerçekleştirilen ölçümler, daha detaylı veri elde edilmesine olanak sağlamaktadır (Yılmaz vd., 2015). Elde edilen hava verilerinin geleneksel yöntemlerle doğrulaması ise yüzey

değişimlerinin hızlı ve güvenilir bir şekilde tespit edilmesine katkı sunmaktadır (Yılmaz ve Uysal, 2016; Zeybek, 2017).

3.1. İnsansız Hava Araçları (İHA)

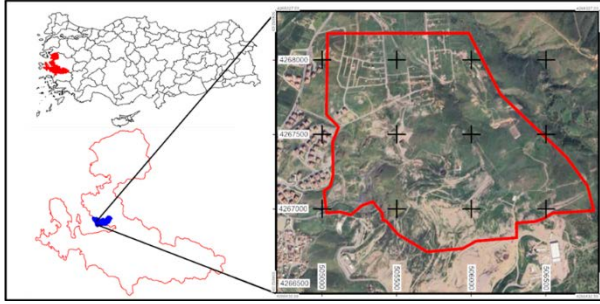
Fotogrametri, temel olarak, nesnelerle doğrudan temas kurmaksızın, bu nesnelere ilişkin bilgilerin elde edilmesi, ölçülmesi ve yorumlanması bilimi olarak tanımlanmaktadır (Schenk, 2005). Nesnelere ait fotoğraf verilerinin sabit bir konumdan yönlendirilmiş kameralar aracılığıyla elde edilmesine ise **yersel fotogrametri** adı verilmektedir. Yersel fotogrametri, özellikle yakınına erişilemeyen, büyük ya da küçük ölçekli, sabit ya da dinamik tüm objelerin biçim ve konum belirleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemle, fotoğraflardan yalnızca nesnelere ilişkin metrik bilgiler değil, aynı zamanda yüzey örtüsü ve çevresel yapı özellikleri gibi ek bilgiler de elde edilebilmektedir (Uysal vd., 2015 ; Yiğit ve Ulvi, 2020).

Belirli bir yüksekten; uçak, balon veya helikopter gibi hava araçları kullanılarak çekilen fotoğraflarla gerçekleştirilen ölçüm ve harita üretim tekniğine ise **hava fotogrametrisi** denilmektedir. Genellikle geniş alanların haritalanmasında tercih edilen bu yöntem, büyük ölçekli çalışmalar için yersel fotogrametriye kıyasla daha hızlı ve ekonomik bir çözüm sunmaktadır. Günümüzde hava fotogrametri çalışmalarında, hız, zaman ve maliyet açısından sağladıkları avantajlar nedeniyle, insanlı hava araçları yerine insansız hava araçlarının (İHA) kullanımı, özellikle sivil uygulamalarda, önemli ölçüde artış göstermiştir (Uysal vd., 2018 ; Zirek, 2018).

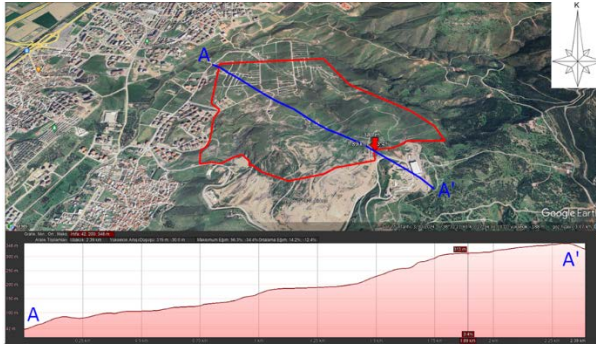
4. UYGULAMA ALANI

Uygulama için seçilen söz konusu heyelan bölgesi İzmir İli Çiğli İlçesi'ne bağlı Harmandalı Mahallesi Mevkii'nde, İzmir

Körfezi'nin kuzeyinde ve Çiğli İlçesi'nin kuzeydoğusunda bulunmaktadır (Şekil 11). Bölgede gerçekleştirilen çalışma alanı 1 816 411,67 m² (181 ha) alana sahip olup bölgedeki en düşük noktada ortometrik yükseklik 50 m iken en yüksek noktada ise 350 m yüksekliğe sahiptir. Maksimum eğim %59, ortalama eğim ise %14 olup eğim yönü kuzeybatı-güneydoğu yönünde artış göstermektedir (Şekil 12).



Şekil 11. Uygulama alanı



Şekil 12. Eğim yönünü gösterir kesit

4.1. Hazırlık Çalışmaları

Heyelan bölgesinde meydana gelen yüzey deformasyonlarının izlenmesi amacıyla yürütülen çalışmalarda, CORS-RTK yöntemi kullanılarak altı adet noktada jeodezik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ancak, tesis edilen bu noktaların bir kısmı zamanla hasar görerek kullanılamaz hale gelmiş ve yapılan

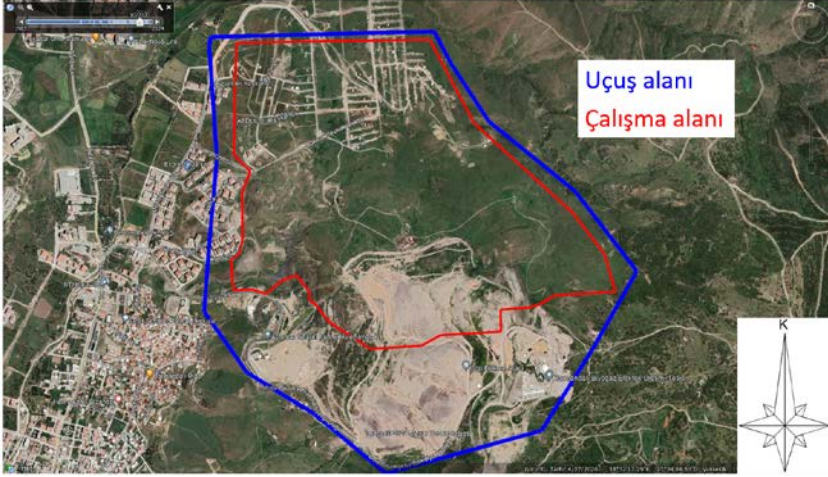
değerlendirmeler sonucunda bu noktaların heyelan bölgesini temsil etmediği kanaatine varılmıştır. Bu nedenle, bölgenin dinamik yapısına uygun yeni bir jeodezik ağı oluşturulmasına karar verilmiştir.

2021 yılında yapılan çalışmalara göre, söz konusu deformasyonun 528.258,77 m² (yaklaşık 52 hektar) büyüklüğünde bir alanı kapsadığı ve ilerleyen süreçte daha geniş bir alana yayılma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Bu durum, nokta bazlı yersel çalışmaların yanı sıra İnsansız Hava Araçları (İHA) kullanılarak fotogrametrik yöntemlerle alanın desteklenmesini gerekli kılmıştır. Ayrıca, İHA ile elde edilecek alansal deformasyon verilerinin GNSS ölçümleriyle karşılaştırılması planlanmıştır.

Deformasyon takibinin yapılacağı çalışma alanının belirlenmesi amacıyla, geçmiş yıllarda gerçekleştirilen fotogrametrik uçuşlar ve jeodezik çalışmalar dikkate alınarak saha araştırmaları yürütülmüştür. Yapılan arazi gözlemlerinde yüzeyde yeni çatlaklar ve kabarma hareketleri net bir şekilde tespit edilmiştir. İHA sistemlerinin geniş alanlarda hızlı veri toplama avantajından yararlanılarak, mevcut heyelanın etki alanı ile yeni gözlemlenen hareketli bölgeler ve olası ilerleme yönü birlikte değerlendirilmiş, bu doğrultuda 3.010.336,13 m² (yaklaşık 301 hektar) büyüklüğünde bir çalışma alanı belirlenmiştir.

Çalışma alanı içerisinde aktif olarak faaliyet gösteren bir atık depolama tesisi bulunmakta olup, bu bölgelerde sürekli yüzey değişimleri yaşanmaktadır. Bu nedenle, aktif depolama alanları tespit edilerek toplamda 1.193.924,46 m²'lik (yaklaşık 119 hektar) bir bölüm çalışma programı kapsamı dışında tutulmuştur. Ancak, atık depolama faaliyetlerinin heyelan üzerindeki etkisinin gelecekte yapılacak çalışmalarda değerlendirilmesi amacıyla bu alan uçuş planlamasından

tamamen çıkarılmamış, sadece analiz kapsamı dışında bırakılmıştır. Sonuç olarak, belirlenen 301 hektarlık uçuş alanı içerisinde 181 hektarlık bir bölümde yüzey değişimlerinin analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Uçuş ve çalışma alanını (Google Earth)

Alanın belirlenmesinin ardından bölge topografyası, hava durumu ve hava aracının uçuş özellikleri göz önünde bulundurularak uçuş planı hazırlanmıştır. Uçuş planı hazırlığında, İHA'nın havada kalma süresini uzatabilmek adına, uçuş yönü seçimi, hâkim rüzgâr yönü, topografik yapı vb. dikkate alınmıştır. Uçuş esnasında hava aracının rüzgârı yandan alması, stabil bir uçuş yapmasını zorlaştırmaktadır. Bu durum motorların daha fazla enerji kullanmasına sebep olmakta ve aracın havada kalma süresini kısaltmaktadır. Bu yüzden uçuş yönü, bölgede hâkim rüzgâr yönü olan kuzeydoğu-güneybatı istikametinde seçilmiştir. Uçuş yönü seçiminde bölgedeki topografik yapı da değerlendirilmiştir. Kuzeybatı-güneydoğu yönünde artan bir eğime sahip olan bölgede uçuş kolonlarının eşit eğimlerde olması, kolonlar arasındaki yükseklik farklarını minimuma indireceği için uçuş yönünün yine kuzeydoğu-güneybatı yönünde olması tercih edilmiştir (Şekil 14).



