

Harita Dergisi



Temmuz 2019
Sayı:162

ISSN 1300-5790
E-ISSN 2667-4084

Bahadır, B., Nohutcu, M.: **Galileo Temelli Hassas Nokta Konumlama Yönteminin Performans Değerlendirmesi: Türkiye Örneği** (Performance Evaluation of Galileo-based Precise Point Positioning: A case study in Turkey)

Sözer, B., Koçaman, S., Nefeslioğlu, H.A., Fırat, O., Gökçeoğlu, C.: **Değiştirilmiş AHP (M-AHP) Yöntemi Kullanılarak Ankara İçin Taşkın Duyarlılık Haritası Üretimi** [Flood Susceptibility Mapping for Ankara using Modified AHP (M-AHP) Method]

Okay Ahi, G., Bekim, H.Ö.: **GRACE Uydusu Zaman Serisinin İstatistiksel Yaklaşımlarla Kestirimi** (Statistical Estimation Approaches for GRACE Satellite Time Series)

Şendil, S., Yılmaz, M.: **Dijital ile Ofset Baskı Tekniklerinde, Vektör Harita Üretiminin Baskı Kalitesine Etki Eden Parametrelerin Karşılaştırılması** (The Comparison of The Parameters That Effect The Print Quality of Vector Map Production In Digital And Offset Printing Techniques)



HARİTA DERGİSİ

Temmuz 2019

Yıl: 85 Sayı: 162

ALTI AYDA BİR YAYIMLANIR.
HAKEMLİ DERGİDİR.
YEREL SÜRELİ YAYINDIR.
YAZI DİLİ TÜRKÇE, İNGİLİZCE'DİR.

Sahibi

Harita Genel Müdürlüğü Adına
Dr.Tuğg. Osman ALP

Sorumlu Müdür

Harita Yük.Tek.Ok.K.İği Adına
Yük.Müh. Alb. Caner KARABAY

Editör

Yük.Müh. Yb. Selçuk CEYLAN

Yönetim Kurulu

Yük.Müh. Alb. Caner KARABAY (Bşk.)
Dr. Müh. Alb. Mustafa ATA
Yük.Müh. Alb. Hüseyin ÇELİK
Doç. Dr. Müh. Alb. Hasan YILDIZ
Yük.Müh. Yb. Selçuk CEYLAN

Yönetim Yeri Adresi

Harita Genel Müdürlüğü
Harita Dergisi Yönetim Kurulu
Başkanlığı
06590 Cebeci / ANKARA

Tel: (312) 595 21 22

Faks: (312) 320 14 95

web: www.harita.gov.tr/harita-dergisi

e-posta: haritadergisi@harita.gov.tr

Basım Yeri

Harita Genel Müdürlüğü Matbaası
ANKARA

ISSN 1300 – 5790

E-ISSN 2667 – 4084

Bu dergide yayımlanan makaleler,
yazarlarının özel fikirlerini yansıtır.

TÜBİTAK-ULAKBİM Mühendislik ve
Temel Bilimler Veri Tabanında
(TÜBİTAK MTBVT) taranmaktadır.

İ Ç İ N D E K İ L E R

ARAŞTIRMA MAKALELERİ

Galileo Temelli Hassas Nokta Konumlama Yönteminin Performans Değerlendirmesi: Türkiye Örneği
(Performance Evaluation of Galileo-based Precise Point Positioning: A case study in Turkey)

Berkay BAHADUR, Metin NOHUTCU

1 - 11

Değiştirilmiş AHP (M-AHP) Yöntemi Kullanılarak Ankara İçin Taşkın Duyarlılık Haritası Üretimi [Flood Susceptibility Mapping for Ankara using Modified AHP (M-AHP) Method]

Burhan SÖZER, Sultan KOCAMAN,
Hakan A. NEFESLİOĞLU, Orhan FIRAT,
Candan GÖKÇEOĞLU

12 – 24

GRACE Uydusu Zaman Serisinin İstatistiksel Yaklaşımlarla Kestirimi (Statistical Estimation Approaches for GRACE Satellite Time Series)

Gonca Okay AHİ, Hatice Öncel ÇEKİM

25 – 35

Dijital ile Ofset Baskı Tekniklerinde, Vektör Harita Üretiminin Baskı Kalitesine Etki Eden Parametrelerin Karşılaştırılması (The Comparison of The Parameters That Effect The Print Quality of Vector Map Production In Digital And Offset Printing Techniques)

Selim ŞENDİL, Mithat YILMAZ

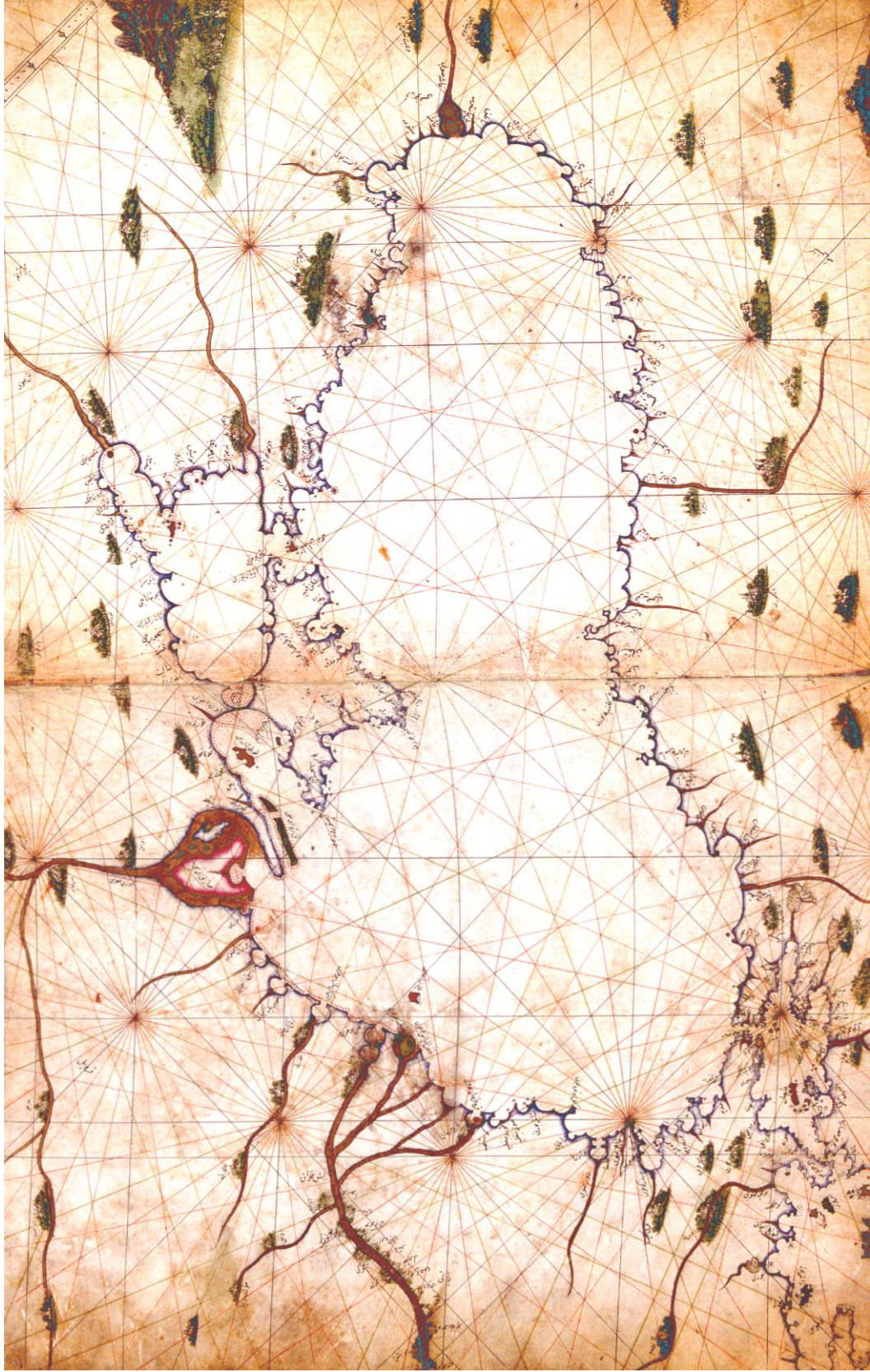
36 – 45

Bilim Kurulu

Dr.Tuğg.Osman ALP (HGM)
Prof.Dr.Ahmet Tuğrul BAŞOKUR (AÜ)
Prof.Dr.Bahadır AKTUĞ (AÜ)
Prof.Dr.Cevat İNAL (SÜ)
Prof.Dr.Çetin CÖMERT (KTÜ)
Prof.Dr.Ferruh YILDIZ (SÜ)
Prof.Dr.Fevzi KARSLI (KTÜ)
Prof.Dr.Filiz SUNAR (İTÜ)
Prof.Dr.Gönül TOZ (İTÜ)
Prof.Dr.Ş.Hakan KUTOĞLU (BEÜ)
Prof.Dr.Haluk ÖZENER (BÜ)
Prof.Dr.Hande DEMİREL (İTÜ)
Prof.Dr.A.Melih BAŞARANER (YTÜ)
Prof.Dr.Mustafa TÜRKER (HÜ)
Prof.Dr.Naci YASTIKLI (YTÜ)
Prof.Dr.Nebiye MUSAOĞLU (İTÜ)
Prof.Dr.Necila ULUĞTEKİN (İTÜ)
Prof.Dr.M.Onur KARSLIOĞLU (ODTÜ)
Prof.Dr.İ.Öztuğ BİLDİRİCİ (SÜ)
Prof.Dr.Rahmi Nurhan ÇELİK (İTÜ)
Prof.Dr.Semih ERGİNTAV (BÜ)
Prof.Dr.Taşkın KAVZOĞLU (GTÜ)
Prof.Dr.Uğur DOĞAN (YTÜ)
Prof.Dr.Uğur ŞANLI (YTÜ)
Prof.Dr.D.Zafer ŞEKER (İTÜ)
Doç.Dr.Aydın ÜSTÜN (KÜ)
Doç.Dr.Cemal Özer YİĞİT (GTÜ)
Doç.Dr.Hakan MARAŞ (ÇÜ)
Doç.Dr.M.Tevfik ÖZLÜDEMİR (İTÜ)
Doç.Dr.Müh.Alb.Hasan YILDIZ (HGM)
Dr.Hakan AKÇIN (BEÜ)
Dr.Mustafa KURT (OÜ)
Dr.Müh.Alb.Altan YILMAZ (HGM)
Dr.Müh.Alb.Mustafa ATA (HGM)
Dr.Müh.Alb.Yavuz Selim ŞENGÜN (HGM)
Prof.Dr.Ahmet KAYA
Prof.Dr.Ali KOÇYİĞİT
Prof.Dr.Ayhan ALKIŞ
Prof.Dr.Cankut ÖRMECİ
Prof.Dr.Fatmagül Kılıç GÜL
Prof.Dr.Orhan ALTAN
Prof.Dr.Sıtkı KÜLÜR
Prof.Dr.Şerif HEKİMOĞLU
Doç.Dr.Ali KILIÇOĞLU
Doç.Dr.Onur LENK
Dr.Coşkun DEMİR
Dr.Mustafa ERDOĞAN
Dr.Oktay EKER

**Harita Dergisi'nin 162. Sayısında Makalelerin
Değerlendirilmesinde Hakemlik Yapan
Akademisyenler**

Prof.Dr.Bahadır AKTUĞ (AÜ)
Prof.Dr.Cengizhan İPBÜKER (İTÜ)
Prof.Dr.Cüneyt AYDIN (YTÜ)
Prof.Dr.Çetin CÖMERT (KTÜ)
Prof.Dr.Erhan ALTUNEL (ESOGÜ)
Prof.Dr.Feza ARIKAN (HÜ)
Prof.Dr.H. Serdar AKYÜZ (İTÜ)
Prof.Dr.A.Melih BAŞARANER (YTÜ)
Prof.Dr.Nebiye MUSAOĞLU (İTÜ)
Prof.Dr.Okan TÜYSÜZ (İTÜ)
Prof.Dr.Orhan AKYILMAZ (İTÜ)
Prof.Dr.Orhan TATAR (CÜ)
Prof.Dr.Reha Metin ALKAN (İTÜ)
Prof.Dr.Tahsin YOMRALIOĞLU (İTÜ)
Prof.Dr.Zuhal AKYÜREK (ODTÜ)
Doç.Dr.Aydın ÜSTÜN (KÜ)
Doç.Dr.Cemal Özer YİĞİT (GTÜ)
Doç.Dr.Derya ÖZTÜRK (OMÜ)
Dr.Müh.Alb.Abdullah DEĞER (HGM)
Dr.Müh.Alb.Mustafa ATA (HGM)
Dr.Müh.Bnb.Osman Nuri ÇOBANKAYA (HGM)
Dr.Müh.Alb.Yavuz Selim ŞENGÜN (HGM)
Prof.Dr.Can AYDAY
Doç.Dr.Onur LENK
Dr.Murat AVCİ



Ali Macar Reis Atlası (1567), Karadeniz Haritası.

Ali Macar Reis Atlası (1567), Karadeniz Haritası

ALİ MACAR REİS ve ATLASI

16'ncı yüzyıl Osmanlı Haritacılığının doruk noktalarından olan Ali Macar Reis Atlası, adından da anlaşılacağı gibi levend reisi bir denizcinin eseridir. Daha açık deyişle Ali Macar, Akdenizi kasıp kavuran Osmanlı korsan reislerinden biridir. Osmanlı ülkesinin en mahir denizcileri korsanlardı. Savaşçılıklarının yanı sıra, deniz bilimlerinde de üstün bilgilere sahiptiler. Osmanlı denizciliği ve kartografyasının öncüsü oldular.

Topkapı Sarayı Müzesi Kütüphanesi Hazine Kitaplığı 644 numarada kayıtlı bulunan Ali Macar Reis Atlası, yedi haritadan oluşur. Atlas, dönemin cildindendir, cilt kapakları kahverengidir. Ön ve arka kapaklarının ortasında, Osmanlı cilt sanatının süsleme ögesi şemse bulunur. Kapakların kenarı ayrıca altın yaldız zencerek ve cetvelle çerçevelenmiştir. Yılların etkisi ile bu yaldızlar silinmeye yüz tutmuştur. 18 sayfadan oluşan atlasta, haritalar yedi çift sayfa üzerinde 31x43 santimlik alanı kaplar. Deri parşömen üzerine çizilmiştir. Atlasta yer alan haritalar; Karadeniz Haritası, Doğu Akdeniz ve Ege Haritası, İtalya Haritası, Batı Akdeniz ve İber Yarımadası, Britanya Adaları ve Avrupa'nın Atlantik Kıyıları, Ege Deniz-Batı Anadolu ve Yunanistan Haritası ve Dünya Haritası olup ilk altı harita 16'ncı yüzyıl Osmanlı deniz haritalarının tipik örneğidir.

Atlasta bulunan ilk altı harita, portolonların tipik özelliklerini taşır ve tamamında on yedi adet rüzgârgülü bulunur. Rüzgârgüllerinden ayrılan otuz iki yön çizgisi belli renklerde dir.

Sekiz ana yön siyah ile, ana yönlerin ortaları kırmızı ile, kerte adı verilen ara yönler yeşil renkle çizilmiştir. Bütün haritaların altında mil ölçeği bulunmaktadır. Limanlar abartılı girinti ve çıkıntılarla belirtilmiştir. Karaların denizle birleştiği yerler lacivertle gölgelendirilmiş, böylece kıyıların göze çarpması amaçlanmıştır. Portolanlarda yer alan adalar altın yaldız, sarı, yeşil, pembe, kırmızı gibi göze çarpan renklerle boyanmıştır. Portolanlarda âdet olduğu üzere sığlık yerler kırmızı noktalarla, gizli kayalıklar artı (+) ile gösterilmiştir. Nehirler altın yaldıza boyanmıştır. Bazı büyük nehirlerin deltaları abartılı çizilmiş, göz alıcı şekilde renklendirilmiştir.

Dünya haritası ve ikinci Ege Haritası dışında, önemli kentler ve kaleler, renkli basit minyatürlerle gösterilmiştir. Kentlerin adları siyahla yazılmış ve böylece portolonlarda önemli limanların kırmızı ile yazılması kuralının dışına çıkmıştır. Haritaların tamamı kuzeye yönlendirilmiş ve siyasi sınırlarla ilgili hiç bir bilgi verilmemiştir.

Kaynak: Özdemir, K. (2008, s. 104-105-108-109). *Osmanlı Haritaları*. İstanbul: Avea

Galileo Temelli Hassas Nokta Konumlama Yönteminin Performans Değerlendirmesi: Türkiye Örneği

(Performance Evaluation of Galileo-based Precise Point Positioning: A case study in Turkey)

Berkay BAHADUR , Metin NOHUTCU 

Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Çankaya, Ankara
berkaybahadur@hacettepe.edu.tr, mnohutcu@hacettepe.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 06.05.2019

Kabul Tarihi (Accepted): 09.06.2019

ÖZ

GPS, uzun bir süredir Hassas Nokta Konumlama (Precise Point Positioning-PPP) için baskın uydu takımıdır. Ancak, GNSS dünyası son yıllarda GLONASS, Galileo ve BeiDou gibi yeni navigasyon sistemlerinin ortaya çıkmasıyla önemli değişiklikler yaşamaktadır. Özellikle, Galileo ilk sivil tabanlı navigasyon sistemi olma özelliğiyle diğer uydu sistemlerinden ayrılmaktadır. Galileo henüz tam uydu takımına ulaşmamış olsa da günümüz itibarıyla 24 kullanılabilir uyduya sahiptir ve bu sayede PPP uygulamaları açısından şimdiden önemli fırsatlar sağlamaktadır. Bu kapsamda, bu çalışmanın temel amacı Türkiye için öncelikle tek başına kullanılması durumunda Galileo'nun güncel PPP performansının araştırılması ve ayrıca çoklu-GNSS PPP çözümüne katkısının değerlendirilmesidir. Bu amaçla deneysel bir test gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Galileo'nun Türkiye ve yakın çevresi için PPP çözümünü gerçekleştirmek için yeterli uydu sağladığını göstermiştir. Ayrıca, sonuçlardan konum belirleme performansı açısından Galileo temelli PPP çözümünün GPS-PPP çözümüne benzer sonuçlar ürettiği görülmektedir. Diğer taraftan, GPS ve Galileo sistemlerinin birlikte kullanılması PPP performansını yakınsama süresi ve konum doğruluğu açısından önemli ölçüde iyileştirmektedir. Özetle, yakın gelecekte tam kapasiteyle çalışmaya başlayacağı düşünüldüğünde, Galileo'nun PPP tekniği için GPS'e güçlü bir alternatif olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: GNSS, Çoklu-GNSS, Hassas Nokta Konumlama, PPP, Galileo.

ABSTRACT

For a long time, GPS has been the dominant constellation for Precise Point Positioning (PPP). However, in recent years, the GNSS community has been facing significant changes with the advent of new satellite systems, such as GLONASS, Galileo, and BeiDou. Especially, Galileo differs from the other navigation systems as being the first civilian-based navigation system. Although Galileo has not reached full orbital capability yet, its constellation includes 24 available satellites nowadays. Therefore, Galileo already offers considerable opportunities for PPP applications. In this context, the main objectives of this study are to investigate the recent positioning performance of Galileo-only PPP and to evaluate its contribution to the multi-GNSS PPP performance for Turkey. For this purpose, an experimental test was conducted and the results show that Galileo provides

enough number of satellites to perform PPP process for Turkey and its surroundings. Moreover, from the results, it is seen that Galileo-based PPP is comparable with GPS-PPP in terms of positioning performance. On the other hand, the integration of GPS and Galileo constellations significantly improves the PPP performance in terms of convergence time and positioning accuracy. Finally, considering that Galileo will reach full orbital constellation in the near future, it is thought that Galileo can be an important alternative to GPS for PPP technique.

Keywords: GNSS, Multi-GNSS, Precise Point Positioning, PPP, Galileo

1. GİRİŞ

Tek bir alıcı ile küresel ölçekte yüksek konum doğruluğu sağlayabilen Hassas Nokta Konumlama (Precise Point Positioning-PPP) tekniği son yıllarda Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (Global Navigation Satellite System-GNSS) kullanıcıları arasında ilgi çekici bir konu olmuştur. PPP tekniğinde, uydu yörünge ve saat hataları küresel bir ağdan elde edilen hassas ürünler yardımıyla giderilir ve bu sayede santimetre veya milimetre seviyesinde konum doğruluğuna erişilebilir (Zumberge, Heflin, Jefferson, Watkins ve Webb, 1997; Kouba ve Heroux, 2001). PPP, mutlak bir konum belirleme tekniği olduğu için herhangi bir referans istasyona ihtiyaç duymaz. Referans istasyon ihtiyacını ortadan kaldırmasının sonucu olarak uygulamada getirdiği kolaylıklar ve işletim maliyetini düşürmesi PPP tekniğini ön plana çıkaran en temel özelliklerdir. Dolayısıyla PPP, son yıllarda atmosferin modellenmesi, tektonik hareketlerin gözlenmesi, yapı sağlığının izlenmesi, havai nirengi vb. birçok GNSS uygulamasında yoğun olarak kullanılmaktadır (Hernández-Pajares, Roma-Dollase, Garcia-Fernández, Orus-Perez ve García-Rigo, 2018; Paziewski, Sieradzki ve Baryla, 2018; Yigit ve Gurlek, 2017; Shi, Yuan, Cai ve Wang, 2017; Lu ve diğerleri, 2015; Wright, Houlié, Hildyard ve Iwabuchi, 2012). Ancak, standart PPP yaklaşımında faz belirsizliklerinin tam sayı olarak belirlenememesinden ötürü, faz belirsizliklerinin gerçek değerine yakınsaması ve dolayısıyla yüksek konum doğruluğuna

erişebilmek için başlangıçta minimum bir gözlem süresine ihtiyaç duyulur. Örneğin, standart bir PPP çözümünde 5 cm veya daha iyi yatay konum doğruluğuna ulaşabilmek için en az 1 saatlik gözlem süresine gereksinim vardır (Choy, Bisnath ve Rizos, 2017). Yakınsama süresi olarak adlandırılan bu periyot halen PPP tekniğinin en büyük dezavantajı olarak görülmektedir.

Son zamanlarda bölgesel ve küresel anlamda yeni navigasyon sistemlerinin ortaya çıkması GNSS dünyasında hızlı bir dönüşüme neden olmaktadır. Özellikle GLONASS uydusunun tamamlanması ve Galileo ve BeiDou gibi yeni küresel sistemlerin ortaya çıkması, GNSS uygulamaları açısından yeni uydular ve sinyalleri de beraberinde getirmiştir. Birden fazla navigasyon sisteminin ortak kullanıldığı çözümler, diğer bir deyişle çoklu-GNSS, PPP performansının iyileştirilmesi açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Yapılan birçok çalışma çoklu-GNSS çözümlerinin, sadece GPS gözlemlerini içeren standart PPP çözümüne kıyasla konum doğruluğu ve yakınsama süresi açısından PPP performansını önemli ölçüde iyileştirdiğini ortaya koymuştur (Tegeador, Øvstedal ve Vigen, 2014; Li ve Zhang, 2014; Cai, Gao, Pan ve Zhu, 2015). Diğer taraftan, yakın gelecekte tam olarak faaliyete geçmesi beklenen Galileo ve BeiDou sistemlerinin özellikle uydu sayılarında önemli ilerlemeler kaydedilmiş olması günümüzde önemi giderek artan hassas konum belirleme uygulamaları için son derece önemlidir.

Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı (European Space Agency-ESA) tarafından ortak olarak geliştirilen Galileo, sivil-tabanlı ilk navigasyon ve konumlama sistemi olma özelliğini taşımaktadır. Galileo bu özelliği sayesinde diğer bölgesel ve küresel sistemlerden geliştirilme ve kullanım amacı anlamında ayrılmaktadır. Galileo sistemi 55° eğimli üç yörünge düzlemine eşit olarak dağılmış toplamda 30 uyduyu kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Her bir Galileo uydusu yaklaşık 23222 km yükseklikte daireye yakın yörüngelerde yer almakta ve E1, E5a, E5b ve E6 olmak üzere dört farklı frekansta navigasyon sinyalleri göndermektedir. Galileo dört farklı sinyalle birlikte çok çeşitli uygulamalara izin verecek bir tasarıma sahiptir. İlk uydu çifti 21 Ekim 2011 tarihinde fırlatılan Galileo, o tarihten itibaren önemli aşama kaydetmiş ve 2019 yılı Mart ayı itibarıyla ikisi test aşamasında olmak üzere toplamda 24 kullanılabilir uyduya ulaşmıştır. Sistemin 2020 yılında tam olarak faaliyete geçmesi planlanmaktadır ("European GNSS Service Centre", (t.y.)). Özetle, Galileo ulaştığı kullanılabilir uydu sayısı ve sağladığı sinyallerle günümüzde GNSS kullanıcıları için önemli fırsatlar

sunmaktadır ve ayrıca yakın gelecekte tam kapasiteyle çalışmaya başladığında GPS için ciddi bir alternatif haline gelebileceği düşünülmektedir.

Kısa süre öncesine kadar kullanılabilir uydu sayısının yetersiz olmasından dolayı Galileo'nun GNSS uygulamalarında tek başına kullanımına yönelik çok az çalışma yapılmıştır. Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, Yalvac ve Berber (2018) Galileo'nun kısa ve uzun baz çözümleri özelinde performansını incelemiş ve sonuçları GPS ve GLONASS çözümleriyle karşılaştırmıştır. Galileo'nun PPP açısından kullanımına gelince, şimdiye dek yapılan çalışmalar genellikle çoklu-GNSS çözümlerinde diğer sistemlerle birlikte kullanıldığında konum belirleme performansına olan katkısını değerlendirmiştir (Cai ve diğerleri, 2015; Liu ve diğerleri, 2017; Bahadur ve Nohutcu, 2018a). Bu çalışmalar, GPS ve Galileo uydularının ortak kullanıldığı çözümlerin yalnızca GPS uydularının dâhil edildiği standart çözümlere kıyasla PPP performansını gerek konum doğruluğu gerekse yakınsama süresi açısından iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Ülkemiz için yapılan bir çalışmada ise Galileo'nun PPP performansına katkısı farklı çoklu-GNSS kombinasyonları dâhilinde incelenmiş, ancak o tarihte yeterli uydu sayısı bulunmadığı için sadece Galileo gözlemlerinin yer aldığı çözümler çalışma kapsamına alınamamıştır (Bahadur ve Nohutcu, 2018b). Ancak bugün geline nokta Galileo 24 kullanılabilir uydusuyla tek başına PPP çözümü gerçekleştirmek için yeterli görünür uydu sayısını sağlamaktadır. Tüm bunlar göz önünde bulundurularak bu çalışmanın temel amacı, tek başına kullanıldığında Galileo'nun ülkemiz için güncel konumlama performansının PPP tekniği açısından incelemesi olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada artan uydu sayısı ile birlikte Galileo'nun, GPS ile birlikte kullanılması durumunda PPP performansına sağlayacağı potansiyel katkının araştırılması da hedeflenmektedir. Bu çalışma kapsamında, Türkiye ve çevresinden seçilmiş GNSS istasyonlarını içeren deneysel bir test gerçekleştirilmiştir. Uygulama sonuçları yukarıda belirtilen amaçlara uygun olarak analiz edilmiş ve elde edilen bulgular detaylı bir şekilde sunulmuştur.

2. YÖNTEM

Bu bölümde öncelikle PPP çözümleri için gerekli fonksiyonel modeller sunulacaktır. Ardından PPP tekniğinde hata kaynaklarının etkisini ortadan kaldırmak için kullanılan işlem stratejileri açıklanacaktır.

a. Çoklu-GNSS PPP Modeli

PPP tekniğinde, uydu yörünge ve saat hatalarını gidermek için genellikle IGS (International GNSS Service) tarafından sağlanan hassas uydu ve yörünge bilgileri kullanılmaktadır. Ayrıca, standart PPP yaklaşımında çift-frekanslı kod ve faz gözlemlerinin ionosferden bağımsız (İB) lineer kombinasyonları kullanılarak GNSS sinyalleri üzerindeki birinci derece ionosferik gecikme etkisi ortadan kaldırılır (Zumberge ve diğerleri, 1997; Kouba ve Heroux, 2001). IGS uzun süredir kendi küresel ağından elde ettiği hassas ürünleri internet sitesi aracılığıyla tüm GNSS kullanıcılarına ücretsiz olarak sunmaktadır ("International GNSS Service", (t.y.)). Son yıllarda IGS Multi-GNSS (MGEX) pilot projesi kapsamında GPS'e ek olarak GLONASS, Galileo, BeiDou ve QZSS uyduları için de hassas uydu yörünge ve saat bilgilerini üretmeye başlamıştır. Aynı yersel referans sisteminde ve zaman ölçeğinde üretilen bu ürünleri kullanarak birden fazla navigasyon sistemini aynı GNSS çözümüne dâhil etmek mümkün hale gelmiştir (Montenbruck ve diğerleri, 2017).

Standart IGS ürünleri gibi MGEX ürünleri de İB lineer kombinasyonlar temel alınarak üretilir. Ayrıca, bu ürünlerin içerdiği uydu saat hataları uydu kod donanım hatalarını da içerisinde barındırır. Dolayısıyla, standart PPP modelinde uydu kod donanım hataları uydu saat hatasına yüklenir ve MGEX ürünleri kullanılarak düzeltilir. Alıcı kod donanım hataları ise aralarındaki yüksek korelasyon nedeniyle alıcı saat hatasına yüklenir ve birlikte tahmin edilir. Diğer taraftan, IGS uydu faz donanım hataları için ayrı bir düzeltme üretmemektedir. Bu nedenle, uydu ve alıcı için faz donanım hataları belirsizlik parametresine yüklenir ve tahmin sürecinde birlikte kestirilir (Kouba ve Heroux, 2001; Steigenberger ve diğerleri, 2015). Tüm bunlar göz önüne alındığında, çift-frekanslı kod (P) ve faz (L) gözlemleri için İB lineer kombinasyon eşitlikleri aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$P_{IF,r}^{s,j} = \rho_r^{s,j} + \widetilde{cdt}_r^s - \widetilde{cdT}^{s,j} + T_r^{s,j} + \varepsilon(P_{IF,r}^{s,j}) \quad (1)$$

$$L_{IF,r}^{s,j} = \rho_r^{s,j} + \widetilde{cdt}_r^s - \widetilde{cdT}^{s,j} + T_r^{s,j} + \lambda_{IF}^s \widetilde{N}_{IF}^{s,j} + \varepsilon(L_{IF,r}^{s,j}) \quad (2)$$

$$\widetilde{cdt}_r^s = (cdt_r^s + b_{IF,r}^s) \quad (3)$$

$$\widetilde{cdT}^{s,j} = (cdT^{s,j} + b_{IF}^{s,j}) \quad (4)$$

$$\widetilde{N}_{IF}^{s,j} = N_{IF}^{s,j} + (B_{IF,r}^s - b_{IF,r}^s) - (B_{IF}^s - b_{IF}^s) \quad (5)$$

burada r , s ve j sırasıyla alıcıyı, GNSS indeksini (G:GPS, R:GLONASS, E:Galileo ve C:BeiDou) ve uydu numarasını göstermektedir. Ayrıca, $\rho_r^{s,j}$ geometrik mesafeyi, c ışık hızını (m/san), $T_r^{s,j}$ troposferik gecikmeyi, $N_{IF}^{s,j}$ ve λ_{IF}^s sırasıyla faz belirsizliği parametresi ve İB lineer kombinasyonunun dalga boyunu, ε gürültüyü, cdt_r^s ve $cdT^{s,j}$ sırasıyla alıcı ve uydu saat hatasını, $b_{IF,r}^s$ ve $b_{IF}^{s,j}$ İB lineer kombinasyon için alıcı ve uydu kod donanım hatalarını, $B_{IF,r}^s$ ve $B_{IF}^{s,j}$ ise İB lineer kombinasyon için alıcı ve uydu faz donanım hatalarını ifade etmektedir. Son olarak, $\widetilde{cdt}_r^s$ ve $\widetilde{cdT}^{s,j}$ saat hatalarına ek olarak donanım hatalarını da içeren yeniden düzenlenmiş alıcı ve uydu saat hatalarını ifade etmektedir. Eşitliklerde geçen tüm ifadeler uzunluk biriminde (metre) verilmiştir.

Tek sistem PPP çözümleri için yukarıdaki eşitlikler doğrudan fonksiyonel model olarak kullanılabilir. Bu durumda, üç konum bileşeni, bir alıcı saat hatası, bir troposferik gecikme ve gözlemlenen her uydu için bir faz belirsizliği parametresi bilinmeyen parametreler olarak kestirilir. Birden fazla navigasyon sisteminin dâhil edildiği ortak çözümlerde ise yukarıdaki eşitliklerden görüleceği üzere her sistem için farklı bir alıcı saat hatası ortaya çıkar. Burada, her sistem için farklı bir alıcı saat hatası tanıtmak yerine ilgili sistem için GPS zamanına göre sistemler arası fark parametresi (Inter-system bias-ISB) tanımlanır. GPS zamanının referans zaman sistemi olarak seçilmesinin nedeni IGS ürünlerinin GPS zaman ölçeğinde üretilmesi ve GNSS alıcılarının çok büyük çoğunluğunun GPS zaman ölçeğini temel almasıdır (Cai ve Gao, 2013; Li ve diğerleri, 2015).

b. PPP İşlem Stratejisi

Bu çalışma kapsamında, PPP çözümlerini gerçekleştirmek üzere PPPH yazılımı kullanılmıştır (Bahadur ve Nohutcu, 2018a). PPPH, GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou uydularının verilerini işleyebilen tamamen açık-kaynak kodlu bir çoklu-GNSS analiz yazılımıdır. Bu yazılım aracılığıyla farklı navigasyon sistemlerini içeren çoklu-GNSS PPP çözümleri gerçekleştirilebilir. İlgili yazılımda PPP çözümleri bir önceki bölümde açıklanan fonksiyonel modele uygun olarak gerçekleştirilmiştir ve troposferik gecikme dışındaki tüm bilinmeyen parametreler tahmin sürecinde ilgili modelde yer aldığı gibi doğrudan kestirilmiştir. Troposferik sinyal gecikmesine gelindiğinde ise uzay-uydu jeodezisi tekniklerindeki genel kabullere uygun olarak troposferin ıslak ve kuru kısımları ayrı ayrı ele

alınmıştır (Davis, Elgered, Niell ve Kuehn, 1993). Troposferik gecikmenin kuru bileşeni Saastamoinen (1972) modeli yardımıyla ve Global Pressure and Temperature 2 (Lagler, Schindelegger, Böhm, Krásná ve Nilsson, 2013) modelinden elde edilen meteorolojik veriler kullanılarak başucu doğrultusunda modellenmiştir. Troposferin ıslak bölümünde yer alan su buharı değişimlerdeki düzensizlikler nedeniyle troposferin ilgili kısmını modellemek bir hayli zordur. Bu nedenle, troposferik sinyal gecikmesinin ıslak bileşeni bir bilinmeyen olarak tahmin sürecine dâhil edilmiştir. Her iki bileşen için de gözlem doğrultusundaki gecikmeleri elde edebilmek için Global Mapping Function (Böhm, Niell, Tregoning ve Schuh, 2006) kullanılmıştır. PPP çözümünü gerçekleştirmek için PPPH yazılımında uygulanan temel işlem stratejileri detaylı olarak Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. PPPH yazılımında uygulanan işlem stratejileri.

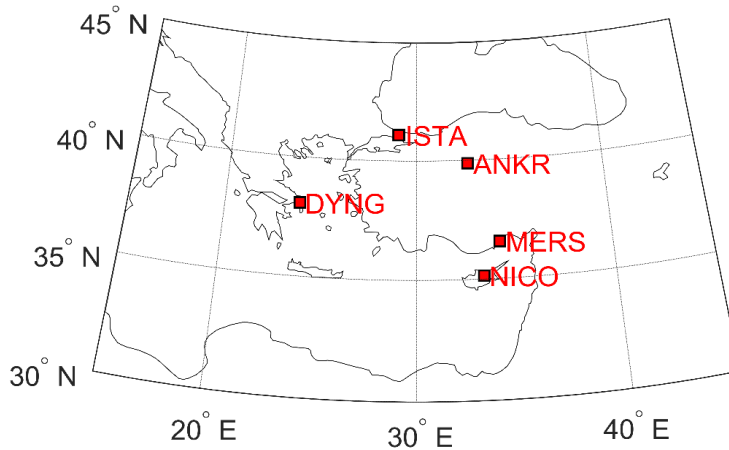
Uydu yörünge ve saat bilgisi	GFZ (Geo Forschungs Zentrum Potsdam) final ürünü
Gözlemler	Fark alınmamış iyonosferden bağımsız faz ve kod gözlemleri (GPS için L1 ve L2; Galileo için E1 ve E5a sinyalleri)
Uydu anten faz merkezi düzeltmesi ve değişimi	IGS mutlak anten modeli, Mevcut değilse Galileo ve BeiDou için standart değerler (Rizos ve diğerleri, 2013)
Alıcı anten faz merkezi düzeltmesi ve değişimi	IGS mutlak anten modeli (Antex), Mevcut değilse Galileo ve BeiDou için GPS değerleri

Rölativistik düzeltmeler	Uygulandı (Kouba, 2015)
Faz dönüklüğü düzeltmesi	Uygulandı (Wu ve diğerleri, 1993)
Katı yer gelgiti ve okyanus yüklemesi	Uygulandı (Petit ve Luzum, 2010)
Tahmin yöntemi	Genişletilmiş Kalman filtresi
Yükselim açısı	8°
Gözlem ağırlıkları	Yükselim açısına göre, korrelasyonsuz
Gözlemlerin standart sapmaları	Faz gözlemi: 0.003 m Kod gözlemi: 3 m (başucu doğrultusunda)

3. UYGULAMA

Bu bölümde tek başına kullanıldığında Galileo’nun güncel PPP performansını ve çoklu-GNSS çözümüne katkısını incelemek için gerçekleştirilmiş olan deneysel test ve elde edilen sonuçlar sunulacaktır. Bu kapsamda öncelikle uygulamada kullanılan veri seti ve özellikleri tanıtılacaktır. Daha sonra gerçekleştirilen PPP çözümlerinden elde edilen sonuçların değerlendirme kriterleri açıklanacaktır. Son olarak uygulama çalışmasından edinilen bulgular kapsamlı bir şekilde sunulacaktır.

