

GEOmatik

Geomatik Dergisi
Cilt 7 / Sayı 2 - Ağustos 2022

ISSN:2564-6761

**Dergi Hakkında**

Geomatik Dergisi bilim ve teknolojideki gelişmelere paralel olarak harita mühendisliği alanında yeni gelişmelerle ilgili yapılan çalışmalarını yayınlayan bir dergidir. Geomatik dergisi Tubitak Ulakbim TR Dizin’de Dizinlenmektedir.

Amaç & Kapsam

Geomatik Dergisi 2016 yılından beri yayın hayatını sürdüren uluslararası hakemli TÜRKÇE yayın yapan bir dergi olup hakem değerlendirme sistemi mevcuttur. Harita Mühendisliğine ait kuramsal ve uygulamalı araştırma, tarama-inceleme, bildiri, vaka çalışması, kısa rapor ve editöre mektup niteliklerinden birine uygun eserler hakem değerlendirmesinden yayınlanabilir olduğuna dair karar verildikten sonra yayımlanır. Yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan eser, dergi editörlüğünce değerlendirme için hakemlere gönderilir. Geomatik Dergisinde KÖR HAKEMLİK uygulaması mevcuttur. Yayımlanmasına, hakemlerin görüşü doğrultusunda Dergi Editör ve Yayın Kurulu karar verir. Gönderilen makaleler yayımlansın veya yayınlanmasın iade edilmez. Dergimizde yayınlanan yazıların her türlü sorumluluğu (bilimsel, mesleki, hukuki, etik v.b.) yazarlara aittir. Yayımlanan yazıların telif hakkı dergiye aittir ve referans gösterilmeden aktarılamaz. Araştırmacılar arasındaki bilimsel iletişimi oluşturmak amacıyla aşağıda nitelikleri açıklanan, başka bir yerde yayımlanmamış makaleler Türkçe olarak kabul edilmekte ancak özetinin İngilizce de basılması zorunluluğu vardır.

GEOMATİK dergisinin kapsamı;

- ✓ Fotogrametri ve Uzaktan Algılama,
- ✓ Lidar, Yersel lazer tarama, Mobil lazer tarama,
- ✓ GPS ve uygulamaları, Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları
- ✓ Ölçme teknikleri - endüstriyel ölçmeler, deformasyon ölçmeleri,
- ✓ Jeodezi
- ✓ Hidrografik ölçmeler, navigasyon, madencilik ölçmeleri
- ✓ Mühendislik ölçmeleri, Jeodezi, dengeleme,
- ✓ Kartografik uygulamalar,
- ✓ Arazi Toplulaştırma ve uygulamaları, Kadastro ve uygulamaları
- ✓ İmar Bilgisi ve uygulamaları ve
- ✓ Geomatik mühendisliği ve yerbilimleri ile bağlantılı multi disiplinler çalışmaları.

Yayımlanma Sıklığı

Yılda 3 sayı (Nisan, Ağustos, Aralık aylarında sayı çıkarılır.)

e-ISSN

2564-6761

WEB

<https://dergipark.org.tr/geomatik>

İletişim

geomatikdersisi@gmail.com



EDİTÖR

Prof. Dr. Murat YAKAR
Mersin Üniversitesi,
Mersin

EDİTÖR YARDIMCILARI

Dr. Öğr. Üyesi Osman ORHAN
Mersin Üniversitesi,
Mersin

Prof. Dr. Ekrem TUŞAT
Konya Teknik Üniversitesi,
Konya

EDİTÖR KURULU

- Prof. Dr. Reha Metin ALKAN, Hitit Üniversitesi
- Prof. Dr. Fatmagül KILIÇ GÜL, Yıldız Teknik Üniversitesi
- Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU, Gebze Teknik Üniversitesi
- Prof. Dr. Haluk ÖZENER, Boğaziçi Üniversitesi
- Prof. Dr. Erkan BEŞDOK, Erciyes Üniversitesi
- Prof. Dr. Gönül TOZ, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Prof. Dr. Cem GAZİOĞLU, İstanbul Üniversitesi
- Prof. Dr. Fevzi KARSLI, Karadeniz Teknik Üniversitesi
- Prof. Dr. Muzaffer KAHVECİ, Selçuk Üniversitesi
- Prof. Dr. Sebahattin BEKTAŞ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
- Doç. Dr. Çiğdem GÖKSEL, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Doç. Dr. Semra ALYILMAZ, Atatürk Üniversitesi
- Doç. Dr. Tekin SUSAM, Gaziosmanpaşa Üniversitesi
- Doç. Dr. İ. Rakıp KARAS, Karabük Üniversitesi
- Doç. Dr. Mevlüt YETKİN, Katip Çelebi Üniversitesi
- Doç. Dr. Şinasi KAYA, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Doç. Dr. İbrahim YILMAZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi
- Doç. Dr. Ömer MUTLUOĞLU, Selçuk Üniversitesi
- Doç. Dr. Arzu ERENER, Kocaeli Üniversitesi
- Doç. Dr. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
- Doç. Dr. Kemal Özgür HASTAOĞLU, Cumhuriyet Üniversitesi
- Doç. Dr. Yasemin ŞİŞMAN, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
- Doç. Dr. Güler YALÇIN, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
- Yrd. Doç. Dr. Ayşe Yavuz ÖZALP, Artvin Çoruh Üniversitesi
- Yrd. Doç. Dr. Fatih TAKTAK, Uşak Üniversitesi
- Dr. Öğr. Üyesi Ali ULVİ, Mersin Üniversitesi

DANIŞMA KURULU

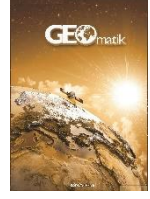
- Prof. Dr. Dursun Zafer Şeker, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ, Aksaray Üniversitesi
- Prof. Dr. Cengiz ALYILMAZ, Atatürk Üniversitesi
- Prof. Dr. Abdurrahman Geymen, Erciyes Üniversitesi
- Prof. Dr. Ferruh YILDIZ, Selçuk Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