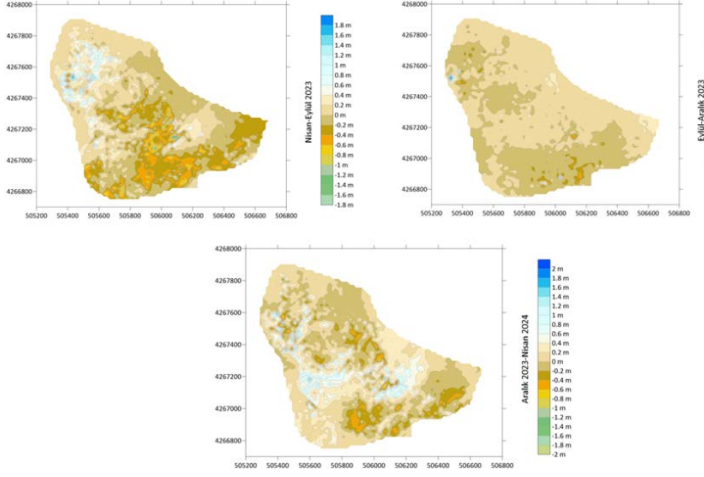
Şekil 17. Tesis edilen noktalarda GNSS ölçümleri

Bazı noktalar, deforme olmuş ve kaldırılmış yüksek gerilim hatlarının direk betonlarına çivi çakılarak tesis edilmiştir. Bazı noktalarda ise asfalta 70 cm uzunluğunda çivi çakılmıştır. Deformasyonun yoğun olarak gerçekleştiği bölgelerde, noktaların çevresinde beton, asfalt ve benzeri bir yapı bulunmadığından dolayı zemine 1,20 m uzunluğunda inşaat demiri çakılmıştır (Şekil 17). Nokta ölçümleri ile uçuşlar arasında zaman farkı olmaması için uçuş ile aynı günde ölçümler yapılmış ve CORS-RTK yöntemi kullanılmıştır.

4.2. Değişim Haritaları ve Yorumlar

Deformasyonların mevsimsel değişimlerini incelemek amacıyla, deformasyonun yoğun olduğu heyelan bölgesinde üretilen değişim haritaları yardımıyla yüzey hareketleri incelenmiştir. Şekil 18 incelendiğinde Nisan-Eylül 2023 dönemine ait yüzey değişimlerinde, heyelan bölgesinin güneyinde çökme, kuzeybatısında ise kabarma hareketlerinin yoğunlaştığı görülmektedir. Kabarmaların görüldüğü alanın kuzeybatı yönündeki uç bölgelerinde 1,8m'ye varan yükselmeler, çökmelerin görüldüğü alanın doğusunda ise 1,8 m'ye varan alçalmalar gözlemlenmiştir. Eylül-Aralık 2023 dönemine ait

değişim haritasında, çökme ve kabarma hareketlerinde durağanlık görülmüş, noktasal olarak 2m civarında, kuzeybatıda kabarma, güneyde ise çökme hareketleri gerçekleşmiştir. Aralık2023-Nisan2024 döneminde; bölge genelinde kabarma hareketlerinde ağırlıklı olarak alansal büyüme, çökme hareketlerinde ise ağırlıklı olarak miktarlarında artış görülmüştür.



Şekil 18. Nisan-Eylül 2023, Eylül-Aralık 2023 ve Aralık 2023-Nisan 2024 dönemlerine ait değişim haritaları

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, aktif bir heyelan bölgesinde İHA (İnsansız Hava Aracı) ve GNSS (Küresel Konumlandırma Sistemi) teknolojileri kullanılarak yüzey değişimlerinin izlenmesini amaçlanmıştır. Çalışma alanı, İzmir İli Çiğli İlçesi'ne bağlı Harmandalı Mahallesi Mevkii'nde, İzmir Körfezi'nin kuzeyinde ve Çiğli İlçesi'nin kuzeydoğusunda yer almaktadır. Zemin yapısının heyelana duyarlı olması nedeniyle risk taşıyan bu bölgede, 30 Ekim 2020 tarihinde Sisam Adası açıklarında meydana gelen ve İzmir'de de etkileri hissedilen Mw 6.9 büyüklüğündeki deprem, heyelan hareketlerini tetiklemiş ve yüzey değişimlerini hızlandırmıştır. Deprem öncesi ve sonrasında

çeşitli yersel ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, deformasyonun yüksek olması nedeniyle bu çalışmaların sürekliliği sağlanamamıştır.

Geçmiş çalışmaların bulguları doğrultusunda, bölgedeki yüzey değişimlerinin 528.258,77 m²'lik (52 hektar) geniş bir alanı kapsadığı ve daha büyük alanları etkisi altına alma potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, yalnızca nokta bazlı yersel çalışmalarla yetinilmemesi ve sürecin fotogrametrik yöntemlerle desteklenmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu bağlamda, GNSS sistemine ek olarak, İHA sistemlerinin geniş alanlarda hızlı ve yüksek doğrulukta yüzey modeli üretebilme kapasitesi nedeniyle çalışmada kullanımına karar verilmiştir. Çalışma kapsamında, İHA sistemleri kullanılarak elde edilen üç boyutlu yüzey modelleri analiz edilmiş ve düşey yönde (yükselme ve alçalma) meydana gelen deformasyonların alansal büyüklükleri belirlenmiştir. Ayrıca, GNSS ölçümleriyle elde edilen veriler doğrultusunda yatay yönde (x ve y eksenleri) gerçekleşen deformasyonlar analiz edilmiş; deformasyonun yönü ve hızı hakkında nicel bilgiler elde edilmiştir.

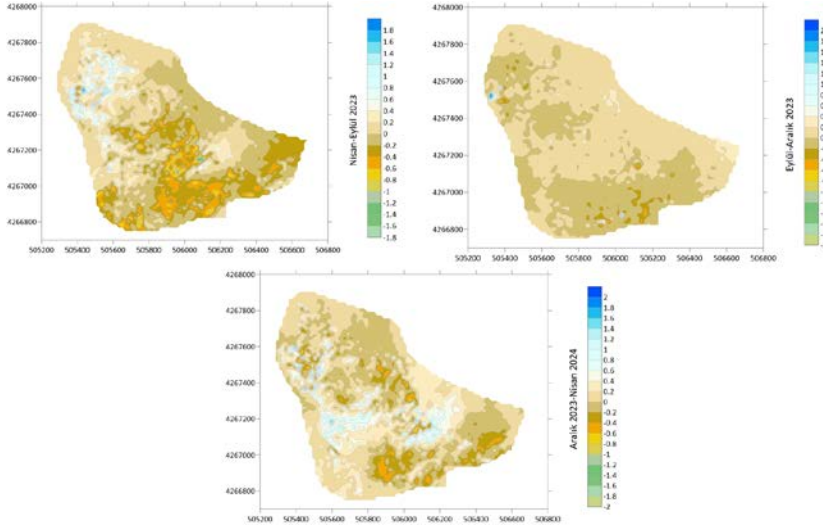
İlk aşamada, heyelan etkisinin gözlemlendiği ve büyüme potansiyeli taşıdığı belirlenen bölgeler dikkate alınarak 301 hektarlık bir çalışma alanı sınırlandırılmıştır. Çalışma alanı içerisinde yer alan ve aktif olarak faaliyet gösteren atık depolama tesisinin varlığı nedeniyle, bu tesis alanı çalışma kapsamı dışında tutulmuş ve yalnızca heyelan aktivitesinin izlenmesine odaklanılmıştır. Ancak, gelecekte depolama sahasının heyelan üzerindeki etkisinin ya da heyelanın depolama sahasına olan etkisinin araştırılabileceği muhtemel çalışmalara altyapı oluşturmak amacıyla, depolama alanı uçuş kapsamı dışında bırakılmamış ve veri toplanmaya devam edilmiştir. Bu doğrultuda, toplam 301 hektarlık uçuş alanı içerisinde, 181 hektarlık bir çalışma alanı belirlenmiştir. Uçuş periyotlarının, veri yoğunluğu ve işleme süreleri göz önünde bulundurularak aylık

olarak gerçekleştirilmesi uygun bulunmuştur. Ayrıca, uçuşlar ile GNSS ölçümleri arasında zaman farkı oluşmaması amacıyla her iki ölçümün aynı gün içerisinde yapılması planlanmıştır.

Hazırlanan plan doğrultusunda uçuş planlaması gerçekleştirilmiş ve çalışma hassasiyetinin artırılması amacıyla uçuş alanına toplam 20 adet Yer Kontrol Noktası (YKN), GNSS ölçümleri için ise 24 adet GNSS ölçüm noktası tesis edilmiştir. Tüm ölçümlerde CORS-RTK sistemi kullanılmıştır. Yapılan İHA uçuşları sonrasında elde edilen görüntüler, 3D Survey yazılımı kullanılarak değerlendirilmiş ve dengeleme işlemi uygulanmıştır. Dengeleme işleminin ardından ortofoto ve Sayısal Yüzey Modeli (SYM) üretilmiş, sonrasında Global Mapper yazılımı kullanılarak Sayısal Arazi Modeli (SAM) oluşturulmuştur. Elde edilen SAM verileri üzerinden 2 metrelik nokta aralığında yükseklik gridleri oluşturulmuş ve bu gridler, Golden Software Surfer yazılımı kullanılarak değerlendirilerek eğri yüzeyler (kontur haritaları) üretilmiştir. Her bir uçuş periyoduna ait oluşturulan eğri yüzeyler kullanılarak deformasyon ve değişim haritaları hazırlanmıştır. Heyelan bölgesinde 12 aylık periyot boyunca meydana gelen düşey yönlü hareketlerin alansal analizi deformasyon haritaları ile, mevsimsel değişimlerin incelenmesi ise değişim haritaları ile gerçekleştirilmiştir.

Mevsimsel deformasyonların analizine yönelik olarak, yüzey değişimlerinin yoğun şekilde gözlemlendiği heyelan bölgesinde üretilen değişim haritaları incelenmiştir. Şekil 19 da görüldüğü üzere, Eylül–Aralık 2023 döneminde deformasyon miktarlarının en düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Yağış miktarına, sulama faaliyetlerine ve sıcaklık değerlerine bağlı olarak yer altı su seviyelerinde meydana gelen değişimlerin en yüksek olduğu dönemler olan Nisan–Eylül 2023 ile Aralık 2023–Nisan 2024 arasında yüzey değişimlerinde artış gözlemlenmiştir. Değişim haritaları, yüzey deformasyonlarının periyodik özellikleri hakkında bilgi sağlamış olmakla birlikte, ölçümlerin

mevsimsel dönemlerin tam olarak başlangıç ve bitiş zamanlarına denk gelmemesi nedeniyle mevsimsel döngülerle doğrudan ilişkilendirilememiştir. Bu süreçte deformasyonların homojen bir dağılım göstermemesi, temel sınırlayıcı faktör olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, yer altı su seviyelerinin yoğun heyelan aktiviteleri nedeniyle doğrudan ölçülememesi de bu ilişkinin kurulamamasında bir diğer önemli etken olarak öne çıkmıştır.