Uygulama kapsamında öncelikle 17-23 Şubat 2019 tarihleri arasındaki bir haftalık dönem için ülkemiz ve çevresindeki beş farklı MGEX istasyonunda 30 saniye veri aralığı ile toplanan 24 saatlik gözlem dosyaları IGS sunucularından elde edilmiştir. Söz konusu beş istasyonun (ANKR, DYNG, ISTA, MERS ve NICO) coğrafi konumları Şekil 1’de sunulmuştur. Diğer taraftan, PPP çözümlerinde GFZ tarafından üretilen final uydu yörünge ve saat ürünleri kullanılmıştır. Bu ürünlerin veri aralığı ise sırasıyla 300 ve 30 saniyedir.



Şekil 1. Uygulamada kullanılan istasyonların coğrafi konumları.

PPP performansını değerlendirebilmek için elde edilen sonuçlar konum hatası, KOH (karesel ortalama hata) ve yakınsama süresi olmak üzere üç farklı açıdan değerlendirilmiştir. Bu amaçla, IGS tarafından sunulan haftalık çözümlerde verilen yüksek doğruluğa sahip istasyon koordinatları referans değerler olarak kullanılmıştır. Burada, konum hatası, ilgili PPP çözümünden gözlem süresi sonunda elde edilen istasyon koordinatları ile IGS haftalık çözümünden alınan yüksek doğruluğa sahip istasyon koordinatları arasındaki mutlak farkı ifade etmektedir. Bu koordinat farkları lokal koordinat sisteminde kuzey, doğu ve yukarı (K, D, Y) bileşenlerinin yanı sıra üç boyutlu (3B) toplam konum hatası olarak hesaplanmıştır. Yakınsama süresi ise 3B konum hatasının 10 cm altına düştüğü ve yakınsadığından emin olmak için sonraki 15 dakika boyunca 10 cm üstüne çıkmadığı an olarak tanımlanmıştır. Son olarak KOH, yine lokal koordinat sisteminde yakınsama anından sonraki tüm epoklar dikkate alınarak IGS haftalık çözümünde verilen istasyon koordinatlarından olan farkların karelerinin ortalamasının karekökü şeklinde hesaplanmıştır. Örneğin, kuzey yöndeki karesel ortalama hata aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$KOH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n}}$$

burada ε ilgili epoktaki hata bileşenini ve n değeri de yakınsama süresinden sonraki epok sayısını göstermektedir.

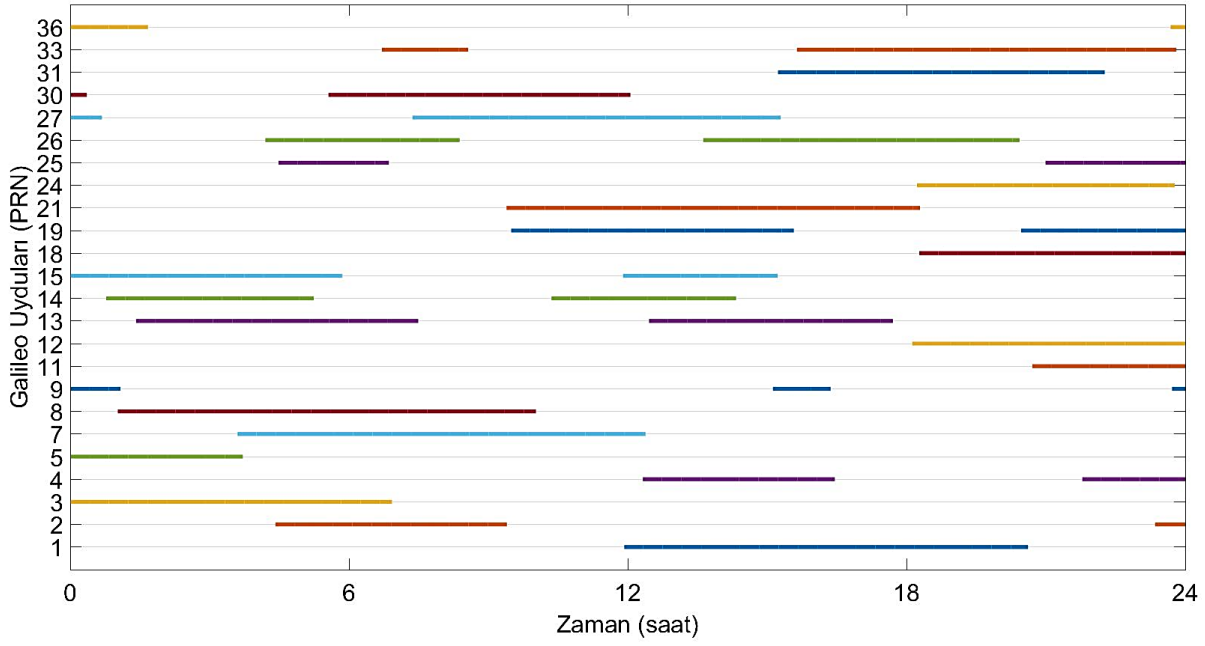
Görünür uydu sayısı PPP performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu bağlamda öncelikli olarak ilgili veri seti GPS ve Galileo sistemlerinin görünür uydu sayıları açısından analiz edilmiştir. Tablo 2 bir haftalık dönemde her istasyon için ayrı ayrı hesaplanmış epok başına düşen en az, en fazla ve ortalama görünür uydu sayılarını vermektedir. Tablodan görüleceği üzere epok başına düşen ortalama GPS uydu sayısı istasyonlar özelinde 9.0 ile 9.4 arasında değişmektedir ve tüm istasyonlar göz önüne alındığında epok başına düşen ortalama GPS uydu sayısı 9.1 olarak hesaplanmıştır. Galileo için ise epok başına düşen ortalama uydu sayısı istasyona bağlı olarak 5.7 ile 6.9 arasında değişmektedir ve tüm istasyonlar için hesaplanan ortalama görünür uydu sayısı 6.4'tür. Buradan görüleceği üzere GPS, Galileo'ya kıyasla daha fazla görünür uydu sağlamaktadır. Ayrıca, epok başına düşen ortalama görünür uydu sayılarında istasyonlar arası değişim GPS sistemi için 0.4 gibi küçük bir değerken Galileo için bu değer 1.2'dir. Diğer bir deyişle, Galileo uydu görünürlüğü istasyona bağlı olarak GPS uydu görünürlüğüne göre daha fazla değişmektedir. Bunun en önemli nedeni Galileo'nun henüz uydu takımını tamamlamamış olması ve yörünge düzlemlerindeki düzensiz uydu dağılımıdır.

Tablo 2. 17-23 Şubat 2019 tarihleri arası bir haftalık dönemde GPS ve Galileo sistemleri için istasyon bazında epok başına düşen en az, en fazla ve ortalama görünür uydu sayıları.

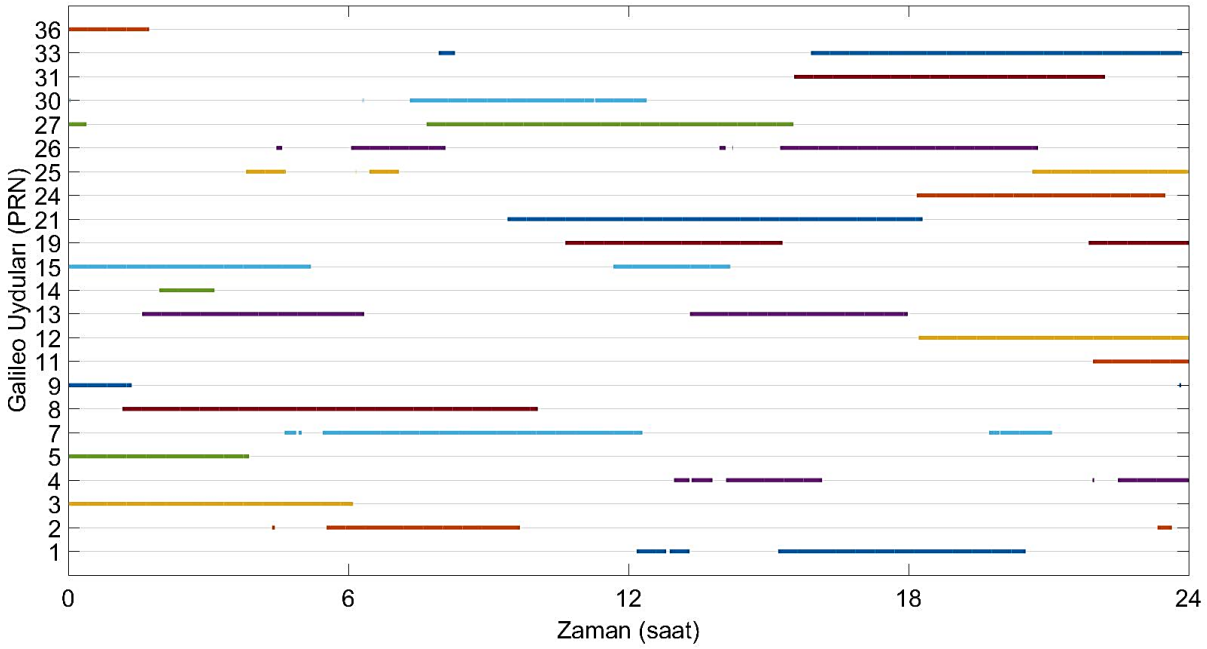
	GPS			Galileo		
	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
ANKR	5.0	13.0	9.1	3.0	10.0	6.7
DYNG	6.0	13.0	9.4	4.0	11.0	6.9
ISTA	7.0	13.0	9.0	3.0	9.0	5.7
MERS	6.0	14.0	9.1	4.0	10.0	6.6
NICO	6.0	14.0	9.1	3.0	9.0	6.0

Şekil 2 ve 3 sırasıyla en yüksek ve en düşük görünür Galileo uydu sayısı ortalamalarına sahip DYNG ve ISTA istasyonları için 17 Şubat 2019 tarihinde görünür olan Galileo uydularının gün içindeki değişimlerini GPS zamanı (UTC +0) için göstermektedir. Şekillerden, her iki istasyon için de benzer Galileo uydularının görünür olduğu ancak görünürlük sürelerinin ISTA istasyonunda DYNG istasyonuna kıyasla bir miktar daha kısa olduğu görülmektedir. Bu durum ISTA istasyonu için epok başına düşen ortalama görünür Galileo uydu sayısının diğer istasyonlara göre daha düşük

çıkmasına neden olmuştur. Ancak yine de Galileo'nun Türkiye ve yakın çevresinde PPP çözümünü gerçekleştirmek için yeterli uydu sayısını sağladığı görülmektedir. Diğer yandan, Galileo uydu takımı tam kapasiteyle çalışmaya başladığında ortalama görünür uydu sayısının artacağı ve istasyonlar arasındaki farklılıkların azalacağı öngörülebilir.



Şekil 2. 17 Şubat 2019 için gün boyunca DYNG istasyonunda görünür Galileo uydularının değişimi.



Şekil 3. 17 Şubat 2019 için gün boyunca ISTA istasyonunda görünür Galileo uydularının değişimi.

Uygulama bölümünün bir sonraki adımında Galileo'nun tek başına güncel PPP performansını değerlendirebilmek için öncelikle istasyonların günlük gözlem verileri sadece Galileo uyduları dâhil edilecek şekilde ve önceki bölümde açıklanan yöntem ile PPPH yazılımında değerlendirilmiştir. Sonuçları karşılaştırmak için aynı veri seti, standart PPP yaklaşımında olduğu gibi yalnızca GPS uyduları dâhil edilerek

ayrıca işlenmiştir. Son olarak Galileo'nun standart PPP çözümüne katkısını değerlendirebilmek için her iki sistemin dâhil edildiği ortak GPS/Galileo çözümü gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar bu üç farklı PPP senaryosu için istatistiksel olarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Tablo 3 GPS-PPP, Galileo-PPP ve GPS/Galileo-PPP için tüm istasyonlardan elde edilen ortalama konum hatalarını göstermektedir. Tablodan görüleceği üzere hem

GPS-PPP hem de Galileo-PPP 24 saatlik çözüm sonucunda santimetre seviyesinde üç boyutlu konum doğruluğu sağlayabilmektedir. Galileo-PPP'nin bir haftalık süreç için ortalama 3B konum hatası 23.8 mm iken GPS-PPP'nin ortalama 3B konum hatası 19.0 mm olarak hesaplanmıştır. Galileo-PPP'nin üç boyutlu konum belirleme performansının, GPS-PPP'ye kıyasla bir miktar daha kötü olmasına rağmen yine de umut verici olduğu söylenebilir. Beklendiği üzere her iki çözümde de düşey yöndeki konum hatası yatay

yöndeki hatadan daha fazladır. Benzer durum KOH değerleri için de geçerlidir. Üç boyutlu KOH değerleri incelendiğinde Galileo-PPP'nin GPS-PPP'ye yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, GPS ve Galileo uydularının ortak kullanıldığı PPP çözümünün ortalama 3B konum ve KOH değerleri GPS-PPP ve Galileo-PPP'ye göre daha düşüktür. Galileo uydularının standart PPP çözümüne dâhil edildiği takdirde konum belirleme performansını iyileştirdiği açıktır.

Tablo 3. Günlük gözlem dosyalarının işlenmesi sonucunda GPS-PPP (G), Galileo-PPP (E) ve GPS/Galileo-PPP (GE) için tüm istasyonlardan elde edilen ortalama konum hataları ve KOH değerleri.

PPP Modu	Konum Hatası (mm)				KOH (mm)			
	K	D	Y	3B	K	D	Y	3B
G	2.3	8.9	12.0	19.0	5.5	13.5	23.6	28.6
E	7.3	7.2	20.1	23.8	6.9	17.2	24.9	31.8
GE	2.2	8.6	9.5	16.7	5.1	13.5	21.6	27.0

Tablo 3'te sunulan değerler her bir PPP senaryosu için ilgili hafta boyunca elde edilen ortalama değerlerdir ve günlük gözlemler sonucunda çözümlerin üretebileceği konum belirleme performansı açısından önemli bir fikir vermektedir. Ancak PPP açısından faz belirsizliklerinin yakınsaması gerçekleşikten sonra tahmin edilen konum bileşenlerinin çok fazla değişmediği bilinen bir gerçektir. Bu nedenle 24 saatlik çözüm için gözlem süresinin sonunda elde edilen sonuçların birbirine yakınlaşması beklenen bir durumdur. Ayrıca, daha önceden de belirtildiği gibi PPP tekniğinde beklenen yakınsama süresi genellikle 1 saat civarındadır. 24 saatlik çözümlerde yakınsama genellikle ilk 1-2 saat içerisinde gerçekleştiği için buradan elde edilecek sonuçlar sadece ilgili zaman dilimindeki yakınsama performansı hakkında bilgi vermektedir. Bu nedenle günlük çözümler için yakınsama performansı açısından bir değerlendirme yapmak yerine, bütün gün için yakınsama performansını ortaya çıkaracak bir analiz gerçekleştirmek daha sağlıklı bir yol olacaktır. İlave olarak, daha kısa gözlem sürelerinde PPP çözümlerinden elde edilebilecek konum doğrulukları bazı GNSS uygulamaları için önem arz eden bir konudur. Tüm bunlar göz önüne alındığında daha detaylı bir analiz gerçekleştirebilmek için ilgili veri seti bu kez 2 saatlik periyotlara ayrılarak yine üç farklı PPP

senaryosu altında işlenmiştir. Bu sayede bir haftalık dönem için 84 farklı periyot elde edilmiş ve her periyotta PPP çözümü sıfırdan gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4 GPS-PPP, Galileo-PPP ve GPS/Galileo-PPP için günlük gözlemlerin 2 saatlik periyotlara ayrılması ile gerçekleştirilen çözümlerden elde edilen ortalama konum hatalarını, KOH'ları ve yakınsama sürelerini göstermektedir. Burada elde edilen konum hatası değerleri 5 istasyon için toplamda 420 periyodun ortalamasıdır. Yakınsama süreleri ise yalnızca 2 saat içerisinde yakınsayan periyotlar dikkate alınarak hesaplanmıştır. Burada GPS-PPP, Galileo-PPP ve GPS/Galileo-PPP çözümleri için toplamda 420 periyodun sırasıyla %95, %94 ve %98'si 2 saatlik süre içinde yakınsamıştır. Tablo 4'ten görüleceği üzere iki saatlik periyot içerisinde istasyon koordinatları henüz gerçek değerine yeterince yakınsamadığı için bu çözümden elde edilen konum hataları ve KOH'lar günlük çözümlere göre daha yüksektir. Ayrıca Tablo 3'den görüleceği üzere standart PPP çözümünde (24 saatlik) yukarı yöndeki hata bileşenleri genel kabullere uygun olarak diğer hata bileşenlerine göre daha yüksektir (yaklaşık 1.5-2 kat). Ancak bu durum Tablo 4'te sunulan konum hataları için geçerli değildir. Bunun en büyük sebebi yine ilgili süre zarfında çözümün gerçek değere yeterince yakınsayamamasıdır.

Tablo 4. İki saatlik gözlem dosyalarının işlenmesi sonucunda GPS-PPP (G), Galileo-PPP (E) ve GPS/Galileo-PPP (GE) için tüm istasyonlardan elde edilen ortalama konum hataları, KOH değerleri ve yakınsama süreleri.

PPP Modu	Konum Hatası (mm)				KOH (mm)				Yakınsama Süresi (dk)
	K	D	Y	3B	K	D	Y	3B	
G	15.0	37.9	37.6	61.6	32.7	52.3	64.0	95.1	39.3
E	21.2	42.0	38.7	68.1	27.7	54.4	52.9	86.1	39.6
GE	12.9	26.7	31.2	47.5	19.8	36.7	44.6	64.8	25.1

Galileo-PPP, günlük çözümlerde olduğu gibi 2 saatlik çözümlerde de 3B konum hatası ve KOH değerleri incelendiğinde GPS-PPP'ye benzer sonuçlar üretmiştir. Yakınsama süresi açısından incelendiğinde ise yine GPS-PPP ve Galileo-PPP çözümlerinin birbirine yakın sonuçlar verdiği gözlenebilir. Diğer taraftan, 2 saatlik periyotlar için gerçekleştirilen PPP çözümlerinde GPS'e ek olarak Galileo uydularının çözüme dâhil edilmesi konum belirleme performansı açısından sonuçları günlük çözümlere göre daha fazla etkilemiştir. Ayrıca, her iki sistemin bir arada kullanılması yakınsama süresini de kayda değer oranda iyileştirmiştir.

Tablo 5 her üç PPP senaryosu için 2 saatlik çözümler sonucunda elde edilen ortalama konum hatalarını, KOH ve yakınsama süresi değerlerini istasyon bazında ayrı ayrı göstermektedir. Tablodan görüleceği üzere Galileo-PPP en kötü

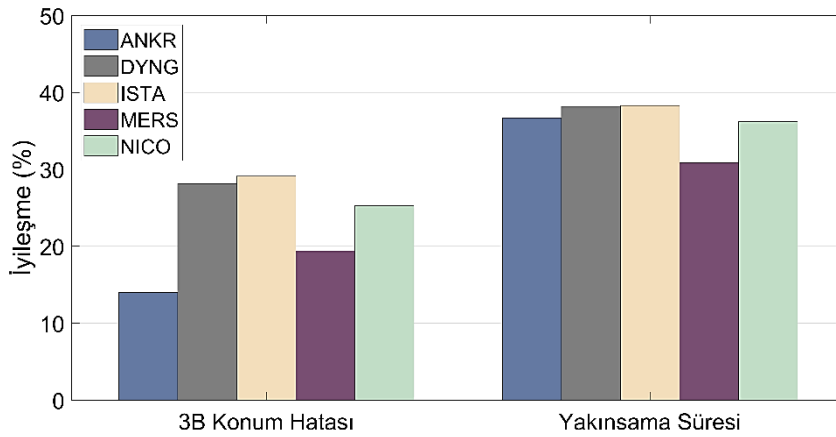
performansı ANKR istasyonunda göstermiştir. Ancak bu istasyonun GPS-PPP çözümlerinde de diğer istasyonlara kıyasla yüksek hata değerlerinin elde edildiği yine tablodan görülmektedir. ANKR istasyonu bir tarafa bırakılırsa Galileo-PPP çözümlerinin konum belirleme performanslarının görünür uydu sayılarına paralel olduğu ve en düşük ortalama 3B hata değerinin DYNG istasyonundan en büyük 3B hata değerlerinin ise ISTA istasyonunda elde edildiği yine ilgili tablodan görülebilir. İlave olarak DYNG istasyonunda Galileo-PPP GPS-PPP'ye kıyasla daha iyi konum belirleme performansı göstermiştir. Ayrıca, Tablo 5 KOH değerleri ve yakınsama süreleri açısından incelendiğinde konum hatalarında olduğu gibi istasyonlardaki görünür uydu sayılarına paralel sonuçların elde edildiği görülmektedir.

Tablo 5. İki saatlik gözlem dosyalarının işlenmesi sonucunda GPS-PPP (G), Galileo-PPP (E) ve GPS/Galileo-PPP (GE) için istasyon bazında elde edilen ortalama konum hataları, KOH değerleri ve yakınsama süreleri.

İstasyon	PPP Modu	Konum Hatası (mm)				KOH (mm)				Yakınsama Süresi (dk)
		K	D	Y	3B	K	D	Y	3B	
ANKR	G	16.5	46.1	46.6	73.9	35.6	63.1	54.6	96.4	36.0
	E	32.4	62.0	58.8	97.8	33.8	70.0	69.4	109.1	36.6
	GE	15.5	43.5	35.9	63.6	24.2	52.1	45.9	77.3	22.8
DYNG	G	17.6	35.1	30.5	57.9	47.5	56.2	72.5	109.6	30.7
	E	14.6	30.6	32.8	54.5	21.9	41.4	48.9	71.9	32.5
	GE	12.7	19.4	29.5	41.7	16.5	32.5	39.6	56.9	19.0
ISTA	G	12.5	36.9	33.3	55.8	30.0	49.7	58.0	87.7	45.4
	E	24.2	41.2	33.9	67.3	38.8	59.4	50.2	94.0	43.4
	GE	11.4	22.2	27.1	39.6	21.8	31.6	44.3	61.9	28.0
MERS	G	14.3	33.5	35.2	55.8	22.2	41.8	50.4	73.9	39.3
	E	15.6	33.8	34.2	56.3	18.6	45.5	43.8	70.0	40.8
	GE	12.8	24.9	28.5	45.0	16.1	32.9	33.9	53.3	27.1
NICO	G	14.0	39.5	45.1	67.1	28.0	52.0	86.1	110.3	45.8
	E	20.6	45.6	36.2	68.9	26.0	58.6	54.8	89.3	45.4
	GE	12.4	25.6	36.7	50.2	21.4	36.6	61.8	78.4	29.2

Son olarak, GPS'e ek olarak Galileo uydularının çözüme dâhil edilmesinin PPP çözümüne etkisinin incelenmesi açısından Tablo 4'te sunulan 2 saatlik çözümler için elde edilen ortalama değerlere bakıldığında, tüm istasyonlar için Galileo uydularının çözüme dâhil edilmesinin GPS-PPP sonuçlarını 3B konum hatası ve yakınsama süresi açısından sırasıyla ortalama %22.9 ve %36.1 oranında iyileştirdiği görülmektedir. Ayrıca, GPS/Galileo-PPP çözümünün GPS-PPP çözümüne kıyasla üç boyutlu konum hatası ve yakınsama süresi açısından her istasyon için sağlanan iyileştirme

oranları Şekil 4'te ayrı ayrı gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği üzere Galileo/GPS-PPP çözümü her istasyonda GPS-PPP çözümünü gerek üç boyutlu konum hatası gerekse yakınsama süresi açısından kayda değer oranda iyileştirmiştir. Yakınsama süresindeki iyileşme oranlarının her istasyonda konum hatasındaki iyileşmeye göre daha yüksek seviyede olduğu şekilden rahatlıkla görülmektedir. Sonuçta, GPS ve Galileo uydularının ortak kullanılması durumunda PPP çözümlerinden daha kısa sürede daha yüksek doğruluğa sahip çözümler elde edilmektedir.



Şekil 4. GPS/Galileo-PPP çözümü kullanıldığında GPS-PPP çözümüne kıyasla istasyon bazında üç boyutlu konum hatası ve yakınsama süresi açısından iyileşme oranları.

4. ÖZET VE SONUÇLAR

Bu çalışmanın temel amacı ülkemiz ve çevresi için tek başına kullanıldığında Galileo'nun güncel PPP performansını ve çoklu-GNSS çözümüne katkısını incelemektir. Bu bağlamda 17-23 Şubat 2019 tarihleri arasındaki bir haftalık süreyi kapsayan deneysel bir test gerçekleştirilmiştir. Ülkemiz ve yakın çevresinde yer alan 5 MGEX istasyonundan elde edilen günlük gözlem verileri GPS, Galileo ve GPS/Galileo-PPP senaryoları altında ayrı ayrı işlenmiştir. PPP çözümlerinden elde edilen sonuçlar konum hatası, karesel ortalama hata ve yakınsama süresi açısından değerlendirilmiştir. Diğer taraftan, PPP performansı açısından önemli konulardan birisi olan görünür uydu sayıları hem GPS hem de Galileo için analiz edilmiştir. Galileo uydu görünürlüğü istasyona bağlı olarak GPS uydu görünürlüğüne göre daha fazla değişmektedir. Bunun en önemli nedeni Galileo'nun henüz uydu takımını tamamlamamış olması ve yörünge düzlemlerindeki düzensiz uydu dağılımıdır.

24 saatlik PPP çözümlerinden elde edilen sonuçlar incelendiğinde GPS-PPP, Galileo-PPP ve GPS/Galileo-PPP çözümlerinin sırasıyla ortalama 19.0, 23.8 ve 16.7 mm 3B konum hatasına sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, daha detaylı bir analiz gerçekleştirebilmek için ilgili veri seti 2 saatlik periyotlara ayrılarak yine üç farklı PPP senaryosu altında işlenmiştir. Buradan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, GPS-PPP, Galileo-PPP ve GPS/Galileo-PPP için sırasıyla ortalama 61.6, 68.1 ve 47.5 mm 3B konum hatası değerleri elde edildiği görülmektedir. GPS-PPP, Galileo-PPP ve GPS/Galileo-PPP çözümleri için elde edilen ortalama yakınsama süreleri ise sırasıyla 39.3, 39.6 ve 25.1 dakikadır. Ek olarak, üç farklı PPP çözümünün konum hataları ve yakınsama süreleri istasyonlar özelinde ayrıca incelenmiştir. Galileo-PPP performansının istasyon bazında küçük değişiklikler gösterse de genellikle GPS-PPP çözümüne benzer sonuçlar ürettiği görülmüştür. Hatta incelenen istasyonlar içinde görünür Galileo uydu ortalaması en yüksek olan DYNG istasyonunda Galileo-PPP çözümü GPS-PPP'ye kıyasla daha başarılıdır. Sonuçta, Galileo'nun Türkiye ve yakın çevresinde PPP

çözümünü gerçekleştirmek için yeterli uydu sağladığı ve Galileo-PPP çözümlerinin GPS-PPP'ye yakın sonuçlar ürettiği görülmektedir. Ortalama olarak Galileo-PPP performansının GPS-PPP sonuçlarına kıyasla düşük olmasında Galileo görünür uydu sayısının nispeten daha az olmasının etkisi olduğu söylenebilir. Öte yandan, GPS'e ek olarak Galileo uydularının dâhil edildiği PPP çözümleri standart PPP çözümüne göre PPP performansını gerek konum doğruluğu gerekse yakınsama süresi açısından kayda değer oranda iyileştirmektedir.

Sonuç olarak, Galileo uydu takımı tamamlanmamış olmasına rağmen şu anda 24 kullanılabilir uydu ile PPP açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Galileo uydu dağılımındaki düzensizlikler nedeniyle görünür uydu sayıları istasyon bazında küçük değişiklikler göstermektedir. Ancak, yakın gelecekte Galileo uydu takımının tamamlanacağı düşünüldüğünde bu farklılıkların ortadan kalkacağı öngörülebilir. Ayrıca, Galileo'nun tam faaliyete geçmesiyle birlikte uydu yörünge ve saat bilgilerinin iyileşeceği de düşünülürse Galileo'nun PPP açısından GPS'e önemli bir alternatif haline gelebileceği söylenebilir.

ORCID

Berkay BAHADUR  <https://orcid.org/0000-0003-3169-8862>

Metin NOHUTCU  <https://orcid.org/0000-0001-9582-582X>

KAYNAKLAR

Bahadur, B. ve Nohutcu, M. (2018a). PPPH: a MATLAB-based software for multi-GNSS precise point positioning analysis. *GPS Solutions*, 22(4), 113. Doi: 10.1007/s10291-018-0777-z

Bahadur, B. ve Nohutcu, M. (2018b). Türkiye ve yakın çevresi için çoklu-GNSS kombinasyonlarının PPP performansına etkisi. *Harita Dergisi*, 84(160), 1-11.

Böhm, J., Niell, A., Tregoning, P. ve Schuh, H. (2006). Global Mapping Function (GMF): A new empirical mapping function based on numerical weather model data. *Geophysical Research Letters*, 33(7), L07304. Doi: 10.1029/2005GL025546

Cai, C. ve Gao, Y. (2013). Modeling and assessment of combined GPS/GLONASS precise point positioning. *GPS Solutions*, 17(2), 223-236. Doi: 10.1007/s10291-012-0273-9

Cai, C., Gao, Y., Pan, L. ve Zhu, J. (2015). Precise point positioning with quad-constellations: GPS, BeiDou, GLONASS and Galileo. *Advances in Space Research*, 56(1), 133-143. Doi: 10.1016/j.asr.2015.04.001

Choy, S., Bisnath, S. ve Rizos, C. (2017). Uncovering common misconceptions in GNSS Precise Point Positioning and its future prospect. *GPS solutions*, 21(1), 13-22. Doi: 10.1007/s10291-016-0545-x

Davis, J. L., Elgered, G., Niell, A. E. ve Kuehn, C. E. (1993). Ground-based measurement of gradients in the "wet" radio refractivity of air. *Radio Science*, 28(6), 1003-1018. Doi: 10.1029/93RS01917

European GNSS Service Centre. (t.y.). Programme. Erişim adresi: <https://www.gsc-europa.eu/galileo-gsc-overview/programme>

Hernández-Pajares, M., Roma-Dollase, D., García-Fernández, M., Orús-Pérez, R. ve García-Rigo, A. (2018). Precise ionospheric electron content monitoring from single-frequency GPS receivers. *GPS Solutions*, 22(4), 102. Doi: 10.1007/s10291-018-0767-1

International GNSS Service. (t.y.). Products. Erişim adresi: <http://www.igs.org/products>

Kouba, J. ve Héroux, P. (2001). GPS precise point positioning using IGS orbit products. *GPS Solutions*, 5(2), 12-28. Doi: 10.1007/PL00012883

Kouba, J. (2015). A guide to using International GNSS Service (IGS) products. Erişim Adresi: <https://kb.igs.org/hc/en-us/articles/201271873-A-Guide-to-Using-the-IGS-Products>

Lagler, K., Schindelegger, M., Böhm, J., Krásná, H. ve Nilsson, T. (2013). GPT2: Empirical slant delay model for radio space geodetic techniques. *Geophysical Research Letters*, 40(6), 1069-1073. Doi: 10.1002/grl.50288

Li, P. ve Zhang, X. (2014). Integrating GPS and GLONASS to accelerate convergence and initialization times of precise point positioning. *GPS solutions*, 18(3), 461-471. Doi: 10.1007/s10291-013-0345-5

Li, X., Ge, M., Dai, X., Ren, X., Fritsche, M., Wickert, J. ve Schuh, H. (2015). Accuracy and reliability of multi-GNSS real-time precise positioning: GPS, GLONASS, BeiDou, and Galileo. *Journal of Geodesy*, 89(6), 607-635. Doi: 10.1007/s00190-015-0802-8

- Liu, T., Yuan, Y., Zhang, B., Wang, N., Tan, B. ve Chen, Y. (2017). Multi-GNSS precise point positioning (MGPPP) using raw observations. *Journal of Geodesy*, 91(3), 253-268. Doi: 10.1007/s00190-016-0960-3
- Lu, C., Li, X., Nilsson, T., Ning, T., Heinkelmann, R., Ge, M., ... Schuh, H. (2015). Real-time retrieval of precipitable water vapor from GPS and BeiDou observations. *Journal of Geodesy*, 89(9), 843-856. Doi: 10.1007/s00190-015-0818-0
- Montenbruck, O., Steigenberger, P., Prange, L., Deng, Z., Zhao, Q., Perosanz, ... Schaer, S. (2017). The Multi-GNSS Experiment (MGEX) of the International GNSS Service (IGS)—achievements, prospects and challenges. *Advances in Space Research*, 59(7), 1671-1697. Doi: 10.1016/j.asr.2017.01.011
- Paziewski, J., Sieradzki, R. ve Baryla, R. (2018). Multi-GNSS high-rate RTK, PPP and novel direct phase observation processing method: Application to precise dynamic displacement detection. *Measurement Science and Technology*, 29(3), 035002. Doi: 10.1088/1361-6501/aa9ec2
- Petit, G. ve Luzum, B. (2010). IERS Conventions 2010, IERS Technical Note 36, Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, 2010. 179 pp., ISBN 3-89888-989-6.
- Rizos, C., Montenbruck, O., Weber, R., Weber, G., Neilan, R. ve Hugentobler, U. (2013). The IGS MGEX experiment as a milestone for a comprehensive multi-GNSS service. *Proceedings of the ION 2013 Pacific PNT Meeting* (s. 289-295) içinde. Honolulu, Hawaii.
- Saastamoinen, J. (1972). Contributions to the theory of atmospheric refraction. *Bulletin Géodésique*, 105(1), 279-298.
- Shi, J., Yuan, X., Cai, Y. ve Wang, G. (2017). GPS real-time precise point positioning for aerial triangulation. *GPS solutions*, 21(2), 405-414. Doi: 10.1007/s10291-016-0532-2
- Steigenberger, P., Hugentobler, U., Loyer, S., Perosanz, F., Prange, L., Dach, R., ... Montenbruck, O. (2015). Galileo orbit and clock quality of the IGS Multi-GNSS Experiment. *Advances in Space Research*, 55(1), 269-281. Doi: 10.1016/j.asr.2014.06.030
- Tegedor, J., Øvstedal, O. ve Vigen, E. (2014). Precise orbit determination and point positioning using GPS, Glonass, Galileo and BeiDou. *Journal of Geodetic Science*, 4(1), 65-73. Doi: 10.2478/jogs-2014-0008
- Wright, T. J., Houlié, N., Hildyard, M. ve Iwabuchi, T. (2012). Real-time, reliable magnitudes for large earthquakes from 1 Hz GPS precise point positioning: The 2011 Tohoku-Oki (Japan) earthquake. *Geophysical Research Letters*, 39(12). Doi: 10.1029/2012GL051894
- Wu, J. T., Wu, S. C., Hajj, G. A., Bertiger, W. I. ve Lichten, S. M. (1993). Effects of antenna orientation on GPS carrier phase. *Manuscripta Geodaetica*, 18(2), 91-98.
- Yalvac, S. ve Berber, M. (2018). Galileo satellite data contribution to GNSS solutions for short and long baselines. *Measurement*, 124, 173-178. Doi: 10.1016/j.measurement.2018.04.020
- Yigit, C. O. ve Gurlek, E. (2017). Experimental testing of high-rate GNSS precise point positioning (PPP) method for detecting dynamic vertical displacement response of engineering structures. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2), 893-904. Doi: 10.1080/19475705.2017.1284160
- Zumberge, J. F., Heflin, M. B., Jefferson, D. C., Watkins, M. M. ve Webb, F. H. (1997). Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 102(B3), 5005-5017. Doi: 10.1029/96JB03860

Değiştirilmiş AHP (M-AHP) Yöntemi Kullanılarak Ankara İçin Taşkın Duyarlılık Haritası Üretimi

(Flood Susceptibility Mapping for Ankara using Modified AHP (M-AHP) Method)

Burhan Sözer¹ , Sultan Kocaman¹ , Hakan A. Nefeslioğlu² ,
Orhan Fırat³ , Candan Gökçeoğlu² 

¹Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 08100, Ankara
bbsozer@gmail.com, sultankocaman@hacettepe.edu.tr

²Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 08100, Ankara
hanefeslioglu@hacettepe.edu.tr, cgokce@hacettepe.edu.tr

³Harita Genel Müdürlüğü, 06590, Çankaya, Ankara
orhan.firat@harita.gov.tr

Geliş Tarihi (Received): 06.05.2019

Kabul Tarihi (Accepted): 26.06.2019

ÖZ

Doğal afetlerin artışıyla birlikte doğal tehlike duyarlılık haritalarının üretimi giderek daha önemli haline gelmiştir. Bu haritalar, şehir planlaması, afet risk değerlendirmesi, afet sonrası öncesi ve sonrası planlama çalışmaları gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ankara'da son yıllarda sıklıkla gerçekleşen aşırı yağışlar ve taşkın olayları, yarı-otomatik veya otomatik yöntemlerle taşkın duyarlılık haritası üretiminin önemini ortaya koymuştur. Bu çalışmanın temel hedefi Ankara için taşkın duyarlılık haritası üretimidir. Bu amaçla uzman görüşüne başvurularak "Değiştirilmiş Analitik Hiyerarşik Süreci (M-AHP)" kullanılmış, alanlarındaki uzman kişiler tarafından, karar verme sürecinde kullanılan parametrelerin önem dereceleri puan olarak belirlenmiştir. Analizlerde kullanılan konumsal veriler Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından sağlanmıştır ve 2008 yılında Ankara üzerinde alınmış sayısal hava fotoğraflarını ve bunlardan üretilmiş olan TopoVT veritabanında saklanan vektör verileri içermektedir. Veriler ön işleme ile M-AHP yönteminde kullanılabilir hale getirilmiştir. Ön işleme aşamasında TopoVT'de yer alan münhaniler kullanılarak sayısal arazi modeli (SAM) çıkarılmış, ayrıca SAM'ın türevleri olan su toplama alanları, eğim, topografik nemlilik indeksi haritaları üretilmiştir. Litolojik veriler analizlere dahil edilerek kentteki kayaç yapısının karar verme sürecinde kullanılması sağlanmıştır. Arazi örtüsü verileri 24 Ağustos 2018 yılında alınmış Landsat-8 uydu görüntülerinin maksimum olasılık yöntemiyle denetimli sınıflandırması ile elde edilmiştir. Bu veriler M-AHP ile karar sürecine sokularak Ankara için taşkın duyarlılık haritası üretilmiştir. Üretilen taşkın duyarlılık haritası bu çalışmada sunulmaktadır. Ayrıca ham fotogrametrik uçuş verileriyle ortofoto ve sayısal yüzey modeli (SYM) üretilmiş ve taşkın duyarlılık haritasının 3 boyutlu görselleştirilmesinde altlık olarak kullanılmıştır. Çıktı harita olan Ankara'daki taşkına duyarlı alanların bu alanda bir ön araştırma olması ve planlama, afet yönetimi gibi alanlarda ilgili çalışmalara altlık oluşturması düşünülmektedir.