CİLT 7 / SAYI 2

ARAŞTIRMA MAKALELERİ

** Derin öğrenme tabanlı iyonosferik TEC tahmini	
İsmail Demiryeye, Mustafa Ulukavak*	80
** İnternet tabanlı GNSS yazılımlarının doğruluk açısından değerlendirilmesi	
Atınç Pırtı*, Dilanur Yazıcı	88
** Simpson kuralının farklı geçiş eğrilerinde kullanılması	
Atınç Pırtı*, Merve Şimşek, Zeynep Örs Gündoğan	106
** 2/B orman vasfını yitirmiş araziden tarım arazisine dönüşen taşınmazların toplu değerlemesi	
Sultan Çınar*, Fatma Bünyan Ünel	112
** Zayıf 01 Şubat 2017 jeomanyetik fırtınasının matematiksel modeli	
Samed İnyurt	128
** Kültür varlıklarının yersel lazer tarama yöntemi ile dijital dokümantasyonu: Zonguldak Uzun Mehmet Anıtı örneği	
Mustafa Özendi	139
** Yeterince akım ölçümü olmayan nehirlerde taşkın debisinin hesaplanması ve taşkın modellemesi (Samsun, Mert Irmağı örneği)	
Vahdettin Demir*, Aslı Ülke Keskin	149
** Hazine taşınmaz satışlarının emsal satışlarla karşılaştırılması: Trabzon İli örneği	
H. Ebru Çolak, Tuğba Memişoğlu Baykal, Nihal Genç*	163



Derin öğrenme tabanlı ionosferik TEC tahmini

İsmail Demiryeye¹, Mustafa Ulukavak¹

¹Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Derin Öğrenme
TEC
GPS
İyonosferik Gecikme
LSTM

ÖZ

İyonosfer tabakası, Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) uydularına ait radyo sinyallerinin frekanslarına bağlı olarak zaman gecikmesine neden olan bir ortamdır. Çoğu ionosferik çalışma, GPS gözlemlerinden elde edilen toplam elektron içeriği (TEC) değişimleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Günümüzde ionosferin fiziksel yapısı ile ilgili çalışmalar, uzay iklim koşullarının tahmini, konumlandırma, navigasyon ve iletişim gibi birçok alanda devam etmektedir. Bu çalışma, ionosferik TEC'in tahmini için derin öğrenme tabanlı bir model oluşturulması amaçlanmıştır. Bu yöntem için tasarlanan yapay sinir ağı ve ilgili parametreleri, Derin Öğrenme Araç Kutusu kullanılarak MATLAB® ortamında hazırlanmıştır. Çalışmada Harran Üniversitesi Kampüs Alanında bulunan HRUH sabit GNSS istasyonuna ait GPS gözlemleri kullanılmıştır. Bu çalışmada, 2019 yılının ilk altı ayı için ionosferik TEC değişimlerini tahmin etmeyi amaçlayan optimum parametrelerin belirlenmesi araştırılmıştır. Oluşturulan modelde yineleme sayısı sabit olarak ($i = 100$) seçilmiştir. Gizli katman sayısının 20 olarak seçildiği parametrelerle minimum karesel ortalama hata (KOH) değeri ± 0.287 TECU hesaplanmıştır. 1 gizli katmanda hesaplanan tahmin modelinin KOH değeri ise ± 0.472 TECU'dur.

Deep learning-based ionospheric TEC forecasting

Keywords

Deep Learning
TEC
GPS
Ionospheric Delay
LSTM

ABSTRACT

The ionosphere layer is an environment that causes a time delay depending on the frequencies of the radio waves of the Global Positioning System (GPS) satellites. Most ionospheric studies are performed using total electron content (TEC) changes obtained from GPS signals. Today, studies on the physical structure of the ionosphere continue in many areas such as the prediction of space weather conditions, positioning, navigation, and communication. This study aims to create a deep learning-based model for the prediction of ionospheric TEC. The artificial neural network and related properties designed for this method have been prepared in the MATLAB® environment using the Deep Learning Toolbox. In this study, HRUH permanent GNSS station which is located in Harran University Campus Area, GPS observations are used. In this study, the determination of the optimum parameters was investigated which aims to forecast ionospheric TEC variations for the first six months of 2019. In the created model, the number of iterations is selected as constant ($i = 100$). The minimum root mean square error (RMSE) value is ± 0.287 TECU with parameters where the number of hidden layers is selected as 20. The RMSE value of the forecasting model which is calculated in 1 hidden layer is ± 0.472 TECU.

1. GİRİŞ

Küresel konumlandırma sistemi (GPS) uydu teknolojilerine bağlı konumlandırma ve navigasyon sistemidir. GPS; hava, deniz ve kara navigasyonu gibi farklı alanlarda çok yaygın bir biçimde kullanılmakla beraber gündelik yaşam, endüstri, araştırma ve eğitim uygulamalarında da sıkça kullanılmaktadır. Konumlandırma da karşımıza çıkan atmosferik etkilerin büyük bir kısmı GPS sinyalleri üzerindeki iyonosferik etkilerden kaynaklanmaktadır. İyonosferde meydana gelen bozulmalar; özellikle uzay iklim koşullarının meydana getirdiği değişimlerin, radyo iletişim sistemine ve yayılımına etki etmektedir (Tan 2008). Bu nedenle iletişim, navigasyon, radar gibi radyo sinyallerinin iletişimini olumsuz yönde etkileyebilir (Tan ve Ark., 2011). İyonosfer radyo iletişiminde önemli bir rol oynadığından dolayı yapılacak uygulamalar iyonosferik şartlar göz önünde tutularak gerçekleştirilmelidir.

Günümüzde birçok alanda kullanılmaya başlayan yapay sinir ağları bir yapay zeka ürünüdür. Yapay zekanın alt dalı olan derin öğrenme ise bir bilgisayarın ya da bilgisayar destekli bir makinenin, genellikle insana özgü nitelikler, çözüm yolu bulma, anlama, bir mana çıkarma, genelleme ve geçmişteki deneyimlerinden öğrenme gibi yüksek mantık süreçlerine ilişkin görevleri yerine getirme yeteneği olarak bilim dünyasında tanımlanmıştır (Nabiyev 2012). Derin öğrenme, sağlık alanı başta olmak üzere otomotiv, elektronik, enerji, uzay bilimleri, bankacılık, finans ve askeri alanlarda (Kaya ve Ark., 2018), trafik kontrolünde (Tektaş ve Ark., 2002), tıp ve sağlık hizmetlerinde veri madenciliği üzerinde (Koyuncuğil ve Özgülbaş 2009), İstatistiksel tahmin yöntemlerinde (Emel ve Taşkın 2002; Karahan 2015), meteorolojik yağış verilerinin tahmininde (Partal ve Ark., 2008), endüstriyel problemlerin çözümünde (Engin ve Döyen 2004), güç sistemlerinde yük akış analizleri (Adepoju ve Ark., 2007), arza ve arazi değerlendirme uygulamalarında (Tabar and Şişman 2020) gibi pek çok alanlarda etkin rol almaya başlamıştır.