Şekil 19. Periyotlar arasında 3 ayı döneme ait değişim haritaları

GNSS ölçüm noktalarından elde edilen deformasyon sonuçları ile İHA kullanılarak üretilen deformasyon haritaları karşılaştırılmıştır. Genel olarak, yatay yöndeki deformasyonların her iki veri setinde de benzerlik gösterdiği, ancak düşey yönde (yükselme ve alçalma) meydana gelen deformasyon büyüklüklerinde farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Bu farkların kabul edilebilir doğruluk sınırları içerisinde olmadığı tespit edilmiştir. Farklılıkların temel nedenleri arasında bölgedeki deformasyonun homojen olmaması, uçuş dönemleri arasındaki mevsimsel değişiklikler ve bitki örtüsündeki farklılıkların Sayısal Arazi Modeli (SAM) yüzeylerini etkilemesi yer almaktadır.

Benzer bir uygulama GNSS ölçüm verileri için de gerçekleştirilmiştir. Periyotlar arasındaki deformasyon farkları hesaplanmış ve deformasyon grafikleri oluşturulmuştur. Yapılan analiz sonucunda, yatay ve düşey farkların 14 ölçüm noktasında ± 10 cm, iki ölçüm noktasında ise ± 15 cm aralığında olduğu belirlenmiştir. Değişim miktarlarının diğer noktalara kıyasla minimum düzeyde olduğu bu noktalar analiz dışı bırakılmıştır. Ayrıca, 13 ve 17 numaralı ölçüm noktalarında ölçümler tamamlanamadığı için bu noktalar da analizlere dâhil edilmemiştir. Değerlendirme çalışmaları, yatay ve düşey yöndeki değişimlerin maksimum olduğu 7, 9, 10, 11, 12 ve 26 numaralı ölçüm noktaları kullanılarak yürütülmüştür. Değerlendirme sürecinde, öncelikle ilgili noktaların vektör büyüklükleri ve yönleri hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, 9 numaralı noktanın 3.39 m kuzeybatıya, 10 numaralı noktanın 3.47 m kuzeybatıya, 11 numaralı noktanın 3.41 m kuzeybatıya, 12 numaralı noktanın 3.70 m kuzeybatıya, 26 numaralı noktanın 4.01 m kuzeybatıya ve 7 numaralı noktanın 1.01 m güneybatı/batı yönüne hareket ettiği tespit edilmiştir.

Nisan 2023–Nisan 2024 dönemine ait deformasyon haritası ile vektör yön ve büyüklükleri karşılaştırıldığında, düşey yönde gerçekleşen hareketlerin alansal büyüme yönleri ile yatay vektör yönlerinin benzer hareket desenleri sergilediği belirlenmiştir. Düşey yönlü hareketlerin, genel olarak çökmelerin meydana geldiği bölgelerden eğim doğrultusunda yayılarak kabarma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 20).

2023 yılı Nisan ayı ile 2024 yılı Nisan ayı arasındaki 365 günlük periyoda ait farklar ve jeodezik ölçüm sonuçlarından elde edilen vektör büyüklükleri kullanılarak deformasyon hızları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, bölge genelinde ortalama 9,8 mm/gün hızla kuzeybatı yönünde bir hareketin

Çalışma kapsamında, yüzey değişimlerinin izlenmesine yönelik olarak üretilen deformasyon haritaları, düşey yöndeki alansal büyümenin tespit edilmesini mümkün kılmıştır. İHA kullanımı, daha geniş alanlarda harita üretimini sağlayarak meydana gelen deformasyonların yönlerini belirleme imkânı sunmuştur. Yatay yönde gerçekleşen yüzey hareketlerinin tespiti ise GNSS ölçümleri aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. GNSS ölçümlerinden elde edilen hareket yönleri ile deformasyon haritalarından elde edilen alansal büyüme yönleri arasındaki uyum, her iki sistemin entegre biçimde etkin bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuştur (Tan, 2024).

Uygulama süresi boyunca karşılaşılan zorluklar değerlendirildiğinde, periyotlar arasında yaşanan mevsim geçişlerinin bitki örtüsünde değişimlere yol açtığı belirlenmiştir. Bu değişimler, değerlendirme aşamasında ilave veri işleme süreçlerini gerekli kılmıştır. Bu nedenle, bitki örtüsünün yoğun olduğu bölgelerde LiDAR sistemlerinin kullanılması, veri işleme sürecini kolaylaştıracak ve doğruluğu artıracaktır. Ayrıca, heyelan aktivitesinin yüksek olduğu alanlarda ulaşım ve güvenlik sorunlarını minimize etmek amacıyla, GNSS ölçümleri kapsamında CORS-RTK yöntemi yerine sabit çevrimiçi RTK sistemlerinin tercih edilmesi, hem çalışma hızını ve güvenliğini hem de ölçüm hassasiyetini artıracaktır.

KAYNAKÇA

- AFAD. (2024). *Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü*.
<https://afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu> adresinden alınmıştır.
- Cruden, D. M. (2014). *Landslide Types and Processes*. Researchgate.
- Cömert, R. (2018). İnsansız Hava Aracı Verilerinden Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yaklaşımı İle Sığ Heyelanların Tespiti. *Doktora Tezi*. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çan, T., Duman, T., Olgun, Ş., Çörekçioğlu, Ş., Karakaya Gülmez, F., Elmacı, H., Hamzçebi, S., Emre, Ö. (2013). Türkiye Heyelan Veri Tabanı. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi.
- Çınar, F., Tiryakioğlu, İ., (2022). Deprem Sonrası Kadastral Noktaların Koordinatlarının Güncellenmesi 20 07 2017 Bodrum Kos Depremi Örneği,” Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:22, No:3, Afyonkarahisar
- Guzetti, F., Mondini, A. C., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M., Chang, K.-T. (2012). Landslide inventory maps: New tools for an old problem. *Earth-Science Reviews* (s. 42-66).
- Kayhan, H. (2021). İzmir Metropolitan Alanının Heyelan Hassasiyet Haritalaması. *Yüksek Lisans Tezi*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- MTA. (2009). Basılı Heyelan Haritaları. [mta.gov.tr: https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/heyelancd](https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/heyelancd) adresinden alındı

- Okan, N. (2003). Heyelan Geliyorum Der. Mavi Gezegen (s. 14-17). Hacettepe Üniversitesi.
- Özbulat, Ö., Yaşar, Ş. Ş., Tiryakioğlu, İ. (2022), Hassas Nokta Konumlama Yönteminde GNSS Ölçü Süresi-Konum Doğruluğu İlişkisinin Araştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:22, No:4, Afyonkarahisar.
- Schenk, T. (2005). Introduction to Photogrammetry. Autumn Quarter.
- Şahin, E. Ş. (2017). Özellik Seçimi Algoritmaları Kullanılarak Heyelanda Etkili Faktörlerin Belirlenmesi Ve Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesi. *Doktora Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tan, A., (2024), İnsansız Hava Araçları İle Yüzey Değişiminin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Uysal, M., Polat, N. & Toprak, A.S. (2015), DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill, *Measurement*, 73, 539-543.
- Uysal, M., Yılmaz, M., Tiryakioğlu, İ. & Polat, N. (2018), İnsansız Hava Araçlarının Afet Yönetiminde Kullanımı, *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B- Teorik Bilimler*, 6 (Özel Sayı), 219-224.
- Yiğit, A. Y., & Ulvi, A. (2020). İHA Fotogrametrisi Tekniği Kullanarak 3B Model Oluşturma: Yakutiye Medresesi Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 46-54.
- Yılmaz, M., Uysal, M., & Yılmaz, İ. (2015). Hava LiDAR Nokta Bulutundan Sayısal Yükseklik Modeli Üretiminde Veri Seyrekleştirme Algoritmalarının Karşılaştırılması. 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. Ankara: TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası.

- Yılmaz, M. & Uysal, M (2016). Comparison of data reduction algorithms for LiDAR-derived digital terrain model generalisation, *Area*, 48 (4), 521-532.
- Zeybek, M. (2017, Eylül). Yüksek Çözünürlüklü Topoğrafik Veriler Yardımıyla Heyelanların İzlenmesi. *Doktora Tezi*. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zirek, İ. (2018, Haziran). İHA Destekli Heyelan Aktivitesi İzleme: Uygulamalar ve Açık Konular . *Yüksek Lisans Tezi*. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

KİTAB-I BAHİRİYE'DE GELGİT OLGUSU: CERBE ADASI

Mustafa YILMAZ¹

1. GİRİŞ

Portolan haritalar, panoramik model, rölyef çizim, atlas vb. biçimlerdeki tarihi kartografik ürünler, içerdikleri kültürel, eğitsel, bilimsel, sosyal ve coğrafi bilgilerle, tarihi belge olmalarının ötesinde, kültürel mirasın kanıtları olarak hizmet verirler. Yer isimleri, idari sınırlar, sosyal, kültürel ve coğrafi özellikler gibi başka kaynaklarda bulunmayan zengin bilgilere sahip tarihi kartografik ürünler pek çok disiplin tarafından veri kaynağı olarak kullanılmaktadır. Modern kaynaklar ile karşılaştırıldığında, tarihsel kartografya, beşerî ve çevresel kaynaklı değişimlerin mekânsal ve zamansal ölçeğini tespit etmekte önemli bir yarar sağlamaktadır (Yılmaz vd., 2010; Yılmaz, 2013; Yılmaz, 2016).

Bu çalışmada, meşhur bir Osmanlı gemi kaptanı, kartograf ve haritacısı olan Piri Reis (1465-1553) tarafından telif edilen, bir denizcilik atlası olan, Gelibolu Yarımadası'ndan başlayarak tüm Akdeniz kıyıları ve adaları (Anadolu kıyıları, Ege adaları, Mora Yarımadası, Adriyatik kıyıları, İtalya'nın batı kıyıları, Güney Fransa, İspanya, Kuzey Afrika, Doğu Akdeniz, Batı Anadolu, Girit'in kuzeyindeki adalar, Marmara Denizi ve Boğazlar) ile ilgili çok sayıda harita ve metin içeren, Akdeniz coğrafyasını tüm yönleriyle anlatan *Kitab-ı Bahriye* ele alınmaktadır (Sezgin, 2013; Yılmaz, 2010; Yılmaz ve Güllü, 2012; Yılmaz, 2015).