ABSTRACT

With the increase in natural disasters, it has been crucial to produce hazard susceptibility maps. These maps can be used for efficient urban planning, disaster risk assessment and planning before and after disasters. The frequent flood events occurred in Ankara in recent years have shown the importance of production of flood susceptibility maps with semi- or fully-automatic methods. The main purpose of the present study is to produce the flood susceptibility map of Ankara. For this reason, an expert based algorithm with a Modified Analytic Hierarchy Process (M-AHP) have been used by prioritizing the parameters by the responsible expert. The geospatial datasets used in the modeling and mapping process have been provided by the General Directorate of Mapping (HGM). The datasets include the aerial photos of Ankara acquired on 24 August 2018 and vector datasets stored in TopoVT spatial database. These datasets have been pre-processed for M-AHP. The digital terrain model (DTM) has been extracted from the contour lines stored in TopoVT, and the DTM derivatives such as flow accumulation, slope gradient, and topographic wetness index have been computed. The lithology data has also been integrated in the decision making process. The land cover data have been extracted from Landsat-8 satellite images by using a maximum likelihood supervised classification method. The flood susceptibility values have been produced by analyzing the input datasets using M-AHP and transformed into a susceptibility map which is presented here. In addition, a dense digital surface model (DSM) and orthophotos have been produced from aerial images and used for 3D visualization to provide a base for visual interpretation. The outcomes of this study are considered to be preliminary for similar efforts and the maps can be base data for site selection, urban planning and disaster management.

Keywords: Flood Susceptibility Map, Natural Hazards, Disaster, M-AHP, Ankara.

Anahtar Kelimeler: Taşkın Duyarlılık Haritası, Doğal Tehlike, Afet, M-AHP, Ankara

1. GİRİŞ

Son yüzyılda insan nüfusu neredeyse yedi kat artmış ve sanayileşmenin bir sonucu olarak da bu nüfusun büyük çoğunluğu mega kentlerde yaşamaya başlamıştır. Aşırı kentleşme tabiatın doğal hidrografik yapısını bozmakta ve yüzeyin geçirimsiz malzemeler ile kaplanmasına sebep olmaktadır. Bu durumda yağışların önemli bir kısmı yüzey akışına geçmekte ve özellikle kent alanlarının düşük kotlarında aşırı birikmelere sebep olmaktadır. Aşırı yağışın bir sonucu olan taşkın, insanların yaşamlarını, sosyo-ekonomik ve ekolojik sistemleri etkileyen dünya çapındaki en yıkıcı afetlerden biridir (Alexander, Faulkner, Viavattene ve Priest, 2011). Bu yıkıcı doğal afet önemli miktarda can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Gelecekte de taşkın riski, sosyo-ekonomik gelişme ve iklim değişikliği nedeniyle artmaya devam edecektir (Hans, Arthur ve Ligtvoet, 2014; Winsemius ve diğerleri 2015). Taşkın riskini azaltma stratejilerinin geliştirilmesi ve insan güvenliğinin sağlanması, çeşitli kurum ve kuruluşların yanı sıra devletlerin ortak çabasıdır gerektirmektedir (Ntajala, Lamprey, Mahamadou ve Nyarkod, 2017). Taşkınlar ve diğer doğal tehlikelerden kaynaklanan kayıpları en aza indirmek için kamu kurumu ve kuruluşları, üniversiteler çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Bu sayede can ve mal kayıpları azaltılabilir, altyapının hasar görmesinin ve diğer ekonomik zararların önüne geçilebilir.

Afet Epidemiyolojisi Araştırma Merkezi raporuna göre (CRED, 2018) 2016-2017 yılları arasında en sık meydana gelen afet taşkın iken; 2017 yılında fırtınadan sonra ikinci sırada gelmiştir. Ayrıca 2017 yılında meydana gelen taşkınlardan ötürü ölüm ve etkilenenlerin sayısı sırasıyla 3000 ve 50 milyondan fazladır (CRED, 2018).

Gökçe (2008)'e göre Türkiye'de deprem ve heyelandan sonra taşkın en önemli üçüncü afettir. Kömüçü (2011)'ye göre Marmara Bölgesi çevresinde 8-12 Eylül 2009 tarihleri arasında yaşanan taşkın afeti, 1957 Ankara ve 1995 İzmir taşkın afetlerinden sonra ülkemizde en fazla can kaybının yaşandığı sel afetlerinden biridir. Bunda iklim değişimin etkisi büyüktür ve önümüzdeki on yıl içerisinde taşkınların daha çok görüleceği beklenmektedir. Afet öncesi etkin planlama için üniversiteler ile kamu kurum ve kuruluşlarının birlikte çalışmaları gerekmektedir.

Çeşitli platformlardan coğrafi veri toplama yöntemlerinin (ör. uydu ve hava radar ve optik algılayıcıları, yersel mobil, web ve akıllı telefon uygulamaları ile gönüllü katkısı, vb.) artışına

paralel olarak veri işleme, analiz ve sunum yöntemleri de günümüzde giderek gelişmiştir. Sıklıkla toplanabilen bu verilerin ve coğrafi teknolojilerin kullanılması ile etkin kentsel planlama ve afet yöntemlerinin de geliştirilmesi mümkündür.

Bu çalışmada, Ankara'da son yıllarda sıklıkla meydana gelen taşkınlar dikkate alınarak, kentsel planlama ve afet yönetimi çalışmalarına altlık olmak üzere Ankara şehri için taşkın duyarlılık haritası üretilmiştir. Hacettepe Üniversitesi ve Harita Genel Müdürlüğü (HGM) arasında düzenlenmiş olan "Fotogrametri ve Afet Araştırmaları Alanlarında İşbirliği Protokolü" kapsamında, ülkemizin en köklü harita üretim kurumu ile bir araştırma üniversitesinin ortak yürüttüğü bu çalışmada, Ankara üzerinde 2008 yılında alınan hava fotoğrafları ve çeşitli yıllarda manuel ve yarı-otomatik yöntemlerle üretilmiş olan ve TopoVT veritabanında vektör olarak saklanan arazi kullanımı ve sayısal arazi modeli verileri kullanılmıştır. Veriler yer bilimleri uzmanları tarafından irdelenerek karar destek sürecinde ihtiyaç duyulanlar seçilmiştir. Karar destek yöntemi olarak Değiştirilmiş AHP (M-AHP) (Nefeslioğlu, Sezer, Gökçeoğlu ve Ayas, 2013) kullanılmıştır. Karar destek sürecinde kullanılan her parametre uzman görüşleri doğrultusunda ağırlıklandırılmış (puanlandırılmış) ve her bir parametrenin alabileceği en yüksek puanın belirlendiği yarı-otomatik bir süreç oluşturulmuştur. Hava fotoğraflarından üretilen ortofoto ve sayısal yüzey modeli (SYM) 3 boyutlu görselleştirilerek uzmanlara ek görsel yorumlama ortamı yaratılmış ve sonuçların değerlendirilmesi sağlanmıştır. Üretilen taşkın duyarlılık haritasının çeşitli planlama çalışmaları için altlık olarak kullanılabileceği öngörülebilir.

2. VERİ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada izlenen aşamalar temel olarak dörde ayrılabilir. Birinci aşamada veri elde etme ve dönüştürme işlemleri gerçekleştirilmiştir. HGM tarafından üretilen fotogrametrik uçuş verileri ve TopoVT veritabanında yer alan vektör veriler ile bir veritabanı oluşturulmuştur. Vektör veriler kullanılarak sayısal arazi modeli (SAM) ve SAM'den ise su toplama alanları, eğim, yükseklik sınıfları, topografik nemlilik indeksi haritaları üretilmiştir. Ayrıca TopoVT veritabanındaki havza verileri işlenerek nehirle, kuru ve kalıcı derelere mesafeler hesaplanmıştır. Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'ne ait Yerbilimleri Harita Görüntüleyici ve Çizim Editörü kullanılarak kente ait litoloji verileri temin edilmiştir. Ayrıca ücretsiz sağlanan ve 24 Ağustos 2018 tarihinde elde edilen Landsat-8 uydu görüntüleri USGS

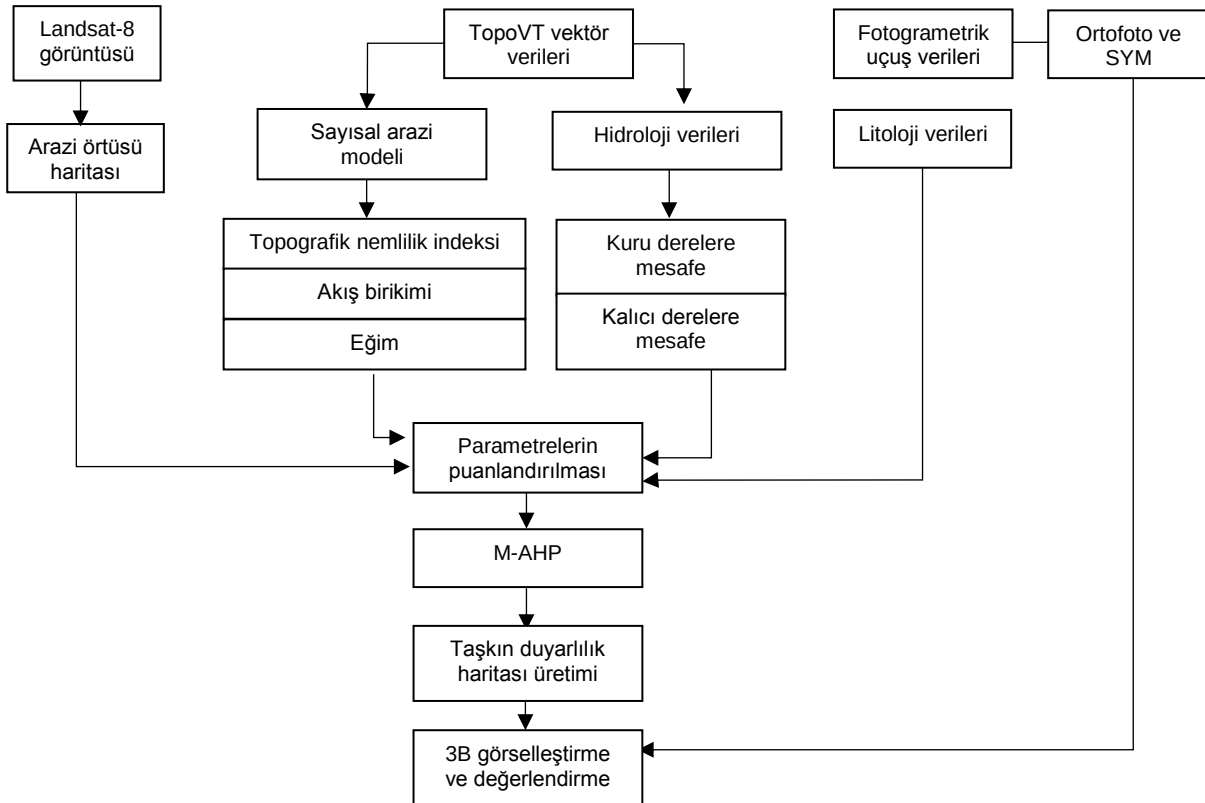
EarthExplorer sitesinden indirilerek Ankara'ya ait arazi örtüsü haritası üretilmiştir. Bu görüntüye maksimum olabilirlik yöntemiyle denetimli sınıflandırma uygulanmış ve sulak alan, açık alan, yeşil alan, sanayi bölgesi, yerleşim bölgesi ve yol sınıfları belirlenmiştir. Bu sınıflandırma işleminin doğruluğunu değerlendirmek için tabakalı örnekleme yöntemi seçilmiştir. Bu yöntemde görüntü ile sınıflandırma sonucu elde edilen arazi örtüsü haritası arasındaki değerler karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda genel doğruluk 0.812, kappa ise 0.766 olarak hesaplanmıştır.

İkinci aşamada taşkın için koşul faktörleri değerlendirilip, puanlar belirlenmiş; söz konusu puanlar uzman görüşü olarak Sözer, Kocaman, Nefeslioğlu, Fırat ve Gökçeoğlu (2018) tarafından sunulmuştur. Üçüncü aşamada, karar destek sistemi olan Değiştirilmiş Analitik Hiyerarşi Süreci (M-AHP) kullanılarak Ankara'nın yoğun yerleşim alanlarında taşkın duyarlılığı haritası üretilmiştir. Son aşamada, üretilen harita 3B görsel haritalar ile değerlendirilmiştir. Temel iş akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.

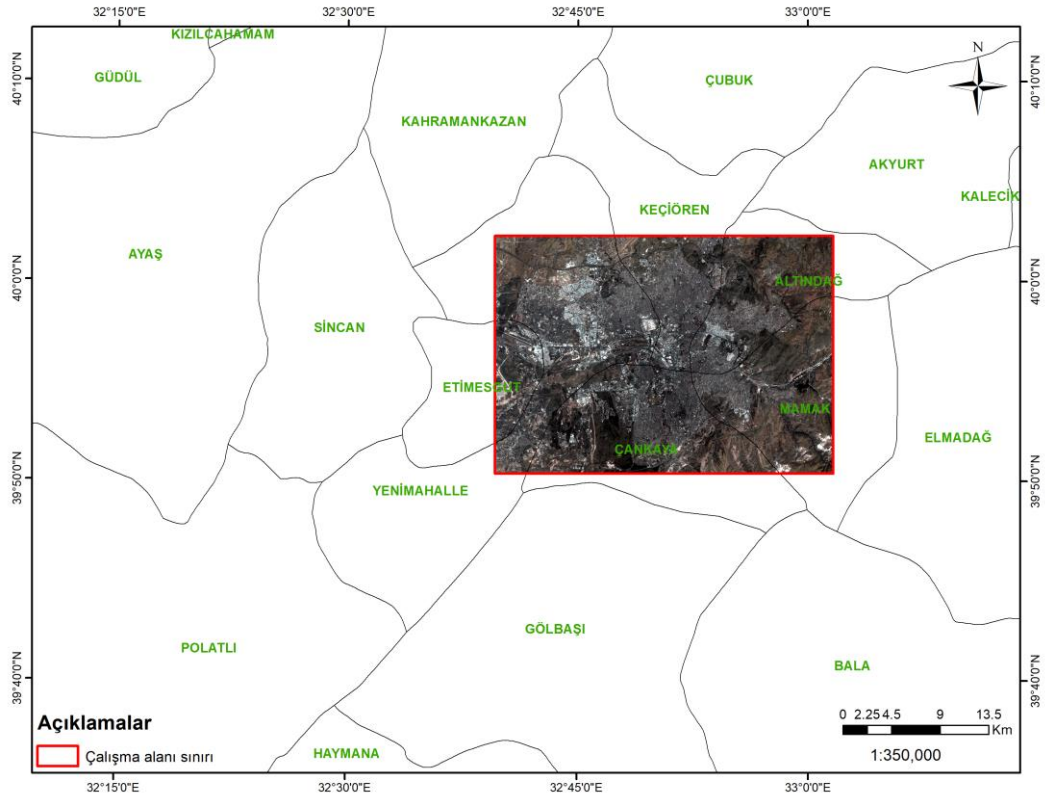
a. Veri Setleri

Harita Genel Müdürlüğü tarafından UltraCam-X kamerası kullanılarak 2008 yılında

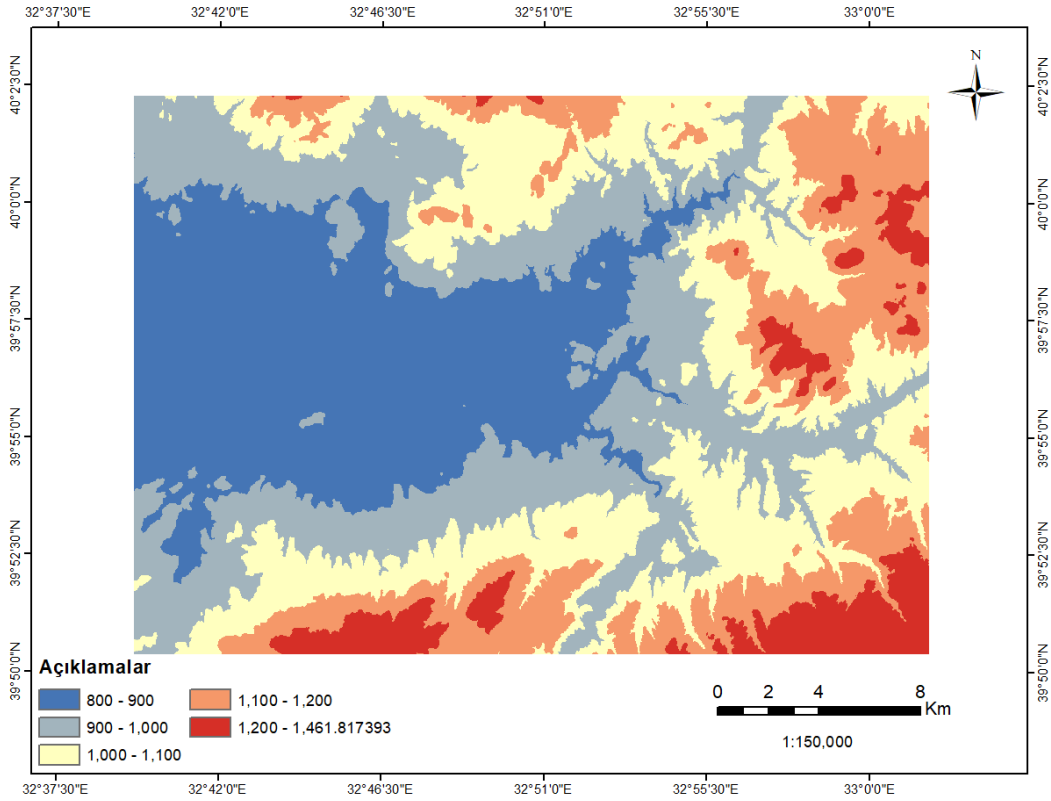
çekilen sayısal hava fotoğrafları, iç ve dış yöneltme parametreleri ile birlikte alınmış, Ankara'ya ait sayısal yükseklik modeli (SYM) ve ortofotolar üretilmiştir. Ayrıca HGM tarafından oluşturulan ve 352 farklı nesne bilgisi içeren Topografik Vektör Veritabanı'ndan (TopoVT) vektör veriler alınmıştır. Bu verilerden hidrolojik katmanlar (göller, nehirler, kuru dereler, vb.) ön işlemle geçirilerek grid veriye (TIFF formatında raster) dönüştürülmüş ve M-AHP süreci için kullanıma hazır hale getirilmiştir. Münhani verileri kullanılarak sayısal arazi modeli (SAM) üretilmiş ve SAM'dan akış birikimi (su toplama bölgeleri), eğim, yükseklik sınıfları ve topografik nemlilik indeksi verileri masaüstü CBS yazılımları kullanılarak yine grid yapısında üretilmiştir. Litoloji verileri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün Yer Bilimleri Veri Portalı'ndan (Akbaş ve diğerleri, 2002) alınmıştır. Bu çalışmada litoloji parametresinin değerlendirilmesinde ana litoloji türlerinin nisbi geçirgenlikleri değerlendirilmiştir (Bell, 2007). Ayrıca Landsat-8 uydu görüntüleri kullanılarak arazi örtüsü için maksimum olabilirlik yöntemiyle denetimli sınıflandırma yapılmıştır. Çalışma alanının sınırları Şekil 2'de gösterilmiştir. Üretilen veriler Şekil 3a-g'de aralığında gösterilmektedir.



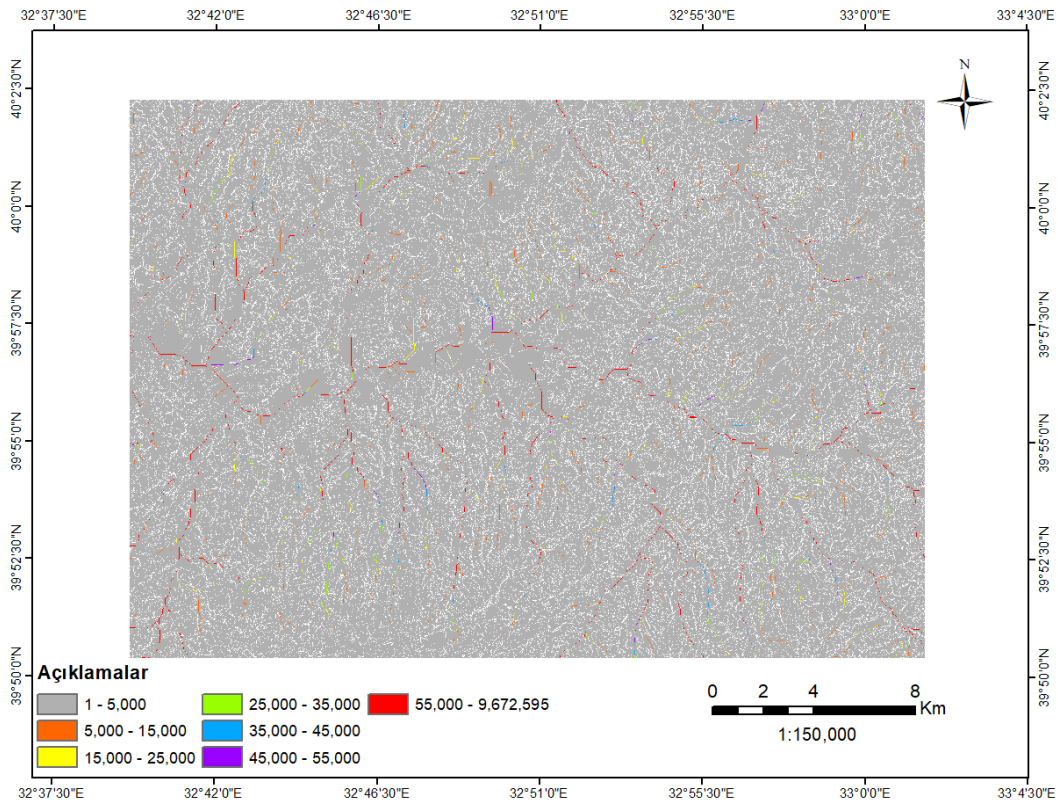
Şekil 1. İş akış şeması



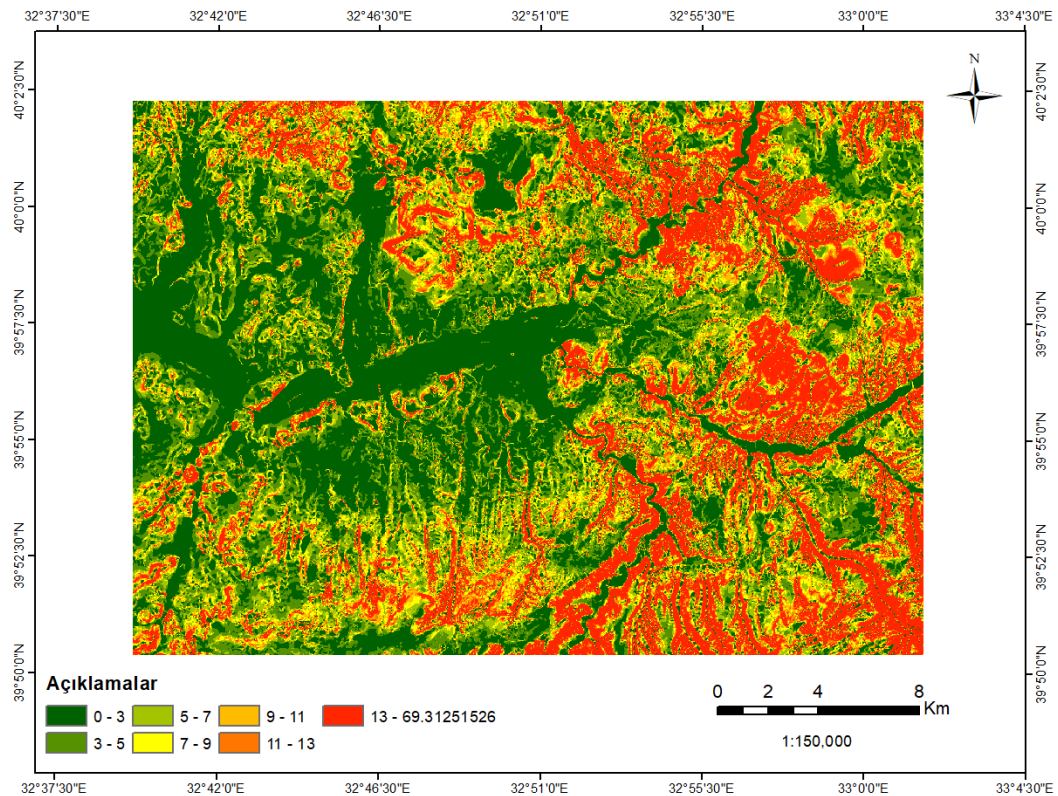
Şekil 2. Seçilen çalışma alanının sınırları.



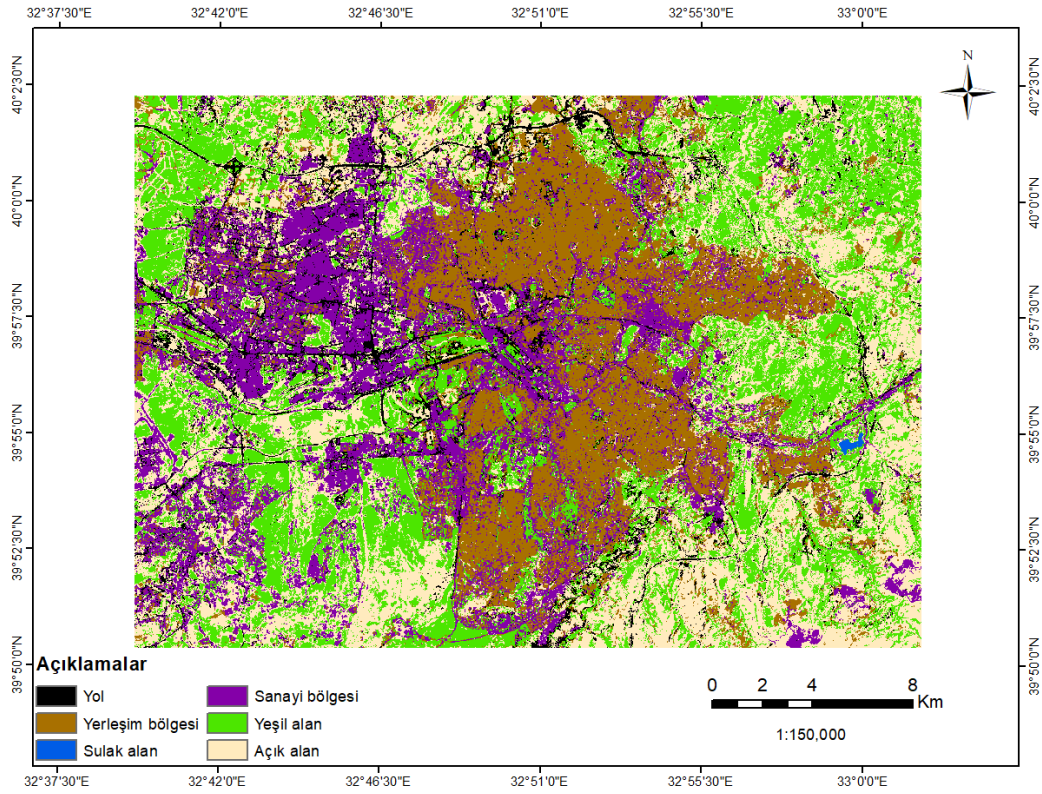
Şekil 3-a. Sayısal arazi modeli (SAM)



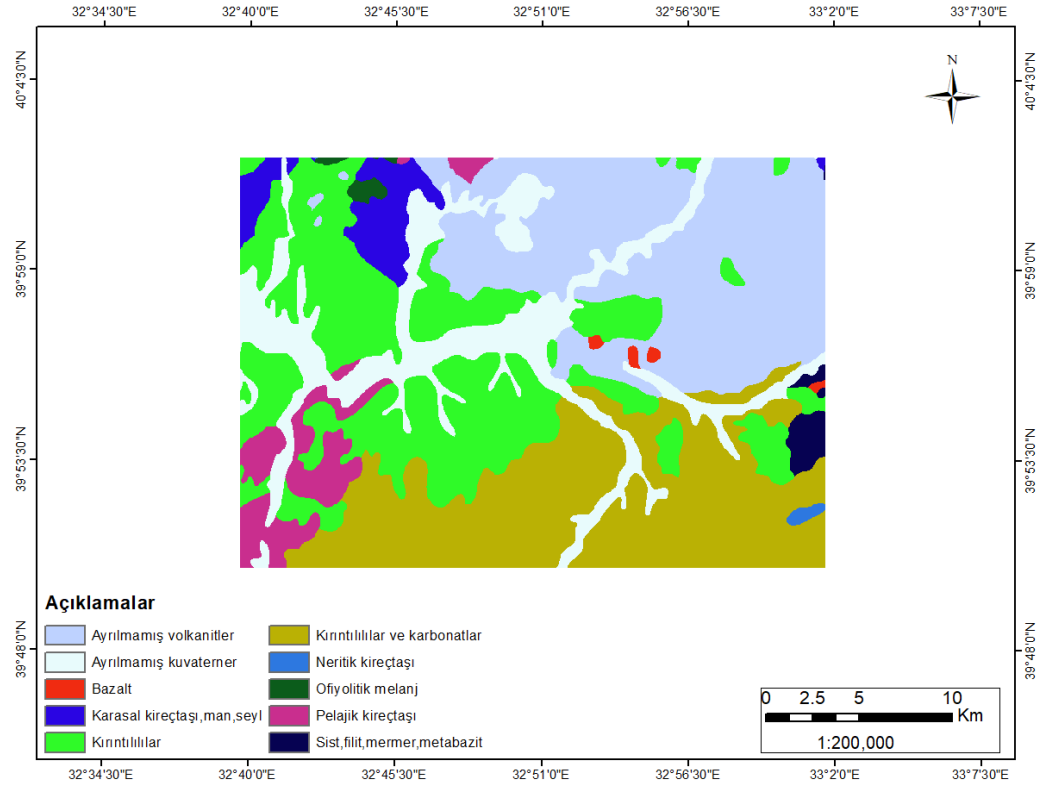
Şekil 3-b. Akış birikimi (su toplama bölgeleri).



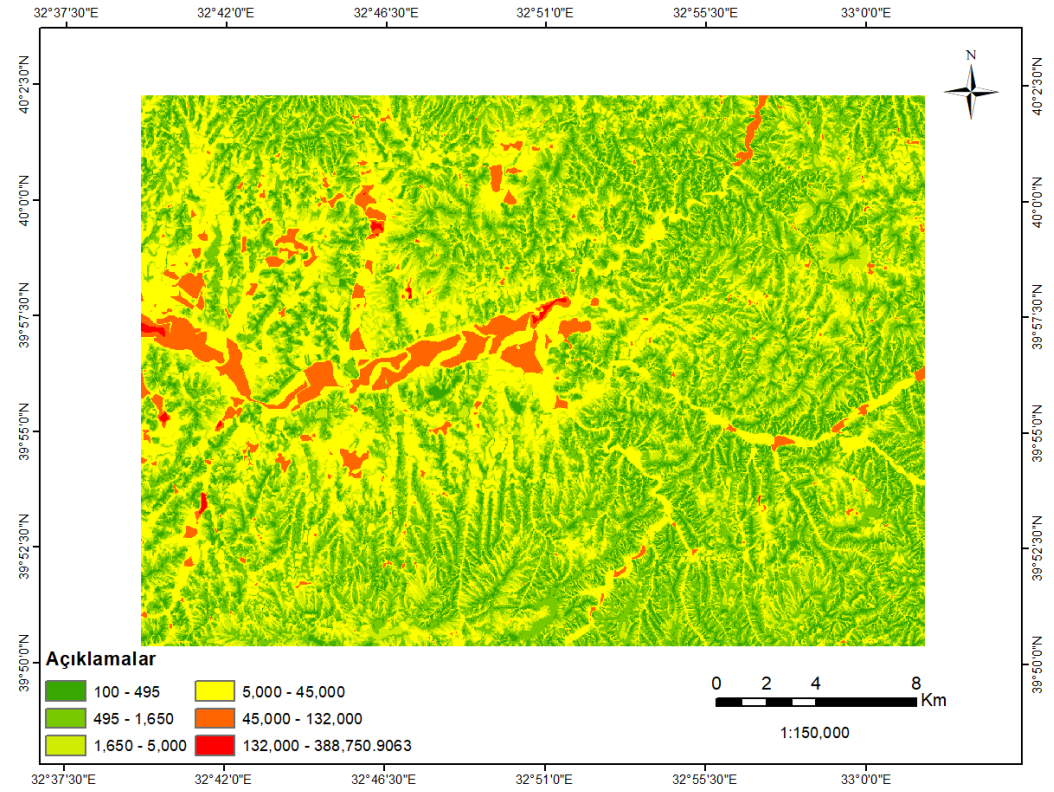
Şekil 3-c. Eğitim haritası (birim derece olarak verilmiştir).