Toplam Elektron İçeriği (TEC), GPS uydularından GPS alıcısına gelen sinyal yolu boyunca 1 metre karelik kesit alanında elde edilen toplam elektron sayısı olarak tanımlanır ve birimi TECU olarak ifade edilir (Şentürk 2020). TEC, serbest elektronlar aracılığıyla düzeltilmiş GPS sinyallerinden elde edilen iyonosferik değişkenlikler hakkında bilgi sağlayan önemli bir parametredir (Schmidt ve Ark., 2008; Chakraborty ve Ark., 2014). Jeomanyetik alan ve güneş aktiviteleri arasındaki karmaşık fiziksel etkileşimler, iyonosferik etkilerin modellenmesini ve tahmin edilmesini zorlaştırır (Xu 2007). GPS aracılığıyla yapılan gözlemler, navigasyon ve konumlandırma uygulamalarıyla birlikte iyonosferik uzay iklim koşullarının etkilerinin araştırılmasında da kullanılmaktadır (Hofmann-Wellenhof ve Ark., 2008).

Yapay Sinir ağları (YSA) modelleri GPS ile ölçülen TEC zaman serileri kullanılarak iyonosferik TEC farklılıklarının modellenmesi ve tahmini için kullanılmaktadır. Sinir ağları, istatistiksel yöntemlerden daha iyi performans gösterse de uzun yılların TEC örneklerini içeren çok sayıda eğitim verilerinin gerekliliği ve eğitim sürecinde sinaptik ağırlıkların belirlenmesindeki karmaşıklık ve kısa süreli TEC tahmini

için sinir ağları modelinin uygulanmasını sınırlayan matematiksel arka plan eksikliği belirlenmiştir (Tulunay ve Ark., 2006; Leandro ve Santos 2007). Bu sebepten dolayı tekrarlayan sinir ağları (RNN) derin öğrenmede zaman serileri için tasarlanmıştır. LSTM, zaman serilerini ve uzun menzilli bağımlılıklarını modellemek için tasarlanmış, belirli bir tekrarlayan sinir ağı (RNN) mimarisidir (Hochreiter ve Schmidhuber 1997). TEC değişimlerinden oluşan geçmiş zaman serileri verilerinden, ileriye yönelik GPS-TEC tahminleri LSTM ağ modeli ile yapılabilmektedir. Kısaca ileriye yönelik zaman serileri ve bu seriler arasındaki ilişki bulunabilmektedir. Bu çalışmada TEC zaman serisi tahmini için yukarıda bahsedilen GPS-TEC verilerinden Uzun Kısa Süreli Hafıza (Long Short-Term Memory: LSTM) Tahmini ile oluşturulan modelin performansı araştırılacaktır. Bu amaçla, LSTM ağ modeli, 24. güneş döngüsü sırasında üç yıllık sıralı TEC verileri kullanılarak ardışık yılın ilk yarısına ait TEC tahmininin yapılması için uygulanmıştır.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada, HRUH sabit GNSS istasyonundan elde edilen 2016-2019 yılları arasındaki GPS gözlemlerinden TEC değerleri belirlenmiş ve yapay sinir ağı tabanlı derin öğrenme yöntemine göre 2019 yılının ilk yarısındaki 4368 TEC değerinin tahmin edilmesi için bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

2.1. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay Sinir Ağı (YSA) insan beyninin bilişsel öğrenme sürecinin benzetimi ile geliştirilmiş bir yöntemdir (Karahan 2015). YSA insan beyninin öğrenme yapısına iki farklı biçimde benzerlik göstermektedir (Ataseven 2013; Gülpınar 2015; Tabar ve Ark., 2020). Birincisi, YSA'da bilgiler, öğrenme sürecince ağ tarafından elde edilir. İkincisi ise yapay sinir ağındaki sinaptik ağırlıklar olarak bilinen nöronlar arasındaki ilişki bilginin saklanması için kullanılır.

Yapay sinir ağları içerisinde oluşturulan modeller; tek/çok katmanlı algılayıcılar ve ileri/geri beslemeli yapay sinir ağları olmak üzere dört farklı kategoride incelenmektedir (Öztürk ve Şahin 2018). Derin öğrenme yöntemi ise bu dört modelin kullanıldığı yapay sinir ağlarının bir alt kümesidir. Derin öğrenme yöntemleri, Evrişimsel (Konvolüsyonel) Sinir Ağları, Tekrarlayan Sinir Ağları (RNN), Uzun Kısa Süreli Hafıza Ağları (LSTM), Sınırlı Boltzman Makineleri (RBM), Derin İnanç Ağları (DBN) ve Derin Oto-Kodlayıcılar (DAE) olmak üzere altı grupta incelenebilir (Şeker ve Ark., 2017). Evrişimsel sinir ağları, çok katmanlı algılayıcıların kullanılarak ileri beslemeli bir yapının oluşturulduğu derin öğrenme yöntemidir (Fukushima 1980).

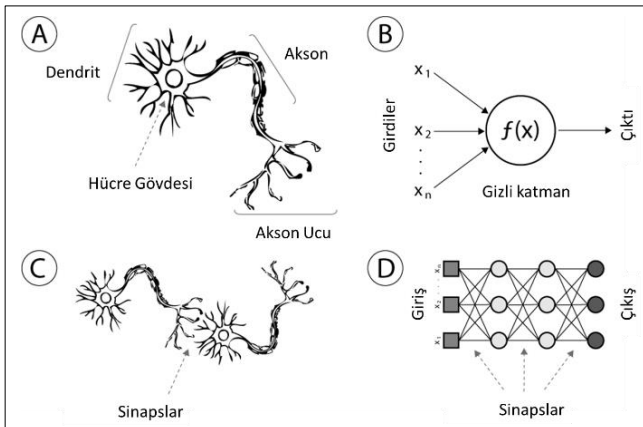
Evrişimsel sinir ağları; görüntü işlemede (Karpathy ve Fei-Fei 2017), anlamsal ayrıştırımda (Grefenstette ve Ark., 2015), arama sorgusu elde etmede (Shen ve Ark., 2014), cümle modelleme (Kalchbrenner ve Ark., 2014), sınıflandırmada (Kim 2014) ve tahmin problemlerinde (Collobert ve Weston 2008) kullanılmıştır. RNN ise girdiler arasındaki ilişkilerin yönlendirilmiş bir döngü oluşturduğu derin öğrenme türüdür. Bu döngü sayesinde devimsel zamansal davranış sergilemesine imkan

tanıyan bir ağ durumu oluşturulmuştur. İleri beslemeli sinir ağlarının aksine, RNN'ler kendi giriş hafızasını girdilerin rastgele dizilerini işlemek için kullanırlar (Mikolov ve Ark., 2010). LSTM, RNN modelinin gelişmiş bir türü olup son zamanlarda derin öğrenme çalışmalarında sıkça kullanılan en önemli yöntemlerinden biri olmuştur. RNN yönteminde girdinin bir önceki bilginin kullanımına bağlı bir yaklaşımı vardır ve girdiler arasındaki boşlukların artması ile RNN modelinin geçmişten gelen bilgileri hafızada tutması ve kullanması zor bir hale gelmektedir (Bengio ve Ark., 1994). Bu problemi çözmek için, uzun vadeli girdilerin ilişkilerini öğrenebilen özel bir RNN türü olan LSTM ağları Hochreiter ve Schmidhuber tarafından literatüre kazandırılmıştır (Hochreiter ve Schmidhuber 1997).