¹ Prof. Dr. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, mylz1907@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4192-3226.

Kitab-ı Bahriye'de denizcilerin günlük pratiklerinde karşılaştıkları sorunları açıklamak ve çözmek amacıyla aktarılan doğa olaylarının en önemlilerinden biri olan gelgit (med-cezir) olgusu çalışma konusu olarak seçilmiştir. Gelgit olgusu hakkında, *Kitab-ı Bahriye*'nin nazım bölümünde yer alan genel bilgiler ve nesir bölümünde yer alan Mağrip (Kuzey Afrika) kıyısının en büyük adası olan (Tunus'a bağlı) Cerbe adası faslındaki özel bilgiler derlenerek elde edilen tarihi kayıtlar, gelgit hakkındaki güncel ve modern yaklaşımlar ile bağlantılı olarak sunulmaktadır. Çalışma kapsamında, Türkiye Tarih Araştırma Vakfı tarafından, Ayasofya Kütüphanesi'ndeki orijinal yazma nüshadan (Ayasofya 2612 numaralı yazma) yararlanılarak yayımlanan dört ciltlik tıpkıbasım (orijinal metin-Osmanlı Türkçesi transkripsiyonu-Türkçe ve İngilizce çevirileri) kullanılmıştır.

2. KİTAB-I BAHİRİYE

Kitab-ı Bahriye; denizcilik, haritacılık ve coğrafi bilimler bakımından çok önemli bir başvuru kaynağıdır. İlk versiyonu 1521 yılında tamamlanan *Kitab-ı Bahriye*'nin 1525'te tamamlanan ikinci ve geniş versiyonu dönemin Osmanlı padişahı Kanuni Sultan Süleyman'a hediye edilmiştir. *Kitab-ı Bahriye*, denizcilik teknikleri, haritaların nasıl okunacağı, pusula kullanımı, rüzgârların yapısı, denizlerdeki akıntılar, doğa olayları hakkında detaylı bilgiler sunmakta ve Akdeniz'in tüm kıyı, ada ve limanlarını tarif etmektedir. 16. yüzyıl ve sonraki dönemin denizcilerine seyir defteri, harita koleksiyonu ve kılavuz olarak hizmet etmekte olan *Kitab-ı Bahriye*, başlangıç, nazım, nesir ve bitiş bölümleri olarak düzenlenmiştir (Sezgin, 2013; Yılmaz, 2012; Yılmaz vd., 2017).

Başlangıç bölümünde, Peygamberimiz Hazreti Muhammed'e şükran ve övgüler dile getirilmekte, Piri Reis'in

aile geçmişi hakkında malumat verilmekte ve dönemin padişahı Kanuni Sultan Süleyman’a övgü ve dua edilmektedir.

Nazım bölümü, 1024 dizeden oluşmakta ve kendi içerisinde “*fasıl*” adı verilen 50 kısma ayrılmaktadır. Her bir fasılda şiir biçiminde farklı konular ele alınmaktadır.

Nesir bölümü, ilgili bölümün neden yazıldığını açıklayan bir giriş ile başlamakta ve 207 ayrı fasıldan oluşmaktadır. 226 harita ile birlikte dünyada ilk defa harita üzerinde ve yanlarında, haritası yapılan bölgenin coğrafi veri ve açıklamaları bu bölümde bulunmaktadır.

Bitiş bölümü, eserin telif edilmesindeki tarihi sürece ilişkin 86 dizelik tek fasıldan oluşmaktadır (Goodrich, 2004; Ülkekul, 2004; Lepore vd., 2013; Yılmaz ve Yılmaz, 2015).

Kitab-ı Bahriye; Akdeniz’in tüm kıyı, ada, geçit, boğaz ve körfezleri hakkında malumat, fırtınalı durumlarda nereye sığınılacağı, limanlara yaklaşım ve giriş yönleri, gelgit oluşumları hakkında talimatlar ve limanlar arasında seyir rotaları vermesi bakımından sadece Osmanlı denizcileri için değil, dünya denizcilik tarihi için de önemli bir rehber kaynak olmuştur. Piri Reis’in harita-kılavuz biçimindeki bu eseri, denizcilik, tarih ve coğrafya alanında eşsiz bir bilgi kaynağı olarak kabul edilmektedir (Yılmaz vd., 2010; Sezgin, 2013).

3. İSLAM TARİHİNDE GELGİT OLGUSU

Denizcilik tarihinin vazgeçilmez bir doğa olayı olan gelgitler, insanoğlu tarafından tarih boyunca ilgiyle karşılanmış, merak uyandırmış ve farklı açıklamalar ile anlamlandırılmaya çalışılmıştır. “*Her bir ay gününde Ay’ın ve Güneş’in göreceli konumlarındaki değişimler sonucu kütle çekimlerinde meydana gelen farklılıklar nedeniyle deniz seviyesindeki yükselme ve alçalmalar*” şeklinde tanımlanan gelgit olayı;

Günlük gelgit; günde bir yükselme ve bir alçalma,

Yarı-günlük gelgit; günde iki yükselme ve iki alçalma,

Karışık gelgit; günde bütünleşik şekilde oluşan iki yükselme ve iki alçalma,

şeklinde meydana gelmektedir (Çırpan, 2020).

Antik çağlardan itibaren filozofların ve bilim insanlarının ilgisini çeken, Mezopotamya, Antik Yunan ve Hint uygarlıklarında gözlemlenen ve açıklanmaya çalışılan gelgit olgusu, İslamiyet'in akli ilimlere verdiği önem uyarınca Müslüman bilim adamlarınca da incelenmiş ve İslam tarihinde araştırma konusu olarak kendine yer bulmuştur.

Ebu Ma'sher el-Belhi (787-886) tarafından telif edilen “*El-Medhatü'l-kebir ila ilmi ahkami'n-nücum* (Astroloji ilmi hakkında büyük methiye)” adlı eser; astrolojinin filozofik ve tarihi gerekçesi, sabit yıldızlarla burçların sayıları ve özellikleri, yedi gezegenin ve bilhassa güneşle ayın yeryüzüne olan etkileri, gezegenlerin astrolojik karakterleri ve burçlarla gökyüzünün diğer kısımlarına olan tesirleri, burçların birbirleriyle ve insanlarla olan ilişkileri, burçlarla iklimler arasındaki münasebet, gezegenlerin güçleri ve aralarındaki bağıntılar, astrolojiyle ilgili temel tarihi bilgiler olarak, sekiz bölüm halinde düzenlenmiştir. Eserde yer alan astrolojinin ana hatlarının gelgit olayının bir açıklamasını içerdiği ve Orta çağ Avrupası'nın denizlerin alçalıp yükselmesi kanunlarını bu eserden öğrendiği kabul edilmektedir (Dizer, 1994). Batı dünyasında “*Albumasar*” olarak bilinen Ebu Ma'sher, gelgitlerle ilişkili üç tür döngüden (yarı günlük, iki haftalık ve yarı yıllık) bahsetmekte ve gelgitlerin denizin kendisinden değil, dışsal etkilere kaynaklandığını, deniz kütlelerinin yükselip alçalmasından Ay'ın, kendine özgü etkisi olduğunu, Güneş'in de benzer, ama daha zayıf bir etkisi olduğunu varsaymaktadır (Cartwright, 2001; Deparis vd., 2013).

Ebu Reyhan Muhammed bin Ahmed el-Birûnî (973-1048), gelgit olgusunu mantık çerçevesinde ele alan ilk düşünürlerden biri olup gelgitlerin, Güneş'in ve Ay'ın çekim gücü tarafından üretildiğini gözlemlemiştir. Ay'ın çekim gücünün, Dünya'ya daha yakın olduğu için Güneş'ten çok daha büyük olduğunu vurgulamaktadır (Panikkar ve Srinivasan, 1975). Batı dünyasında “*Alberuni*” olarak bilinen Biruni, nehirlerin akış yönündeki değişiklikleri evrensel bir olgu olarak kabul ederek Güneş'in gelgitler üzerindeki etkisini fark etmiş ve gök cisimlerinin gelgitler üzerinde kütleçekimsel bir etki oluşturduğunu öne sürmüştür (Siddiqi, 2008). Biruni tarafından telif edilen “*el-Âşârü'l-bâkıye 'ani'l-ķurûni'l-hâliye* (Geçmiş yüzyıllardan kalanlar)” adlı eserde Ay'ın ve Güneş'in hareketlerinin yer yüzündeki sular üstünde belirli hareketler ürettiğini, Güneş'in yakın olduğu zamanlarda uzak olduğundan daha belirgin bir çekim oluşturduğunu, Dünya ile Güneş arasındaki mesafenin artmasının çekim etkisini zayıflattığını sonuç olarak su seviyesinde çok az değişiklik meydana geldiğini ifade etmektedir. Biruni, “*Tahdîdü nihâyâtî'l-emâkin li-taşhîhi mesâfâtî'l-mesâkin* (Yerlerin sınırlarını belirlemek ve şehirler arasındaki mesafeleri düzeltmek üzerine)” adlı eserinde, denizlerde oluşan en büyük gelgitin Ay'ın hareketleri ile birlikte ortaya çıktığını açıklamaktadır (Karabulut, 2022).

Gelgitleri açıklamaya yönelik ilk bilimsel girişim, Ebu Yahya Zekeriyâ bin Muhammed el-Kazvînî (1203-1283) tarafından gerçekleştirilmiştir (Çırpan, 2020). Batı dünyasında “*Müslümanların Pilinus'u*” olarak tanınan Kazvini, “*Acaibu'l-Mahlukat ve Garaibu'l-Mevcudat* (Tuhaf yaratıklar ve acayip varlıklar)” adlı eserinde “*Suların yükselmesine gelince; Güneş onlara etki ettiğinde onları seyrelttiği ve bunun sonucunda genişleyip önceden bulundukları yerden daha geniş bir alana yayılmak istedikleri, bir kısmının diğerini doğuya, batıya, güneye, kuzeye ve yukarıya olmak üzere beş yönde ittiği*

varsayılmaktadır.” açıklaması ile gelgit olayındaki yükselmenin Güneş ve Ay'ın suları ısıtmasıyla oluştuğunu ve bu ısınmanın suyu genişleterek yükselttiğini iddia eder (Darwin, 1898; Ekman, 1993).