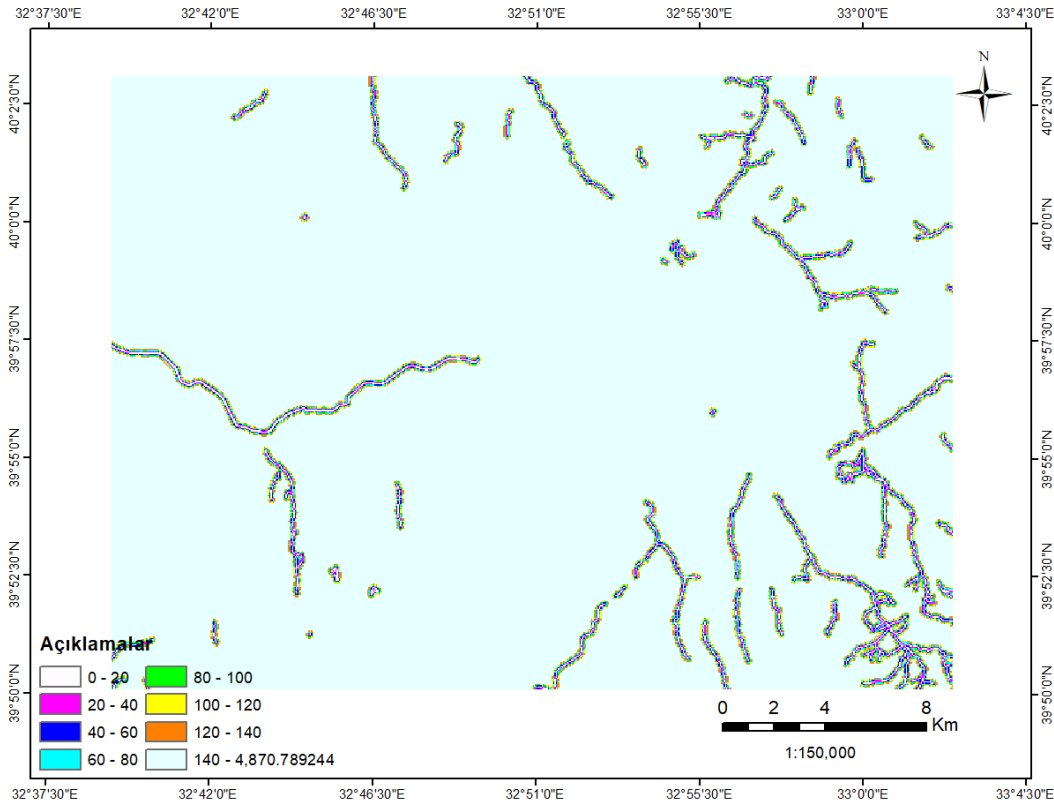
Şekil 3-ç. Landsat-8 görüntüsü sınıflandırılarak elde edilmiş arazi örtüsü.



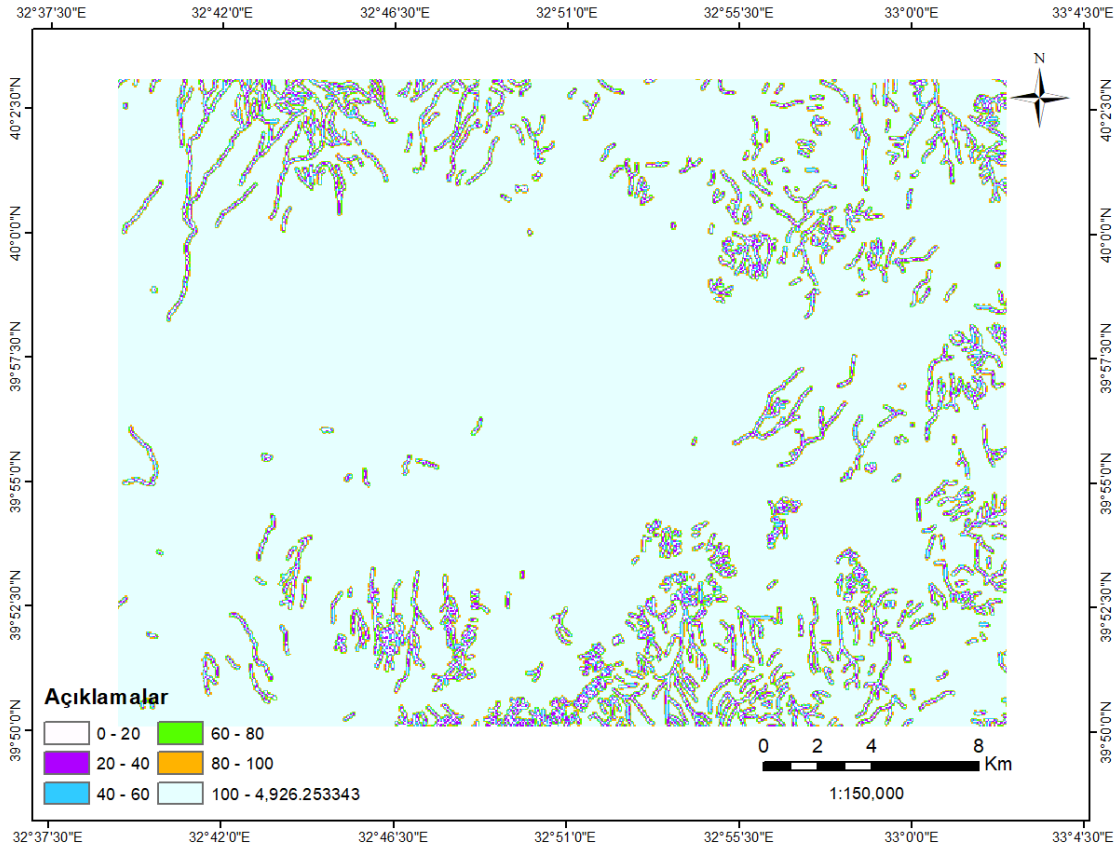
Şekil 3-d. Litoloji haritası (Akbaş ve diğerleri, 2002'den sayısallaştırılmıştır).



Şekil 3-e. Topografik nemlilik indeksi (TWI).



Şekil 3-f. Kalıcı (sürekli akışa sahip) derelere mesafe.



Şekil 3-g. Kuru derelere mesafe

b. Koşul Parametreleri

Taşkın sürecini izlemek için kayaç yapısının infiltrasyon değeri, yüzeysel akış ve su birikimi kriterleri belirlenerek değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler temel olarak aşağıdaki gibi verilmiştir (Sözer ve diğerleri, 2018):

- R1. Eğer “düşük infiltrasyon” varsa o zaman “yüksek yüzey akışı” veya “yüksek birikim”
- R2. Eğer “yüksek infiltrasyon” varsa o zaman “düşük yüzey akışı” veya “düşük birikim”
- R3. Eğer “düşük yüzey akışı” varsa o zaman “yüksek infiltrasyon” veya “yüksek birikim”
- R4. Eğer “yüksek yüzey akışı” varsa o zaman “düşük infiltrasyon” veya “düşük birikim”
- R5. Eğer “düşük birikim” varsa o zaman “yüksek infiltrasyon” veya “yüksek yüzey akışı”
- R6. Eğer “yüksek birikim” varsa o zaman “düşük infiltrasyon” veya “düşük yüzey akışı”

Yukardaki koşullardan da görüldüğü gibi, taşkın duyarlılığın değerlendirilmesi çok boyutlu ve bir çok kriterle sahip bir işlemdir. Yukarıda verilen fiziksel süreçleri dolaylı olarak etkilediği kabul edilen topografik, hidro-topografik, jeolojik ve çevresel parametreler değerlendirilmiştir. Topografik yükseklik ve eğim değişimi bu çalışmada ele alınan ilk jeomorfometrik faktör grubudur. Buna göre; taşkın duyarlılığının, düşük rakımlarda ve eğim değişiminin düşük olduğu değerlerde yüksek olması beklenir (Sözer ve diğerleri, 2018). Hidrolojik parametreleri değerlendirmek için, hidro-topografik parametrelerin akış birikimi, kalıcı ve kuru derelere olan uzaklığı ve topografik nemlilik indeksi dikkate alınmıştır. Grid SAM kullanılarak akış birikimi, her bir piksel için o pikselden yukarıda olan piksellerin sayısını gösteren değer olarak tanımlanabilir (Kennedy, 2009). Akış birikimi değerinin artmasına bağlı olarak taşkın duyarlılığının da artması beklenir.

Kalıcı ve kuru dereler taşkın duyarlılığının değerlendirilmesinde önemli verilerdir ve buralara yakın olan bölgelerin taşkına duyarlılığı daha fazladır (Sözer ve diğerleri, 2018). Kuru olan havzaların da taşıyabileceği belirli bir kapasite

olduğu için taşkın duyarlılığına dahil edilmeleri gerekmektedir. Topografik nemlilik indeksi, suyun genel olarak birikebileceği ve toprağın daha doygun olabileceği çukurları ifade eder (Wilson ve Gallant, 2000). Dolayısıyla topografik nemlilik indeksinin artmasıyla taşkın duyarlılığı da artar. Diğer yandan, her kayacın farklı geçirgenliği olduğu için taşkın duyarlılığının belirlenmesinde litoloji önemli bir parametredir (Sözer ve diğerleri, 2018). Kayaç tiplerinin geçirgenliğin artmasına bağlı olarak, taşkın duyarlılığının azalması beklenir (Sözer ve diğerleri, 2018).

Arazi örtüsü ise çevresel faktör olarak değerlendirilmiş ve bitki örtüsü, yüzey yapıları ve arazinin kullanımı hakkında bilgi veren tematik bir harita Landsat-8 görüntüleri sınıflandırılarak üretilmiştir. Yerleşim yerleri ve sanayi bölgelerinin geçirimsiz olduğu varsayılmıştır ve taşkın duyarlılığının bu bölgelerde daha yüksek olması beklenmiştir.

c. Değiştirilmiş Analitik Hiyerarşi Süreci (M-AHP)

Analitik Hiyerarşik Süreci (AHP) Saaty (1980) tarafından geliştirilen bir karar destek sistemidir. M-AHP, Nefeslioğlu ve diğerleri (2013) tarafından geliştirilen, değiştirilmiş bir AHP yaklaşımıdır. M-AHP, AHP yöntemindeki olası uzman hatalarını telafi etmeyi amaçlamaktadır. M-AHP ile AHP arasındaki farklar (Nefeslioğlu ve diğerleri, 2013):

- (i) M-AHP’de ikili karşılaştırma matrisleri uzman tarafından oluşturulmaz. Uzman sadece belirlenmiş olan parametrelerin alabileceği en büyük puanı tanımlar.
- (ii) Bir diğer temel fark ise; her bir parametrenin karar noktaları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi aşamasıdır. Bu aşamada her bir parametre kendi en büyük puanı üzerinden normalleştirilir. Bu işlem sonucu $[0, 1]$ aralığında normalleştirilmiş bir sayı doğrusu üzerinde her bir parametrenin karar noktalarına olan doğrusal mesafeleri değerlendirilir.

M-AHP karar sistemini uygulamadan önce ilk olarak parametrelerin puanlandırılması yapılır. Parametre puanlandırma işlemi bu alanda uzman kişiler tarafından belirlenmiştir. Bu parametre puanları normalize edilerek Normalleştirilmiş Parametre Puan Farkındaki karşılıkları bulunarak Karşılaştırma Matrisi oluşturulur. Bu işlemin ardından faktörlerin önem dağılımları belirlenip faktör karşılaştırmalarındaki tutarlılığı hesaplanır.

Daha sonra faktörlerin karar noktalarındaki önem dağılımları bulunur. Bu çalışmada koşullandırma faktörleri puanları Sözer ve diğerleri (2018) tarafından belirlenmiş olup Tablo 1’de gösterilmiştir. Netcad yazılımı içinde yer alan Analist modülü kullanılarak M-AHP işlemi gerçekleştirilebilmektedir (Avdac ve diğerleri, 2014; Sezer, Nefeslioglu ve Osna, 2017) ve bu çalışmada da sonuçlar Analist modülü kullanılarak elde edilmiştir. Veriler kullanılmadan önce, modül içinde, en düşük çözünürlüğe sahip olan arazi örtüsü (30 m) haritası ile aynı yersel çözünürlüğe indirgenmiştir.

Tablo 1. M-AHP yönteminde kullanılan parametreler ve ağırlıkları.

Parametreler	
Akış birikimi (Su toplama bölgeleri)	
Sınıf	Puan
< 5000	1
5000 - 15000	3
15000 - 25000	5
25000 - 35000	7
35000 - 45000	9
45000 - 55000	13
> 55000	17
Eğim (derece)	
Sınıf	Puan
< 3	13
3 - 5	11
5 - 7	9
7 - 9	7
9 - 11	5
11 - 13	3
> 13	1
Yükseklik (m)	
Sınıf	Puan
< 900	9
900 - 1000	7
1000 - 1100	5
1100 - 1200	3
> 1200	1
Kalıcı derelere mesafe (m)	
Sınıf	Puan
< 20	15
20 - 40	13
40 - 60	11
60 - 80	9
80 - 100	7
100 - 120	5
120 - 140	3
> 140	1
Kuru derelere mesafe (m)	
Sınıf	Puan
< 20	11
20 - 40	9
40 - 60	7
60 - 80	5
80 - 100	3
> 100	1
Arazi örtüsü	
Sınıf	Puan
Sulak alan	13
Açık alan	7

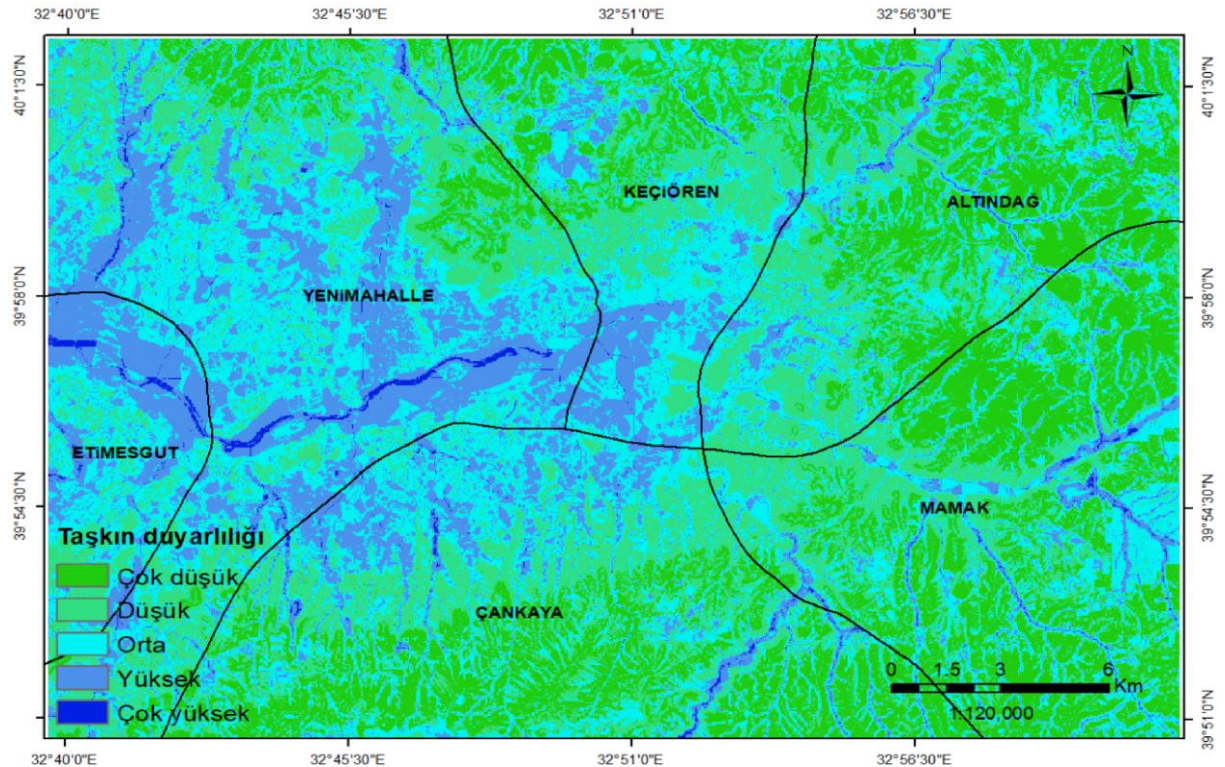
Sanayi bölgesi	11
Yerleşim bölgesi	11
Yeşil alan	5
Yol	11
Topografik nemlilik indeksi	
Sınıf	Puan
< 495	1
495 - 1650	5
1650 - 5000	9
5000 - 45000	11
45000 - 132000	13
> 132000	15
Litoloji	
Sınıf	Puan
Ayrılmamış Kvarterner	1
Kırıntılılar	3
Karasal kireçtaşı, marn, şist	9
Neritik kireçtaşı	5
Karbonatlar ve kırıntılar	5
Pelajik kireçtaşı	7
Şist, filit, mermer, metabazalt	11
Ofiyolitik melanj	9
Bazalt	5
Ayrılmamış volkanitler	5

3. UYGULAMA SONUÇLARI

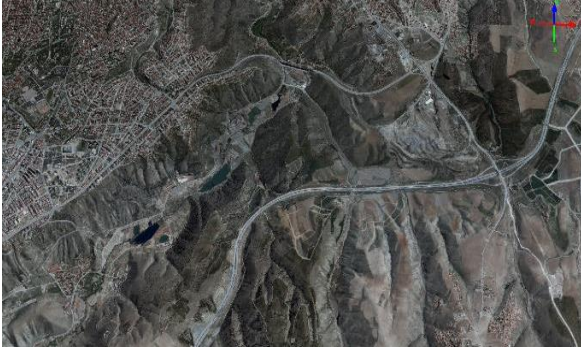
M-AHP sonucunda taşkın duyarlılığı fazla bulunan alanlar beş sınıfa ayrılmış ve çok düşük,

düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen kararın yüzdeleri eşit aralıklar göz önüne alınarak 5 duyarlılık sınıfında yeniden sınıflandırılmıştır. Bu şekilde taşkın duyarlılık olasılıkları belirlenmiş olup, Şekil 4'de verilen Ankara kenti taşkın duyarlılık haritası olarak üretilmiştir. Taşkın duyarlılığı açısından en kritik alanlar Yenimahalle ve Etimesgut ilçelerinin geniş alüvyal vadi tabanları olarak bulunmuştur.

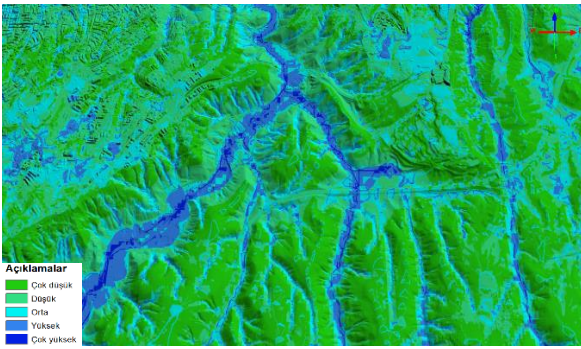
SYM üzerine üretilen taşkın duyarlılık haritası ve ortofoto giydirilerek 3B görselleştirme ortamı oluşturulmuş ve sonuçlar uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. 3B görselleştirme ortamının, iki boyutlu haritalara göre, daha etkili ve verimli bir yorumlama aracı olduğu görülmüştür. Yenimahalle ve Etimesgut ilçelerinin bir kısmının SYM üzerine ortofoto giydirilmiş hali Şekil 5-a'da ve taşkın duyarlılık haritası giydirilmiş hali Şekil 5-b'de gösterilmiştir. Çankaya ilçesinin daha genç ve dar alüvyal vadilerinin SYM üzerine giydirilmiş ortofoto görüntüsü Şekil 6-a'da ve taşkın duyarlılık haritası Şekil 6-b'de gösterilmiştir. Yüksek ve çok yüksek taşkın duyarlılığı sınıflarının SAM ile uyumlu olduğu görülmüştür.



Şekil 4. Ankara taşkın duyarlılık haritası



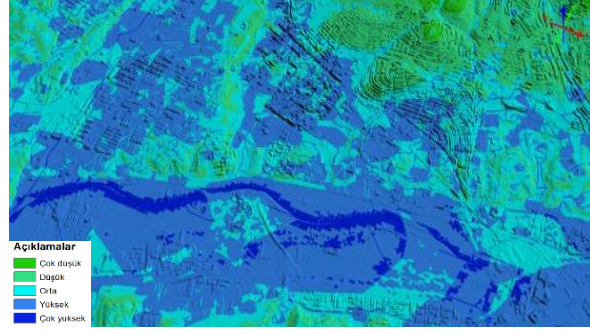
Şekil 5-a. Yenimahalle ve Etimesgut ilçelerinin bir kısmının SYM üzerine ortofoto giydirilmiş görüntüsü.



Şekil 5-b. Yenimahalle ve Etimesgut ilçelerinin bir kısmının SYM üzerine taşkın haritası giydirilmiş görüntüsü.



Şekil 6-a. Çankaya ilçesinin bir kısmının SYM üzerine ortofoto giydirilmiş görüntüsü.



Şekil 6-b. Çankaya ilçesinin bir kısmının SYM üzerine taşkın haritası giydirilmiş görüntüsü.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, taşkın duyarlılık haritası üretimi için coğrafi verilere, konumsal analizlere ve uzman görüşüne dayalı bir yöntem önerilmiş ve Ankara şehir merkezi için uygulanmıştır. Elde edilen ilk sonuçlar orta ölçekte üretilmiştir. Ortaya çıkan bulgular gelecekteki çalışmalar için umut verici sonuçlar olarak değerlendirilmektedir. Bu tür doğal tehlikeler için duyarlılık haritalarının üretimi ve altlık olarak kullanımı ile, özellikle kentsel planlama ve afet yönetimi çalışmalarının veriminin ve etkinliğinin artması beklenmektedir.

Çalışmada önerilen coğrafi ön işleme adımları ve M-AHP yönteminin uygulanması kolaydır ve mevcut ticari ve açık kaynaklı coğrafi yazılımlarla sonuçlar üretilebilmektedir. Bu çalışmada uzmanlar tarafından önerilen puanlama sistemi literatüre ve uzman tecrübelerine dayandırılmaktadır. Bu puanlama sisteminin açık ve anlaşılabilir olması nedeniyle, uzman olmayan kişilerin de bu yaklaşımı kullanabileceği öngörülebilmektedir. Bu çalışmada yağış miktarı kullanılmamıştır. Diğer bir ifade ile taşkın duyarlı alanlar aşırı yağışın miktarına bazı küçük değişiklikler gösterebilir ancak bu çalışmada elde edilen harita eğer bir taşkın meydana gelirse hangi alanlarda etkili olabileceğini göreceli olarak ifade etmekte olup mutlak değildir. Dolayısıyla, gelecekte yapılacak modelleme çalışmalarında yağış miktarı ve kanalizasyon sistemlerinin performansı da dikkate alınarak değerlendirmelerin daha gelişmiş biçimde yapılması mümkündür.

İlerde çalışma ölçeğindeki artışa ve veri çözünürlüğüne bağlı olarak, daha hassas çıktılar alınabileceği açıktır. Ayrıca taşkın duyarlılığı alanlarının optik ve radar uydu verileriyle üretilen taşkın haritaları ile denetlenmesi çalışmanın ilerleyen aşamalarında ele alınacaktır.

TEŞEKKÜR

Harita Genel Müdürlüğü'ne Hacettepe Üniversitesi ile "Fotogrametri ve Afet Araştırmaları Alanlarında İşbirliği" protokolü çerçevesinde vermiş olduğu sürekli destek için teşekkür ederiz. Ayrıca yazılım desteği için Netcad firmasına da teşekkür ederiz.

Bu çalışmanın ilk sonuçları 20-23 Kasım 2018 tarihleri arasında Dehradun, Hindistan'da düzenlenen ISPRS V. Komisyon Sempozyumu'nda sunulmuştur (Sözer ve diğerleri, 2018).

ORCID

Burhan SÖZER  <https://orcid.org/0000-0002-2330-4141>

Sultan KOCAMAN  <https://orcid.org/0000-0002-2775-7914>

Hakan A. NEFESLİOĞLU  <https://orcid.org/0000-0003-1117-6012>

Orhan FIRAT  <https://orcid.org/0000-0001-5775-2420>

Candan GÖKÇEOĞLU  <https://orcid.org/0000-0003-4762-9933>

KAYNAKLAR

Akbaş, B., Akdeniz, N., Aksay, A., Altun, İ., Balcı, V., Bilginer, E. ve diğerleri (2002). *Türkiye Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara*. Erişim Adresi: <http://yerbilimleri.mta.gov.tr>

Avdac, D., Poyraz, M., Nefeslioglu, H.A., Sezer, E.A., Toptas, T.E., Celik, D., ... Gokceoglu, C. (2014). Modified analytical hierarchy process (M-AHP) based river-line flood hazard assessment module running on GIS: Netcad architect environment. *EGU General Assembly 2014, Wien, Austria*. Vol. 16, EGU2014-2348. Erişim Adresi: <http://portal.netcad.com.tr/>

Bell, F.G. (2007). *Basic Environmental and Engineering Geology*, Whittles Publishing, CRC Press, Taylor & Francis Group, Scotland, 332. doi:10.1680/geot.2008.D.005

CRED, (2018). Natural Disasters 2017. EM-DAT 02/07/2018. Erişim Adresi: https://cred.be/sites/default/files/adsr_2017.pdf

Gökçe, O., Özden, Ş. ve Demir, A. (2008). *Türkiye'de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri*. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara. Erişim Adresi: <https://www.afad.gov.tr/>

Kennedy, M. (2009). *Introducing Geographic Information Systems with ArcGIS: A Workbook Approach to Learning GIS*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Kömüşçü, A.Ü., Çelik, S. ve Ceylan, A. (2011). 8-12 Eylül 2009 Tarihlerinde Marmara Bölgesi'nde Meydana Gelen Sel Olayının Yağış Analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 209-220. Erişim Adresi: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/degisik/marmara.pdf>

Alexander, M., Hazel, F., Viavattene, C. ve Priest, S. (2011). *A GIS-based flood risk assessment tool; supporting flood incident management at the local scale*, Proof Concept Report. the Flood Risk Manag. Res. Consort. (FRMRC2) Erişim Adresi: <https://pdfs.semanticscholar.org/f8b4/705e30441c67d8d07dc89305ccebdb550e19.pdf>

Nefeslioglu, H.A., Sezer, E.A., Gokceoglu, C. ve Ayas, Z. (2013). A Modified Analytical Hierarchy Process (M-AHP) approach for decision support systems in natural hazard assessments. *Computers & Geosciences*, 59, 1-8. doi: 10.1016/j.cageo.2013.05.010

Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. NewYork: McGraw-Hill International Book Co.

Sezer, E.A., Nefeslioglu, H.A. ve Osna, T. (2017). An expert-based landslide susceptibility mapping (LSM) module developed for Netcad Architect Software, *Computers & Geosciences*, 98, 26-37. doi: 10.1016/j.cageo.2016.10.001

Sözer, B., Kocaman, S., Nefeslioglu, H.A., Fırat, O. ve Gokceoglu, C. (2018). *Preliminary investigations on flood susceptibility mapping in Ankara (Turkey) using modified analytical hierarchy process (M-AHP)*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Dehradun, India. doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-5-361-2018

- Ntajala, J., Lampteyb B.L., Mahamadouc, L.B. ve Nyarkod B.K. (2017). Flood disaster risk mapping in the Lower Mono River Basin in Togo, West Africa. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 93–103. doi: 10.1016/j.ijdr.2017.03.015
- Wilson, J.P. ve Gallant, J.C. (2000). *Terrain analysis principles and applications*. Canada: John Wiley and Sons, Inc.
- Winsemius, H.C., Aerts, J., Beek, v., Ludovicus P.H., Bierkens, M.F.P., Bouwman, ... Van Vuuren, D.P. (2016). Global drivers of future river flood risk. *Natural Climate Change*, 6 (4), 381–385. doi:10.1038/nclimate2893.
- Hans, V., Arthur C.P. ve Ligtoet, W. (2014). On the relation between weather-related disaster impacts, vulnerability and climate change. *Climate Change*, 125 (3–4), 461–477. doi:10.1007/s10584-014-1179-z.
- Zimmermann, M. ve Margreth, M. (2015). International frameworks for disaster risk reduction. Useful guidance for sustainable mountain development? *Mountain Research and Development*, 35(2), 195–202. doi:10.1659/MRD-JOURNAL-D-15-00006.1.

GRACE Uydusu Zaman Serisinin İstatiksel Yaklaşımlarla Kestirimi (Statistical Estimation Approaches for GRACE Satellite Time Series)

Gonca OKAY AHI¹ , Hatice ÖNCEL ÇEKİM² 

¹Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Jeodezi A.B.D, Beytepe, Ankara

²Hacettepe Üniversitesi, İstatistik Bölümü, Beytepe, Ankara
goncaokayahi@hacettepe.edu.tr, oncelhatice@hacettepe.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 06.05.2019

Kabul Tarihi (Accepted): 28.05.2019

ÖZ

Uydu gravite misyonları, yeryüzündeki birçok jeodezik ve jeofizik nedenden ötürü, statik ve zamana bağlı değişen kütle değişimlerini izlemek ve bu değişimlerin geleceğe yönelik bir projeksiyonuna sahip olabilmek adına büyük öneme sahiptir. Fakat bu uydular, donanımsal sorunlar sebebiyle belli aralıklarda (Bir veya birkaç ay) veri sağlayamayabilir ya da bir misyonun ömrü tamamlandığında benzeri devreye girene kadar gravite verisi ile yeryüzü gözlemleri kesintiye uğrayabilir. Bu sebeple, mevcut veriden ileriye dönük kestirim yapmamıza olanak sağlayacak yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, Texas (Austin) Üniversitesine ait Uzay Araştırmaları Merkezinden (Center for Space Research: CSR) alınan, 2002-2016 yıllarına ait, eşdeğer su kalınlığı cinsinden ifade edilen GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) uydusu (Seviye-3, Sürüm-05: RL05) aylık toplam su bütçesi (Terrestrial Water Storage: TWS) değişimi veri ürünleri kullanılmıştır. Bu zaman serileri üzerinden, istatistiksel tahmin yöntemlerinin (1) ARIMA: (Autoregressive Integrated Moving Average), (2) ETS (Error, Trend, Seasonal) and (3) SSA (Singular Spectrum Analysis) performansları, uyumluluğu irdelenmiş ve ileriye dönük kuraklık analizi çalışmalarında kullanılabilir olacak, kısa zamanlı (1 yıllık) ama güvenilirliği yüksek kestirimler gerçekleştirilmiştir. Buna göre, üç tahmin yöntemi de, GRACE zaman serilerinin ileriye yönelik kestiriminde karesel ortalama hata (KOH) cinsinden iyi sonuçlar (≤ 3 cm) vermiştir. Çok yıllık bir verinin tahmininde (ör. 5-10 yıllık), artan ya da azalan genel trendi en iyi SSA modelinin yakaladığı (KOH = 1.8), diğer yöntemlerin zamansal çözünürlüğü daha yüksek, diğer bir deyişle, daha kısa zaman aralıklarının (ör. 6 ay) kestirilmesinde daha doğru sonuçlar verebileceği sonucuna varılmıştır. Elde edilen sonuçların, yakın zamanda kullanıcılara sunulacak GRACE-Follow-on (GRACE-FO) verileri ile doğrulanması planlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: GRACE, toplam su bütçesi, istatistiksel kestirim, ARIMA, ETS, SSA, Türkiye

ABSTRACT

Satellite gravity missions have an important role in order to monitor and to have a visionary projection about the static and time-variable mass transport within the Earth due to various geodetic and geophysical reasons. However, satellites might encounter with some instrumental problems resulting

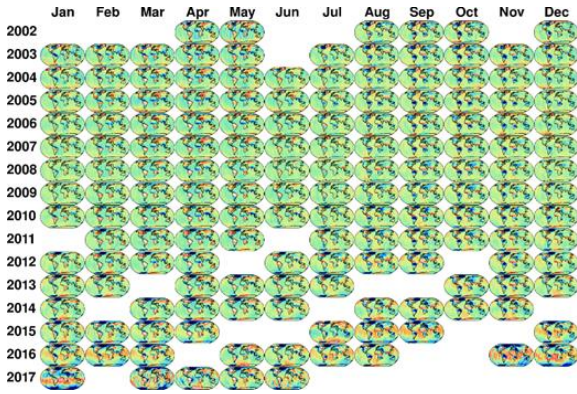
in missing data for some time intervals (one or couple of months) or with the interruption of the observations after the end of a gravimetric mission till a successor mission is realized. Thus, methods providing predictions from the available data are needed to fill the so-called data gaps. In this study, GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) satellite's (Level-3, Release-05: RL05) monthly terrestrial water storage change data in terms of equivalent water height from the Center for Space Research (CSR) of the University of Texas (Austin), for the period 2002-2016 have been used. From these GRACE TWS time series, the performances and the compatibility of the statistical prediction methods (1)ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average), (2) ETS (Error, Trend, Seasonal)and (3) SSA(Singular Spectrum Analysis) have been tested and short-time (One year) but accurate predictions have been realized for further drought monitoring studies. We found that all three methods offered good predictions of GRACE time series in terms of RMSE (≤ 3). For long-term prediction (e.g. 5-10 years), it has been concluded that SSA methods are better to represent the increasing or decreasing trend (RMSE = 1.8) while for the short-time prediction (e.g. 6 months) with high temporal resolution other methods can also be used. It is planned to validate our results with the GRACE-Follow-on (GRACE-FO) data which will be publicly available to users soon.

Keywords: GRACE, terrestrial water storage, statistical prediction, ARIMA, ETS, SSA, Turkey

1. GİRİŞ

Uydu gravite misyonları, özellikle, 2002 yılında fırlatılan ve 2017 yılına kadar görev yapan, bir ikiz uydu sisteminden ibaret GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) misyonu, yeryüzündeki kütle dağılımını ve bu kütle dağılımının jeodinamik olaylar sebebiyle değişimini incelemek için çok kıymetli veriler sağlamıştır. Bunun önemi, kuraklık ve taşkın analizi, buzul kütlelerinin incelenmesi, deniz seviyesi değişimleri, statik ve zamana bağlı değişen gravite alanı modellerinin üretilmesi, akabinde bu modellerin jeoit belirleme, yükseklik sistemlerinde kullanılması çerçevesinde yapılan çalışmalarla ortaya konulduğu gibi, devamında planlanan ve yakın zamanda fırlatılan (22 Mayıs 2018) GRACE-Follow on (GRACE-FO) ile bu

çalışmaların devamının gerekliliği vurgulanmıştır. Bu misyonlarda, her ne kadar uydu teknolojileri kullanılarak, iyi bir zamansal ve mekansal çözünürlükle yeryüzünün tümüne (küresel) ya da bir parçasına (bölgesel) ait gözlemler yapılsa da, uydu teknolojilerinin doğasından gelen olası problemler verilerin kalitesine ya da bütünlüğüne etki etmektedir. 2002 yılında başlayan misyonun verileri, yeterli küresel çözünürlüğü aylık çözümlerden elde etmektedir. Dolayısıyla kullanıcılar, genellikle aylık çözümleri kullanmaktadırlar. Fakat, çeşitli sebepler ile (ör. ivmeölçerlerdeki gürültü seviyesinde artış, kalibrasyon hatası vb.) bazı aylarda veri sağlanamamaktadır. GRACE uydusunun görev yaptığı 14 yıl boyunca, toplamda 24 ay bu ve benzeri donanımsal hatalar sebebiyle kullanıcılara veri sağlanamamıştır (Şekil 1).



Şekil 1. GRACE uydusu aylık çözümleri. ("Graz Teknik Üniversitesi", t.y.)

Bu veri boşlukları sebebiyle oluşan jeodezik gözlem ve yorumlamalardaki eksiklik, kullanıcılar tarafından istatistiksel enterpolasyon yöntemleri ile telafi edilmeye çalışılmıştır. İlk olarak 1956 yılında önerilen doğrusal enterpolasyon yöntemi günümüze kadar birçok yeni yöntem önerilmesine rağmen güncelliğini yitirmeden kullanılmaya devam etmektedir (Stein, 1956). Hatta son zamanlarda önerilen yeni enterpolasyon yöntemleri ile karşılaştırıldığında hala birçok açıdan avantaj sağladığı görülmektedir (Junninen ve diğerleri, 2004). Bu nedenle, bu çalışmada doğrusal enterpolasyon yöntemi ile kayıp gözlemler tahmin edilmiştir. Fakat yine de veri sürekliliği misyonun ömrü ile sınırlı kalmaktadır. 2017 yılında tamamlanan GRACE misyonunun devamı niteliğinde olan GRACE-FO uydusu ancak 22 Mayıs 2018 yılında fırlatılabilmiştir. Bu durumda, yeryüzünün gravite alanına dair uydu gözlemleri, dolayısıyla olası kuraklık, taşkın vs. tahminleri kesintiye uğramıştır. Her ne kadar GRACE-FO uydusu şu an yörüngede olsa da, 22 Mayıs 2018'de fırlatılan uydudan, ancak Şubat

2019 tarihinden itibaren kesintisiz olarak veri elde edilmeye başlanmıştır. Misyonun ilk aylarında, GRACE-FO ikiz uzay araçlarından birinde mikrodalga cihazının bir bileşeninin davranışında anormal bir davranış gözlemlenmiş sonrasında bu problemler çözülmüştür. Yine de henüz veriler kullanıma açılmamış olup, 28 Mayıs 2019 tarihinden itibaren açılması planlanmaktadır. Belirtilen tarihe uyulacak olunursa, GRACE misyonunun bitmesinden itibaren geçen 1 sene 10 ay boyunca gözlem kesintisi oluşmuş demektir. GRACE-FO uydusu, görev süresi boyunca, GRACE uydusuna benzer veri kayıplarına uğrayabilir. Bu durum, yukarıda bahsettiğimiz veri bütünlüğünü, sürekliliğini ve ileriye dönük kestirimleri etkilemektedir. Veri bütünlüğünün sağlanması, ileride karşılaşılabilecek olası durumlara çözüm olabilmesi ve geleceğe dönük gravite uydusu verilerinin (GRACE ve/veya GRACE-FO) gravite alanının herhangi bir fonksiyonuna ait zaman serilerinin kestirilmesi için, benzer nitelikte diğer veri gruplarında da kullanıldığı üzere belirli istatistiksel yaklaşımlar mevcuttur. Bunlardan en bilinenleri 'zaman serileri' analizidir. Bu analiz, zaman içinde ardışık yapılan gözlemlerden oluşan tüm veri setlerinde kullanılabilir. Bu nedenle, yıllardır önemini yitirmeden birçok alanda ve farklı durumlarda (parametrik ve parametrik olmayan serilerde) uygulanmaktadır. Ayrıca, model tahmini ve gelecekle ilgili kestirimlerde literatüre katkı sağlayan birçok yeni model eklenmektedir. Bu modeller, son yıllarda GRACE uydusundan elde edilen verileri de analiz etmek içinde tercih edilmektedir. Liesch ve Ohmer (2016), Box-Jenkins modeli olarak da bilinen ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) modelini kullanarak, Ürdün'de yeraltı suyunun tükenmesinde GRACE verilerini ve yersel yeraltı su seviye gözlemlerini karşılaştırmışlardır. GRACE ile gözlenen kütle değişimleri, Kuzey Amerika'da 4 yıllık bir zaman aralığında (2002 ilkbaharından 2006 ilkbaharına kadar) Temel Bileşenler Analizi ve Tekil Spektrum Analizi (Singular Spectrum Analysis: SSA) kullanılarak Rangelova, Van, Braun, Sideris ve Wu (2006) tarafından analiz edilmiştir.