RBM, girdi setleri üzerinde olasılık dağılımını öğrenebilen üreten bir derin öğrenme yöntemidir. RBM'ler, boyut indirgeme (Hinton ve Salakhutdinov 2006), sınıflandırma (Larochelle ve Bengio 2008), işbirlikçi filtreleme (Salakhutdinov ve Ark., 2007), özellik öğrenimi (Coates ve Ark., 2011) ve konu modelleme (Salakhutdinov ve Hinton 2009) gibi farklı konularda kullanılarak başarılı sonuçların alındığı bir yöntemdir. DBN ise RBM'lerin özel bir biçimi olup son gizli katmanında bulunan softmax fonksiyonunu kullanarak sınıflandırma veya denetimsiz bir öğrenme için çok boyutlu mantıksal kümeleme özelliğine sahip yöntemdir (Hinton ve Salakhutdinov 2006). DBN yöntemi, görüntü tanıma ve üretme konularında yaygın olarak kullanılmaktadır (Ranzato ve Ark., 2007).

DAE, denetimsiz öğrenme için kullanılan bir özel derin öğrenme yöntemidir (Liou ve Ark., 2014). Bu yöntem, girdi setlerinin sıkıştırılmış gösteriminden en iyi özelliklerin öğrenilmesini amaçlayan, ileri beslemeli sinir ağlarından oluşur (Krizhevsky ve Hinton 2011). DAE, anormali ve aykırı değer saptanması gibi alanlarda oldukça başarılı sonuçlar vermektedir (Yadav ve Subramanian 2016).

Biyolojik sinir hücresi ile yapay sinir ağı hücresine ait benzerlik şekil 1'de detaylı olarak görülmektedir.



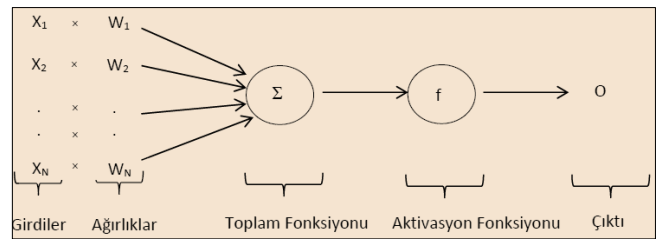
Şekil 1. Biyolojik sinir hücresi ve yapay sinir ağı hücresi (Goncalves ve Ark., 2013'ten değiştirilerek)

Şekil 1'de A, insan sinir sistemine ait nöron; B, yapay sinir ağı nöronu veya gizli katman; C, biyolojik sinaps ve D, yapay sinir ağı sinapsları olarak gösterilmektedir.

YSA'nın genel amacı öğrenme sürecidir ve insan beynine benzer şekilde eğitime ve test etme ile öğrenim

gerçekleşir (Karymshakov ve Abdykaparov 2012). YSA; öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahiptir (Özkan 2012). İnsan beyninin çalışma prensibini taklit eden YSA; örneklerden öğrenebilme (öğrenme), genelleme yapabilmeye, eksik bilgi ile çalışabilme, örüntü tamamlama, ilişki kurma (ilişkilendirme), sınıflandırma ve optimizasyon işlemlerinden birini veya birkaçını yapabilmeye gibi birçok önemli özelliğe sahiptir (Öztemel 2006; Aydemir ve Ark., 2014). YSA matematiksel bir model olmakla birlikte bağlantılı nöronların bulunduğu katmanlardan oluşmaktadır (Keskin Benli ve Güneri Tosunoğlu 2012).

Yapay sinir hücresi veya yapay nöron YSA'nın genel işlemlerinde rol alan temel elemanı veya temel birimdir (Aydemir ve Ark., 2014). Bu birim Şekil 2'de şematik olarak gösterilmiştir.

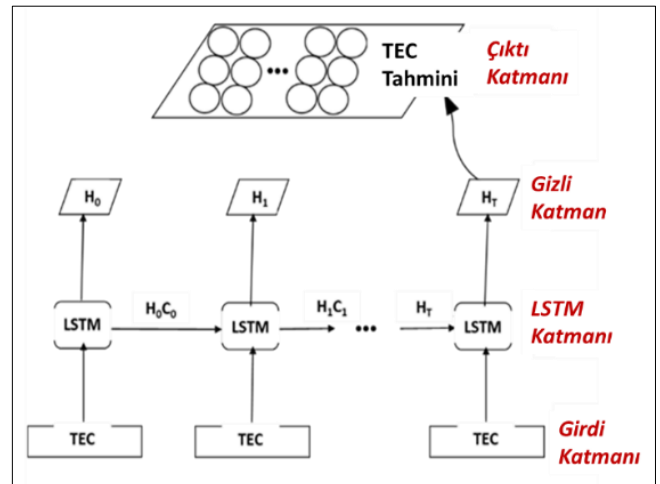


Şekil 2. Yapay sinir ağı hücresi (Nöron)

Şekil 2'de X_1, X_2, \dots, X_N girdiler; W_1, W_2, \dots, W_N ağırlıklar; Σ , toplam fonksiyonu; f , aktivasyon fonksiyonu ve O çıktı değerleri olarak gösterilmektedir. Yapay sinir hücrelerinde çıktının elde edilme süreci ağırlıkların girdiler ile çarpılması ve bu çarpımların toplanması ($net = W_1X_1 + W_2X_2 + \dots + W_NX_N$) sonucu elde edilen net değişkeni ile başlar. Daha sonra net değişkeni aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek çıktı değerleri $O = f(net)$ eşitliğinden elde edilir (Tüzüntürk ve Ark., 2016).

2.2. Uzun-Kısa Dönemli Hafıza Modeli

Toplam Elektron İçeriği (TEC) zaman serilerinin tahmini için önerilen Uzun-Kısa Dönemli Hafıza Modeli (Long Short-Term Memory: LSTM) ağ mimarisinde; girdi katmanları, LSTM katmanları, gizli katmanlar ve çıktı katmanları olmak üzere 4 katmanlı bir yapıdan oluşmaktadır (Şekil 3). Bu yapıdaki girdi katmanının her bir elemanı TEC değerlerinden elde edilen vektörlerdir.