Gelgit olgusunun İslam tarihinde araştırma konusu olarak yer bulmasının en önemli sebeplerinden biri de Müslümanlığın deniz aşırı coğrafyalara tebliğ edilebilmesi bakımından gerekli olan denizcilik ilim ve mesleğindeki önemidir. Gelgit bilgisi, sadece güvenli seyir için değil, askeri, ticari ve keşif amaçlı seferlerde de belirleyici olmuştur. Tarihsel bağlamda denizciler için gelgit; limanlara giriş-çıkış zamanlaması, askerî strateji ve baskınlar, deniz haritaları ve navigasyonu, karaya oturma vb. tehlikelerden kaçınma, ticaretin zamanlaması ve coğrafi keşiflerdeki rolü bakımından başlıca öneme sahiptir.

Ahmed bin Mecid (1432-1500), denizcilik biliminde eser veren modern yazarların ilki olarak tanımlanmaktadır (Ahmad, 1999). Batı dünyasında “*Arap Amiral*” olarak tanınan İbn Macid, seyir öncesinde gemi kaptanlarının bilmesi gereken temel bilgiler arasında gelgit hareketlerini de belirtmektedir (Ahmad, 2008). İbn Macid tarafından telif edilen “*Kitāb al-Fawā'id fī Uşūl 'Ilm al-Baħr wa'l-Qawā'id* (Denizcilik biliminin ilkeleri ve temellerine üzerine faydalar kitabı)” adlı eserde, denizciliğin pratik ilkeleri arasında gelgit olgusuna yer verilmektedir (Tibbetts, 1971; Glick, 2005). Ayrıca söz konusu denizcilik ansiklopedisinde, Hint okyanusu, Basra körfezi ve Kızıldeniz gibi gelgit farkının büyük olduğu bölgeler için gelgitin seyir rotalarını nasıl etkilediği, sığlık ve mercan kayalıklarından nasıl kaçınılacağı, gündüz ve gece gelgit farkları konuları da açıklanmaktadır (Tibbetts, 1971).

4. KİTAB-I BAHİRİYE'DE GELGİT OLGUSU

Kitab-ı Bahriye; yapısal olarak iki temel bölüm şeklinde incelenebilir. “*Bilgiler*” olarak adlandırılabilcek birinci temel bölümde, fırtınalar ve türleri, pusula ve kullanım teknikleri, yıldızları kullanarak yön bulma yöntemleri, okyanuslar ve onların etrafındaki kara parçalarının özellikleri hakkında coğrafi bilgiler verilmektedir. Ayrıca Ümit burnu, Ekvator çizgisi, Nil nehri ve kaynağı, Dünya haritası olarak kullanılan küreler, burçlar, kutuplar, enlem ve boylam kavramları hakkında da açıklamalar içermektedir (Soucek, 1992; Soucek, 2013; Yılmaz, 2015; Yılmaz, 2016; Yılmaz ve Yılmaz, 2017).

Piri Reis, *Kitab-ı Bahriye*'de doğrudan gelgit ifadesini kullanmasa da “*su kabarması*”, “*su çekilmesi*” ya da “*suların taşması*” gibi terimlerle tanımladığı, limanların su seviyesindeki düzenli değişimler, rüzgârla birlikte denizin yükselip alçalması ve akıntı yönlerinin değişmesi gibi betimlemeler ile gelgit olgusuna işaret etmektedir. Gelgit fenomenini Ay'ın evreleriyle ilişkilendirerek yerel bilgi ve uzun dönemli gözlemlere dayanan gerçekçi anlatımlar sunmaktadır.

Gelgit olgusunun denizcilikteki önemi, gelgitin günlük oluşumu, gelgit nedeniyle oluşan akıntılar, Ay'ın gelgit etkisi, ay takvimi ve gelgitin etkili olduğu kıyı ve limanlar ile ilgili bilgiler *Kitab-ı Bahriye*'de aşağıdaki beyitler ile açıklanmaktadır:

“Ey okuyucu bir limana vardığımda / Onu dikkatle seyrederdim

Yatağını suyunu bütün şekillerini / Akdeniz'in bütün ayrıntılı durumunu

Adaların neresinde geçit bulunduğunu / Derin mi sığ mı yoksa dar mı geniş mi olduğunu

Bunların her birini eksiksiz olarak yazardım / Yazmamın sebebi şu idi

Çünkü bu bilgiler harita ilmi ile olmaz / Açıklanmalıdır bunlar pergele gelmez

Ey dost, bu topladıklarımın önce birisini gör ki / Bu sığlık yerlerin durumlarını açıklamaktadır

Bu sığlar bazen çekilir bazen çoğalır / Bunun hikmeti nedir niçin gider ve gelir

(Sığ suları tanınmanın denizcilik için önemi ifade edilmektedir.)

Aslı deniz iken birden bataklık olur / Su çekilir altı saat sanma kalır

Altı saat sonra geri gelir / Gerçi bunu gören hemen anlamıştır

İster kış ister yaz bir gün bir gecede / Sular dört defa gelir ve gider

(Günde iki yükselme ve iki alçalmadan oluşan yarı-günlük gelgit ifade edilmektedir. Şekil-1.)

Deniz kabarmış ise sular çok gelir / Eğer durgunlaşmış ise az gelir

(Gelgit nedeniyle akıntıların oluştuğu ifade edilmektedir.)

Böylece bu sırrın kaynağı ay olup / Gücü yettiğinde hizmet eder sığ onu izler

Ay büyürken sular çoğalır / Ay küçülürken de sular çekilir

Ay dolunay olduğu zaman sular çoğalır / Ancak durgunlaşır öylece kalır

(Gelgit olgusunun Ay nedeniyle meydana geldiği ifade edilmektedir. Şekil-2.)

Hayret ettiğim budur dinle / Merkezde çoğaldığı zaman kararını bulur

Ne kadar çalkalanırsa çalkalansın / Onun işaretleri bütünüyle durgunluğu gösterir

Ne zaman ki dolunay küçülmeye başlasa / O anda deniz sularını üzüntü sarar

Ay sonunda su çok az kalır / Ayın birinci günü az az artmaya başlar

Ay sonunda sular nasıl eksilirse / Hareket halinde de bu böyle olur

Bu sığlarda olan sular hep böyledir / Çünkü hareket halindedir suyu durur zannetme

(Ay'ın gelgit hareketleri üzerindeki etkileri ifade edilmektedir.)

Ay hakkında bilgi sahibi isen / Bütün sığılardan haberdar oldun sayılır

Ayın on iki burcu bulunduğunu / Her birinin otuz gün seyrettiğini bu işin üstatları söyler

Bu burçların hesabını bilen kişi / Bu ilmi başarır işini fesada vermez

(Ay takvimi bilgisi ve bu bilginin gelgit olgusunu takip etmedeki önemi ifade edilmektedir.)

Şimdi bunlar denizcilere gereklidir / Bu ilmi bilmeleri lazımdır

Denizlerdeki bütün sığıları bilmelidirler / Bunların birkaçının nerede olduğunu söyleyeyim

Bu sığıların bazıları Mağrip sığılarıdır / Çünkü bütün sığılar içerisinde bunlar iyileridir

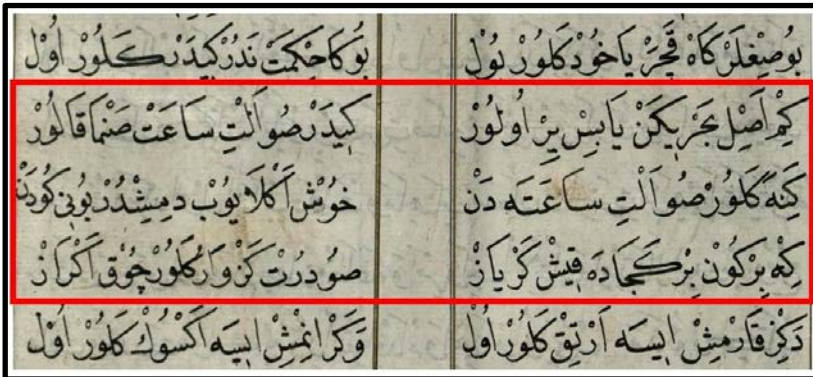
Ey dost bu sığılarda dalga olmaz / Eğer ki rüzgâr sert esse de

Dalga olmamasının sebebi ise / Yirmi mil kadar yerin sığ olmasıdır

Tamam bunları anladık bazıları gizlidir / Bilinenleri ise Cerbe ve Re's-i Mahmuz'dur.

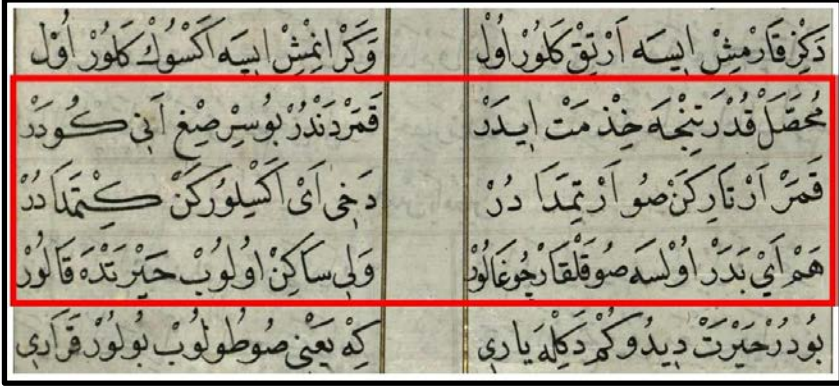
Kokana ve İsfakiz'dir / Geminin yanaşmasına müsait olanlar”

(Akdeniz’de gelgitin etkili olduğu sığ kıyılara ve limanlara örnekler verilmektedir.)