GRACE uydusundan elde edilen verileri bilgiye dönüştürmek için şimdiye kadar birçok istatistiksel yöntemden yararlanılmıştır. İstatistiksel yöntemlerden, Doğrusal ve Doğrusal olmayan Regresyon ve Korelasyon analizi ile, 2002-2012 yılları arasında, Hindistan'ın Tamil Nadu eyaletinde, yeraltı su bütçesindeki toplam değişim, GRACE verileri yardımıyla, Chinnasamy ve Agoramoorthy (2015) tarafından değerlendirilmiştir. Aynı yöntemleri, Panda ve

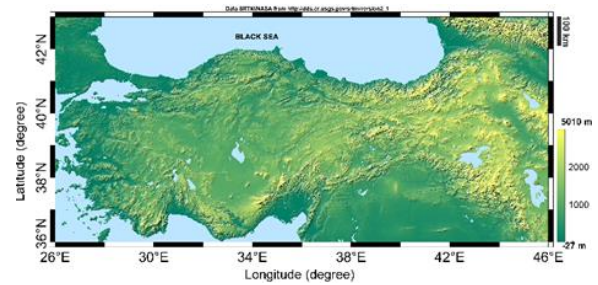
Wahr (2016) kullanarak, Hindistan'ın Toplam Su Bütçesindeki (TSB) değişimi, 2003-2014 yıllarına ait GRACE verileri ile incelemiştir. Ancak, bu yöntemler yalnızca dikkate alınan veriler (değişkenler) arasındaki ilişkileri yorumlayabilir ve gelecekle ilgili herhangi bir tahminde bulunamazlar. Temel Bileşenler Analizi (Principal Components Analysis) ya da diğer bir adıyla Ampirik Ortogonal Fonksiyon analizi (Empirical Orthogonal Function) kullanılarak Kuzey Amerika'da GRACE'den elde edilmiş kıta ölçeğindeki zamansal jeoit değişimleri Rangelova ve Sideris (2008) tarafından modellenmiştir. Ayrıca, Yang, Xia, Zhan, Qiao ve Wang (2017), Ampirik Ortogonal Fonksiyon ve çok değişkenli doğrusal regresyon analizleriyle, Tarım Nehri havzasında, 2002-2015 yılları arasında, GRACE verileri yardımıyla, Toplam Su Bütçesindeki zamansal değişimleri izlemişlerdir. Fakat, Ampirik Ortogonal Fonksiyon yöntemi, veri kümesinde birbirleriyle ilişkili değişkenleri birleştirerek birbirinden bağımsız bileşenler ile verinin daha iyi açıklanmasını sağlarken, gelecekle ilgili herhangi bir prediksyon sağlayamaz. Makine öğrenme yöntemlerinden ise Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks), Doğrusal Regresyon Modelleri (Linear Regression Model) ve Destek Vektör Regresyonu (Support Vector Regression) metodları da bu alanda aktif olarak kullanılmaktadır. Sun (2013), yeraltı sularının seviyelerini tahmin etmek için Yapay Sinir Ağlarını kullanarak GRACE verilerinden yararlanmıştır. Son yıllarda, Mukherjee ve Ramachandran (2018), Hindistan'ın yeraltı suları seviyesini GRACE verileri ve bu üç makine öğrenme yöntemleri ile tahmin etmiş ve elde ettikleri tahminlerin doğruluğunu değerlendirmişlerdir. Makine öğrenme yöntemleri son yıllarda birçok alanda sıklıkla tercih edilse de, önemli eksiklikleri vardır. Bunlar, çalışması için çok büyük veri setlerine gereksinim duyması, algoritmaların ürettiği sonuçların doğru şekilde yorumlanabilmesinin zor olması, algoritmaların çalışması için çok büyük bilgisayar gücü ve zaman gibi büyük kaynaklara ihtiyaç duyulması şeklinde sıralanabilir. GRACE verileri, zamana bağlı olarak elde edildiği için, zaman serisi yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. ARIMA yöntemi, su bütçelerini analiz etmek için kullanılan en popüler Zaman serisi yöntemidir. Adamowski ve Chan (2011), Adamowski, Fung Chan, Prasher, Ozga-Zielinski ve Sliusarieva (2012), Tiwari ve Adamowski (2013), Al-Zahrani ve Abo-Monassar (2015), Döll, Mueller Schmied, Schuh, Portmann ve Eicker (2014) gibi birçok yazar tarafından su bütçesi prediksyonlarında yaygın olarak kullanılmıştır. Ancak, sadece ARIMA modeli ile prediksyon yapmak yeterli

olmayabilir. ETS (Error, Trend, Seasonal) ve SSA (Singular Spectrum Analysis) dahil olmak üzere yeni zaman serisi analiz yöntemleri ile su bütçesi için daha doğru prediksyon sonuçları elde edilebilir. ETS, su bütçesi çalışmaları hariç, farklı sorunların analizinde kullanılan tek değişkenli modellerden biridir (De Livera, Hyndman ve Snyder, 2011; Dong, Yang, Reindl, Walsh ve 2013; Hyndman, Koehler, Snyder ve Grose, 2002). Yeni ve güçlü bir Zaman serisi yöntemi olan SSA ise diğer klasik yöntemlerden farklı olarak varsayımlara ihtiyaç duymamaktadır (Hassani, Heravi ve Zhigljavsky, 2009). Birçok uygulama alanında kullanılması, SSA'nın başarılı prediksyonlar sağlayabileceğini göstermiştir. Bildiğimiz kadarıyla, su bütçesi tahmini hakkında gelecekle ilgili tahmin yapmak için ne SSA ne de ETS metodu henüz kullanılmamıştır.

Bu çalışmada, ARIMA, ETS ve SSA istatistik yöntemleri ile bir test alanı olarak seçilen tüm Türkiye'de, GRACE uydusu 2002-2016 yıllarına ait ortalama Toplam Su Bütçesi (Terrestrial Water Storage: TWS) zaman serilerinin ileriye dönük olarak kestirilmesi, bu kestirim için en uygun yöntemin belirlenmesi ve kuraklık tahmini için kullanılabilirliği gibi sorulara genel bir cevap aranmıştır. Makalenin bundan sonraki ikinci bölümünde çalışma alanı ve kullanılan veriler, üçüncü kısmında yöntemler ve GRACE veri analizi, dördüncü kısmında ise sonuçlar verilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

Bu çalışmada, test alanı olarak yaklaşık 36–42° K ve 26–45° D koordinatlarında yer alan tüm Türkiye seçilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Türkiye sayısal yükseklik haritası (Okay Ahi ve Jin, 2019).

Türkiye NASA'nın kayıtlarına göre son 900 yıldır görülmemiş en kurak dönemden geçmektedir ("Nasa Doğu Akdeniz'de", 2019) Dolayısıyla, bu coğrafyada yapılacak kuraklık analizine yönelik tahmin çalışmaları ekonomik ve iklimsel açılardan oldukça kıymetlidir. Türkiye'de

GRACE verileri kullanılarak yapılan kuraklık analizi çalışmalarına Lenk (2013) ve Okay Ahi ve Jin (2019) örnek olarak verilebilir. Bu makalede, Teksas Austin Üniversitesine ait Uzay Araştırmaları Merkezinden (Center for Space Research: CSR) elde edilen, Nisan 2002'den Aralık 2016'ya kadar olan süreyi kapsayan, 3. Seviye, 5. Sürüm (RL05) GRACE toplam su bütçesi değişimlerine ait veriler ("Podaac". (t.y.)). bağlantısından temin edilmiştir. İlgili bağlantıdan indirilen veri, küreseldir, $1^\circ \times 1^\circ$ gridler halinde, aylık zamansal çözünürlüğe sahiptir. Bu veriler ile, ilgili bir enlem ve boylam için, gravite alanının bir fonksiyonu olan, artması ya da azalması kuraklık analizi için önemli, Toplam Su Bütçesi (TSB) değişimi, eşdeğer su kalınlığı cinsinden (cm) kullanıcıya hazır halde verilmektedir (Wahr, Molenaar ve Bryan, 1998) (Denklem 1).

$$TSB(\theta, \lambda, t) = \frac{R\rho_{ort}}{3\rho_{su}} \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=0}^l W_n \tilde{P}_{lm}(\cos \theta) \frac{2l+1}{1+k_l} (\Delta C_{lm} \cos(m\lambda) + \Delta S_{lm} \sin(m\lambda)) \quad (1)$$

Burada, R Dünya'nın ekvatorial yarıçapı, ρ_{ort} Dünya'nın ortalama yoğunluğu, ρ_{su} suyun yoğunluğu, $\tilde{P}_{lm}$ l derecesinden ve m mertebesinde normalize edilmiş Legendre fonksiyonu, k_l l derecesinden Love katsayısı, θ kutupsal enlem, λ boylamdır.

3. YÖNTEMLER

a. GRACE Veri Analizi

Üçüncü seviye GRACE verileri kullanıcıya sunulmadan önce belli başlı veri işlem aşamaları analiz merkezleri tarafından gerçekleştirilir. Öncelikle, karalardaki su kütleleri değişimlerinin analiz edilebilmesi için, Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmini Merkezi'nin (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts: ECMWF) modelleri sayesinde atmosferdeki kütle değişimleri kaynaklı sinyaller mevcut sinyalden çıkarılır. Geriye çıkarılması gereken okyanus kütlelerindeki ve yer kabuğundaki buzul sonrası çözünme kaynaklı kütle değişim sinyalleri kalır. Okyanus ve yer kabuğundaki buzul sonrası çözünme kaynaklı kütle değişimleri mevcut okyanus (Flechtner, 2007; Flechtner, Dobslew ve Fagiolini, 2014) ve yer kabuğu modellerinden (Gerou, Wahr ve Zhong, 2012) hesaplanarak sinyalden çıkarılır. Bunun dışında, uydu gravite misyonları ile duyarlı olarak ölçülemeyen C_{20} küresel harmonik katsayıları, (Satellite Laser Ranging: SLR) yöntemi ile daha duyarlı olarak kestirilir ve veri dosyalarında duyarlı olarak kestirilen katsayılar ile yer değiştirilir (Cheng,

Tapley ve Ries, 2013). Koordinat sisteminin tanımlanması açısından önemli olan birinci derece katsayıları Swenson, Chambers ve Wahr (2008) tarafından kestirilir. Kuzey-Güney yönlü şeritvari gürültüler filtrelendir ve ek olarak Gauss yumuşatma filtresi ($R=300$ km) verilere uygulanır (Jekeli, 1981).

Her ne kadar seviye 3 verileri, kullanıcıya yukarıda bahsedilen veri işlem aşamalarından geçmiş halde hazır olarak sunulsa da, analiz merkezlerinin ek olarak uygulanmasını gerekli gördükleri işlemler vardır. Bunlardan ilki ölçeklendirme (Scaling), ikincisi ise sızma hatası düzeltmesidir (Leakage Error correction). Ölçeklendirme ve sızma hatası düzeltmesi için kullanılan dosya CLM4.SCALE_FACTOR.DS.G300KM.RL05.DST vSCS1409.nc olup ("Podaac". (t.y.)). bağlantısından indirilmiştir. Ölçeklendirme işlemi, sinyalin örnekleme ve filtreleme işlemleri ile sönümlenmeye uğrayan kısmının tekrar kazanılmasını hedefler ve aşağıdaki şekilde uygulanır (Denklem 2):

$$g'(x, y, t) = g(x, y, t)s(x, y) \quad (2)$$

Burada, x ve y sırasıyla ilgili grid orta noktasının boylam ve enlemi, t ay cinsinden zaman, $g(x, y, t)$ ilgili griddeki t zamanındaki ham TSB değişim sinyali, $s(x, y)$ ölçeklendirme katsayısı ve $g'(x, y, t)$ de söz konusu griddeki ölçeklendirilmiş TSB değişim sinyalidir. Sızma hatası düzeltmesi için, aynı dosyadaki sızma hatalarına ilişkin katsayılar aşağıdaki şekilde kullanılır (Denklem 3):

$$g'_{s.düz}(x, y, t) = g'(x, y, t) + s.hata.kat.(x, y) \quad (3)$$

Burada, $s.hata.kat.(x, y)$ sızma hatasına dair kestirilmiş katsayılar ve $g'_{s.düz}(x, y, t)$ ise ölçeklendirilmiş ve sızma hatası giderilmiş sonuç TSB değişim sinyalidir.

b. İstatistiksel Yöntemler

(1) ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) Yöntemi

ARIMA modelleri, tek değişkenli zaman serisi verilerini analiz etmek ve bunlara dayalı tahminler gerçekleştirmek için Box ve Jenkins tarafından 1976 yılında önerilmiştir (Box, Jenkins, Reinsel ve Ljung, 2015). Mevsimsel ARIMA, $ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s$ olarak

tanımlanmaktadır. Burada p ve P AR (Oto regresyon) modelinin mevsimsel ve mevsimsel olmayan derecelerini, q ve Q MA (Hareketli ortalama) modelinin mevsimsel ve mevsimsel olmayan derecelerini ve d ve D ise mevsimsel ve mevsimsel olmayan fark derecelerini göstermektedir ve s mevsimsel periyodu belirtmek üzere ARIMA modelinin en genel formülü Z_t ve ε_t zaman ve hata terimleri, $\Delta_p(B^s)$ ve $\Omega_Q(B^s)$ mevsimsel oto regresyon ve hareketli ortalama terimleri, $\delta_p(B)$ ve $\omega_q(B)$ mevsimsel olmayan oto regresyon ve hareketli ortalama terimleri, $\Psi_s^d = (1-B^s)^D$ ve $\Psi^d = (1-B)^d$ ise mevsimsel ve mevsimsel olmayan fark operatörleri olmak üzere aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Denklem 4):

$$\Psi_s^D \Psi^d \Delta_p(B^s) \delta_p(B) Z_t = \Omega_Q(B^s) \omega_q(B) E_t \quad (4)$$

Burada B geriye doğru gecikme operatörünün $B^i Z_t = Z_{t-i}$ göstermektedir. En iyi ARIMA modelini belirlemek için serinin durağan olması gerekmektedir. Bu nedenle, durağan olmayan seriler fark işlemleri kullanılarak d ve D fark dereceleri ile durağanlaştırılmalıdır. Daha sonra ACF (Otokorelasyon Fonksiyonu) ve PACF (Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu) grafiklerine uyumlu şekilde p, q, P ve Q katsayıları anlamlı olan modeller belirlenerek en küçük Akaike Bilgi Kriterine (AIC) sahip model optimum model olarak seçilmektedir. Son olarak, optimum modelin hatalarının bağımsız olup olmadığını ve normal dağılım sergileyip sergilemediklerini kontrol etmek için (yani hata serisinin beyaz gürültü olduğunu) Box-Ljung testi uygulanarak karar verilmektedir (Kadılar, 2000).

(2) ETS (Hata, Trend, Mevsimsel) Yöntemi

İlk olarak, Pegels tarafından temelleri atılan bu yöntem Makridakis, Andersen, Carbone, Fildes, Hibon, Lewandowski, Newton, Parzen ve Winkler (1982) tarafından yeni bir yaklaşım olarak geliştirilmiştir. Daha sonra, trend ve mevsimsel bileşenlere sahip olan optimum modeli elde etmek için üstel yumuşatma yöntemi (Exponential Smoothing method) (Hyndman ve diğerleri, 2002) düzenlenmiştir. Metot daha sonra 30 toplamsal ve çarpımsal modelin birleştirilmesiyle Hyndman ve Athanasopoulos (2009) tarafından genişletilmiştir. ARIMA yöntemi ile benzer şekilde AIC yardımıyla en iyi model bu modeller arasından seçilmektedir

ve modelin hata serisi beyaz gürültü varsayımını sağlamaktadır. Trend ve mevsimsel bileşenler içindeki toplamsal ve çarpımsal yöntemlerdeki farklılıklar göz önüne alınarak, ETS yöntemi için üstel yumuşatma yöntemlerinin kombinasyonları aşağıdaki şekilde listelenmiştir:

- Hata: Toplamsal (A), Çarpımsal (M),
- Trend: Hiçbiri (N), A, Azalan toplamsal (Ad), M, Azalan çarpımsal (Md),
- Mevsimsel: N, A, M.

(3) SSA (Tekil Spektrum Analizi) Yöntemi

SSA yöntemi, hem durağan hem de durağan olmayan zaman serilerini analiz ve tahmin edebildiği için farklı alanlar için son derece önemlidir. Başka bir deyişle, SSA yöntemi herhangi bir varsayıma ihtiyaç duymadan daha düşük hata oranına sahip prediksyon serileri üretebilmektedir. Bunu yaparken orijinal seriyi trend, periyodik ve gürültü bileşenlerine ayırmaktadır. Yöntemin adımları sırasıyla, (i) sinyali gömme (embedding), (ii) tekil değer ayrışımı (singular value decomposition) işlemleri ile ayrıştırma sürecini sonradan gruplandırarak, oluşturulan yeni matrisin diyagonal ortalamasının alınması ve (iii) yeniden yapılandırma (reconstruction) sürecinden oluşmaktadır. Süreç kısaca aşağıdaki sırayla gerçekleşmektedir. $Z = [z_1, z_2, \dots, z_n]$ bir zaman serisi vektörü olsun.

SSA için $u=1, \dots, K$ ve $K=N-L+1$ ($L \leq N/2$) olmak üzere Z bir boyutlu zaman serisi vektörü ile $X_u = [z_u, z_{u+1}, \dots, z_{u+L-1}]^T$ vektörü tanımlansın. Gömme işlemi sonucu aşağıda elde edilen matris yörünge matrisi (trajectory matrix) olarak adlandırılır (Denklem 5):

$$X = [X_1, X_2, \dots, X_K] = \begin{bmatrix} z_1 & z_2 & \dots & z_K \\ z_2 & z_3 & \dots & z_{K+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_L & z_{L+1} & \dots & z_N \end{bmatrix} \quad (5)$$

Bir sonraki adım, X matrisinin tekil değer ayrıştırmasıdır. Bunun için kovaryans matrisi $S = XX^T$ 'nin öz değerleri kullanılmaktadır. Bu, S matrisinin öz değerlerinin karekökü olan L tekil değerlerinin bir grubunu ve sol ve sağ tarafları denk tekil vektörleri sağlamaktadır. Burada L (pencere uzunluğu) değerinin yeterince büyük

olduğuna dikkat edilmelidir (Du, Zhao ve Lei, 2017). Tekil değer ayrıştırmasından elde edilen r (özdeğerlerin sayısı) grubu özvektörler, X_J vektörlerinin L boyutlu uzayda r boyutlu bir hiperdüzlemini belirlemektedir ($1 \leq r < L$). Son olarak, sinyal, gürültü, trend ve mevsimselliği ayırmak için elde edilen hiperdüzlem bileşenlere ayrılır. SSA işlemleri sonucunda elde edilen bileşenler kullanılarak prediksyon değerleri hesaplanmaktadır. Bu adımlar gerçekleştirirken, L ve r değerleri optimum olarak belirlenmektedir. Bu yöntem, matematiksel analizi görselleştirme araçlarıyla birleştirerek sonlandırılmaktadır. SSA'nın, diğer parametrik olmayan yöntemlere göre diğer bir avantajı da zaman serilerini modellemek için yalnızca bir parametreye ihtiyaç duymasıdır (Hassani ve Ghodsi, 2015).

(4) Yöntem Değerlendirme Ölçütleri

Analizlerin güvenilirliğini arttırmak için son yıllarda birçok araştırmacı çalışma verilerini eğitim ve test verisi olarak ikiye ayırmaktadır. Genellikle eğitim verisi ile tahmin modellerinin parametreleri belirlenirken, test verisi ile de bu parametrelerin güvenilirliği/geçerliliği ölçülmektedir. Sadece Karesel Ortalama Hata (KOH) yardımıyla tüm verileri kullanarak en iyi modeli belirlemek istatistiksel olarak yeterli olmayacağından, 12 aylık tahminleri elde etmek için bu çalışmada 2002-2015 yılları arasındaki veri seti eğitim verisi, 2015-2016 yılları arasındaki veri seti ise test verisi olarak dikkate alınmıştır. Diğer tahmin dönemleri de benzer olarak, 2002-2016 yıllarına sahip veri setimizde test verisi tahmin dönemine eşit olacak şekilde son yıllardaki verilerden ayrılırken geriye kalan veri eğitim verisi olarak kullanılmıştır. Çalışmada ilgilenilen her dönem için KOH formülü denklem 6'da aşağıdaki şekilde verilmektedir (Naim ve Mahara, 2018).

$$KOH = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (z_t - \hat{z}_t)^2}, t=1, \dots, N. \quad (6)$$

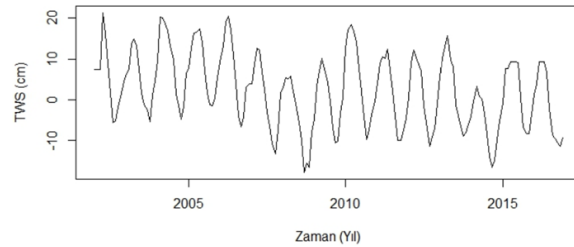
Burada, z_t , t . gözlemin değerini ve $\hat{z}_t$ ise t . gözlemin prediksyon değerini göstermektedir. KOH'nın ortalaması, (KOHO) karşılaştırma modeli olarak belirlenen modelin KOH'nın diğer modellerin KOH'larıyla karşılaştırılması ile hesaplanmaktadır (Hassani, Silva, Antonakakis, Filis ve Gupta, 2017). Başka bir şekilde ifade edilecek olursa KOHO aşağıdaki şekilde tanımlanabilir (Denklem 7).

$$KOHO_{SSA/ETS} = \frac{KOH_{SSA}}{KOH_{ETS}} \text{ ve} \\ KOHO_{SSA/ARIMA} = \frac{KOH_{SSA}}{KOH_{ARIMA}}. \quad (7)$$

KOHO değerlerinin anlamlılığı Hassani ve Silva (2015) tarafından önerilen KSPA (Kolmogorov-Smirnov Predictive Accuracy) testi ile test edilmektedir.

4. SONUÇ

Türkiye'nin kuraklık analizi hakkında ileriye dönük tahminlerde bulunmayı sağlayacak en iyi istatistiksel kestirim yöntemini saptamak için, bu çalışmada dikkate alınan veriler R programı dili yardımıyla R studio 3.5.2 sürümü ile analiz edildi. İlk olarak, Türkiye'ye ait, 2002-2016 yıllarını dikkate alan, eşdeğer su kalınlığı cinsinden ifade edilmiş toplam su bütçesi (GRACE TWS) verisinin (Şekil 3), Shapiro Wilks testi ile Normal dağılıma sahip olup olmadığı test edilmiştir. Tablo 1'de verilen Shapiro Wilks testi sonuca göre, GRACE serisi %1 yanılma düzeyi ile Normal dağılım göstermektedir. Bu durumda, çalışmada kullanılan parametrik ve parametrik olmayan yöntemler eşit şartlara sahip olmaktadır.



Şekil 3. Türkiye'ye ait GRACE verisinin 2002-2016 yıllarına ait aylık ortalama toplam su bütçesi (cm) zaman serisi.

Şekil 3'te, GRACE zaman serilerinin, 2002-2008 (aralık) yılları arasında ciddi bir kuraklığı gösteren azalan bir trend, (Aralık) 2008-2010 yılları arasında hafif bir artış, sonrasında 2010-2014 (Ekim) aralığında da yine azalan bir trend sergilediği görülmektedir. Literatürde yer alan önceki çalışmalarda da belirtildiği üzere, 2008 yılı Türkiye'de kuraklığın en ciddi şekilde hissedildiği bir zaman olmuştur. Görüldüğü gibi GRACE zaman serilerinden TWS değerlerinin zaman içindeki artan ve azalan davranışına göre kuraklığa dair çalışmalar yapmak mümkündür.

Tablo 1. GRACE hakkındaki Betimsel istatistikler

	Minimum	Maksimum	Ortalama
GRACE	-17.739	21.294	2.384
	Medyan	Standart Sapma	Shapiro Wilks Testi
GRACE	2.133	9.008	0.035*

Yaptığımız çalışmada Şekil 3'de verilen zaman serisinin ileriye dönük davranışını istatistiksel olarak kestirebilmek için, ETS ve ARIMA yöntemlerinin R programındaki "forecast" paketi aracılığıyla varsayımları sağlayan en iyi modelleri tahmin edilebilirken, SSA yöntemi daha karmaşık bir hesaplama prosedürüne sahiptir. W-korelasyon matrisi yardımı ile L penceresinin uzunluğu, sinyal ve gürültü arasındaki ayrımı kullanarak r eşleştirilmiş özvektörlerin değeri belirlenerek SSA yönteminin en iyi modeli tahmin edilebilir. Bu uygulama aşamalarından sonra öncelikle hangi kestirim döneminin daha yakın tahminlerde bulunacağını belirlemek için farklı dönemler dikkate alınmıştır. Çalışmada kullanılan veri seti çok büyük olmadığı için, kısa dönemli tahminlerde daha iyi sonuçlar vereceği beklenmektedir. Veri setinin tahmin edilecek dönemi test verisi olarak ayrıldığından uzun dönemli tahminlerde eğitim verisi azalmaktadır. Bu yüzden de tahmin etmek istediğimiz dönemimiz büyüdükçe prediksyonların güvenilirliğinin azalması beklenmektedir. Farklı dönemler ve yöntemler için KOH değerleri Tablo 2'deki gibi elde edilmektedir.

Tablo 2. GRACE için farklı dönemler elde edilen KOH değerleri

	KOH Sonuçları		
h\Yöntem	ETS	ARIMA	SSA
12	2.44	2.31	1.83
18	4.34	3.75	3.66
24	6.74	6.83	3.44
30	6.19	6.74	4.98
36	4.38	4.43	4.31

Tablo 2' de verilen sonuçlara göre en küçük KOH değerine beklendiği gibi 12 aylık tahminlerde ulaşılmaktadır. Bu nedenle, çalışmada elde edilecek Türkiye'nin toplam su bütçesi tahminleri $h=12$ olacak şekilde analiz edilecektir. Ayrıca, bu sonuçlar, dikkatle incelenirse, SSA yönteminin, her dönemde, en

küçük hata oranıyla tahminlerde bulunabileceğini göstermektedir. 12 aylık tahminlerde ARIMA, ETS ve SSA yöntemlerindeki GRACE verisine en uygun modelleri Tablo 3'teki gibi belirlenmiştir. Parametrik yöntemlerden olan ARIMA ve ETS yöntemleri için orijinal seriden tahmin serisi çıkarılarak elde edilen hata serilerinde beyaz gürültü olup olmadığı Box-Ljung testi ile kontrol edilmiştir. 0.01 yanılma düzeyine göre bu iki yöntemin hata serileri, beyaz gürültülü olarak bulunmuştur. Parametrik olmayan SSA yöntemi model geçerliliği için hiçbir varsayıma gerek duymadığından, elde edilen model için de herhangi bir kontrole gerek yoktur.

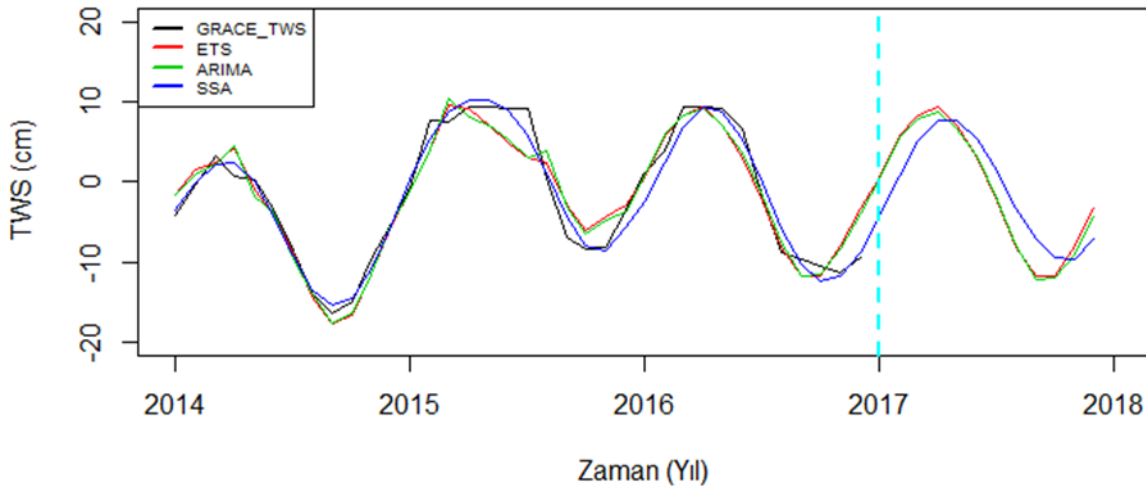
Tablo 3. GRACE için elde edilen optimum modeller

GRACE
$ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s$
$(0,1,0)(0,1,1)_{12}$
$ETS(Hata, Trend, Mevsimsel)$
ANA
$SSA(L, r)$
$(24, 8)$

Çalışmadaki 2002-2015 yılları arasındaki eğitim verisi dikkate alınarak bulunan modeller, 2015-2016 yıllarına ait test verileri kullanılarak değerlendirilmektedir. Tablo 4'teki KOH değerleri her bir yönteme ait modellerin bir yıllık (12 aylık) GRACE prediksyonlarından hesaplanmaktadır. Buna göre, en küçük KOH değerine, SSA yönteminin sahip olduğu görülmektedir. Başka bir ifadeyle, SSA yöntemi daha az hata ile gelecekle ilgili kuraklık çalışmalarına dair tahminlerde kullanılabilir. Ayrıca Şekil 4'ten çalışmada dikkate alınan üç yöntemin oldukça yakın değerlerle kuraklık tahmini için kullanılabilineceği görülmektedir. Bu şekil ile hangi yöntemin daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemek oldukça zordur. Hatta, üç yöntemin en iyi modellerinden 2017-2018 arasındaki dönemi kapsayan tahminleri de Şekil 4'te verilmektedir.

Tablo 4. Modellerden elde edilen KOH değerleri

	ETS	ARIMA	SSA
GRACE	2.44	2.31	1.83



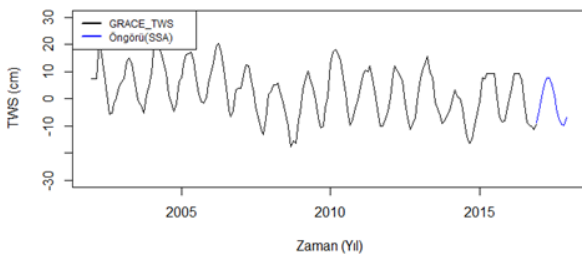
Şekil 4. GRACE zaman serisi ve üç istatistiksel kestirim modelinden elde edilen tahminlerin zaman serileri

Tablo 5, SSA yöntemi dikkate alınarak ETS ve ARIMA yöntemleri ile karşılaştırıldığında KOHO değerlerini vermektedir. Bu değerlere göre SSA yöntemi, ETS yöntemine göre %27, ARIMA yöntemine göre %21 kazanç sağlamaktadır. Yani GRACE TWS verileri için prediksyonlarda bulunduğumuzda, SSA yöntemini kullanmak ETS yöntemine göre %27 oranında, ARIMA yöntemine göre %21 oranında daha doğru sonuçlar vermektedir. Ayrıca Tablo 5'teki iki değerde KSPA testine göre 0.01 yanılma düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

Tablo 5. Modellerden elde edilen KOHO değerleri

	KOHO Sonuçları	
	SSA/ETS	SSA/ARIMA
GRACE	0.73	0.79

En iyi sonuçları elde eden yöntem olan SSA modelinden, Şekil 5'te 2002-2017 yılları için Şekil 6'da sadece 2017 yılı için hesaplanan tahmin değerleri verilmektedir. Ayrıca 2017 yılında da GRACE değerlerinin ortalama seviyelerinde ve sabit bir trend ile mevsimsel dalgalanmalarla devam ettiği görülmektedir. 2017 yılına ait tahmin değerleri Tablo 6 da gibi elde edilmektedir.

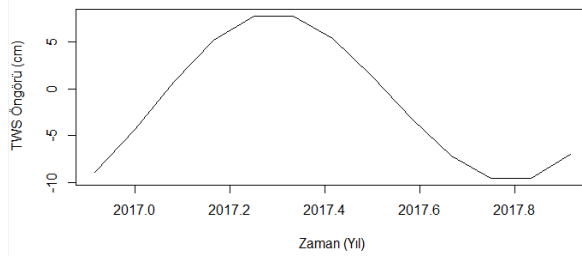


Şekil 5. GRACE serisi ve SSA modelinden elde edilen prediksyonun zaman serisi

Tablo 6. SSA yönteminden elde edilen 2017 yılına ait prediksyon değerleri

Prediksyon değerleri			
Aylar	TWS	Aylar	TWS
1	-4.35	7	1.34
2	0.74	8	-3.20
3	5.15	9	-7.16
4	7.73	10	-9.52
5	7.75	11	-9.55
6	5.36	12	-7.00
Ortalama			1.06

Bu çalışmada genel olarak istatistikte çokça bilinen ve sıkça kullanılan ARIMA, ETS ve SSA yöntemleri ile GRACE uydusu zaman serisinin özellikle kuraklık analizinde kestirimi ve bu kapsamda mevcut yöntemlerin performansı ve doğruluğu incelenmiştir. Veri seti büyüklüklerinin çok büyük olmadığı durumlarda kısa dönemlik tahminlerin daha güvenilir sonuçlar verdiği birçok zaman serisi çalışmasıyla desteklenmektedir (Hassani ve Ghodsi, 2015; Hassani ve diğerleri, 2017; Shang ve Hyndman, 2017). Çalışmamızda da farklı tahmin dönemleri dikkate alındığında, veri setimiz için en uygun dönemin, beklenildiği gibi, 12 aylık dönem olduğu bulunmuştur. Çalışmada bahsedilen dönemler için elde edilen sonuçlarda, tüm yöntemlerin genel olarak HKO cinsinden olumlu sonuçlar verdiği saptanmıştır. Genele bakıldığında, daha uzun süreli bir kestirim için SSA modelinin (ör. 3 yıllık), kısa dönemli kestirimlerde (12 ve 18 aylık) ise ARIMA veya ETS modellerinin SSA'ya yakın sonuçlar verebileceği tespit edilmiştir.



Şekil 6. SSA modelinden elde edilen 2017 yılı için elde edilen prediksyonların zaman grafiği

Sonuçlar dikkatle incelendiğinde, SSA yöntemi ile hesaplanan bir yıllık kestirim değerleri ile kuraklığa dair bir yorumda bulunmak doğru olmayacağı görülmektedir. Bu nedenle, çalışmanın amacı olan hangi yöntemin daha iyi kestirimler sağlayabileceğini göstermeyi desteklemektedir. Ayrıca, çalışmada kullanılan yöntemler ile daha uzun süreli kestirimler (5 yıllık, 10 yıllık) yapabilmek de mümkündür. Ancak bu tip tahminlerde daha büyük zaman aralığında gözlenmiş veri setleri ile (ör. 20 yıllık) çalışmanın daha güvenilir ve gelecekle ilgili daha uzun dönemli prediksyon sonuçları vermesi beklenir. İleriye dönük olarak, bu çalışmanın prediksyon sonuçlarının, GRACE-FO verileri ile de karşılaştırılması öngörülmüştür. Ek olarak, bu kapsamda, kuraklık analizi çalışmalarında GRACE verileriyle uyumlu yardımcı verilerin de (ör. yağmur verisi, hidrolojik modeller) kestirimlerimize dahil edilmesi ve akabinde çok parametrelili kestirimler yapılması, bu kestirimlerin sonuçların doğruluğunu ne oranda geliştireceği bir sonraki hedeflerimiz arasındadır.