Şekil 3. LSTM ağ mimarisi

Şekil 3'te görüldüğü gibi, girdi katmanının her bir ögesi, TEC değerlerinden elde edilen vektörler olarak tanımlanmıştır. Bir LSTM katmanının giriş sırasını $[x_t = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)]$ gizli bir çıktı değeri vektörünün $[h_t = (h_1, h_2, h_3, \dots, h_n)]$ sırasına göre eşlenmesi burada gerçekleşir. Bu işlemlerin tekrar süreci aşağıdaki eşitliklere göre sürdürülmektedir.

$$i_t = \sigma(W_{ix}x_t + W_{ih}h_{t-1} + b_i) \quad (1)$$

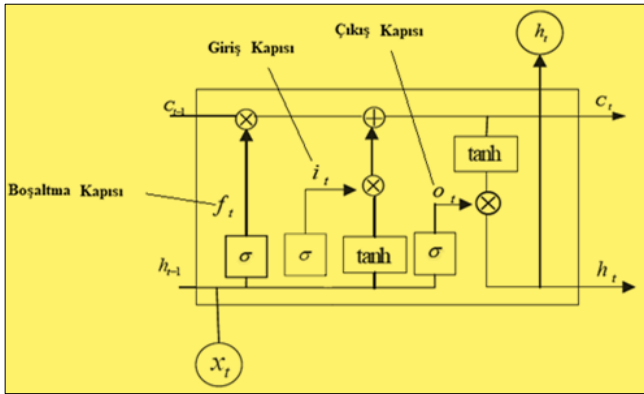
$$f_t = \sigma(W_{fx}x_t + W_{fh}h_{t-1} + b_f) \quad (2)$$

$$o_t = \sigma(W_{ox}x_t + W_{oh}h_{t-1} + b_o) \quad (3)$$

$$c_t = f_t * c_{t-1} + i_t * \tanh(W_{cx}x_t + W_{ch}h_{t-1} + b_c) \quad (4)$$

$$h_t = o_t * \tanh(c_t) \quad (5)$$

Eşitliklerdeki i , her gizli birime girişin ne kadarının iç durum vektörüne (c_t) yazıldığını kontrol eden giriş (input) kapısındaki değerdir. W , sürece dahil olan ağırlıkları (weight) ve f , bir önceki iç durumun (c_{t-1}) ne kadarının korunduğunu belirleyen hafıza boşaltım kapısını göstermektedir. Yazma ve boşaltım kapılarından oluşan kombinasyon, ağırlık her adımda hangi bilgilerin saklanması ve yeni durum için hangi yeni değerlerin, mevcut değerlerin üzerine yazılması gerektiği durumun kontrol edilmesini sağlamaktadır. o , çıkış (output) kapısıdır ve her bir birimin güncellenmesini koruyacak süreci kontrol etmektedir ve LSTM hücresinin ilgili olmayan bilgilerinin saklanmasında görev almaktadır. c_t , zaman serisi verilerinin uzun bağımlılıklarını öğrenen hücredir. Son gizli durum h , zaman serisi verilerinin tahmini değerlerini temsil etmektedir (Sun ve Ark., 2017). LSTM bloğuna ait işleyişin açıklandığı şema şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. LSTM bloğuna ait çalışma süreci

Şekil 4'te görüldüğü gibi LSTM bloğu sigmoid (σ) ve tanh gibi iki etkileştirme fonksiyonuna sahiptir. Sigmoid fonksiyonu, gerekli bilgilerin güncellenmesine karar verir ve yalnız başına sadece belleğe çevrim sürecindeki sonuç bilgileri ekler ancak belleği boşaltamaz. tanh fonksiyonu ise YSA üzerinden geçen değerleri düzenler ve hücre yolunun hafızayı boşaltmasında rol oynar (Zhang ve Ark., 2017).

2.3. GPS Gözlemlerinden TEC Değişimlerinin Elde Edilmesi

İyonosferik TEC değişimleri GPS sinyallerinin kod (P) veya taşıyıcı faz (Φ) ölçülerinin geometriden bağımsız kombinasyonu kullanılarak belirlenebilir (Inyurt ve Ark., 2017; Schmidt ve Ark., 2008). TEC

değerleri TECU biriminde, GPS uyduları ile yeryüzündeki GPS alıcısı arasında ortaya çıkan sinyal yolu boyunca atmosferin 1 metre kare taban alanına sahip silindirik ile iyonosfer tabakasının belirli bir yüksekliğinde bu silindirin ile oluşan arakesitinde ölçülen elektron miktarıdır. 1 TECU=10¹⁶ elektron/m²'dir. Her bir u GPS alıcısı ve m GPS uydusu arasındaki eğri sinyal yolu boyunca belirlenen Eğik Toplam Elektron İçeriği (STEC) değeri, uydu ve alıcı donanımlarına bağlı f_1 ve f_2 frekanslarındaki sinyal gecikmelerinin diferansiyel kod farklarını (DCBs) GPS gözlemlerinden elimine ederek belirlenebilmektedir. Elde edilen STEC değerleri iyonosferik ince tabaka modeline göre eşitlik 6'daki $M(z)$ izdüşüm fonksiyonu kullanılarak Düşey Toplam Elektron İçeriği (VTEC) değerine dönüştürülür (Şentürk ve Çepni 2018).

$$M(z) = 1 / \cos z' \quad (6)$$

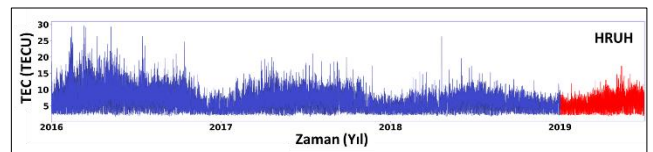
Burada z' , uydu ile alıcı arasındaki sinyal yolu boyunca ince kabuk modeline göre tanımlanan iyonosfer tabakasının delindiği noktanın (IPP) zenit açısı olarak kullanılmaktadır. VTEC değerleri eşitlik 7'de verilen denklem kullanılarak GPS alıcısı ile her bir GPS uydusu arasındaki sinyal yolu boyunca elde edilir (İnyurt ve Ark., 2020).

$$VTEC = STEC * M(z) \quad (7)$$

Bu çalışmada, kullanılan VTEC değişimleri birçok çalışmada güvenilirliği kanıtlanmış Seemala (2011) tarafından geliştirilen yazılım ile bir saatlik zamansal çözünürlükte elde edilmiştir (Adewale ve Oyeyemi 2018; Tariq ve Ark., 2019; Chekole ve Giday 2020). Bu çalışmanın tamamında bahsi geçen TEC değişimleri, STEC değişimlerinden hesaplanan VTEC değişimleri anlaşılmalıdır.