Şekil 1. Kitab-ı Bahriye – Günlük gelgit olgusu

“Kim asıl bahr iken yâbis yir olur / Gider su altı sâat sanma kalur
Gine gelür su altı sâ'ateden / Hoş anlayup dimişdür bunu gören
Ki bir gün bir gicede kış ger yâz / Su dört kez var gelür çoğ eğer az”



Şekil 2. Kitab-ı Bahriye – Ay'ın gelgiti oluşturması

“Muhassal kudretince hizmet ider / Kamedendür bu sır sığ anı güder
Kamer artar iken su artmadadır / Dahî ay eksilürken gitmededür
Hem ay Bedr olsa su kalkar çoğalır / Velî sakın olur hayretle kalur”

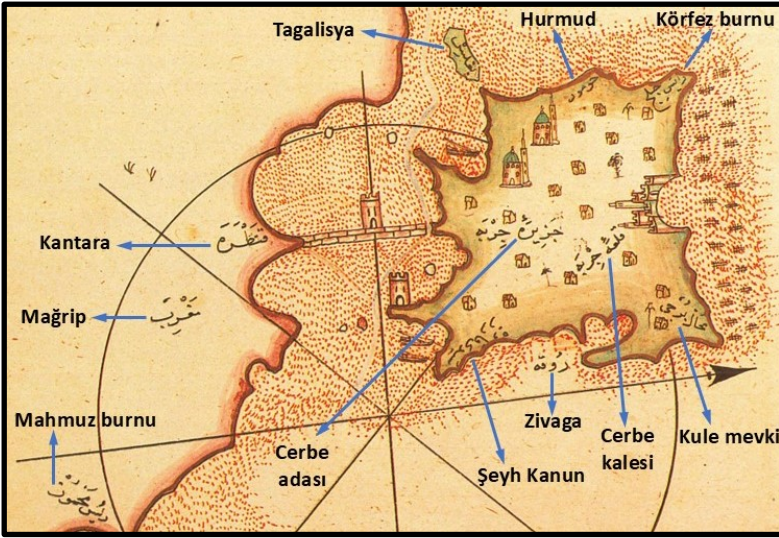
5. KİTAB-I BAHRİYE'DE CERBE ADASI İÇİN GELGİT BİLGİSİ

Kitab-ı Bahriye'nin “*Haritalar*” olarak adlandırılabilen ikinci temel bölümü, her bir konu başlığı altında kıyı şeridinin bir bölümünün veya bir adanın portolan (büyük ölçekli, limanlar ve kıyı şeritleri hakkında ayrıntılı bilgi içeren) haritasından ve haritalanan bölge hakkında coğrafi, sosyal ve kültürel bilgilerden ve açıklamalardan oluşmaktadır.

Kitab-ı Bahriye'de, Mağrip (Kuzey Afrika) kıyılarına ilişkin bölümde, Cerbe adasının kıyı özellikleri, limanları, önemli yapıları, halkının siyasi ve etnik yapısı, zirai ürünleri, sığ bölgelerin ve kayalıkların konumu, Mağrip ile bağlantısını sağlayan köprü, bölgedeki iki liman veya şehir arasındaki

seyrüsefer için gerekli olan yön-mesafe bilgisi gibi beşerî ve coğrafi bilgiler ayrıntılı bir şekilde verilmektedir.

Cerbe adasına ait portolan harita, denizcilerin limanlar arasında güvenli bir şekilde yolculuk etmesi amacıyla bir pusula gülünün merkezinden çıkan yön çizgilerine dayalı olarak üretilmiş olup, sığ bölgeleri, kayalıkları ve ada konumlarını içermektedir. Şekil 3'de, Cerbe adasına ait portolan haritadaki yazıların Türkçe çevirileri siyah renkle gösterilmektedir.



Şekil 3. Kitab-ı Bahriye'deki Cerbe adası portolan haritası

Kitab-ı Bahriye'de, Piri Reis tarafından gelgit hareketlerinin etkili olduğu açıkça belirtilen Cerbe adasındaki gelgit olgusuna ilişkin detaylı açıklamalar aşağıda verilmektedir:

“Ancak bu sözü edilen adanın bütün çevresi sığlıktır. Bilmeyen gemiler, kenara yakın gelemeler. ... Özellikle sığlıklardaki sular bir gün bir gece içinde dört defa çekilir, yine geri gelir. Sular altı saat gider, her yer kuru kum olur, gemiler hep kuma oturur. Altı saat sonra geri gelir, gemiler tekrar suda yüzerler.”

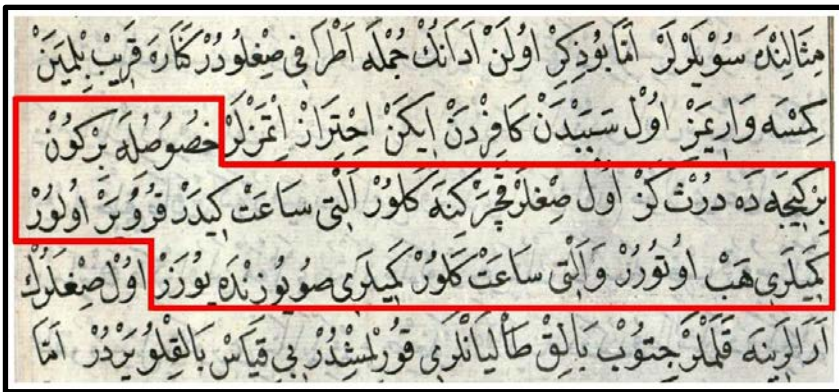
(Adada, altı saatte bir meydana gelen yarı-günlük gelgitin, gemilerin kuma oturmasına neden olacak kadar çok etkili olduğu ifade edilmektedir. Şekil-4)

“Bundan sonra, sürekli iskandil bırakarak, ölçe ölçe kaleye karşı yaklaşan gemiler, beş mil kadar yakına varırlar. Denize demir atarak yatarlar. Burası iyi yatak yeridir. Kıyıya daha yakınlaşırlarsa, sular çekilince, gemileri karaya oturur.”

(Adanın kıyısından itibaren beş mile kadar gelgit hareketlerinin etkili olduğu ifade edilmektedir.)

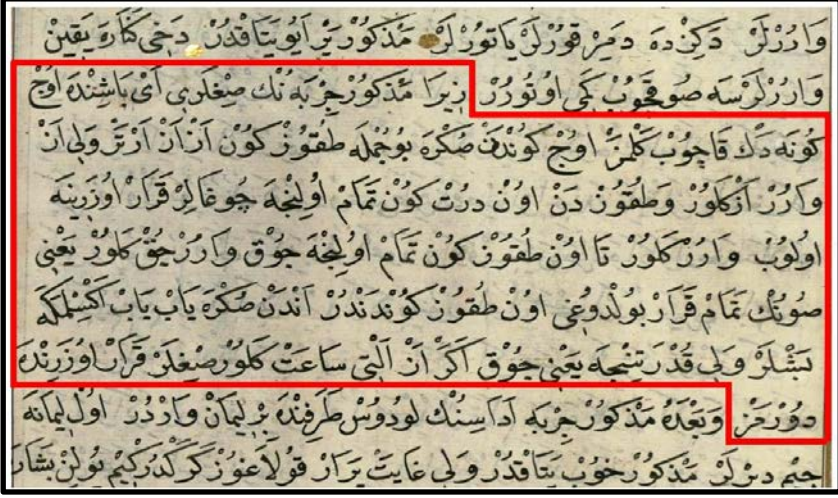
“Çünkü bu sözü edilen Cerbe'nin sığıkları ay başında üç gün boyunca ne gelir ne de gider. Üç günden sonra bu durum dokuz gün kadar yavaş yavaş artar. Ancak azar azar çekilir ve geri gelir. Dokuz günden sonra, on dördüncü gün tamamlanıncaya kadar iyice çoğalır. Dengelenir, çekilir ve geri gelir. On dokuz gün tamam olunca sular çok çekilir çok gelir. Yani on dokuzuncu günde sular dengesini bulmuş olur. Ondan sonra yavaş yavaş eksilmeye başlar. Ancak kendi kudretince yani çok şiddetli olarak on altı saat çekilir, altı saat geri gelir. Sular dengede durmaz.”

(Ay takvimine göre gelgit olgusunun bir ay içerisindeki döngüsü ifade edilmektedir. Şekil-5)



Şekil 4. Kitab-ı Bahriye – Cerbe adasında gelgitin oluşması

“Hususiyle bir gün bir gecede dört kez ol sığlar kaçır gine gelir.
Altı saat gider kuru yir olur gemileri hep oturur ve altı saat gelir.
Gemileri su yüzinde yüzer.”



Şekil 5. Kitab-ı Bahriye – Cerbe adasında gelgitin döngüsü

“Zira mezkûr Cerbe'nün sığları ay başında üç günden kaçub gelmez. Üç günden sonra bu cümle dokuz gün az az artar. Velî az varur az gelir. Ve dokuzdan on dört gün tamam olunca çoğalır. Karar üzerine olup varur gelir. Tâ on dokuz gün tamam olunca çok varur. Çok gelir. Ya' ni sunun tamam karar bulduğu on dokuz gündür. Andan sonra, yab yab eksilmeğe başlar. Velî kudretince ya'ni çok ve eğer on altı saat gider altı saat gelir. Sular karar üzerinde durmaz.”