ORCID

Gonca OKAY AHİ  <https://orcid.org/0000-0001-7235-1502>

Hatice ÖNCEL ÇEKİM  <https://orcid.org/0000-0001-8538-6296>

KAYNAKLAR

Adamowski, J. ve Chan, H.F. (2011). A wavelet neural network conjunction model for groundwater level forecasting. *Journal of Hydrology*, 407(1-4), 28-40. doi:10.1016/j.jhydrol.2011.06.013

Adamowski, J., Fung Chan, H., Prasher, S.O., Ozga-Zielinski, B. ve Sliusarieva, A. (2012). Comparison of multiple linear and nonlinear regression, autoregressive integrated moving average, artificial neural network and wavelet artificial neural network methods for urban water demand forecasting in Montreal (Canada). *Water Resources Research*, 48(1). doi: 10.1029/2010WR009945

Al-Zahrani, M. A. ve Abo-Monasar, A. (2015). Urban residential water demand prediction based on artificial neural networks and time series models. *Water Resources Management*, 29(10), 3651-3662. doi:10.1007/s11269-015-1021-z

Arandia, E., Ba, A., Eck, B. ve McKenna, S. (2015). Tailoring seasonal time series models to forecast short-term water demand. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 142(3), 04015067. doi:10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000591

Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C. ve Ljung, G. M. (2015). *Time series analysis: forecasting and control*. doi:10.2307/3150485

Cheng, M.K., Tapley, B. D. ve Ries, J. C. (2013). Deceleration in the Earth's oblateness. *Journal of Geophysical Research*, 118, 1-8, doi:10.1002/jgrb.50058.

Chinnasamy, P. ve Agoramoorthy, G. (2015). Groundwater storage and depletion trends in Tamil Nadu State, India. *Water Resources Management*, 29(7), 2139-2152. doi:10.1007/s11269-015-0932-z

De Livera, A. M., Hyndman, R. J. ve Snyder, R.D. (2011). Forecasting time series with complex seasonal patterns using exponential smoothing. *Journal of the American Statistical Association*, 106(496), 1513-1527. doi:10.1198/jasa.2011.tm09771

Döll, P., Mueller Schmied. H., Schuh, C., Portmann, F.T. ve Eicker, A. (2014). Global-scale assessment of groundwater depletion and related groundwater abstractions: Combining hydrological modeling with information from well observations and GRACE satellites. *Water Resources Research*, 50(7), 5698-5720. doi:10.1002/2014WR015595

- Dong, Z., Yang, D., Reindl, T. ve Walsh, W.M. (2013). Short-term solar irradiance forecasting using exponential smoothing state space model. *Energy*, 55, 1104-1113. doi:10.1016/j.energy.2013.04.027
- Du, K., Zhao, Y. ve Lei, J. (2017). The incorrect usage of singular spectral analysis and discrete wavelet transform in hybrid models to predict hydrological time series. *Journal of Hydrology*, 552, 44-51. doi:10.1016/j.jhydrol.2017.06.019
- Flechtner, F. (2007). AOD1b product description document for product releases 01 to 04 (Rapor no: GRACE 327-750 (GR-GFZ-AOD-0001), rev. 3.1, april 13, 2007). GRACE project document. 327-750. Erişim adresi: http://op.gfzpotdam.de/grace/results/grav/AOD1B_PDD_20070413.pdf
- Flechtner, F., Dobslaw, H. ve Fagiolini, E. (2014). AOD1b product description document for product release 05 (Rapor No: GRACE 327-750 (GR-GFZ-AOD-0001), rev. 4.4, december 14, 2015). Erişim adresi: http://www-app2.gfzpotdam.de/pb1/op/grace/results/grav/AOD1B_20151214.pdf
- Gerou, Wahr J. ve Zhong, S. (2012). Computations of the viscoelastic response of a 3-d compressible earth to surface loading: An application to glacial isostatic adjustment in antarctica and canada. *Geophysical Journal International*, 192(2), 557-572. doi:10.1093/gji/ggs030
- Graz Teknik Üniversitesi (t.y). Gravite alanı modelleri. Erişim adresi: <https://www.tugraz.at/institute/ifg/downloads/gravity-field-models/itsg-grace2016/>
- Hassani, H. ve Ghodsi, Z. (2015). A glance at the applications of singular spectrum analysis in gene expression data. *Biomolecular detection and quantification*, 4, 17-21. doi:10.1016/j.bdq.2015.04.001
- Hassani, H., Heravi, S. ve Zhigljavsky, A. (2009). Forecasting European industrial production with singular spectrum analysis. *International journal of forecasting*, 25(1), 103-118. doi:10.1016/j.ijforecast.2008.09.007
- Hassani, H. ve Silva, E.S. (2015). A Kolmogorov-Smirnov based test for comparing the predictive accuracy of two sets of forecasts. *Econometrics*, 3(3), 590-609. doi:10.3390/econometrics3030590
- Hassani, H., Silva, E.S., Antonakakis, N., Filis, G. ve Gupta, R. (2017). Forecasting accuracy evaluation of tourist arrivals. *Annals of Tourism Research*, 63, 112-127. doi:10.1016/j.annals.2017.01.008
- Hyndman, R. ve Athanasopoulos, G., (2009). *Forecasting Multiple Time Series*. Yer: John Wiley & Sons, Inc.
- Hyndman, R.J., Koehler, A.B., Snyder, R.D. ve Grose, S. (2002). A state space framework for automatic forecasting using exponential smoothing methods. *International Journal of forecasting*, 18(3), 439-454. doi:10.1016/S0169-2070(01)00110-8
- Jekeli, C. (1981). Alternative methods to smooth the Earth's gravity field (Rapor No: 327). Yer bilgisi: Department of Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University, Columbus. Erişim adresi: <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19820014947>
- Junninen, H., Niska, H., Tuppurainen, K., Ruuskanen, J. ve Kolehmainen, M. (2004). Methods for imputation of missing values in air quality data sets. *Atmospheric Environment*, 38(18), 2895-2907. doi:10.1016/j.atmosenv.2004.02.026
- Kadılar, C. (2009). *SPSS Uygulamalı zaman serileri analizine giriş*. Yer: Bizim Büro Basımevi, İkinci Baskı, Ankara (İlk Basım: 2005).
- Lenk, O. (2013) Satellite based estimates of terrestrial water storage variations in Turkey. *Journal of Geodynamics*, 67, 106-110. doi:10.1016/j.jog.2012.04.010
- Liesch, T. ve Ohmer, M. (2016). Comparison of GRACE data and groundwater levels for the assessment of groundwater depletion in Jordan. *Hydrogeology Journal*, 24(6), 1547-1563. 10.1007/s10040-016-1416-9

- Makridakis, S., Andersen, A., Carbone, R., Fildes, R., Hibon, M., Lewandowski, R., ... Winkler, R. (1982) The accuracy of extrapolation (time series) methods: Results of a forecasting competition. *Journal of Forecast*, 1(2), 111-153. doi:10.1002/for.3980010202
- Mukherjee, A. ve Ramachandran, P. (2018). Prediction of GWL with the help of GRACE TWS for unevenly spaced time series data in India: Analysis of comparative performances of SVR. ANN and LRM. *Journal of hydrology*, 558, 647-658. doi:10.1016/j.jhydrol.2018.02.005
- Naim, I. ve Mahara, T. (2018). Comparative Analysis of Univariate Forecasting Techniques for Industrial Natural Gas Consumption. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 10(5), 33-44. doi:10.5815/ijigsp.2018.05.04
- Nasa Doğu Akdeniz'de 900 yıldır gözlenen en şiddetli kuraklığı belirledi. (2019, 20 Haziran). Erişim adresi: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2016/nasa-finds-drought-in-eastern-mediterranean-worst-of-past-900-years>.
- Okay Ahi, G. ve Jin, S. (2019). Hydrologic Mass Changes and Their Implications in Mediterranean-Climate Turkey from GRACE Measurements. *Remote sensing*, 11(2), 120. doi:10.3390/rs11020120
- Panda, D.K. ve Wahr, J. (2016). Spatiotemporal evolution of water storage changes in India from the updated GRACE-derived gravity records. *Water Resources Research*, 52, 135-149. doi:10.1002/2015WR017797
- Podaac. (t.y.). Kara kütlesi sürüm 5 (RL05) verisi. Erişim adresi: https://podaac-w10n.jpl.nasa.gov/w10n/allData/tellus/L3/land_mass/RL05/netcdf/
- Rangelova, E., Van der Wal, W., Braun, A., Sideris, M.G. ve Wu, P. (2007). Analysis of Gravity Recovery and Climate Experiment time-variable mass redistribution signals over North America by means of principal component analysis. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 112(F3). doi:10.1029/2006JF000615
- Rangelova, E. ve Sideris, M.G. (2008). Contributions of terrestrial and GRACE data to the study of the secular geoid changes in North America. *Journal of Geodynamics*, 46(3-5), 131-143. doi:10.1016/j.jog.2008.03.006
- Shang, H. L. ve Hyndman, R. J. (2017). Grouped functional time series forecasting: an application to age-specific mortality rates. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 26(2), 330-343. doi:10.1080/10618600.2016.1237877
- Stein, E.M. (1956). Interpolation of linear operators. *Transactions of the American Mathematical Society*, 83(2), 482-492. <https://pdfs.semanticscholar.org/8a50/3700637e72d56299a743d94e4926e7de0286.pdf>
- Sun, A.Y. (2013). Predicting groundwater level changes using GRACE data. *Water Resources Research*, 49(9), 5900-5912. doi:10.1002/wrcr.20421
- Swenson, S., Chambers, D. ve Wahr, J. (2008). Estimating geocenter variations from a combination of grace and ocean model output. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 113 (B8). doi:10.1029/2007JB005338
- Tiwari, M. K. ve Adamowski, J. (2013). Urban water demand forecasting and uncertainty assessment using ensemble wavelet-bootstrap-neural network models. *Water Resources Research*, 49(10), 6486-6507. doi:10.1002/wrcr.20517
- Wahr, J., Molenaar, M. ve Bryan, F. (1998). Time variability of the Earth's gravity field: Hydrological and oceanic effects and their possible detection using GRACE. *Journal of Geophysical Research*, 103. B12. 30, 205-30. 229. doi:10.1029/98jb02844
- Yang, P., Xia, J., Zhan, C., Qiao, Y. ve Wang, Y. (2017). Monitoring the spatio-temporal changes of terrestrial water storage using GRACE data in the Tarim River basin between 2002 and 2015. *Science of the Total Environment*, 595, 218-228. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.03.268

Dijital ile Ofset Baskı Tekniklerinde, Vektör Harita Üretiminin Baskı Kalitesine Etki Eden Parametrelerin Karşılaştırılması

(The Comparison of The Parameters That Effect The Print Quality of Vector Map Production In Digital And Offset Printing Techniques)

Selim ŞENDİL¹ , Mithat YILMAZ² 

¹Harita Genel Müdürlüğü, 06590, Çankaya, Ankara

²Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Grafik Tasarımı Bölümü, 06570, Çankaya, Ankara
selimsendil@hotmail.com, mithat.yilmaz@hbu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 22.10.2018

Kabul Tarihi (Accepted): 14.05.2019

Öz

Bu çalışmayla, ofset ve dijital baskı sistemleri hakkında genel bilgiler ortaya konulacak ve yapılan test baskı çalışmalarıyla renk evrenleri arasındaki farklılıklarının tespit edilmesi sağlanacaktır. Ayrıca vektör harita üretiminde kullanılan ofset ve dijital baskı sistemlerinin kalite, renk evreni, trapping değerleri ve nokta kazançları açısından karşılaştırılmıştır. Dolayısıyla ülkemizde ve dünyada oldukça yeni olan dijital baskı sistemlerine ait araştırmacıların ve uygulamacıların yararlanabileceği, matbaacılık sektöründe faaliyet gösteren firmaların yatırım kararlarını alırken başvurabilecekleri bir çalışma amaçlanmıştır. Bu amaçla oluşturulan test baskı skalalarının trapping değerleri, spektrofotometre ile yapılan ölçümlerde sıvı tonerli dijital baskı sisteminde üst üste mürekkep kabulünün ofset baskı sistemine göre homojen ve yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir. Ofset baskı ve sıvı tonerli dijital baskı sistemlerinde kullanılan görsel resimler, renk dağılım skalası ve gri balans dengesi kontrollerinde çıplak göz ile yapılan kontrollerde profesyonel bakış ile ayırt edilemeyecek şekilde baskı sonuçları elde edilmiştir. Yazı ve çizgi kenar keskinliği bakımından ofset baskı sisteminde ve sıvı tonerli dijital baskı sistemlerinde kalite açısından gözle görülür fark olmadığı; ancak yapılan mikroskopik ölçümlerde 8-10 mikron düzeyinde farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Test sonuçları kıyaslandığında, mevcut şartlarda iki teknoloji arasında tercih yapılmadan, ikisinin de birbirini destekleyecek şekilde yan yana kullanılmasının daha uygun olacağı değerlendirilmektedir. Özellikle baskı sektöründe ön plana çıkan ofset-dijital entegrasyonu konusunun, vektör harita üretiminde veya mevcut piyasa şartlarında bütün matbaa ve baskı merkezlerinin öncelikli gündem maddesi olması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Vektör harita, dijital baskı, ofset baskı

ABSTRACT

With this study, general information/basics of the offset and digital printing systems is given and differences between the color scales is figured out. Besides, the offset and digital printing methods used in the production of vector map are compared in terms of the quality, color scale, trapping value and, dot gain. As a result, it is aimed a study that researchers and practitioners can benefit and firms in the printing sector

can consult when taking investment decisions. A naked-eye control of the color distribution scale and grey balance of the visuals used in the offset printing and liquid-toner digital printing systems revealed printing results that could not be distinguished with a professional look. It was found that there was no observable difference in quality between the offset printing system and the liquid-toner digital printing systems in terms of letter and line edge sharpness; however, microscopic measurements revealed a difference at the level of 8-10 micron. A comparison of the test results suggests that, under the current circumstances, one of the technologies should not be preferred over the other and both should be used side-by-side to support each other. It is clear that the subject of offset-digital integration, which has gained prominence in the printing sector, needs to become a priority agenda item in vector map production, or for all printing and press centers under the current market conditions.

Keywords: Vector map, digital printing, offset printing

1. GİRİŞ

Dijital baskı sistemleri, matbaacılık sektöründe her geçen gün pazar payını arttırmaktadır. Bunun en temel sebebi matbaacılık sektöründe müşterilerin hizmet beklentilerinin değişmesidir. Araştırma şirketi Smithers Pira'nın 2017 yılında yayımladığı rapora göre toplam dijital baskı pazarı 2024 yılında 2013 yılına göre değerini %225 arttıracaktır. 2013 yılında 131 milyar dolar pazar payına sahipken, yıllık ortalama %7.4 büyüme ile 2018 yılı sonunda 187 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. Marka değeri yüksek olan ofset baskı makineleri üretimi yapan firmaların dijital baskı yapan firmalarla anlaşmaya başlamaları ve kendilerinin dijital baskı makineleri üretmeye başlaması geleceğin nereye doğru ilerlediğini çok net olarak belli etmektedir. Buradan hareketle bir grafik tasarım ürünü olan vektör haritanın baskısı ve bu baskı kalitesinin korunması ve tutarlılığı konusu önem arz etmektedir. Vektör haritaların üretimi mevcut sistemde ofset baskı ile yapılmaktadır. Harita Genel Müdürlüğü tarafından; Türk Silahlı Kuvvetleri, Bakanlıklar, kamu kurum ve kuruluşları, üniversiteler ile gerçek ve tüzel

kişilerin ihtiyacı kapsamında; savunma, güvenlik, istihbarat, kalkınma, eğitim ve bilimsel araştırma amaçlı, yurt içi ve yurt dışına ait temel harita ve harita bilgileri ile coğrafi verileri, basılı ve sayısal olarak sağlanmaktadır. Farklı baskı sistemlerinde, farklı kağıt çeşitleri üzerine baskı yapıldığında, renk değişimleri ve kalite farkları ortaya çıkabilmektedir. Gerek dijital gerekse ofset baskı sistemlerinde, farklı kağıt çeşitlerine yapılan baskılarda, farklı renk sonuçları alınabilmektedir. Bu çalışmada dijital baskı sistemlerinde ve ofset baskı sistemlerinde yapılan test baskı çalışmalarıyla, görsellerde (Şekil 1 ve Şekil 2) yer alan yazı, çizgi, alan ve sembol gibi detayların Uluslararası Kağıt Baskı Standartı olan ISO 12647-2'e göre baskı kaliteleri ve renk sonuçları bakımından farklılıklar tespit edilmeye çalışılmıştır. Dolayısıyla ülkemizde ve dünyada oldukça yeni olan, dijital baskı sistemlerine ait araştırmacıların ve matbaacıların yararlanabileceği yatırım kararlarını alırken başvurabilecekleri bir çalışma olmuştur.

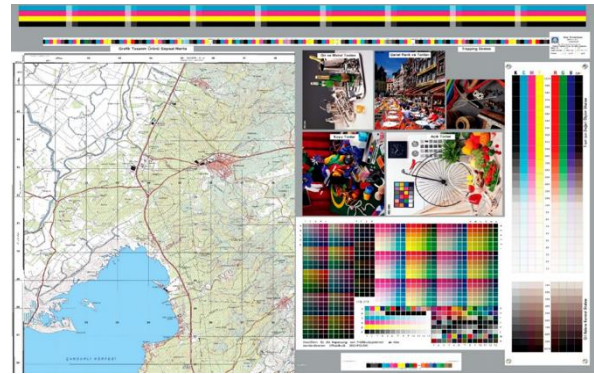
2. VERİ VE YÖNTEM

Çalışmada, ofset baskı makinesi olarak Harita Genel Müdürlüğü matbaasında bulunan "Heidelberg Speed Master CD 102" ve sıvı tonerli dijital baskı makinesi olarak da Mim Ofsette kurulu "HP Indigo 10000" serisi makineler kullanılmıştır. Araştırmanın bulguları, bu makineler ile sınırlıdır. Yapılan test baskılarının laboratuvar ortamında ki ölçümleri Heidelberg firmasının İstanbul'daki merkezinde yapılmıştır. Kağıt baskı malzemesi olarak matbaacılık sektöründe ve harita baskısında en çok kullanılan kağıt çeşitleri olan 90 gr/m² I.hamur kağıt ve 115 gr/m² mat kuşe kullanılmıştır.

Birçok üretim sistemi ve üründe olduğu gibi matbaacılıkta da uluslararası standartlar bulunmaktadır. Matbaacılıkta temel olarak üç değişik baskı standartı bulunmaktadır. Bunlar Amerikan Standartı-SWOP, Asya Standartı-Japan ve Avrupa Standardı-Euroscale'dir. Türkiye'de Avrupa Normunu temsil eden ve en yaygın olan ISO standardı Euroscale kullanılmaktadır. ISO'nun baskı standardı çalışmaları sonucunda tabaka ofset baskı için 12647-2 standartı 1996 yılında yayınlanmıştır. Ölçümlerde kullanılan iki adet test baskı skalası ISO standartlarının belirlemiş olduğu resimler kullanılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan test baskı skalaları ofset ve dijital baskı makinelerinde baskıları yapılarak kalite parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu baskılar sonucunda renk evrenleri, densite değerleri, mikroskobik çizgi-yazı-tram görüntüleri, L*a*b* (L* lightness-

parlaklığını, a* kırmızı/yeşil değerini ve b* sarı/mavi değeri gösterir) değerleri, nokta kazancı eğrileri ve değerleri, trapping, gri balans dengesi, degrade ton geçişleri ve haritalar üzerindeki detaylar kontrol edilmiştir.

Standardizasyon ve renk yönetimi uygulamasında ISO standartlarında birçok test skalası ve resmi kullanılır. Bunlardan bir kısmı baskının karakteristiklerini belirlemek, bir kısmı da ICC (International Color Consortium-Uluslararası Renk Konsorsiyumu) profili üretmek için kullanılır. ICC profilleri bir cihazın renk görme, oluşturma ya da basabilme yeteneklerinin bilgisayara ve programlara gösteren bir nevi parmak izi olan dosya formatlarıdır. ICC renk profilinde renk evrenleri arasındaki ilişkiyi tanımlamak için yapılan matematiksel işlemlerde kullanılmak üzere gradasyon eğrileri, matrisler ve tablolar gibi çeşitli parametreler bulunur. Adobe Indesign programında test baskı şablonu hazırlanırken, densitenin kontrolü için sayfayı çevreleyen CMYK şeritler, nokta kazancını ölçmek için %1 ila %100 arasında tram noktaları içeren tram skala, gri balans skalası, trapping ölçümü için renk barları kullanılmıştır. Baskı profili çıkartmak için kullanılan IT8/7.3 CMYK test skalasında 928 adet renk kutucuğu kullanılarak renkler belli bir düzen içerisinde yerleştirilmiştir. Skalanın bu hali, lineer baskı sistemleri için uygundur. Kullanılan test skalalarının dışında test sayfanın zemini de önem taşımaktadır. Baskıda düzgün mürekkep dağılımına yardımcı olması için zemine %25 C, %19 M, %19Y, %20K karışımı ile gri ton verilmiştir. Test sayfalarında, farklı punto ve çizgi kalınlıkları gösteren, negatif ve pozitif yazı ve çizgilerden oluşan UGRA/FOGRA test skalaları da kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Test baskı I ölçüm skalası

Test Baskı Skalası II'de ise, renk evreni skalasını oluşturabilmek için 1485 renk kutucuğundan oluşan ECI2002 CMYK test skalası kullanılmıştır. Lineer veya nonlineer (random) olarak renklerin dağıtıldığı skala tercihe göre

kullanılmaktadır. Bu skala bütün baskı sistemlerinde özellikle CMYK kullanılarak yapılan baskıların verebildiği renk evreni tespitinde kullanılmaktadır (Şekil 2). Çalışmada kullanılan bu skala ile baskıdaki tram ton değerleri ve zemin ton değerleri X-Rite I1 Pro Spektrofotometre ile ölçülmüştür.

Yapılan ölçümler, GMG firmasının ColorProof Profile Editör yazılımı kullanılarak test baskılarının dijital ve ofset baskı makinelerindeki iki boyutlu-2D ve üç boyutlu-3D renk evrenlerini oluşturabilmek için kullanılmıştır. Test baskılar üzerinde yapılan ölçümler sonucunda farklı kağıt baskıları üzerindeki renk uzayını gösteren simulasyonlar oluşturulmuştur. Bu oluşturulan simulasyonlar sayesinde farklı baskı tekniklerinde farklı kağıt çeşitlerindeki renk dağılımlarındaki benzerlikler ve farklılıklar ortaya konulmuştur.



Şekil 2. Test baskı II ölçüm skalası

3. UYGULAMA VE BULGULAR

Çalışmanın ana amacı dijital baskı sistemleri ile yapılan baskı sonuçlarının ofset baskı sistemi sonuçları ile mukayese edilerek bu iki sistemin birlerine karşı üstün ve zayıf taraflarının belirlenmesidir. Bu sistemleri karşılaştırmak için, üretim sistemi ofsete en yakın olan sıvı tonerli dijital baskı makinası kullanılmıştır. Dijital baskı sistemlerinde elektrofotografi, iyonografi, İnk-jet, Manyetografi ve termografi gibi birbirinden çok farklı teknolojiler kullanılmaktadır (Hoffman 2005). Bu teknolojiler içerisinde, kullandığı baskı teknolojisi ve mürekkep özellikleri bakımından, ofsetle karşılaştırmaya en uygun olan elektrofotografi baskı teknolojisi seçilmiştir.

Test için seçilen dijital ve ofset baskı makinelerinin her ikisinde de tram kullanılmaktadır. Bu tramlar sayesinde spektrofotometre ve densitometre gibi ölçüm araçları kullanılmış, sayısal veriler elde edilmiş ve elde edilen sonuçlar ISO standartlarıyla karşılaştırılmıştır.

a. Yazı ve Çizgi Kenar Keskinliği

Test baskılarının incelemesine ilk olarak yazı ve çizgilerden başlanmıştır. Ofset baskı sisteminde pozitif baskı alanlarında 0.25 punto kalınlığındaki çizgide değişiklik olmadığı gözlenmiştir. Fakat negatif baskı alanlarında yapılan ölçümler sonucunda çizgi kalınlığında 10-12 mikron incelleme ölçülmüştür. Test baskılar dijital mikroskop altında 200 kat büyütülerek incelendiğinde mevcut 90 g/m² l. hamur harita kağıdının dijital baskı makineleri için uygun olmadığı görülmüştür. Baskı kontrol büyüteci (lup) ve dijital mikroskop kullanılarak yapılan incelemelerde Şekil 3-ç'de gösterilen "1" rakamındaki bozulma açıkça görülmektedir. Ayrıca baskı kontrol ünitesinde göz ile yapılan incelemede özellikle gri zeminlerde yolunma olduğu gözlenmiştir.

Aşağıda kullanılan şekillerdeki açıklamalar:

- a) Ofset Baskı 115 g/m² mat kuşe harita kağıdındaki görüntü
- b) Ofset Baskı 90 g/m² l. Hamur harita kağıdındaki görüntü
- c) Dijital Baskı 115 g/m² mat kuşe harita kağıdındaki görüntü
- ç) Dijital Baskı 90 g/m² l. Hamur harita kağıdındaki görüntü



Harita üzerindeki "1" rakamının görüntüsü



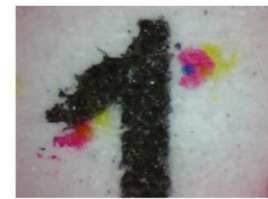
a)Ofset baskı 115 g/m² mat kuşe



b)Ofset baskı 90 g/m² l.hamur



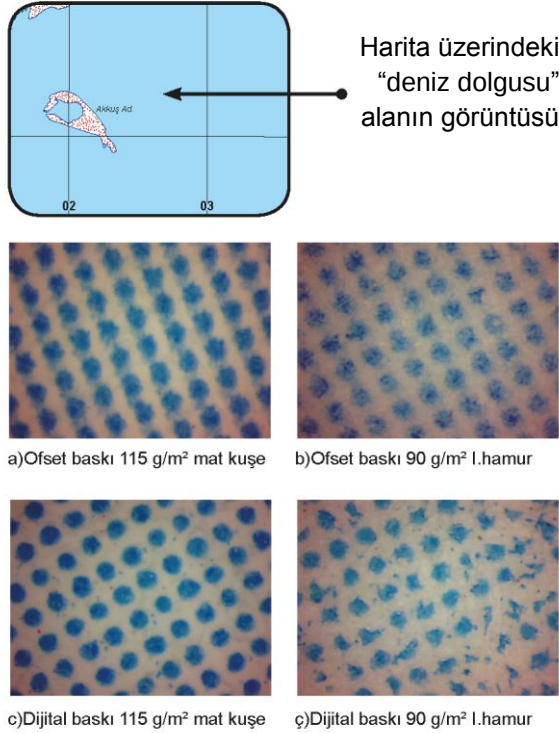
c)Dijital baskı 115 g/m² mat kuşe



ç)Dijital baskı 90 g/m² l.hamur

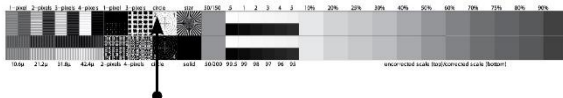
Şekil 3. Dijital mikroskop altında baskıların elde edilen görüntüleri

Test baskılarındaki denizin, baskı kontrol büyütücü (lup) ve dijital mikroskop kullanılarak yapılan incelemelerde Şekil 4-a ve c'de gösterilen 115 g/m² mat kuşede hem ofset hem de dijital baskıda tram dağılımı ve tram yapılarının homojen ve sorunsuz olduğu görülmüştür. 90 g/m² I. Hamur harita kağıdında ise Şekil 4-b ve ç'de gösterilen baskılarda yolunma ve tram yapılarında bozulmalar olmuştur. Bu bozukluklar en çok Şekil 4-ç'de yer alan dijital baskı 90 g/m² I. Hamur harita kağıdında olmuştur.



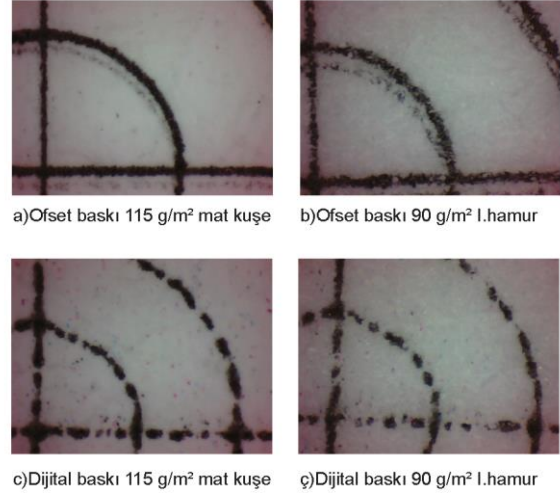
Şekil 4. Dijital mikroskop altında baskıların elde edilen görüntüleri

Test sayfalarının tasarlanması ve sayısal dosya olarak hazırlanmasının ardından kalıplar CtP'den (Computer to Plate-Kalıp Pozlama Cihazı) kalıp çıkışı alınmıştır. Kalıplar CtP cihazında pozlanmadan önce CtP'nin kalibrasyonu yapılmış, yani verilen dijital değerler kalıp üzerinde tam olarak istenildiği gibi elde edilmiştir. Kalıpla ilgili verilerin ölçümü için, dijital kalıp test skalaları kullanılmıştır. Kalıp ölçümü için UGRA/Fogra'nın (Uluslararası baskı standartlarını geliştiren kurum) geliştirdiği test skalası kullanılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Yarım ton test baskı skalası üzerinde "daire" sembolünün görüntüsü

Her zaman bilgisayardan gelen dijital veri ile CtP de pozlanan kalıp arasında küçük farklılıklar olabilmektedir. Genellikle tram noktaları arasındaki fark, orta tonlar için termal kalıplarda %0,5-1 arasında olabilmektedir. Şekil 5'te yer alan yarım ton test baskı skalasındaki değerler ölçülmüş ve standartlar içinde kaldığı görülmüştür.



Şekil 6. Dijital mikroskop altında baskıların elde edilen görüntüleri

Kalıpların ölçüm standartları sağlandıktan sonra ofset ve dijital baskıları yapılmıştır. Şekil 6'da basılı kağıtlar üzerinde yapılan incelemede "daire" sembolünün ofset baskıda Şekil 6-a ve b'de sorunsuz bir şekilde basıldığı gözlemlenmiştir. Dijital baskıda ise Şekil 6-c ve ç'de çizgilerde kopukluklar olduğu, bu kopuklukların özellikle Şekil 6-ç'de 90 g/m² I. Hamur kağıt baskısında çok daha fazla olduğu görülmüştür.

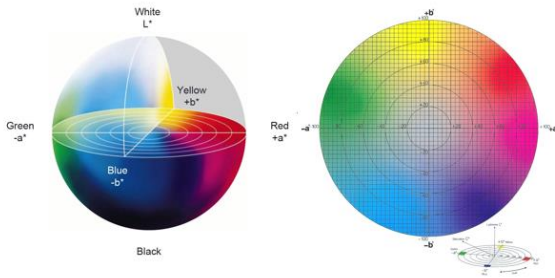
b. Renk Evrenlerine İlişkin Bulgular

Rengin işlenebilmesi, üzerinde çalışılabilmesi için ölçümünün yapılması gereklidir. Rengin ölçülen iki değeri ve ölçüm yöntemi vardır. Bu işlem rengin stimulusunun yani, fiziksel karakteristiklerinin ölçümü ile tristimulusunun yani rengin bir evren içindeki üç boyutunun ölçümüdür.

Matbaacılık sektöründe renk ölçümü için spektral ölçüm cihazları spektrofotometreler ile tristimulus ölçüm cihazları kolorimetreler kullanılmaktadır. Matbaalarda kullanılan densitometre renk ölçmez. Densitometreler baskıaltı malzemesine aktarılan mürekkep miktarını ölçmek için kullanılan pratik bir ölçüm cihazıdır.

Matbaacılıkta kullanılan cihazlar ile sistemlerin üretebildikleri ve algılayabildikleri renk evrenleri arasında farklar vardır. Üretimde kullanılan cihazlar genel olarak RGB ve CMYK olmak üzere iki değişik renk sistemi kullanılır. Dijital kamera, tarayıcı ve monitörler daha geniş olan RGB renk sistemini, dijital prova ve ofset gibi baskı sistemleri ise daha dar olan CMYK renk sistemini kullanırlar.

Günümüzde en çok kullanılan ve temel alınan renk evreni $L^*a^*b^*$ evrenidir. Masaüstü yayıncılıkta bilgisayar ve yazılımlar $L^*a^*b^*$ sistemini temel alır. Renk yönetim sisteminin temel renk evreni de $L^*a^*b^*$ 'tır. $L^*a^*b^*$ renk modelinin üç boyutlu-3D ve iki boyutlu-2D gösterimi Şekil 7'deki gibidir.



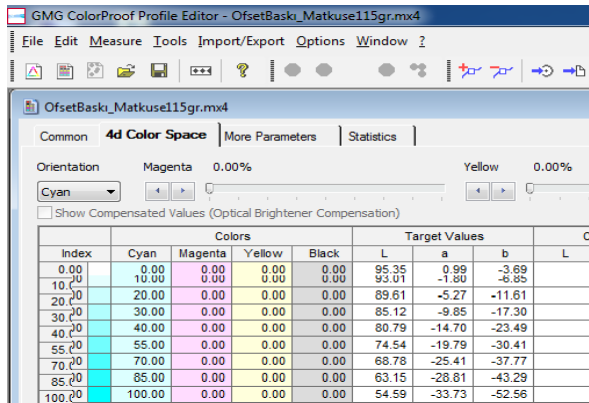
Şekil 7. $L^*a^*b^*$ Renk evreni

L (Lightness) :Renklerin aydınlık miktarını belirtir. (0) siyahtan, (100) beyaza kadar değişir.

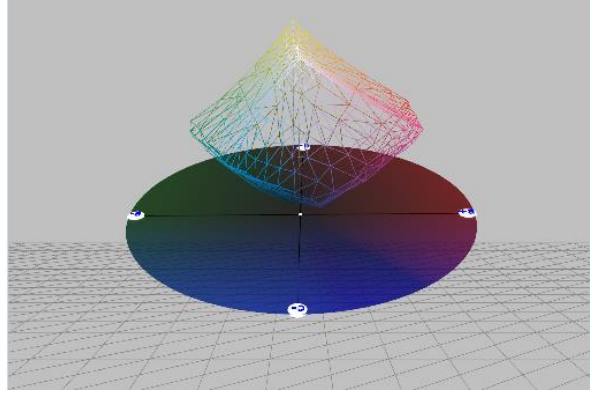
a: (kırmızı/yeşil) : + a (+100) kırmızı renk değerinden (0) nötr gri rengine, (0) nötr griden -a (-100) yeşil renk değerine gider.

b: (sarı/mavi) : +b (+100) sarı renk değerinden (0) nötr gri rengine, (0) nötr gri renkten -b (-100) mavi rengine gider (Şekil 7).

- Ofset baskı 115 g/m² mat kuşe kağıt baskısına ilişkin bulgular (Şekil 8-9).

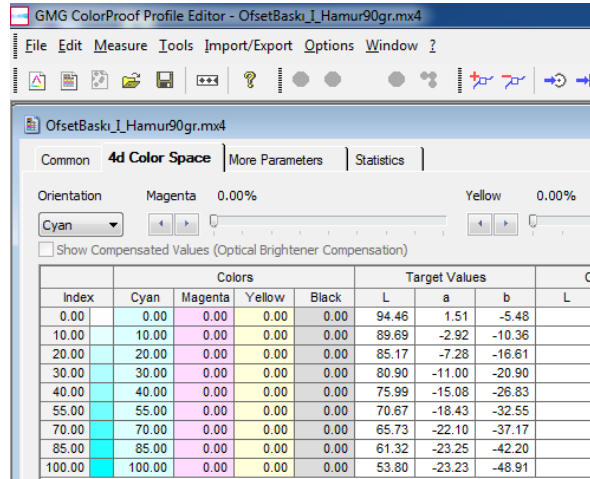


Şekil 8. Ofset baskı 115 g/m² mat kuşe kağıt baskısı $L^*a^*b^*$ ölçüm değerleri

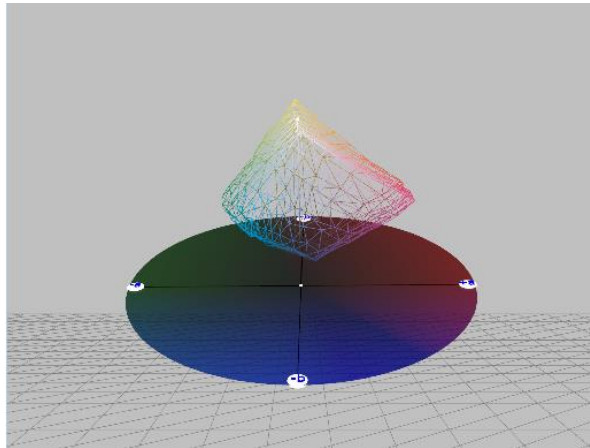


Şekil 9. Ofset baskı 115 g/m² mat kuşe kağıt baskısına ilişkin renk evreni

- Ofset baskı 90 g/m² I. hamur kağıt baskısına ilişkin bulgular (Şekil 10-11).