3. BULGULAR

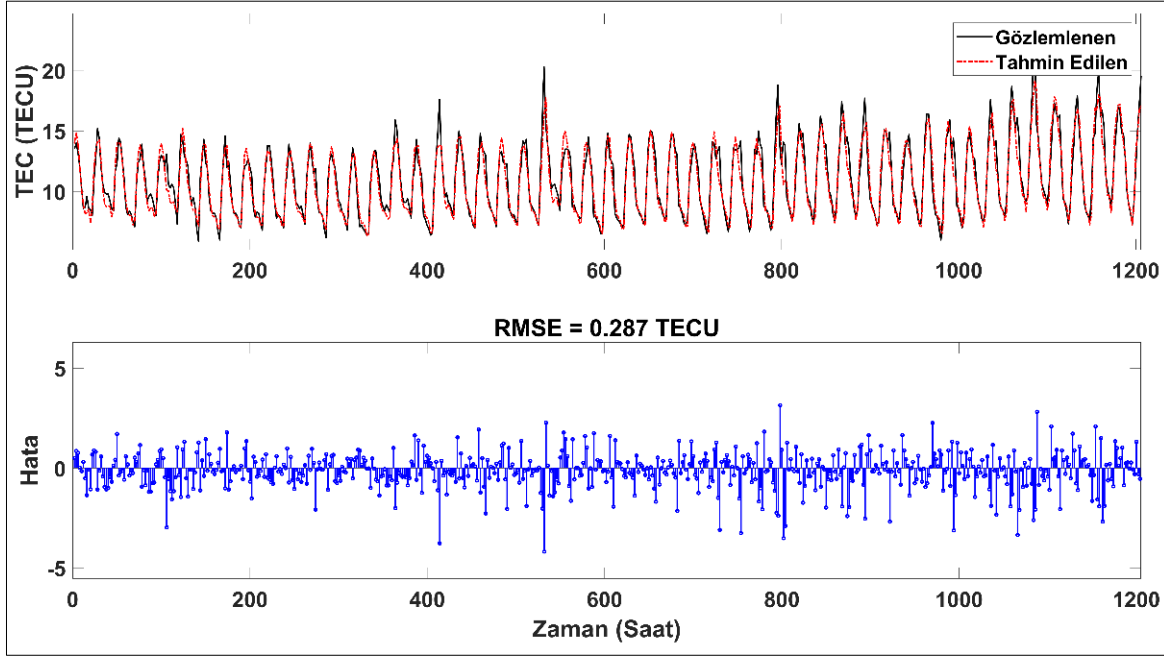
Bu çalışmada, HRUH sabit GNSS istasyonundan elde edilen 2016-2019 yılları arasındaki toplam 3,5 yıllık GPS gözlemleri kullanılmıştır. GPS gözlemlerinden elde edilen TEC değerleri, 2019 yılının ilk yarısındaki 4368 TEC değerinin tahmin edilmesi için YSA tabanlı derin öğrenme yöntemine ait bir uygulama kullanılarak yapılmıştır. Hagan ve Ark. (1995) yapay sinir ağlarının eğitim ve test verilerine ait oranı en az %80'e %20 oranında önermiştir. Bu uygulamada eğitim verileri tüm verilerin %86'sını, test verileri ise %14'ünü oluşturmaktadır. GPS gözlemlerinin RINEX formatındaki verileri kullanılarak istasyon üstü iyonosferik TEC değişimleri Seemala (2011) tarafından geliştirilen GPS-TEC analiz yazılımı kullanılarak TECU biriminde elde edilmiştir. Şekil 5'te HRUH GNSS istasyonuna ait elde edilen 3,5 yıllık iyonosferik TEC değişimleri verilmiştir.



Şekil 5. Çalışmada kullanılan HRUH sabit istasyonuna ait TEC değişimleri

Şekil 5’de, derin öğrenme yöntemi modeli içinde kurulan LSTM ağında kullanılacak 3 yıllık (2016, 2017 ve 2018) TEC değişimlerine ait eğitim verisi mavi renkte, tahmin gerçekleştirildikten sonra da verilerin testi için kullanılacak TEC değişimleri kırmızı renkte görülmektedir. HRUH istasyonu için 1 saatlik zamansal çözünürlükle elde edilen veri sayısı 30672 değerden oluşmaktadır. MATLAB ortamında derin öğrenme yöntemine göre 3 yıllık veriyi eğitmek için; derin öğrenme modelinin başlangıç öğrenme hızı, gizli katman sayısı ve yinleme sayısı gibi ana parametreler belirlenmiştir. Bilgiler *sigmoid* fonksiyonu ile

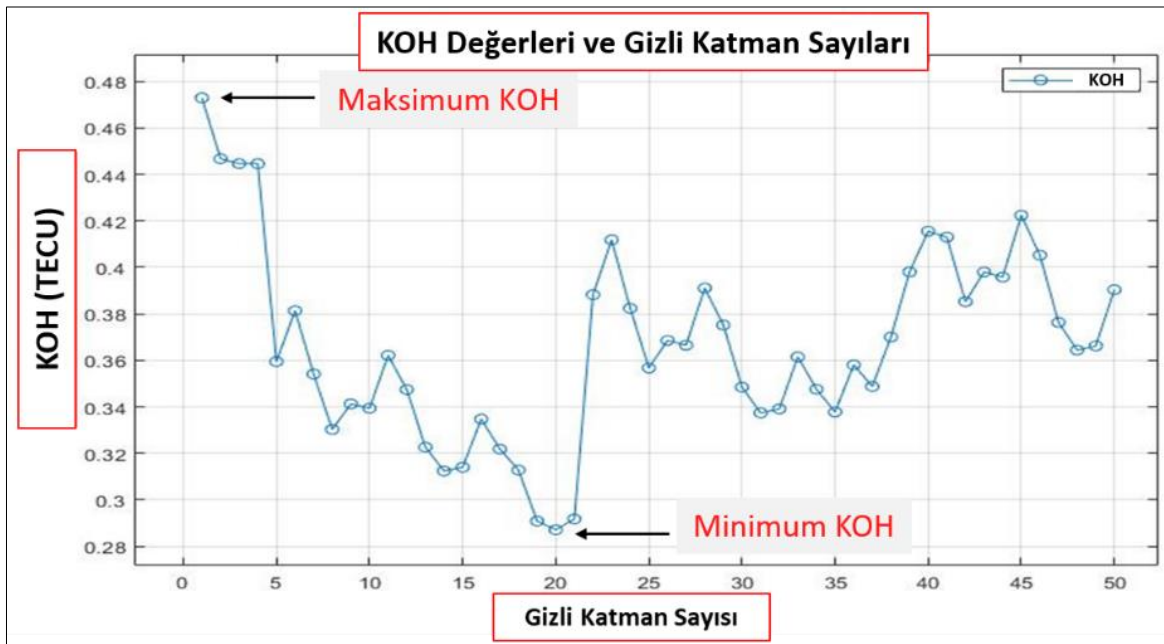
güncellenmiş ve çıktı verilerinin ağıın evrişimi için önceki verilerle ilişkilendirilmesi sağlanmıştır. Daha sonra belirlenen parametrelere göre ağıın eğitimi gerçekleştirilmiş ve test verilerinin standardizasyonu yapılmıştır. 2019 yılının ilk altı ayı için iyonosferik TEC değişimleri ve tahmin değerleri elde edilmiş ve karesel ortalama hatalar (KOH) hesaplanmıştır. Örnek olarak 2019 yılının ilk 50 gününe ait bir saat çözünürlükle tahmin edilen TEC değişimlerinin test verileriyle karşılaştırılması ve aralarındaki KOH değerlerine ait sonuç görseli şekil 6’da gösterilmektedir.