Kitab-ı Bahriye'de, Cerbe adasında gerçekleşen gelgit olgusunun detaylı olarak verilen döngüsüne ilişkin tanımlamalar; Ay'ın Dünya etrafındaki dolanım hareketi için tanımlanan ve yaklaşık 29.5 gün süren, dört ana evre “yeni ay, ilk dördün, dolunay, son dördün” ve dört ara evre “büyüyen hilal, büyüyen ay, küçülen ay, küçülen hilal” temelinde değerlendirilirse:

Ay takvimine göre kameri bir ayın başlangıcını ifade eden, Ay'ın aydınlık olmayan tarafının Dünya'ya dönük olduğu “yeni ay” evresinde Cerbe kıyılarındaki sığlık bölgelerde çekilmiş

olan suların yükselip alçalmadığı ancak üç gün sonra gelmeye başladığı ifade edilmektedir. Suların gelmeye başladığı dönem “büyüyen hilal” evresini işaret etmekte olup dokuz gün kadar suların yavaş yavaş çoğaldığı, denizin kısa süreliğine çekilip geri geldiği belirtilmektedir. Suların çoğalmaya başladığı, gelgitin hafif olduğu dönem, Ay’ın yarım daire biçiminde sağ yarısının aydınlık görüldüğü “ilk dördün” evresini işaret etmektedir. Dokuz günden sonra, on dördüncü gün tamamlanıncaya kadar suların iyice çoğaldığı ifade edilmekte ve denizin dengelendiği yani gelgit (çekilme ve geri gelme) sürelerinin eşit hale geldiği belirtilmektedir. Suların iyice çoğalmaya başladığı dönem “büyüyen ay” evresini ve denizdeki gelgitin dengelendiği yani denizin en yüksek seviyesine ulaştığı dönem Ay’ın tam bir daire biçiminde parlak olarak görüldüğü “dolunay” evresini işaret etmektedir. On dokuzuncu gün tamamlanınca suların çok çekilip çok geldiği, denizin dengesini bulduğu ifade edilmektedir. “Dolunay” evresinin etkininin azalmaya başladığı fakat denizin belirgin bir şekilde yükselip alçaldığı dönem “küçülen ay” evresini işaret etmektedir. Daha sonra suların yavaş yavaş eksilmeye başladığı, on altı saat çekilip altı saat geri geldiği, denizin dengede olmadığı ifade edilmektedir. Denizin yavaş yavaş çekilmeye başladığı, gelgitin hafif olduğu dönem Ay’ın yarım daire biçiminde sol yarısının aydınlık görüldüğü “son dördün” evresini ve suların on altı saat boyunca çekilip sadece altı saatliğine geri gelmesi nedeniyle sığıkların sürekli değiştiği dönem “küçülen hilal” evresini işaret etmektedir.

Kitab-ı Bahriye’deki Cerbe adasına ait gelgit bilgileri günümüz gelgit modelleri ile doğrudan karşılaştırılamasa da genel bir değerlendirilmesinin yapılabilmesi amacıyla, Cerbe adasındaki ana yerleşim yeri olan Humetü’s-Suk (Şekil-3: Cerbe kalesi) şehrine ait güncel gelgit değerleri (Tides4fishing, 2024) Tablo-1’de verilmektedir. Osmanlı donanması 16. yüzyıl başlarından itibaren her yıl “mevsim-i derya” olarak adlandırılan

Ruz-ı Hızır (6 Mayıs) ve *Ruz-ı Kasım* (8 Kasım) arasındaki dönemde Akdeniz'e açılmaktaydı (Özdemir Gümüş, 2019; Panzac, 2018). Bu nedenle Tablo-1'deki gelgit değerleri, yaz gün dönümünü (20 Haziran 2024) kapsayacak şekilde seçilen kameri ay (6 Haziran-4 Temmuz 2024) dönemi için belirlenmiştir.

Tablo 1. Cerbe adası (Humetü's-Suk) gelgit bilgileri
(Saat bilgileri Tunus yerel saatine (UTC+1) göre dir.)

GÜN	TARİH – EVRE	GELGİT (SAAT ve YÜKSEKLİK)	KİTAB-I BAHRİYE
1	06 Haz 2024 - Yeni Ay	04:03 1.5 m ▲ 10:47 0.5 m ▼ 16:21 1.6 m ▲ 23:11 0.5 m ▼	Cerbe adasının sığlıkları ayın başında üç gün boyunca ne gelir ne de gider.
2	07 Haz 2024	04:40 1.5 m ▲ 11:24 0.6 m ▼ 16:57 1.6 m ▲ 23:46 0.6 m ▼	
3	08 Haz 2024	05:16 1.5 m ▲ 11:59 0.6 m ▼ 17:33 1.5 m ▲	
4 (1)	09 Haz 2024	00:21 0.6 m ▼ 05:53 1.5 m ▲ 12:36 0.6 m ▼ 18:09 1.5 m ▲	Üç günden sonra bu durum dokuz gün kadar yavaş yavaş artar. Ancak sular azar azar çekilir ve geri gelir.
5 (2)	10 Haz 2024	00:57 0.7 m ▼ 06:31 1.4 m ▲ 13:13 0.7 m ▼ 18:47 1.4 m ▲	
6 (3)	11 Haz 2024	01:34 0.7 m ▼ 07:12 1.3 m ▲ 13:52 0.8 m ▼ 19:29 1.3 m ▲	
7 (4)	12 Haz 2024	02:15 0.8 m ▼ 07:59 1.3 m ▲ 14:37 0.9 m ▼ 20:19 1.2 m ▲	
8 (5)	13 Haz 2024	03:02 0.9 m ▼ 09:00 1.2 m ▲ 15:34 0.9 m ▼ 21:27 1.2 m ▲	
9 (6)	14 Haz 2024 - İlk Dördün	04:03 0.9 m ▼ 10:19 1.2 m ▲ 16:52 1.0 m ▼ 22:52 1.1 m ▲	
10 (7)	15 Haz 2024	05:27 1.0 m ▼ 11:39 1.2 m ▲ 18:32 1.0 m ▼	
11 (8)	16 Haz 2024	00:10 1.2 m ▼ 06:56 0.9 m ▼ 12:45 1.2 m ▲ 19:47 0.9 m ▼	
12 (9)	17 Haz 2024	01:11 1.2 m ▼ 08:01 0.9 m ▼ 13:37 1.3 m ▲ 20:38 0.8 m ▼	
13 (10)	18 Haz 2024	02:00 1.3 m ▲ 08:49 0.8 m ▼ 14:21 1.4 m ▲ 21:20 0.8 m ▼	
14 (11)	19 Haz 2024	02:43 1.3 m ▲ 09:29 0.8 m ▼ 15:00 1.4 m ▲ 21:57 0.7 m ▼	
15 (12)	20 Haz 2024	03:21 1.4 m ▲ 10:07 0.7 m ▼ 15:38 1.5 m ▲ 22:32 0.6 m ▼	
16 (13)	21 Haz 2024	03:59 1.4 m ▲ 10:43 0.6 m ▼ 16:15 1.5 m ▲ 23:08 0.6 m ▼	Dokuz günden sonra, on dördüncü gün tamamlanincaya kadar sular iyice çoğalır. Deniz dengelenir, çekilir ve geri gelir.
17 (14)	22 Haz 2024 - Dolunay	04:36 1.5 m ▲ 11:20 0.6 m ▼ 16:52 1.6 m ▲ 23:43 0.6 m ▼	
18 (15)	23 Haz 2024	05:14 1.5 m ▲ 11:57 0.6 m ▼ 17:30 1.6 m ▲	
19 (16)	24 Haz 2024	00:21 0.6 m ▼ 05:53 1.5 m ▲ 12:36 0.6 m ▼ 18:10 1.5 m ▲	On dokuz gün tamam olunca sular çok çekilir çok gelir. Yani on dokuzuncu günde deniz dengesini bulmuş olur.
20 (17)	25 Haz 2024	00:59 0.6 m ▼ 06:35 1.5 m ▲ 13:17 0.6 m ▼ 18:53 1.5 m ▲	
21 (18)	26 Haz 2024	01:39 0.6 m ▼ 07:20 1.5 m ▲ 14:02 0.7 m ▼ 19:39 1.4 m ▲	
22 (19)	27 Haz 2024	02:24 0.7 m ▼ 08:12 1.4 m ▲ 14:51 0.8 m ▼ 20:33 1.3 m ▲	
23	28 Haz 2024 - Son Dördün	03:14 0.8 m ▼ 09:12 1.3 m ▲ 15:49 0.8 m ▼ 21:39 1.3 m ▲	
24	29 Haz 2024	04:15 0.8 m ▼ 10:24 1.3 m ▲ 17:04 0.9 m ▼ 22:56 1.2 m ▲	Ondan sonra sular yavaş yavaş eksilmeye başlar. Ancak kendi kudretince yani çok
25	30 Haz 2024	05:34 0.9 m ▼ 11:42 1.3 m ▲ 18:37 0.9 m ▼	

26	01 Tem 2024	00:17 1.2 m ▲ 07:05 0.9 m ▼ 12:57 1.3 m ▲ 20:01 0.9 m ▼	şiddetli olarak on altı saat çekilir, altı saat geri gelir. Deniz dengede durmaz.
27	02 Tem 2024	01:29 1.3 m ▲ 08:20 0.8 m ▼ 14:00 1.4 m ▲ 21:02 0.8 m ▼	
28	03 Tem 2024	02:28 1.3 m ▲ 09:17 0.8 m ▼ 14:53 1.4 m ▲ 21:50 0.7 m ▼	
29	04 Tem 2024	03:17 1.4 m ▲ 10:04 0.7 m ▼ 15:38 1.5 m ▲ 22:31 0.7 m ▼	

Tablo-1’de verilen güncel gelgit bilgilerine göre Cerbe Adası’nda yarı günlük gelgitlerin yaşandığı yani *Kitab-ı Bahriye*’de ifade edildiği gibi günde iki kez yükselme ve iki kez alçalmanın görüldüğü anlaşılmaktadır. 2024 yılı (6 Haziran-4 Temmuz) dönemi verilerine göre gelgit değişimi 0.5-1.6 m değerleri arasındadır.

Kitab-ı Bahriye’de suların yavaş yavaş çoğaldığı ve yavaş yavaş eksildiği belirtilen dönemlerin Ay’ın “ilk dördün” ve “son dördün” evrelerine karşılık geldiği ve bu dönemlerde gelgitin hafif olduğu (ilk dördün 0.9-1.2 m, son dördün 0.8-1.3 m arası) anlaşılmaktadır.

Kitab-ı Bahriye’de suların iyice çoğaldığı belirtilen dönemin Ay’ın “dolunay” evresine karşılık geldiği, bu dönemde gelgitin güçlü olduğu (0.6-1.6 m arası) anlaşılmaktadır. *Kitab-ı Bahriye*’de denizin dengede olduğu belirtilen bu dönemde gelgit olgusundaki çekilme ve geri gelme sürelerinin eşit hale geldiği (çekilme; 6 s 44 d ve 6s 51 d, geri gelme; 5 s 32 d ve 5s 31 d) anlaşılmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kitab-ı Bahriye, dönemine ait denizcilik bilgisini hem harita hem de detaylı yazılı anlatımla sunması bakımından sadece bir seyir defteri değil, aynı zamanda erken dönem deniz bilimi kitabı olarak kabul edilebilir. Ay ve Güneş’in çekim kuvvetlerinin etkisiyle deniz suyunun periyodik olarak alçalıp yükselmesi olarak tanımlanabilen gelgitin fiziksel nedenleri, 16. yüzyılda

kesin bir şekilde bilinmemekle birlikte, sonuçları deneyimlenerek belgelenmiştir.