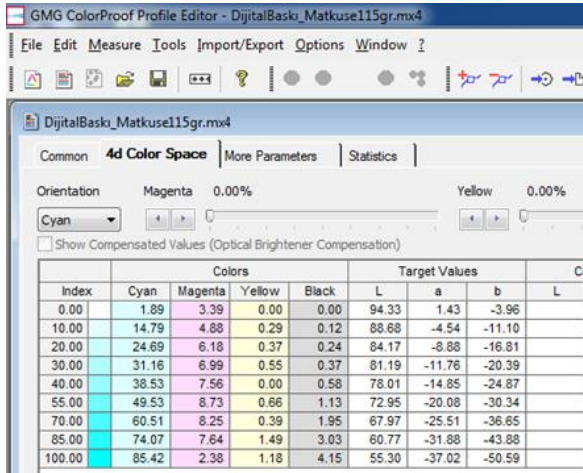


Şekil 10. Ofset baskı 90 g/m² I. hamur kağıt baskısı $L^*a^*b^*$ ölçüm değerleri



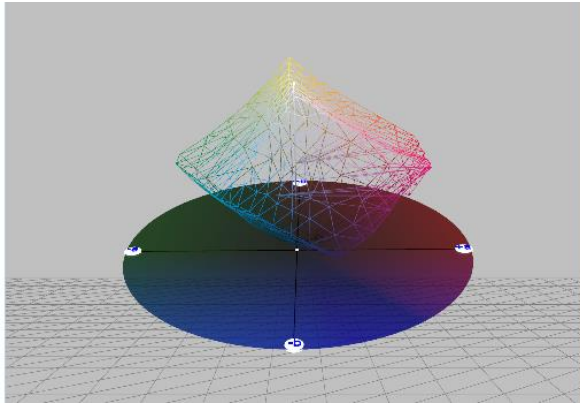
Şekil 11. Ofset baskı 90 g/m² I. hamur kağıt baskısına ilişkin renk evreni

- Dijital baskı 115 g/m² mat kuşe kağıt baskısına ilişkin bulgular (Şekil 12-13).



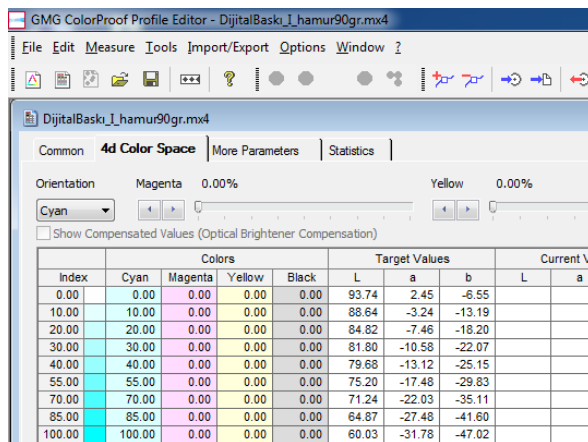
Index	Colors				Target Values			Cu
	Cyan	Magenta	Yellow	Black	L	a	b	
0.00	1.89	3.39	0.00	0.00	94.33	1.43	-3.96	
10.00	14.79	4.88	0.29	0.12	88.68	-4.54	-11.10	
20.00	24.69	6.18	0.37	0.24	84.17	-8.88	-16.81	
30.00	31.16	6.99	0.55	0.37	81.19	-11.76	-20.39	
40.00	38.53	7.56	0.00	0.58	78.01	-14.85	-24.87	
55.00	49.53	8.73	0.66	1.13	72.95	-20.08	-30.34	
70.00	60.51	8.25	0.39	1.95	67.97	-25.51	-36.65	
85.00	74.07	7.64	1.49	3.03	60.77	-31.88	-43.88	
100.00	85.42	2.38	1.18	4.15	55.30	-37.02	-50.59	

Şekil 12. Dijital baskı 115 g/m² mat kuşe kağıt baskısı L*a*b* ölçüm değerleri



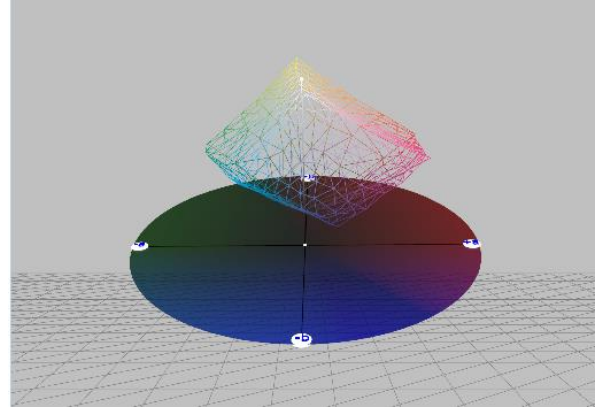
Şekil 13. Dijital baskı 115 g/m² mat kuşe kağıt baskısına ilişkin renk evreni

- Dijital baskı 90 g/m² I. hamur kağıt baskısına ilişkin bulgular (Şekil 14-15).



Index	Colors				Target Values			Current V
	Cyan	Magenta	Yellow	Black	L	a	b	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	93.74	2.45	-6.55	
10.00	10.00	0.00	0.00	0.00	88.64	-3.24	-13.19	
20.00	20.00	0.00	0.00	0.00	84.82	-7.46	-18.20	
30.00	30.00	0.00	0.00	0.00	81.80	-10.58	-22.07	
40.00	40.00	0.00	0.00	0.00	79.68	-13.12	-25.15	
55.00	55.00	0.00	0.00	0.00	75.20	-17.48	-29.83	
70.00	70.00	0.00	0.00	0.00	71.24	-22.03	-35.11	
85.00	85.00	0.00	0.00	0.00	64.87	-27.48	-41.60	
100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	60.03	-31.78	-47.02	

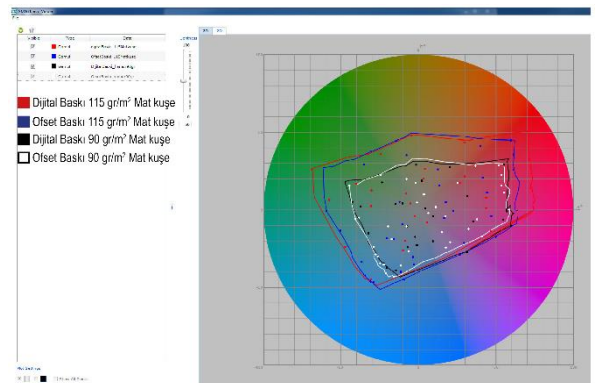
Şekil 14. Dijital baskı 90 g/m² I. hamur kağıt baskısı L*a*b* ölçüm değerleri



Şekil 15. Dijital baskı 90 g/m² I. hamur kağıt baskısına ilişkin renk evreni

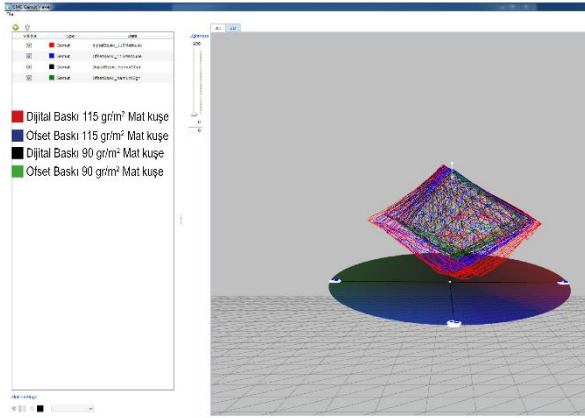
- Dijital ve ofset kağıt baskıların renk evrenlerinin karşılaştırılması

Bu araştırmada yapılan tüm ölçümler, renkleri tanımlama sistemlerinde bir evren içerisinde belirtmek içindir. Renklerin bu evren içindeki yerleri ve karışım oranlarının ölçümü tristimulus değerini verir. Tristimulus veri bir rengin bir renk evreni içindeki haritası ve adresidir. Yapılan harita baskılarının “toleranslar” içerisinde olması gerekmektedir. Renk toleransı, yapılan renk ölçümlerinin değerleri bilinen renkler ile kıyaslanmasıdır. Örnek rengin ölçüm verileri referans değerlere yeterince yakın değilse baskı kabul edilmez. GMG firmasının ColorProof Profile Editor yazılımı vasıtasıyla baskıda ortaya çıkan renklerin yeri, L*a*b* renk evreninde kesin olarak belirlenmiş olur. Daha sonra bu rengin etrafına teorik bir tolerans küresi çizilir. Bu küre standart renkle örnekler arasındaki kabul edilebilir renk farkı miktarını gösterir. Yapılan ölçümler bu kürenin içindeyse (Şekil 16) renk farkı kabul edilebilir. Ölçüm verileri kürenin dışına düşerse renk farkı kabul edilmez.



Şekil 16. Ofset ve Dijital baskı 90 g/m² I. hamur ve 115 gr/m² mat kuşe kağıt baskılarının iki boyutlu-2D karşılaştırması.

Tüm bölgelerde yaklaşık olarak renk evrenlerinin dağılımının örtüştüğü görülmektedir. En geniş renk evreni dijital baskı 115 g/m² mat kuşe sahip olmuştur. En dar renk evreni ise neredeyse birbirinin aynısı olan dijital ve ofset baskı 90 g/m² l. Hamur kağıt baskılar olduğu görülmüştür. Tolerans küresinin büyüklüğü matbaacılıkta müşterilerin kabul edilebilir renk farklılığı ölçüsüyle belirlenir(Şekil 17).



Şekil 17. Ofset ve Dijital baskı 90 g/m² ve 115 gr/m² kağıt baskılarının üç boyutlu-3D karşılaştırması

c. Nokta Kazancı (Dot Gain) Ölçümleri

Nokta kazancı (Dot Gain), tram noktasının baskı kalıbına pozlanmasıyla kağıda basılınca kadar geçen süreçte tram noktasının çapının değişmesine verilen isimdir(Şekil 18).



Şekil 18. Nokta kazancı (dot gain) tram noktasının yapısında meydana Gelen değişim

Baskı sırasında tram nokta yapısında meydana gelen değişimler kontrol altına alınmalıdır. ISO standartlarında baskı değerlerini yakalayabilmek için densitometre vasıtasıyla ölçümler yapılmalıdır. Yapılan ölçümlerin değerlendirilmesi Tablo 1'de yer alan 90 g/m² l. hamur kağıt için Cyan (C) için %40 nokta için 22 birim nokta kazancı değeri elde edilmesi gerekmektedir.

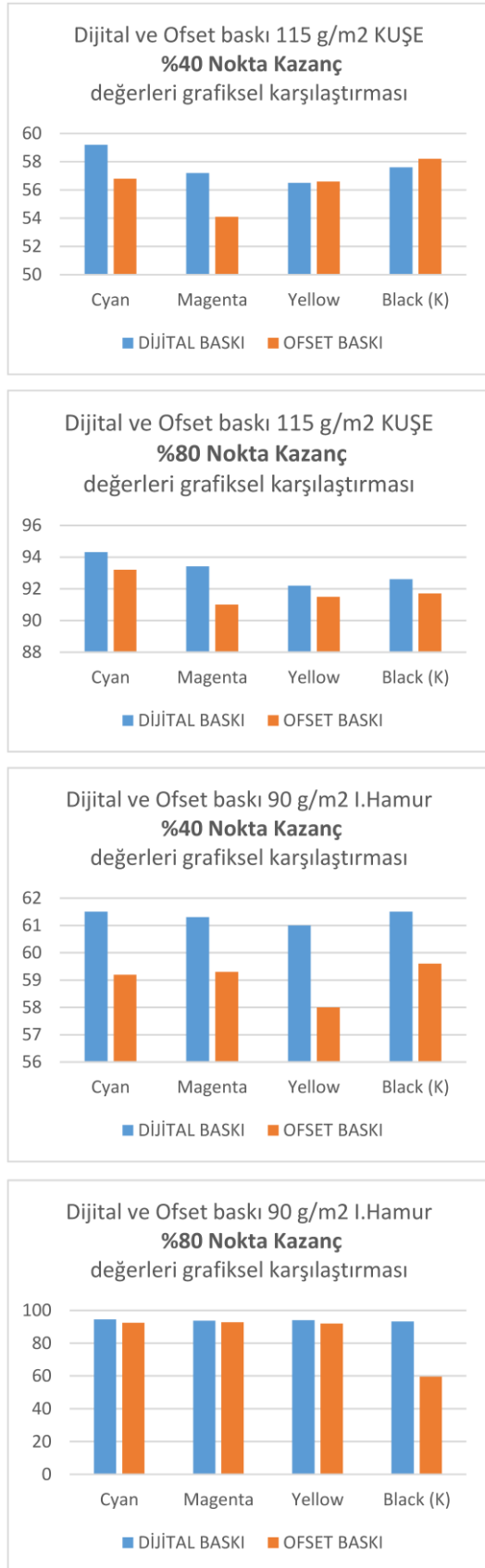
%40+22=%62 değeri ISO standartlarında ulaşılması gereken değerdir.

Tablo 1. ISO 12647-2:1996, kağıt çeşitlerine göre baskı densite ile nokta kazançları ve toleransları

KAĞIT TİPİ	RENK	ZEMİN DENSİTESİ	NOKTA KAZANCI %40	NOKTA KAZANCI %80
PARLAK KUŞE	C	1.55	16	12
	M	1.5	16	12
	Y	1.45	16	12
	Y (T)	1.05	16	12
	K	1.85	19	13
MAT KUŞE	C	1.45	16	12
	M	1.4	16	12
	Y	1.25	16	12
	Y (T)	1	16	12
	K	1.75	19	13
I. HAMUR	C	1	22	14
	M	0.95	22	14
	Y	0.95	22	14
	Y (T)	0.8	22	14
	K	1.25	25	14
NOKTA KAZANCI TOLERANSLARI				
PROVA			3	2
BASKI			4	3

Ofset baskı sisteminde nokta kazancı baskı kalitesini doğrudan etkiler. Bu yüzden bu değerler kontrol altında olmalıdır. Baskı esnasında orta tonlardaki yoğunluk değerini gösteren %40, yüksek tonlardaki yoğunluk değerini gösteren %80 deki tram değerleri ölçülerek baskının genel kalitesi hakkında fikir elde edilir. Tablo 2'de görülen değerler %40 ve %80'lik noktalar için ofset ve dijital baskı sistemlerinde ISO 12647-2'ye göre nokta kazanç değerleri standartlar içerisinde kalmıştır.

Yapılan baskılarda %40'lık ve %80'lik tram nokta yapılarının ofset baskı ve dijital baskı sistemlerinde keskin olduğu gözlenmiştir. Dijital baskı sisteminin, ofset baskı sistemine göre %40'lık ve %80'lik noktalarda % +2 ile % +5 değerlik farklar oluşmuştur. Dijital baskı lehine oluşan bu farklar; dijital baskı makinasının renk kalitesi tutarlılığı ve baskı kalitesi tutarlılığı bakımından ofset baskıyı yakaladığını ve hatta bir miktar önüne geçtiğini göstermektedir (Şekil 19).



Şekil 19. Ofset ve dijital baskılarında nokta kazanç değerlerinin grafiksel karşılaştırılması

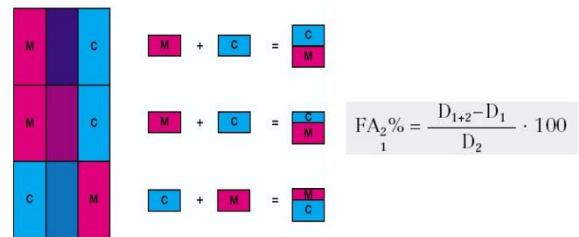
Tablo 2. Çalışmada elde edilen sonuçların baskısı yapılan kağıt çeşitlerine göre nokta kazanç değerleri

Kağıt Türü	Renk Kodu	%40	%80
Ofset Baskı 115 g/m² Kuşe Kağıt	C	56,8	93,2
	M	54,1	91
	Y	56,6	91,5
	K	58,2	91,7
Dijital Baskı 115 g/m² Mat Kuşe	C	59,2	94,3
	M	57,2	93,4
	Y	56,5	92,2
	K	57,6	92,6
Dijital Baskı 90 g/m² I. Hamur	C	61,5	94,5
	M	61,3	93,8
	Y	61	94
	K	61,5	93,2
Ofset Baskı 90 g/m² I. Hamur	C	59,2	92,4
	M	59,3	92,8
	Y	58	92
	K	59,6	90,2

Ç. Trapping Ölçümleri

Matbaacılıkta baskı esnasında, bir mürekkebin diğer mürekkebin üstüne tutunmasına trapping denir.

Trapping ölçümü densitometre ile yapılır ve iki renk karşılaştırılır. Renklerin üst üste baskısı halinde (Şekil 20), ilk basılan rengin ikinci basılan renge baskınlığı, yani ikinci basılan rengi kağıdın emmesi olayı ölçülür. Trapping özellikle dört renkli CMYK baskılarda önemli rol oynar.



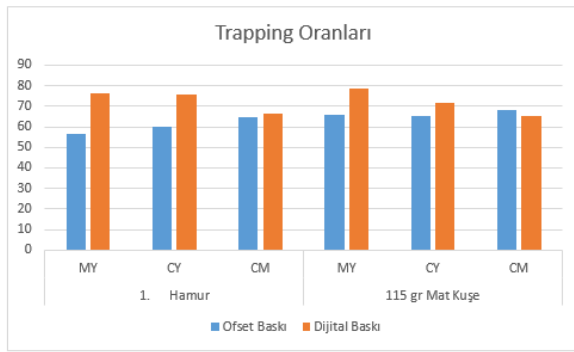
Şekil 20. Trapping (Mürekkebin diğer mürekkep üstüne tutunması)

Çalışmada, trapping skalası (Şekil 21) ile CMYK renklerin birbirini kabul etme dereceleri X-Rite SpectroEye I1 Pro Spektrofotometre ile ölçülmüştür. Sıvı tonerli dijital baskı sistemleri ve ofset baskı sistemi ile test baskıları yapılarak trapping oranları tespit edilmiştir.



Şekil 21. Trapping ölçüm skalası

Ofset baskı sisteminde % 55-70 arası trapping değeri iyi kabul edilmektedir. Ofset baskıda elde edilen trapping değerleri sınırlar içerisinde olduğu ve bu değerlerle ISO standartlarının elde edildiği görülmüştür. Yapılan ölçümler sonucu dijital baskı sisteminin trapping oranı %65-79 olarak tespit edilmiştir (Tablo 3). Bu oran ofset baskı sistemine göre yaklaşık %13 daha fazladır (Şekil 22). Bu durum, üzerine test baskısı yapılan 2 farklı fiziksel özellikteki kağıtta da gerçekleşmiştir.



Şekil 22. Trapping ölçümlerinin grafiksel gösterimi

Tablo 3. Trapping ölçüm değerleri

Kağıt Tipi	Trapping	Ofset Baskı	Dijital Baskı
90 g/m ² 1. Hamur Harita Kağıdı	MY	56,6	76,1
	CY	60,2	75,8
	CM	64,8	66,4
115 g/m ² Mat Kuşe	MY	65,6	78,5
	CY	65,4	71,4
	CM	68,2	65,3

Üst üste zemin baskı ile ara renklerin oluşturulduğu baskılarda trapping çok önemli bir parametredir. Bu tür baskılarda rengin doğru elde edilmesi için trapping oranının yüksek olduğu dijital baskı sistemlerinin tercih edilmesi gerekmektedir. Trapping değerleri incelendiğinde, spektrofotometre ile yapılan ölçümlerde dijital baskı sisteminde üst üste mürekkep kabulünün ofset baskı sistemine göre homojen ve yüksek oranda olduğunu tespit edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Topoğrafik vektör harita baskısında, yüksek miktarlardaki baskı tirajlarında ofset baskı sistemi kullanılmaktadır. Yüksek tirajlı işlerin giderek azaldığı bir ortamda daha az tirajlarda daha hızlı çözüm elde edebilme konusunda ise dijital baskı, daha önemli bir konuma gelmiştir. Az ve orta tirajlı işler dijital baskıda, yüksek tirajlı işlerde ofset baskı yapılarak son kullanıcılara sunulabilmektedir. Dijital baskıyı kısa ve belli miktarlara kadar orta tirajlı taleplere hızlı ve kaliteli bir şekilde cevap verebilen bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Harita Genel Müdürlüğü gibi değişik ölçeklerde ve ebatlarda yaklaşık olarak 7000 çeşit ürün yelpazesine sahip bir kurum için dijital baskıyı ön plana çıkarmıştır. TSK ve kamu kurum ve kuruluşlarına kişiselleştirilmiş ürünlerin sunulabilmesine imkan olmuştur. Ofset baskı ile dijital baskının birbirlerine doğrudan rakip olabilecek sistemler olarak düşünmenin doğru olmayacağını ortaya çıkmaktadır. Şu an için kalite, beklentilerini mevcut iş hacimleri ile en optimum düzeyde ofset baskı yöntemi karşılamaktadır. Dolayısı ile dijital baskı makinelerini ofset baskıya ikame bir ürün olarak değil, giriş ve değer segmentinde üretim sürecini tamamlayıcı bir çözüm olacağı değerlendirilmektedir. Değişken tirajlı işlerde işin belirli kısmını ofset baskı diğer kısımlarını ise dijital baskı ile harmanlayıp, kişiselleştirme ve değişken baskı yöntemlerini kullanarak işe farklı bir değer katmak mümkündür. Test sonuçları kıyaslandığında, şu anki şartlarda iki teknoloji arasında tercih yapılmadan, ikisinin de birbirini destekleyecek şekilde yan yana kullanılmasının daha uygun olacağı değerlendirilmektedir. Özellikle baskı sektöründe ön plana çıkan ofset-dijital entegrasyonu konusunun, vektör harita üretiminde veya mevcut piyasa şartlarında bütün matbaa ve baskı merkezlerinin öncelikli gündem maddesi olması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

ORCID

Selim ŞENDİL <https://orcid.org/0000-0002-6413-6965>

Mithat YILMAZ <https://orcid.org/0000-0003-0406-3845>

KAYNAKLAR

Altay, B.N. (2010). *Dijital Baskı Sisteminde Kullanılan Baskıaltı Malzemelerinin Renk Evrenine Etkisinin Tespiti* (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi. (UMI No:275946)

- Bennett, P. K., Levenson, H. R. ve Romano, F. J. (2006). *The Handbook for Digital Printing and Variable-Data Printing*. PIA/GATFPress.
- Hoffman, M. (2005). *Digital Printing Technology and Printing*. Oce Printing Company, Almanya.
- ISO 12647-2:2013 *Uluslararası Tabaka Ofset Baskı Kağıt Standartı*. Erişim Adresi: <https://www.iso.org/standart/57833.html>
- Kipphan, H. (2001). *Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods (Illustrated Ed.)*. Handbook of Print Media, Springer. ISBN, 3-540.
- Köse, E. ve Şahinbaşkan, T. (2008). Renk Yönetiminde Kullanılan Standart ICC Profillerinin Türkiye’de Oluşturulmuş Bazı Profiller ile Karşılaştırılması. *Politeknik Dergisi*, 11(4) s.365-371
- Sarı, O. (1994). *Renk ve Analizi* (Yayımlanmamış Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul
- Gençoğlu, E.N. ve Şahinbaşkan, T. (2010). *Basım Sektöründe Renk ve Renk Yönetimi*. İstanbul.

YAZIM ESASLARI

1. Harita Dergisine Yazı Hazırlama Esasları

a. Sayfa büyüklüğü A4 (210x297 mm) standardında olmalı; her sayfanın sağ kenarından 2 cm diğer kenarlarından 3'er cm boşluk bırakılmalıdır. Yazı toplam 15 sayfayı geçmemelidir. Yazı, bilgisayarda Microsoft Word formatında Arial Türkçe fontu bir satır aralığı ile yazılmalıdır.

b. Makale adı, Türkçe ve İngilizce olarak kelimelerin ilk harfleri büyük olacak şekilde 12 punto büyüklüğünde sayfanın üst ortasına gelecek şekilde yazılmalı ve iki satırı geçmemelidir. Makale adı, makale içeriğini en fazla ölçüde yansıtmalı; makale içeriğinde anlatılan konuların büyük çoğunluğu, makale adı ile doğrudan ilgili olmalıdır. Makale adından sonra bir satır boşluk bırakıp ortalayarak yazar adı ve soyadı koyu (bold) ve 10 punto harf büyüklüğünde yazılmalıdır (Soyadı büyük harflerle). Yazar adının altına ortalayarak adres ve elektronik posta adresi 9 punto harf büyüklüğünde yazılır.

c. Yazı; makalenin başlangıç kısmına yazılmış, tek paragraf Türkçe ve İngilizce olarak 100-250 kelime arası Türkçe "Öz" ile İngilizce "Abstract", ortalama 5 adet Anahtar Kelime içeren Anahtar Kelimeler ile Key Words (İngilizce anahtar kelimeler), Giriş, Bölümler, Sonuç ve Kaynaklar şeklindeki ana bölümlerden oluşur. Bu bölümlerin tamamı sayfada iki sütun olacak şekilde yazılır. Sütunlar arasında 0,5 cm boşluk bırakılır. Her ana bölüm ve alt bölüm başlığı öncesi ve sonrası bir satır boşluk bırakılır.

Öz bölümünde, yapılan çalışma tanıtılarak kullanılan yöntemler ve sonuçlar kısaca belirtilmeli; abstract bölümü, özün doğru ve eksiksiz tercümesini içermelidir. Giriş bölümünde, çalışmanın amacı ve konuyla ilgili diğer çalışmalar anlatılmalıdır. Ara bölümlerde, kullanılan yöntemler ve veriler açıklanmalı; sonuç bölümünde, bulgular başka araştırmacıların bulguları ile karşılaştırılmalı, yazarın yorumu belirtilmeli ve ayrıca bulgulardan çıkan sonuçlar ve varsa öneriler yazılmalıdır. Öz, abstract, anahtar kelimeler ve key words, 9 punto büyüklüğünde italik harflerle yazılmalıdır. Diğer bölümler 10 punto harf büyüklüğünde normal yazılır.

Ana bölüm başlıkları büyük harflerle koyu (bold) olarak ve alt bölümlerin başlıkları kelimelerin ilk harfleri büyük diğerleri küçük ve

sadece birinci düzey alt bölümlerin başlıkları koyu (bold) olarak yazılmalıdır. Yazının geri kalan kısmı normal baskıda yazılmalı, italik ya da altı çizgili karakterler kullanılmamalıdır. Öz, Anahtar Kelime, Abstract (ingilizce özet), Key Words (İngilizce anahtar kelimeler) ve kaynaklar ana bölümleri dışındaki ana bölüm başlıkları 1., 2., 3.; alt bölüm başlıkları a., b., c.; (1), (2), (3); (a), (b), (c); (i), (ii), (iii); (aa), (bb), (cc) şeklinde hiyerarşik düzeyde numaralandırılmalı; ardışık düzeylerin numaraları arasındaki dikey fark 0.5 cm olmalıdır. Numaralandırılan bölümlerin başlıkları, numaralarının başlangıç hizasından 0.5 cm içeriden; bir alt satıra devam eden bölüm başlıkları sayfa başından; tüm paragraflar sayfanın 0.5 cm içerisinden başlamalıdır.

Noktalama ve imlâ için Türk Dil Kurumu tarafından en son yayımlanan İmlâ Kılavuzu ve Türkçe sözlüğüne, Haritacılık ile ilgili Yönetmeliklerde kullanılan deyimlere uyulmalıdır. İfadelerde üçüncü şahıs kullanılmalı; her sembol ilk geçtiği yerde tanımlanmalı; her kısaltma ilk geçtiği yerde parantez içinde yazılmalı (örneğin, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)); kelime ikiye bölünmemelidir. Noktalama işaretlerinden sonra bir karakter boşluk bırakılmalı; sayfa numaralama yapılmamalıdır.

ç. Tablo isimleri, tablonun üstüne sol üst köşesinden itibaren yazılmalı (örneğin, Tablo 1. Karesel ortalama hatalar.); şekil isimleri, şeklin altına ortalayarak yazılmalı (örneğin, Şekil 1. CBS tasarımı.); tablo isimlerinden ve şekillerden önce, şekil isimlerinden ve tablolardan sonra bir satır boşluk bırakılmalı; tablolar ve şekiller sayfaya ortalaymalıdır. Tablolar ve şekillerin boyutu tek sütundan büyük olduğu durumlarda, sayfanın tamamına ortalı olarak yazılabilir.

d. Denklemlere verilen numaralar, kendi hizalarına ve sayfa sağ kenarına çakışacak şekilde parantez içinde (1),(2),(3),... şeklinde yazılmalıdır. Metin içerisindeki denklemlerin kendi aralarında ve metin ile aralarında bir satır boşluk bırakılır.

e. Makaleler, "MAKALE ÖRNEĞİ"nde sunulan boşluk ve yapılandırmalara uyularak; Şekil, Tablo ve Denklemler tek sütunda olacak ise metin aralarına konularak; iki sütuna yayılan bir bütün halindeki metin bloğundan sonra veya önce sayfanın alt veya üstünde olacak ve okuma akıcılığını bozmayacak şekilde yazılır.

f. Yazarlar; unvanlarını, görev yaptıkları kurumları, iletişim adreslerini, telefon numaralarını, e-posta adreslerini ve ORCID (Open Researcher ve Contributor ID) numarasını bildirmelidir. <https://orcid.org>

g. Öz ve abstract bölümlerinde kaynak atfı yapılmamalıdır. Metin içinde kaynak gösterme şekilleri aşağıda verilmiştir:

Tek yazarlı çalışmada ilk gönderme ve diğer göndermeler aynı biçimde olacak; gönderme cümle içerisinde yapılıyorsa Ceylan (2018) **veya** gönderme cümleinin sonunda yapılıyorsa (Ceylan, 2018)

İki yazarlı çalışmada ilk gönderme ve diğer göndermeler aynı biçimde olacak; gönderme cümle içerisinde yapılıyorsa Simav ve Türkezer (2019) **veya** gönderme cümleinin sonunda yapılıyorsa (Simav ve Türkezer, 2019)

Üç, dört ve beş yazarlı çalışmalarda ilk göndermede tüm yazarların soyadları Şengün, Yılmaz ve Kurt (2013) ve diğer göndermelerde Şengün ve diğerleri (2013) **veya** ilk göndermede (Şengün, Yılmaz ve Kurt, 2013) ve diğer göndermelerde (Şengün ve diğerleri, 2013)

Altı ve daha fazla yazarlı çalışmalarda ilk ve diğer göndermelerde sadece ilk yazarın soyadı belirtilir. Yıldız ve diğerleri (2014) veya (Yıldız ve diğerleri, 2014)

Tüzel yazarlı çalışmalarda ilk göndermede Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA, 2017) ve diğer göndermelerde MTA (2017) **veya** ilk göndermede (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü [MTA], 2017) ve diğer göndermelerde (MTA, 2017)

ğ. Kaynakların hazırlanmasında Amerikan Psikoloji Birliği (American Psychology Association)'nin hazırladığı rehberin altıncı baskısı (Publication Manual of the American Psychological Association, Sixth Edition) kuralları uygulanacaktır. <https://www.apastyle.org>

Kaynaklar ana bölümü başlığı birer aralıklı büyük harflerle koyu (bold) ve sayfa ortalanarak yazılmalıdır

Kaynaklar ilk yazarlarının soyadına göre alfabetik sırada sıralanır.

Makale veya bölüm başlığındaki ilk kelimenin ilk harfi ve eğer varsa özel adların ilk harfleri büyük yazılır.

İnternet üzerinden ulaşılan ve zaman içerisinde değiştiği düşünülen kaynağın erişim tarihi internet adresi verilmeden önce (Erişim Adresi (19 Mayıs 2018): ...) belirtilmelidir.

Özellikle faydalanan elektronik kaynağın varsa doi numarası yoksa erişim adresi kaynağın sonuna eklenmelidir.

Elektronik Kaynaklar: Talimat, Rehber vb.

INSPIRE. (2014). *D2.8.1.1 Data Specification on Coordinate Reference Systems – Technical Guidelines* (D2.8.1.1_v3.2). Erişim Adresi: <https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/rs>

ISO 19111. (2007). *Geographic information - Spatial referencing by coordinates*. Erişim Adresi: <https://www.iso.org/standard/41126.html>

Jekeli, C. (2016). *Geometric Reference Systems in Geodesy*. Erişim Adresi: https://kb.osu.edu/bitstream/handle/1811/77986/Geom_Ref_Sys_Geodesy_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

EU Official Journal. (2007). *Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007: Establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)*, (L 108/1). Erişim Adresi: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32007L0002>

Teknik Rapor:

Demir, C. (1999). *Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı* (JEOFNIV-02-1999). Ankara: Harita Genel Komutanlığı.

Süreli yayın:

Geymen, A., Yomralioglu, T. ve Baz, I. (2008). Developing an urban information system for local governments. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer: Published for the Institution of Civil Engineers*, 161(3), 163-173. doi: 10.1680/muen.2008.161.3.163

Moritz, H. (1988). Geodetic Reference System 1980. *Bulletin Géodésique*, 62(3), 348-358. doi:10.1007/bf02520722

Zandbergen, P.A. (2008). A Comparison of address point, parcel and street geocoding techniques. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32, 214-232. doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2007.11.006

Kitap:

Torge, W. ve Müller, J. (2012). *Geodesy* (4. baskı). Berlin: Walter de Gruyter.

Vaníček, P. ve Krakiwsky, E. (1986). *Geodesy: The Concepts* (2. baskı). Amsterdam: Elsevier.

Day, R.A. (2000). *Bilimsel bir makale nasıl yazılır ve yayımlanır?* (G. A. Altay, Çev.). Ankara: TÜBİTAK.

Sempozyum, Bildiri vb:

Kılıç B. ve Gülgen F. (2017, Kasım). *A Research on Standard Address Usage in Turkey*. UCTEA International Geographical Information Systems Congress 2017, Adana, Türkiye.

Bard, G.V. (2007, Ocak). *Spelling-error tolerant, order-independent pass-phrases via the Damerau-Levenshtein string-edit distance metric*. In Proceedings of the fifth Australasian symposium on ACSW frontiers, Ballarat, Avustralya.

Yakar, M., Doğan, Y. (2017, Nisan). Silifke Aşağı Dünya Obruğunun İHA Kullanılarak 3B Modellenmesi. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Teknik Sempozyum*, Afyonkarahisar.

Tez:

Kellison, M.T. (2012). *Address points and A Master address file: Improving efficiency in the city of Chino* (Doktora Tezi). ProQuest Dissertations and Theses veri tabanından erişildi. (UMI No. 1532831)

Gençerk, E. Y. (2016). *İnsansız Hava Aracı Fotogrametrisi Uygulaması İle İnşaat Projesi İmalat Durumunun Araştırılması* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

2. Makalelerin Gönderilmesi

Makaleler, "haritadergisi@harita.gov.tr" adresine e-posta ile gönderilir.

(MAKALE ÖRNEĞİ)

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (Makale Başlığı-Türkçe)

(XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX Xxx) (Makale Başlığı- İngilizce)

(1 satır boşluk)

Xxxx XXXX (Yazar ismi)

XXXXX XXXX XXXX, XXXXX XXXXX (Adres)

xxxxxxxx@xxxxxx (e-posta)

(1 satır boşluk)

ÖZ

0.5 cm

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX; XXXXX XXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(1 satır boşluk)

Anahtar Kelimeler: XXXXXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX

(1 satır boşluk)

ABSTRACT

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX. XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXX.

(1 satır boşluk)

Keywords: XXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXX.

(1 satır boşluk)

1. GİRİŞ

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXX
XXXX XXXXX /1/.

(1 satır boşluk)

a. XXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXX
XXXX XXXX XXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXX XXXX XXXX

(1 nci düzey alt bölüm)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXXXX
(1) XXXXXXX XXX XXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX
XXXX XXXXX XXXXX XXXX.

(2 nci düzey alt bölüm)

(1 satır boşluk)

2. XXXXX XXXXX XXXX (Ana bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

a. XXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXX

(1 inci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX XXX XXXXXXXXXXXXXXX XXX XXXXXXX
XXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.

(1 nci düzey alt bölüm 1 inci paragraf)

(1 satır boşluk)

(1) XXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXX XXXXXXX
XXXXXXXX XXXXXXX

(2 nci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX.

(2 nci düzey alt bölüm 1 nci paragraf)

(1 satır boşluk)

(a) XXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXX

(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXX XXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXXXX

XXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXX
XXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX.

(1 satır boşluk)

(b) XXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXX

(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXXXX XXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXX XXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX X XXXXXXXXXXXXXXX.

(1 satır boşluk)

(I) XXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXX

XXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

(4 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX
XXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX

(1 satır boşluk)

(aa) XXXXX XXXXXXX XXXXXXX

(5 inci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX
XXXX XXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX.

(1 satır boşluk)

b. XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX

(1 inci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX XXX XXXXXXXXXXXXXXX XXX XXXXXXX

XXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX.