Şekil 6. 2019 yılının ilk 50 gününe ait TEC tahminleri

LSTM ağ mimarisinde yapılan değerlendirmelerde gizli katman sayısı 50 gizli katman sayısına kadar sırasıyla artırılarak KOH değerlerinin değişimi gözlemlenmiş ve yinleme sayısı ise sabit 100 olarak

seçilmiştir. Denemeler sonucunda elde edilen tahmin değerleri ile test değerlerinden hesaplanan TECU birimindeki KOH değerleri Şekil 7 ve Tablo 1’de gösterilmiştir.



Şekil 7. Gizli katman sayısı değiştirilerek hesaplanan KOH değerleri

Şekil 7’de görüldüğü gibi gizli katman sayısı arttıkça KOH değerlerinde azalma olduğu ancak 20. gizli katman değerinden sonra sürecin doğrusal bir şekilde gerçekleşmediği gözlemlenmiştir. Gizli katman sayısı 20 seçildiğinde minimum KOH değeri ± 0.287 TECU olarak belirlenmiş olup, gizli katman sayısının 1 olduğu durumda ise maksimum KOH değeri ± 0.472 TECU olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. LSTM ağı için seçilen parametrelere göre hesaplanan KOH değerleri

Gizli Katman	KOH (TECU)	Gizli Katman	KOH (TECU)
1	0.472	26	0.368
2	0.446	27	0.366
3	0.444	28	0.391
4	0.444	29	0.375
5	0.359	30	0.348
6	0.381	31	0.337
7	0.354	32	0.339
8	0.330	33	0.361
9	0.341	34	0.347
10	0.339	35	0.337
11	0.362	36	0.358
12	0.347	37	0.348
13	0.322	38	0.370
14	0.312	39	0.398
15	0.313	40	0.415
16	0.334	41	0.412
17	0.321	42	0.385
18	0.312	43	0.398
19	0.290	44	0.395
20	0.287	45	0.422
21	0.291	46	0.405
22	0.388	47	0.376
23	0.411	48	0.364
24	0.382	49	0.366
25	0.356	50	0.390

Tablo 1’de gizli katman sayısına bağlı olarak 100 yinelemeli denemelere ait KOH sonuçları görülmektedir. Hesaplamalar sonucunda en düşük KOH değeri 20. gizli katmanda ve en yüksek KOH değeri ise 1. gizli katmanda ortaya çıktığı görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Çalışmada, HRUH sabit GNSS istasyonuna ait TEC değişimlerinin 2019 yılının ilk 6 ayına ait TEC tahminleri MATLAB ortamında hazırlanan derin öğrenme yönteminde oluşturulan LSTM mimarisine göre araştırılmıştır. HRUH GNSS istasyonunun 2016-2018 yılları arasındaki GPS gözlemlerinden elde edilen TEC değerleri kullanılarak 2019 yılının ilk yarısındaki 4368 TEC değerinin tahmin edilmesi için örnek bir uygulama yapılmıştır. GPS gözlemlerinin RINEX formatındaki verileri kullanılarak istasyon üstü iyonosferik TEC değişimleri Seemala (2011) tarafından geliştirilen GPS-TEC analiz yazılımı kullanılarak TECU biriminde elde edilmiştir. Bu çalışmada hatayı geriye yayma tekniği olan momentumlu stokastik gradyan inişi (SGDM) optimizasyon algoritması kullanılmıştır. Modeldeki TEC değişimlerine ait zaman serisi verileri bir saat çözünürlüklü elde edilen 3,5 yıllık TEC değişimlerinden

oluşturulmuştur. TEC değişimlerine ait 3 yıllık veri LSTM mimarisi içerisinde oluşturulan modele göre eğitim verisi, geriye kalan veriler ise test verisi olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmada, önerilen LSTM modelinde TEC değişimlerinin 2019 yılının ilk altı aylık verilerinin tahminine yönelik değerlendirilmiştir. LSTM modelinin performansı GPS-TEC verileriyle incelenmiş karesel ortalama hata (KOH) ve gizli katman sayısı parametreleri kıyaslanmıştır. Hesaplamalar sonucunda en düşük KOH değeri 20. gizli katmanda ve en yüksek KOH değeri ise 1. gizli katmanda görülmektedir. Gizli katman sayısının 20 olarak seçildiği parametrelerle minimum KOH değeri ± 0.287 TECU, 1 gizli katman seçilerek işletilen modelde KOH değeri ± 0.472 TECU olarak hesaplanmıştır. Gizli katman sayısının artırılmasına bağlı olarak hesaplanacak KOH değerleri arasında doğrusal bir değişimin olmadığı 50 gizli katmanlı modelden hesaplanan KOH değerinin ± 0.390 TECU olarak belirlenmesiyle ortaya çıkarılmıştır. 23. gizli katmanda ortaya çıkan KOH değerinin (± 0.411 TECU) sıçrama yapmasının sebebi ise oluşturulan LSTM mimarisinin 20. gizli katmanından sonraki gizli katmanlarda boş nörona denk gelen verilerden kaynaklı olabileceği söylenebilir.