Kitab-ı Bahriye'de yer alan gelgit gözlemleri, sistematik veri toplamaya dayanmamakla birlikte, yerel bilgi ve uzun dönemli gözlemlerle elde edilmiş gerçekçi anlatımlar sunmaktadır. Piri Reis, *Kitab-ı Bahriye*'de gelgitle ilgili doğrudan deneysel bir açıklama getirmemiş olmasına rağmen, Ay'ın etkilerini gözlemleyerek oluşturduğu açıklamalar, denizlerdeki düzenli hareketlerin anlaşılmasına dair bilinç seviyesini ortaya koymaktadır.

Kitab-ı Bahriye, yalnızca coğrafi bir eser olmayıp, dönemin doğa olaylarına dair bilgi üretme çabasını yansıtan, Osmanlı denizciliğinin bilimsel temellere dayanmasını, doğa olaylarına verdiği önemi ve bunları metinleştirme kapasitesini ortaya koyması bakımından bilimsel bir çalışma olarak kabul edilebilir. *Kitab-ı Bahriye*'deki Cerbe adasına ait coğrafi ve hidrolojik bilgiler, Osmanlı denizciliğinde hem pratik hem de teorik bilgi üretiminin bir örneği olarak, 16. yüzyılda gelgit gibi karmaşık doğa olaylarının gözlemlenip denizcilik bilgisine dönüştürüldüğünü göstermektedir.

Kitab-ı Bahriye'de yer verilen Cerbe adası çevresindeki gelgit olgusuna ilişkin kayıtlar, gelgit modelleriyle birebir örtüşmese de yerel etkilerin doğru şekilde tespit edildiğini göstererek önemli bilgiler sunmakta ve deniz bilimlerinin entelektüel gelişimine katkı sağlamaktadır.

İbn Macid tarafından denizciler şu şekilde sınıflandırılmıştır: “*Bil ki, üç sınıf denizci vardır: İlk grup, basit deniz kılavuzlarıdır. Bunların yolculukları bazen iyi gider bazen de kötü; verdikleri cevaplar bazen doğrudur bazen de yanlış. Bu denizciler muallim (üstat) nitelemesini hak etmezler. İkinci kategorinin orta seviyeli meâlîme (üstatlar) olan mensupları, bilgilerinin büyüklüğü ve kapasiteleriyle tanınırlar. Onlar*

yeteneklidirler, gittikleri yerin rotalarına hâkimdirler, fakat öldükten sonra unutulmaya mahkumdurlar. Denizcilerin üçüncü grubu en yüksek mertebesini oluştururlar. Bu kalitedeki denizci çok meşhurdur, bütün deniz operasyonlarına hâkimdir ve ayrıca hem kendi zamanında hem de daha sonraları yararlanılan kitapları yazmış olan bir bilgindir.” (Sezgin, 2010). İbn Macid’in bu sınıflandırmasına göre en yüksek mertebedeki denizciler arasında yer alan Piri Reis’in *Kitab-ı Bahriye*’deki gözlem temelli yaklaşımı ve metinle haritanın bütünleşik olarak etkin kullanımı, bilim tarihçiliği açısından da değerlendirilmesi gereken bir metodolojiyi temsil etmektedir. Bu bakımdan *Kitab-ı Bahriye*, Osmanlı-Türk arşivlerinde kartografik dokümantasyon ve kültürel miras konularında uzmanlık gerektiren çalışmalara yol gösterebilir.

TEŞEKKÜR

Harita üzerindeki yazıların Türkçe’ye çevirisi ve ilgili metinlerin *Kitab-ı Bahriye* içerisinde tespiti konularındaki yardımları için eşim Sümeyra YILMAZ’a teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- Ahmad, S. M. (1999), İbn Mâcid, *TDV İslâm Ansiklopedisi*, Cilt 20, 162-163.
- Ahmad, S. M. (2008). Ibn Mâjid. In: Selin, H. (ed), *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures*, pp. 2314-2315, Springer, Dordrecht.
- Cartwright, D. E. (2001). On the Origins of Knowledge of the Sea Tides from Antiquity to the Thirteenth Century, *Earth Sciences History*, 20(2), 105-126.
- Çırpan, M. (2020). Çırpan, M. (2020). İlk Çağlardan Newton’a Kadar Değişen Gelgit Anlayışı ve Gelgit Teorileri, *GİDB Dergi*, 19, 3-16.
- Deparis, V., Legros, H., Souchay, J., (2013). Investigations of Tides from the Antiquity to Laplace, In: Souchay, J., Mathis, S., Tokieda, T. (eds), *Tides in Astronomy and Astrophysics, Lecture Notes in Physics*, vol 861, pp. 31-82, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Darwin, G. H. (1898). *The Tides and Kindred Phenomena in the Solar System*, Boston and New York, Houghton, Mifflin and Company, Boston.
- Dizer, M. (1994), Ebû Ma’sher el-Belhî, *TDV İslâm Ansiklopedisi*, Cilt 10, 182-184.
- Ekman, M. (1993). A Concise History of the Theories of Tides, Precession-Nutation and Polar Motion (from Antiquity to 1950), *Surveys in Geophysics*, 14(6), 585-617.
- Glick, T. F. (2005). Ibn Majid, Ahmad. In: Glick, T. F., Livesey, S. J., Wallis, F. (eds), *Medieval Science, Technology, and Medicine*, pp. 252, Routledge, Oxfordshire.

- Goodrich, T.D. (2004). The 5658 Maps of the Kitab-ı Bahriye of Piri Reis, *Proceedings of the International Piri Reis Symposium*, September 27-29, Istanbul, 2004, pp. (6) 92-113.
- Karabulut, M. (2022). Bîrûnî'nin Fiziki Coğrafyaya Katkıları Üzerine Bir Değerlendirme, *Ege Coğrafya Dergisi*, 31(2), 425-448.
- Lepore, F., Piccardi, M., Rombai, L. (2013). Looking at the Kitab-ı Bahriye of Piri Reis, *e-Perimetron*, 8(2), 85-94.
- Özdemir Gümüş, Ş. (2019). Osmanlı Devleti'nin Akdeniz'de Kış Muhafazası, *Sosyal Bilimler Dergisi/The Journal of Social Sciences Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6, 54-70.
- Panikkar, N.K., Srinivasan, T.M. (1975). Al Birûnî and the Theory of Tides. *Indian Journal of History of Science*, 10(2), 235-241.
- Panzac, D. (2018). *Osmanlı Donanması, 1572-1923*, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul.
- Sezgin, F. (2010). *Astronomy, Geography and Navigation in Islamic Civilization*, Boyut Publishing, İstanbul.
- Sezgin, F. (2013). *Piri Reis and The Pre-Columbian Discovery of the American Continent By Muslim Seafarers*, Boyut Publishing, İstanbul.
- Siddiqi, A. H. (2008). Al-Bîrûnî and Geography. In: Selin, H. (ed), *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures*, pp. 96-97, Springer, Dordrecht.
- Soucek, S. (1992). Islamic Charting in the Mediterranean, in: Harley J. B., Woodward, D. (eds), *The History of Cartography, Vol. 2, Book 1: Cartography in the*

- Traditional Islamic and South Asian Societies*, pp. 263-292, University of Chicago Press, Chicago.
- Soucek, S. (2013). *Piri Reis and Turkish Mapmaking After Columbus*, Boyut Publishing, İstanbul.
- Tibbets, G. R. (1971). *Arab Navigation in the Indian Ocean Before the Coming of the Portuguese*, Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland, London.
- Tides4fishing, (2024). High and Low Tides Table for Houmt Souk, <https://www.tides4fishing.com>
- Ülkekul, C. (2004). Introduction of the Kitab-ı Bahriye, *Proceedings of the International Piri Reis Symposium*, September 27-29 2004, İstanbul, Türkiye.
- Yılmaz, İ. (2010). The Kitab-ı Bahriye (Book of Navigation) of Piri Reis, *The Cartographic Journal*, 47(3), 278-283.
- Yılmaz, İ. (2012). The Kitab-ı Bahriye ‘Book of Navigation’ of Piri Reis, *FIG Working Week 2012*, 6-10 May 2012, Rome, Italy.
- Yılmaz, İ. (2013). Piri Reis’in Eserlerinin Kartografik ve Jeodezik Açısından Değerlendirilmesi, *Uluslararası Piri Reis ve Türk Denizcilik Tarihi Sempozyumu*, 26-29 Eylül 2013, İstanbul, Türkiye.
- Yılmaz, İ. (2015). A Historical Review of the Geographical Information on the Source of the Nile Contained within the ‘Book of Navigation’ (Kitab-ı Bahriye), *Area*, 47(3), 272-281.
- Yılmaz, İ. (2016). Geo-information Heritage Contained within Kitab-ı Bahriye (Book of Navigation): the Sicily Island, *Journal of Cultural Heritage*, 19, 502-510.

- Yılmaz, İ., Güllü, M. (2012). Georeferencing of Historical Maps Using Back Propagation Artificial Neural Network, *Experimental Techniques*, 36, 15-19.
- Yılmaz, İ., Güllü, M., Yılmaz, M., Dereli, M.A. (2010). Compass Roses on the Book of Navigation (Kitab-ı Bahriye): Declination Data Source for Geomagnetic Field Models, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 182(3-4), 170-174.
- Yılmaz, M., Yılmaz, İ., Turgut, B., Güllü, M. (2017). Geo-historical Review of the Mediterranean Rivers from Kitab-ı Bahriye (Book of Navigation), *1st Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration (EMCEI)*, 22-25 November, 2017, Sousse, Tunisia, pp. 1205-1207.
- Yılmaz, İ., Yılmaz, M. (2015). Piri Reis'in Eserlerinde Afrika, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(3), 34-44.
- Yılmaz, İ., Yılmaz, M. (2017). Geo-environmental Information About Tunisian Cities and Coasts within Kitab-ı Bahriye, *1st Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration (EMCEI)*, 22-25 November, 2017, Sousse, Tunisia, pp. 1387-1389.

AKADEMİK PERSPEKTİFTEN

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ

yaz
yayınları

YAZ Yayınları

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3

İscehisar / AFYONKARAHİSAR

Tel : (0 531) 880 92 99

yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com