(1 nci düzey alt bölüm 1 inci paragraf)

3 cm

0.5 cm

2 cm

xx

3 cm

1.25 cm

(MAKALE ÖRNEĞİ)

(1) Xxxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxxxxxx.
(2 nci düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
XXXXXXXX XXXX XXXXX XXXXXXXXXX
XXXX XXXXX XXXXXXXX XXXXX XXXXXX.
(2 nci düzey alt bölüm 1 nci paragraf)
(1 satır boşluk)
(a) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx
(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX
XXXX XXXXX XXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXX XXXXXXXX XXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXX
XXXXX XXXX XXXX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXX X XXXXXXXXXXXXXXXX.
(1 satır boşluk)
(b) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx
(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
XXXXXXXX XXXX XXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXX
XXXX XXXX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXX XXXX
XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXX X
XXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXX.
(1 satır boşluk)
(l) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx
(4 üncü düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
XXXX XXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXX
XXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXX XXXXXXX
XXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX XXX XXXX.
(1 satır boşluk)

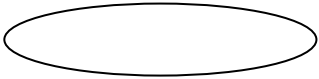
Tablo 1. XXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX
(1 satır boşluk)
XXXXXXXX XXXXX XXXX XXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXX
XXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX
XXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX XXX XXXX.
(1 satır boşluk)

Tablo 1. XXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX
(1 satır boşluk)
XXXXXXXX XXXXX XXXX XXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXX
XXXXXXXX XXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX.
(1 satır boşluk)

$$KOH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i - X_{i(RASAT)}}{n}} \quad (1)$$

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX XXXX XXXX XXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXX
XXXXX XXX XXXXXXX XXXXXXX .
(1 satır boşluk)



(1 satır boşluk)
Şekil 1. XXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX
(1 satır boşluk)
XXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXXXX
XXXXXXXX XXXXXXX XXXX XX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX
XXXX.
(1 satır boşluk)
3. SONUÇ
(1 satır boşluk)
XXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXX.
(1 satır boşluk)
KAYNAKLAR
(1 satır boşluk)

Sürelî Yayınlar:
Yazar, A. A., Yazar, B. B. ve Yazar, C. C. (Yıl).
Yazının başlığı. *Sürelî Yayının Başlığı*, Cilt, s-
s. doi:xx.xxxxxxxxxx (veya Erişim Adresi:)

Kitap:
Yazar, A. A. (Yıl). *Eserin başlığı*. Yer: Yayıncı.
Yazar, A. A. (Yıl). *Eserin başlığı*. Erişim adresi:
http://www.xxxxxxxxxx
Yazar, A. A. (Yıl). *Eserin başlığı*.
doi:xxxxxxxxxxxx
Editor, A. A. (Ed.). (Yıl). *Eserin başlığı*. Yer:
Yayıncı.
Yazar, A. A. ve Yazar, B. B. (Yıl). *Bölüm ya da
giriş başlığı*. A. Editör, B. Editör ve C. Editör
(Ed.), Kitap başlığı (s. xxx-xxx) içinde. Yer:
Yayıncı.

Doktora ve yüksek lisans tezleri:
Yazar, A. A. (Yıl). *Doktora ya da yüksek lisans
tezinin başlığı* (Yüksek lisans tezi/Doktora
tezi). ... veri tabanından erişildi (Erişim ya da
Sipariş No.).
Yazar, A. A. (Yıl). *Doktora ya da yüksek lisans
tezinin başlığı* (Yayımlanmamış doktora
tezi/yüksek lisans tezi). Kurum adı, Yer bilgisi.

Teknik raporlar ve araştırma raporları:
Yazar, A. A. (Yıl). *Çalışmanın başlığı* (Rapor No.
xxx). Yer bilgisi: Yayıncı.

Toplantı ve sempozyumlar:
Sunan, A. A. (Yıl, Ay). *Bildiri ya da poster başlığı*.
Kuruluş Adının toplantısında sunulan bildiri ya
da poster, Yer bilgisi.

TASNİF DIŞI BASILI HARİTALAR

SIRA. NO.	ÖLÇEK	CİNSİ	BOYUT (cmxcm)	BASKI TARİHİ	ÖZELLİKLERİ	FİYATI (₺)
1	1/250.000	TÜRKİYE KARA (JOG-G) TOPOĞRAFİK	70x55	Muhtelif	PAFTA	16,00
2	1/250.000	TÜRKİYE HAVA (JOG-A) TOPOĞRAFİK	70x55	Muhtelif	PAFTA	16,00
3	1/250.000	TÜRKİYE ALÇAK İRTİFA ÖZEL HAVA (TFC) TOPOĞRAFİK	70x55	Muhtelif	PAFTA	16,00
4	1/500.000	TÜRKİYE KARA (1404 SERİSİ) TOPOĞRAFİK	70x60	Muhtelif	PAFTA	17,00
5	1/500.000	TÜRKİYE ÖZEL HAVA HARİTASI	70x60	Muhtelif	PAFTA	17,00
6	1/550.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ ^{(1),(2)}	313X158	2019	TEK PARÇA	100,00
7	1/550.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ (BRANDA) ^{(1),(2)}	313X158	2019	TEK PARÇA	280,00
8	1/550.000	TÜRKİYE FİZİKİ ^{(1),(2)}	313X158	2019	TEK PARÇA	100,00
9	1/550.000	TÜRKİYE FİZİKİ(BRANDA) ^{(1),(2)}	313X158	2019	TEK PARÇA	280,00
10	1/1.000.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ ⁽¹⁾	177x91	2019	3 PARÇA	14,00
11	1/1.000.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ ^{(1),(2)}	177x91	2019	TEK PARÇA	28,00
12	1/1.000.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ (BRANDA) ^{(1),(2)}	177x91	2019	TEK PARÇA	190,00
13	1/1.000.000	TÜRKİYE FİZİKİ	177x91	2018	3 PARÇA	14,00
14	1/1.000.000	TÜRKİYE FİZİKİ ^{(1),(2)}	177x91	2019	TEK PARÇA	28,00
15	1/1.000.000	TÜRKİYE FİZİKİ (BRANDA) ^{(1),(2)}	177x91	2019	TEK PARÇA	190,00
16	1/1.850.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ	96x52	2019	TEK PARÇA	10,00
17	1/1.850.000	TÜRKİYE FİZİKİ	96x52	2019	TEK PARÇA	10,00
18	1/1.850.000	TÜRKİYE COĞRAFİ BÖLGELER FİZİKİ ⁽³⁾	97x50	2011	TEK PARÇA	10,00
19	1/1.800.000	TÜRKİYE ULAŞIM HARİTASI	96x52	2018	TEK PARÇA	10,00
20	1/1.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ(BRANDA) ^{(1),(2)}	360x194	2019	İKİ PARÇA	400,00
21	1/3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER SİYASİ ⁽³⁾	192x132	2010	4 PARÇA	19,00
22	1/3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER SİYASİ ^{(1),(2)}	192x132	2019	TEK PARÇA	38,00
23	1/3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER SİYASİ(BRANDA) ^{(1),(2)}	192x132	2019	TEK PARÇA	150,00
24	1/3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ ⁽³⁾	192x132	2010	4 PARÇA	19,00
25	1/3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ ^{(1),(2)}	192x132	2019	TEK PARÇA	38,00
26	1/3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ(BRANDA) ^{(1),(2)}	192x132	2019	TEK PARÇA	150,00
27	1/3.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	195x88	2009	4 PARÇA	17,00
28	1/3.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ ^{(1),(2)}	195x88	2019	TEK PARÇA	34,00
29	1/3.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ(BRANDA) ^{(1),(2)}	195x88	2019	TEK PARÇA	100,00
30	1/15.000.000	DÜNYA SİYASİ ^{(1),(2)}	306x144	2018	TEK PARÇA	90,00
31	1/15.000.000	DÜNYA SİYASİ(BRANDA) ^{(1),(2)}	306x144	2018	TEK PARÇA	250,00
32	1/20.000.000	DÜNYA FİZİKİ	204x96	2017	3 PARÇA	17,00
33	1/20.000.000	DÜNYA FİZİKİ ^{(1),(2)}	195x88	2019	TEK PARÇA	34,00
34	1/20.000.000	DÜNYA FİZİKİ(BRANDA) ^{(1),(2)}	195x88	2019	TEK PARÇA	100,00
35	1/30.000.000	DÜNYA SİYASİ	137x90	2015	2 PARÇA	13,00
36	1/30.000.000	DÜNYA SİYASİ (BAYRAKLI) ^{(1),(2)}	137x90	2019	TEK PARÇA	26,00
37	1/30.000.000	DÜNYA SİYASİ(BAYRAKLI BRANDA) ^{(1),(2)}	137x90	2019	TEK PARÇA	70,00
38	1/30.000.000	DÜNYA FİZİKİ	140x75	2015	2 PARÇA	14,00
39	1/30.000.000	DÜNYA FİZİKİ ^{(1),(2)}	140x75	2019	TEK PARÇA	28,00
40	1/30.000.000	DÜNYA FİZİKİ(BRANDA) ^{(1),(2)}	140x75	2019	TEK PARÇA	60,00
41	1/42.500.000	DÜNYA SİYASİ	82x49	2011	TEK PARÇA	8,00
42	1/42.500.000	DÜNYA FİZİKİ	82x49	2011	TEK PARÇA	8,00
43	1/9.000.000	AVRUPA SİYASİ	75x56	2013	TEK PARÇA	9,00

SIRA NO.	ÖLÇEK	CİNSİ	BOYUT (cmxcm)	BASKI TARİHİ	ÖZELLİKLERİ	FİYATI (₺)
44	1/9.000.000	AVRUPA FİZİKİ	75x56	2013	TEK PARÇA	9,00
45	1/12.000.000	AFRİKA-AVRUPA SİYASİ	70x100	2015	TEK PARÇA	14,00
46	1/12.000.000	AFRİKA-AVRUPA FİZİKİ	70x100	2015	TEK PARÇA	14,00
47	1/1.800.000	ORTADOĞU SİYASİ	111x77	2015	2 PARÇA	12,00
48	1/1.800.000	ORTADOĞU SİYASİ ^{(1),(2)}	111x77	2015	TEK PARÇA	24,00
49	1/1.800.000	ORTADOĞU FİZİKİ	111x77	2015	2 PARÇA	12,00
50	1/1.800.000	ORTADOĞU FİZİKİ ^{(1),(2)}	111x77	2015	TEK PARÇA	24,00
51	1/5.000.000	ARAP YARIMADASI SİYASİ	58x72	2017	TEK PARÇA	9,00
52	1/5.000.000	ARAP YARIMADASI FİZİKİ	58x72	2017	TEK PARÇA	9,00
53	1/6.000.000	BAĞIMSIZ TÜRK CUMHURİYETLERİ SİYASİ	134x90	2017	2 PARÇA	14,00
54	1/6.000.000	BAĞIMSIZ TÜRK CUMHURİYETLERİ SİYASİ ^{(1),(2)}	134x90	2017	TEK PARÇA	28,00
55	1/6.000.000	BAĞIMSIZ TÜRK CUMHURİYETLERİ FİZİKİ	134x90	2017	2 PARÇA	14,00
56	1/6.000.000	BAĞIMSIZ TÜRK CUMHURİYETLERİ FİZİKİ ^{(1),(2)}	134x90	2017	TEK PARÇA	28,00
57	1/1.500.000	KAFKASLAR SİYASİ	98x68	2016	TEK PARÇA	14,00
58	1/1.500.000	KAFKASLAR FİZİKİ	98x68	2016	TEK PARÇA	14,00
59	1/2.200.000	BALKANLAR SİYASİ	70x85	2015	TEK PARÇA	12,00
60	1/2.200.000	BALKANLAR FİZİKİ	70x85	2015	TEK PARÇA	12,00
61	1/1.000.000	LÜBNAN VE SURİYE SİYASİ	87x60	2013	TEK PARÇA	11,00
62	1/1.000.000	LÜBNAN VE SURİYE FİZİKİ	87x60	2013	TEK PARÇA	11,00
63	1/1.800.000	SURİYE-IRAK SİYASİ	78x58	2015	TEK PARÇA	9,00
64	1/1.800.000	SURİYE-IRAK FİZİKİ	78x58	2015	TEK PARÇA	9,00
65	1/1.500.000	IRAK SİYASİ	70x75	2015	TEK PARÇA	10,00
66	1/1.500.000	IRAK FİZİKİ	70x75	2015	TEK PARÇA	10,00
67	1/2.750.000	İRAN SİYASİ	80x70	2015	TEK PARÇA	11,00
68	1/2.750.000	İRAN FİZİKİ	80x70	2015	TEK PARÇA	11,00
69	1/2.500.000	AFGANİSTAN SİYASİ	68x46	2012	TEK PARÇA	8,00
70	1/2.500.000	AFGANİSTAN FİZİKİ	68x46	2012	TEK PARÇA	8,00
71	1/750.000	AZERBAYCAN SİYASİ	80x60	2018	TEK PARÇA	9,00
72	1/750.000	AZERBAYCAN FİZİKİ	80x60	2018	TEK PARÇA	9,00
73	1/300.000	KIBRIS ADASI SİYASİ	80x50	2017	TEK PARÇA	8,00
74	1/300.000	KIBRIS ADASI FİZİKİ	80x50	2017	TEK PARÇA	8,00
75	1/800.000	BOSNA-HERSEK VE KOSOVA SİYASİ	74x54	2012	TEK PARÇA	8,00
76	1/800.000	BOSNA-HERSEK VE KOSOVA FİZİKİ	74x54	2012	TEK PARÇA	8,00
77	1/2.500.000	SOMALİ SİYASİ ⁽¹⁾	57x68	2018	TEK PARÇA	8,00
78	1/2.500.000	SOMALİ FİZİKİ ⁽¹⁾	57x68	2018	TEK PARÇA	8,00
79	1/450.000	ANKARA İL HARİTASI	65x59	2017	TEK PARÇA	8,00
80	1/450.000	ANKARA FİZİKİ İL HARİTASI	65x59	2017	TEK PARÇA	8,00
81	1/400.000	ANTALYA İL HARİTASI	80x47	2018	TEK PARÇA	8,00
82	1/400.000	ANTALYA FİZİKİ İL HARİTASI	80x47	2018	TEK PARÇA	8,00
83	1/3.000.000	OSMANLI İMPARATORLUĞU	190x131	1993	4 PARÇA	19,00
84	1/3.000.000	OSMANLI İMPARATORLUĞU ^{(1),(2)}	190x131	1993	TEK PARÇA	38,00
85	1/3.000.000	OSMANLI İMPARATORLUĞU (BRANDA) ^{(1),(2)}	190x131	1993	TEK PARÇA	150,00
86	1/12.000.000	OSMANLI İMPARATORLUĞU	95x65	1993	TEK PARÇA	10,00
87	1/50.000	ÇANAKKALE MUHAREBELERİ	62x93	2016	TEK PARÇA	12,00
88	1/200.000	BİRİNCİ DÜNYA HARBİNDE SARIKAMIŞ HAREKÂTI	92x58	2015	TEK PARÇA	11,00
89	1/120.000	SAKARYA MEYDAN MUHAREBESİ 1.GÜN	70x93	2017	TEK PARÇA	13,00
90	1/120.000	22 GÜN 22 GECE SÜREN SAKARYA MEYDAN MUHAREBESİ	70x93	2017	TEK PARÇA	13,00

⁽¹⁾ Üretimini Müteakip Satışa Sunulacaktır.

⁽²⁾ Dijital Baskı Özel Üretim ürünlerinde indirim oranları uygulanmaz.

⁽³⁾ 2019 yılı içerisinde güncellemeyi müteakip yeni ürün satışa sunulacaktır.

TASNİF DIŞI PLASTİK KABARTMA HARİTALAR

SIRA NO.	ÖLÇEK	CİNSİ	BOYUT (cm x cm)	ÜRETİM TARİHİ	ÖZELLİKLERİ	FİYATI (₺)
1	1/250.000	TÜRKİYE KARA (JOG SERİSİ) TOPOĞRAFİK	65x61	Muhtelif	PAFTA	60,00
2	1/550.000	TÜRKİYE FİZİKİ ^{(1),(3)}	313x158	2019	4 PARÇA	800,00
3	1/1.000.000	TÜRKİYE FİZİKİ ⁽⁴⁾	177x94	2014	3 PARÇA	185,00
4	1/1.000.000	TÜRKİYE FİZİKİ ^{(1),(3)}	177x94	2019	TEK PARÇA	260,00
5	1/1.850.000	TÜRKİYE FİZİKİ ⁽¹⁾	96x52	2019	TEK PARÇA	42,00
6	1/3.500.000	TÜRKİYE FİZİKİ	63x34	2016	TEK PARÇA	18,00
7	1/8.000.000	TÜRKİYE FİZİKİ	24x15	2018	TEK PARÇA	5,00
8	1/1.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ ^{(1),(2),(3)}	356x194	2019	4 PARÇA	1.250,00
9	1/3.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ ^{(1),(2)}	224x96	2009	4 PARÇA	240,00
10	1/4.250.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	162x113	2011	4 PARÇA	210,00
11	1/20.000.000	DÜNYA FİZİKİ	204x96	2017	4 PARÇA	190,00
12	1/20.000.000	DÜNYA FİZİKİ ^{(1), (2),(3)}	190x90	2018	TEK PARÇA	270,00
13	1/14.000.000	AFRİKA-AVRUPA FİZİKİ HARİTASI	58x91	2015	TEK PARÇA	58,00
14	1/1.800.000	ORTADOĞU FİZİKİ	116x82	2016	2 PARÇA	110,00
15	1/1.800.000	ORTADOĞU FİZİKİ ^{(1),(3)}	116x82	2016	TEK PARÇA	150,00
16	1/5.000.000	ARAP YARIMADASI FİZİKİ	58x72	2017	TEK PARÇA	26,00
17	1/7.000.000	BAĞIMSIZ TÜRK CUMHURİYETLERİ FİZİKİ ^{(1),(3)}	115x77	2017	TEK PARÇA	140,00
18	1/2.000.000	KAFKASLAR FİZİKİ	77x54	2016	TEK PARÇA	26,00
19	1/2.700.000	BALKANLAR FİZİKİ	60x70	2015	TEK PARÇA	26,00
20	1/750.000	AZERBAYCAN FİZİKİ ^{(1),(3)}	80x60	2018	TEK PARÇA	56,00
21	1/300.000	KIBRIS ADASI FİZİKİ ^{(1),(3)}	80x50	2017	TEK PARÇA	48,00
22	1/200.000	BİRİNCİ DÜNYA HARBİNDE SARIKAMIŞ HAREKÂTI	95x61	2015	TEK PARÇA	34,00
23	1/150.000	SAKARYA MEYDAN MUHAREBESİ 1.GÜN	61x89	2017	TEK PARÇA	32,00
24	1/150.000	22 GÜN 22 GECE SÜREN SAKARYA MEYDAN MUHAREBESİ	61x89	2017	TEK PARÇA	32,00
25	1/50.000	ÇANAKKALE MUHAREBELERİ	64x96	2016	TEK PARÇA	36,00
26	1/850.000	ÇANAKKALE KARTPOSTALI ⁽¹⁾	25x16	2015	TEK PARÇA	5,00
27	1/160.000	YERYÜZÜ ŞEKİLLERİ ÖRNEK HARİTASI ⁽¹⁾	25x17	2017	TEK PARÇA	5,00

⁽¹⁾ Üretimini Müteakip Satışa Sunulacaktır.

⁽²⁾ Yaklaşık Boyutlardır. Değişiklik gösterebilir.

⁽³⁾ Dijital Baskı Özel Üretim ürünlerde indirim oranları uygulanmaz.

⁽⁴⁾ 2019 yılı içerisinde güncellemeyi müteakip yeni ürün satışa sunulacaktır.

HARİTA İNCELEME BEDELLERİ

ÖLÇEK	CİNSİ	SÜRE	FİYATI (₺/SAAT)
Muhtelif	a. Basılı ve sayısal her tür harita, b. Küre, c. İçerisinde Kent Planı, Harita ve Plan ihtiva eden Broşür, Atlas ve Dokümanlar.	1 Saat	60,00

(1) Açıklamalar:

(a) DVD, CD-ROM, disket vb. gibi sayısal ortamdaki incelemeler için, bu materyaller ile birlikte, incelenecek harita ve harita bilgisi ihtiva eden bölümlerinden, Harita Genel Müdürlüğüne talep edilmesi halinde, istek sahibi tarafından üç suret renkli kâğıt çıktı gönderilir.

(b) Yurt içinde üretilecek veya yurt dışından ithal edilecek harita, atlas, küre ve benzeri doküman için, evsafına göre, içinde bulunulan yıl için geçerli olan Harita ve Harita Bilgileri Satış ve Kullanım Bedelleri Fiyat Listesi'nden yararlanarak hesaplanacak inceleme bedeli, ilgili kuruluştan talep edilir.

(c) Harita inceleme, ülke menfaatlerine aykırı olabilecek coğrafi isimler ve ülke sınırlarının kontrolü amacıyla yapılmakta/yaptırılmakta ve farklı uzmanlık alanları gerektirebilmektedir. Haritalarda, Harita Genel Müdürlüğü'nün uzmanlık alanı dışında yabancı kökenli isimler ve gösterimlerin kullanılması veya tarihi sınırların gösterilmesi vb. tematik haritalar söz konusu olduğunda, bu haritalar Harita Genel Müdürlüğüne ve bedeli karşılığında ilgili kurum/kurumlara inceletirilir ve inceleyen kurum tarafından talep edilen bedel, inceleten kurum kuruluş veya gerçek ve tüzel kişiden talep edilir.

(4) Basım ve ithal uygunluk onayı istenen her ürün için inceleme bedeli, inceleme memurunun ürünü inceleme için harcadığı saat esas alınarak hesaplanır. İnceleme 1 (bir) saatten az sürmesi halinde asgari 1 (bir) saat olarak alınır.

TASNİF DIŞI TOPOĞRAFİK RASTER VERİLER

SIRA NO.	ÖLÇEK	CİNSİ	BİRİMİ	İZDÜŞÜM (PROJEKSİYON)	DATUM	FORMAT	FİYATI (₺)
1	1/250.000	TÜRKİYE KARA (JOG-G) TOPOĞRAFİK	PAFTA	UTM ⁽¹⁾ Coğrafi ⁽²⁾	WGS-84	GEOTIFF	16,00
2	1/250.000	TÜRKİYE HAVA (JOG-A) TOPOĞRAFİK	PAFTA	UTM ⁽¹⁾ Coğrafi ⁽²⁾	WGS-84	GEOTIFF	16,00
3	1/250.000	TÜRKİYE ALÇAK İRTİFA ÖZEL HAVA (TFC) TOPOĞRAFİK	PAFTA	UTM ⁽¹⁾ Coğrafi ⁽²⁾	WGS-84	GEOTIFF	16,00
4	1/500.000	TÜRKİYE KARA (1404 SERİSİ) TOPOĞRAFİK	PAFTA	Lambert ⁽¹⁾ Coğrafi ⁽²⁾	WGS-84	GEOTIFF	17,00
5	1/500.000	TÜRKİYE ÖZEL HAVA HARİTASI	PAFTA	Lambert ⁽¹⁾ Coğrafi ⁽²⁾	WGS-84	GEOTIFF	17,00

⁽¹⁾Pafta kenar bilgileri (lejant) bulunmaktadır.

⁽²⁾Pafta kenar bilgileri (lejant) bulunmamaktadır.

TASNİF DIŞI TEMATİK RASTER HARİTALAR

SIRA NO.	ÖLÇEK	CİNSİ	BİRİMİ	İZDÜŞÜM (PROJEKSİYON)	DATUM	FORMAT	FİYATI (₺)
1	1/550.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	25,00
2	1/550.000	TÜRKİYE FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	25,00
3	1/1.000.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	14,00
4	1/1.000.000	TÜRKİYE FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	14,00
5	1/1.850.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	10,00
6	1/1.850.000	TÜRKİYE FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	10,00
7	1/1.850.000	TÜRKİYE COĞRAFI BÖLGELER FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	10,00
8	1/1.800.000	TÜRKİYE ULAŞIM HARİTASI	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	10,00
9	1/3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	19,00
10	1/3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	19,00
11	1/3.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	17,00
12	1/15.000.000	DÜNYA SİYASİ	PAFTA	Plate Carree/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	20,00
13	1/20.000.000	DÜNYA FİZİKİ	PAFTA	Plate Carree/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	17,00
14	1/30.000.000	DÜNYA SİYASİ	PAFTA	Robinson	WGS-84	GEOTIFF	13,00
15	1/30.000.000	DÜNYA FİZİKİ	PAFTA	Plate Carree	WGS-84	GEOTIFF	14,00
16	1/42.500.000	DÜNYA SİYASİ	PAFTA	Robinson	-	GEOTIFF	8,00
17	1/42.500.000	DÜNYA FİZİKİ	PAFTA	Robinson	-	GEOTIFF	8,00
18	1/9.000.000	AVRUPA SİYASİ	PAFTA	Azimuthal Equidistant/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	9,00
19	1/9.000.000	AVRUPA FİZİKİ	PAFTA	Azimuthal Equidistant/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	9,00
20	1/12.000.000	AFRİKA-AVRUPA SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	14,00
21	1/12.000.000	AFRİKA-AVRUPA FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	14,00
22	1/1.800.000	ORTADOĞU SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	12,00
23	1/1.800.000	ORTADOĞU FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	12,00
24	1/5.000.000	ARAP YARIMADASI SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	9,00
25	1/5.000.000	ARAP YARIMADASI FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	9,00
26	1/6.000.000	BAĞIMSIZ TÜRK CUMHURİYETLERİ SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	14,00
27	1/6.000.000	BAĞIMSIZ TÜRK CUMHURİYETLERİ FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	14,00
28	1/1.500.000	KAFKASLAR SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	14,00

SIRA NO.	ÖLÇEK	CİNSİ	BİRİMİ	İZDÜŞÜM (PROJEKSİYON)	DATUM	FORMAT	FİYATI (₺)
29	1/1.500.000	KAFKASLAR FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	14,00
30	1/2.200.000	BALKANLAR SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	12,00
31	1/2.200.000	BALKANLAR FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	12,00
32	1/1.000.000	LÜBNAN VE SURİYE SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	11,00
33	1/1.000.000	LÜBNAN VE SURİYE FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	11,00
34	1/1.800.000	SURİYE-IRAK SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	9,00
35	1/1.800.000	SURİYE-IRAK FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	9,00
36	1/1.500.000	IRAK SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	10,00
37	1/1.500.000	IRAK FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	10,00
38	1/2.750.000	İRAN SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	11,00
39	1/2.750.000	İRAN FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	11,00
40	1/2.500.000	AFGANİSTAN SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,00
41	1/2.500.000	AFGANİSTAN FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,00
42	1/750.000	AZERBAYCAN SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	9,00
43	1/750.000	AZERBAYCAN FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	9,00
44	1/300.000	KIBRIS ADASI SİYASİ	PAFTA	UTM / Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,00
45	1/300.000	KIBRIS ADASI FİZİKİ	PAFTA	UTM / Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,00
46	1/800.000	BOSNA-HERSEK VE KOSOVA SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,00
47	1/800.000	BOSNA-HERSEK VE KOSOVA FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,00
48	1/2.500.000	SOMALİ SİYASİ HARİTASI	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,00
49	1/2.500.000	SOMALİ FİZİKİ HARİTASI	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,00
50	1/3.500.000	UKRAYNA SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	6,00
51	1/1.000.000	TÜRKİYE HAVALİMANLARI	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,00
52	1/150.000	TRABZON İLİ SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	JPEG	8,00
53	1/200.000	TRABZON İLİ FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	JPEG	8,00
54	1/150.000	HATAY İLİ SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	JPEG	8,00
55	1/200.000	HATAY İLİ FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	JPEG	8,00
56	1/200.000	ELAZIĞ İLİ SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	JPEG	8,00
57	1/250.000	ELAZIĞ İLİ FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	JPEG	8,00

SIRA NO.	ÖLÇEK	CİNSİ	BİRİMİ	İZDÜŞÜM (PROJEKSİYON)	DATUM	FORMAT	FİYATI (₺)
58	1/450.000	ANKARA İLİ SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	JPEG	8,00
59	1/450.000	ANKARA İLİ FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	JPEG	8,00
60	1/400.000	ANTALYA FİZİKİ İL HARİTASI	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,00
61	1/400.000	ANTALYA İL HARİTASI	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,00
62	1/400.000	VAN FİZİKİ İL HARİTASI	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,00
63	1/400.000	VAN İL HARİTASI	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,00
64	1/200.000	İSTANBUL FİZİKİ İL HARİTASI ⁽⁴⁾	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,00
65	1/200.000	İSTANBUL İL HARİTASI ⁽⁴⁾	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,00
66	1/3.000.000	OSMANLI İMPARATORLUĞU ⁽¹⁾	PAFTA	-	-	TIFF	19,00
67	1/12.000.000	OSMANLI İMPARATORLUĞU ⁽¹⁾	PAFTA	-	-	TIFF	10,00
68	1/120.000	SAKARYA MEYDAN MUHAREBESİ 1.GÜN	PAFTA	UTM / Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	13,00
69	1/120.000	22 GÜN 22 GECE SÜREN SAKARYA MEYDAN MUHAREBESİ	PAFTA	UTM / Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	13,00
70	1/200.000	BİRİNCİ DÜNYA HARBİNDE SARIKAMIŞ HAREKÂTI	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	11,00
71	1/50.000	ÇANAKKALE MUHAREBELERİ ⁽²⁾	PAFTA	-	-	JPEG	12,00
72	1/850.000	ÇANAKKALE KARTPOSTALI ⁽²⁾	PAFTA	-	-	JPEG	5,00
73	1/2.200.000	TÜRKİYE MÜLKÎ İDARE ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
74	1/4.300.000		A3	-	-	JPEG	3,50
75	1/6.250.000		A4	-	-	JPEG	1,50
76	1/2.200.000	TÜRKİYE FİZİKİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
77	1/4.300.000		A3	-	-	JPEG	3,50
78	1/6.250.000		A4	-	-	JPEG	1,50
79	1/42.500.000	DÜNYA SİYASİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
80	1/87.000.000		A3	-	-	JPEG	3,50
81	1/125.000.000		A4	-	-	JPEG	1,50
82	1/50.000.000	DÜNYA FİZİKİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
83	1/110.000.000		A3	-	-	JPEG	3,50
84	1/150.000.000		A4	-	-	JPEG	1,50
85	1/20.000.000	AVRUPA SİYASİ ^{(2),(3)}	A3	-	-	JPEG	3,50
86	1/29.000.000		A4	-	-	JPEG	1,50
87	1/20.000.000	AVRUPA FİZİKİ ^{(2),(3)}	A3	-	-	JPEG	3,50
88	1/29.000.000		A4	-	-	JPEG	1,50
89	1/14.000.000	AFRİKA-AVRUPA SİYASİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
90	1/30.000.000		A3	-	-	JPEG	3,50
91	1/14.000.000	AFRİKA-AVRUPA FİZİKİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
92	1/30.000.000		A3	-	-	JPEG	3,50

SIRA NO.	ÖLÇEK	CİNSİ	BİRİMİ	İZDÜŞÜM (PROJEKSİYON)	DATUM	FORMAT	FİYATI (₺)
93	1/2.500.000	ORTADOĞU SİYASİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
94	1/5.250.000		A3	-	-	JPEG	3,50
95	1/7.500.000		A4	-	-	JPEG	1,50
96	1/2.500.000	ORTADOĞU FİZİKİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
97	1/5.250.000		A3	-	-	JPEG	3,50
98	1/7.500.000		A4	-	-	JPEG	1,50
99	1/11.000.000	ARAP YARIMADASI SİYASİ ^{(2),(3)}	A3	-	-	JPEG	3,50
100	1/16.000.000		A4	-	-	JPEG	1,50
101	1/11.000.000	ARAP YARIMADASI FİZİKİ ^{(2),(3)}	A3	-	-	JPEG	3,50
102	1/16.000.000		A4	-	-	JPEG	1,50
103	1/10.000.000	BAĞIMSIZ TÜRK CUMHURİYETLERİ SİYASİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
104	1/20.300.000		A3	-	-	JPEG	3,50
105	1/30.500.000		A4	-	-	JPEG	1,50
106	1/10.000.000	BAĞIMSIZ TÜRK CUMHURİYETLERİ FİZİKİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
107	1/20.300.000		A3	-	-	JPEG	3,50
108	1/30.500.000		A4	-	-	JPEG	1,50
109	1/1.800.000	KAFKASLAR SİYASİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
110	1/4.000.000		A3	-	-	JPEG	3,50
111	1/6.000.000		A4	-	-	JPEG	1,50
112	1/1.800.000	KAFKASLAR FİZİKİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
113	1/4.000.000		A3	-	-	JPEG	3,50
114	1/6.000.000		A4	-	-	JPEG	1,50
115	1/2.600.000	BALKANLAR SİYASİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
116	1/5.500.000		A3	-	-	JPEG	3,50
117	1/7.500.000		A4	-	-	JPEG	1,50
118	1/2.600.000	BALKANLAR FİZİKİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
119	1/5.500.000		A3	-	-	JPEG	3,50
120	1/7.500.000		A4	-	-	JPEG	1,50
121	1/1.100.000	LÜBNAN SURİYE SİYASİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
122	1/2.300.000		A3	-	-	JPEG	3,50
123	1/3.200.000		A4	-	-	JPEG	1,50
124	1/1.100.000	LÜBNAN SURİYE FİZİKİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
125	1/2.300.000		A3	-	-	JPEG	3,50
126	1/3.200.000		A4	-	-	JPEG	1,50
127	1/1.800.000	IRAK SİYASİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
128	1/4.000.000		A3	-	-	JPEG	3,50
129	1/6.250.000		A4	-	-	JPEG	1,50
130	1/1.800.000	IRAK FİZİKİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
131	1/4.000.000		A3	-	-	JPEG	3,50
132	1/6.250.000		A4	-	-	JPEG	1,50
133	1/4.000.000	SURİYE VE IRAK SİYASİ ^{(2),(3)}	A3	-	-	JPEG	3,50
134	1/6.000.000		A4	-	-	JPEG	1,50
135	1/4.000.000	SURİYE VE IRAK FİZİKİ ^{(2),(3)}	A3	-	-	JPEG	3,50

SIRA NO.	ÖLÇEK	CİNSİ	BİRİMİ	İZDÜŞÜM (PROJEKSİYON)	DATUM	FORMAT	FİYATI (₺)
136	1/6.000.000		A4	-	-	JPEG	1,50
137	1/3.250.000	İRAN SİYASİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
138	1/7.250.000		A3	-	-	JPEG	3,50
139	1/11.000.000		A4	-	-	JPEG	1,50
140	1/3.250.000	İRAN FİZİKİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
141	1/7.250.000		A3	-	-	JPEG	3,50
142	1/11.000.000		A4	-	-	JPEG	1,50
143	1/4.400.000	AFGANİSTAN SİYASİ ^{(2),(3)}	A3	-	-	JPEG	3,50
144	1/7.000.000		A4	-	-	JPEG	1,50
145	1/4.400.000	AFGANİSTAN FİZİKİ ^{(2),(3)}	A3	-	-	JPEG	3,50
146	1/7.000.000		A4	-	-	JPEG	1,50
147	1/600.000	KIBRIS ADASI SİYASİ ^{(2),(3)}	A3	-	-	JPEG	3,50
148	1/900.000		A4	-	-	JPEG	1,50
149	1/600.000	KIBRIS ADASI FİZİKİ ^{(2),(3)}	A3	-	-	JPEG	3,50
150	1/900.000		A4	-	-	JPEG	1,50
151	1/1.700.000	BOSNA-HERSEK VE KOSOVA SİYASİ ^{(2),(3)}	A3	-	-	JPEG	3,50
152	1/2.500.000		A4	-	-	JPEG	1,50
153	1/1.700.000	BOSNA-HERSEK VE KOSOVA FİZİKİ ^{(2),(3)}	A3	-	-	JPEG	3,50
154	1/2.500.000		A4	-	-	JPEG	1,50
155	1/300.000	KATAR SİYASİ ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00
156	1/3.500.000	UKRAYNA SİYASİ ⁽³⁾	A3	-	-	JPEG	3,50
157	1/1.000.000	TÜRKİYE HAVALİMANLARI	A1	-	-	JPEG	7,00
158	1/220.000	BİRİNCİ DÜNYA HARBİNDE SARIKAMIŞ HAREKÂTI ^{(2),(3)}	A1	-	-	JPEG	7,00

⁽¹⁾Koordinatsızdır.

⁽²⁾Çeşitli ülkeler ve ticari firmalar tarafından internet sitelerinde ücretsiz kullanıma sunulan haritalarda, kasten veya bilinçsizce yapılan tanımlamalar nedeniyle, millî menfaatlere aykırı hususlarla sıklıkla karşılaşmaktadır. Bunun önüne geçilebilmesi için Harita Genel Müdürlüğüne hazırlanmış olan çeşitli tür ve ölçekte haritalar (bu ürün dâhil), kullanımın yaygınlaştırılması amacıyla, yerli ve yabancı kullanıcıların kolayca erişebilecekleri şekilde sayfamızda ücretsiz olarak sunulmaktadır. Telif hakları Hrt.Gn.Md.lüğünde saklı kalmak kaydıyla; haritaların isteyen her kullanıcı tarafından ticari faaliyetler dışında serbest kullanımı ve dağıtımı yapılabilir. Yukarıda belirtilen bedeller ürünlerin satış fiyatı olmayıp, ticarî kullanım söz konusu olduğunda telif ve iktibas bedelinin belirlenmesine esas olacak bedellerdir.

⁽³⁾Bu haritalardan yanında A1 yazanlar A1 kâğıt ebadında, A3 yazanlar A3 kâğıt ebadında, A4 yazılı olanlar A4 kâğıt ebadında çıktı alacak şekilde düzenlenmiştir.

⁽⁴⁾ Üretimi müteakip satışa sunulacaktır.

(2) Açıklamalar:

(a) Sayısal coğrafi bilgiler, tabloda belirtilen özelliklerde (projeksiyon sistemi, koordinat sistemi, datum veya formatta) üretilmektedir.

(b) Veriler talep sahibine DVD/CD-ROM üzerine kopyalanarak verilmektedir.