Derin öğrenme insan beyninin çalışma yapısını taklit ederek mevcut verileri analiz edip, bu verilerden farklı öğrenme algoritmaları ile yeni bilgiler üreten bilgi işlem teknolojisi olmakla beraber kullanıldığı alanlarda hem avantajları hem de dezavantajları bulunmaktadır. Donanıma bağlı olması, ağıın davranışlarının açıklanamaması, yapılacak çözümler için uygun ağ yapısını belirleme için deneme yanılma yönteminin yapılması, ağıın eğitilme sürecinin bilinmemesi gibi faktörler derin öğrenmede karşılaşılan bazı problemlerdir. Bu problemlerin aksine, eksik bilgi ile çalışabilmesi, hata toleransına sahip olması, ürettiği bilgileri kendi ağıında saklayabilmesi, birden fazla işi yapacak sayısal güce sahip olması derin öğrenmenin son zamanlarda popülerliğini artırmaktadır.

MATLAB® ortamında derlenmiş Derin Öğrenme Araç Kutusunu kullanabilmek için bilgisayar donanımı (işlemci, ekran kartı, hafıza kartı vs.) performansının yüksek olması gerekmektedir. Ayrıca seçilen ağıın çözüm yöntemi, zaman serisi verilerini daha iyi temsil edecek şekilde seçilmelidir.

Gelecekte yapılacak çalışmalar dahilinde düşük sayıda TEC verisi kullanılarak yüksek doğrulukta TEC tahmini çalışmalarına yönelik uygulamaların yapılması düşünülmektedir.

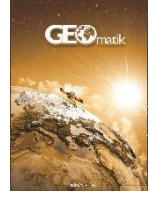
KAYNAKÇA

- Adepoju G A, Ogunjuyigbe S O A, Alawode K O (2007). Application of Neural Network to Load Forecasting in Nigerian Electrical Power System. Pacific J Sci Technol
- Adewale A, Oyeyemi E (2018). Estimation of GPS-TEC using different techniques and comparison with values from IRI-2012, NeQuick-2 and IRI-Plas 2015 models during geomagnetic storms. In: 42nd COSPAR Scientific Assembly. p C1.1-123-18
- Ataseven B (2013). YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ÖNGÖRÜ MODELLEMESİ. Öneri Derg 10:101-115
- Aydemir E, Karaatlı M, Yılmaz G, Aksoy S (2014). 112 Acil

- Çağrı Merkezine Gelen Çağrı Sayılarını Belirleyebilmek için Bir Yapay Sinir Ağları Tahminleme Modeli Geliştirilmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Derg 20:145–149
- Bengio Y, Simard P, Frasconi P (1994). Learning Long-Term Dependencies with Gradient Descent is Difficult. *IEEE Trans Neural Networks* 5:157–166. doi: 10.1109/72.279181
- Chakraborty M, Kumar S, De BK, Guha A (2014). Latitudinal characteristics of GPS derived ionospheric TEC: a comparative study with IRI 2012 model. *Ann Geophys* 57:. doi: 10.4401/ag-6438
- Chekole D A, Giday N M (2020). Evaluation of ionospheric and solar proxy indices for IRI-Plas 2017 model over the East African equatorial region during solar cycle 24. *Adv Sp Res* 66:604–611. doi: 10.1016/j.asr.2020.04.029
- Coates A, Lee H, Ng A Y (2011). An analysis of single-layer networks in unsupervised feature learning. *J Mach Learn Res* 15:215–223
- Collobert R, Weston J (2008). A unified architecture for natural language processing. In: *Proceedings of the 25th International Conference on Machine Learning*. pp 160–167
- Emel GG, Taşkın Ç (2002). Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim Fakültesi Derg* 21:129–152
- Engin O, Döyen A (2004). Artificial immune systems and applications in industrial problems. *Gazi Univ J Sci* 17:71–84
- Fukushima K (1980). Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position. *Biol Cybern* 36:193–202. doi: 10.1007/BF00344251
- Goncalves V, Maria K, da Silv ABF (2013). Applications of Artificial Neural Networks in Chemical Problems. In: Suzuki K (ed) *Artificial Neural Networks - Architectures and Applications*. IntechOpen, Rijeka
- Grefenstette E, Blunsom P, de Freitas N, Hermann KM (2015). A Deep Architecture for Semantic Parsing. 22–27. doi: 10.3115/v1/w14-2405
- Gülpınar V (2015). Yapay Sinir Ağları ve Sosyal Ağ Analizi Yardımı ile Türk Telekomünikasyon Piyasasında Müşteri Kaybı Analizi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim Derg* 34:331–350
- Hagan M T, Demuth H B, Beale M H (1995). *Neural Network Design*. Bost Massachusetts PWS 2:734. doi: 10.1007/1-84628-303-5
- Hinton G E, Salakhutdinov R R (2006). Reducing the dimensionality of data with neural networks. *Science* (80-) 313:504–507. doi: 10.1126/science.1127647
- Hochreiter S, Schmidhuber J (1997). Long Short-Term Memory. *Neural Comput* 9:1735–1780. doi: 10.1162/neco.1997.9.8.1735
- Hofmann-Wellenhof B, Lichtenegger H, Wasle E (2008). *GNSS — Global Navigation Satellite Systems*, 1st edn. Springer-Verlag Wien, Wien
- İnyurt S, Mekik Ç, Yıldırım Ö (2020). Deprem Kaynaklı Olabilecek İyonosferik Değişimlerin Belirlenmesi üzerine yeni bir yaklaşım geliştirilmesi. *Geomatik* 5:127–133. doi: 10.29128/geomatik.592477
- İnyurt S, Yıldırım O, Mekik C (2017). Comparison between IRI-2012 and GPS-TEC observations over the western Black Sea. *Ann Geophys*. doi: 10.5194/angeo-35-817-2017
- Kalchbrenner N, Grefenstette E, Blunsom P (2014). A convolutional neural network for modelling sentences. 52nd Annu Meet Assoc Comput Linguist ACL 2014 - Proc Conf 1:655–665. doi: 10.3115/v1/p14-1062
- Karahan M (2015). Turizm Talebinin Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Tahmin Edilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim Fakültesi Derg* 20:195–209
- Karpathy A, Fei-Fei L (2017). Deep Visual-Semantic Alignments for Generating Image Descriptions. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 39:664–676
- Karymshakov K, Abdykaparov Y (2012). Forecasting stock index movement with artificial neural networks: The case of Istanbul Stock Exchange. *Trak Univ J Soc Sci* 14:231–242
- Kaya Ü, Oğuz Y, Şenol Ü (2018). An Assessment of Energy Production Capacity of Amasra Town Using Artificial Neural Networks. *Turkish J Electromechanics Energy* 3:22–26
- Keskin Benli Y, Güneri Tosunoğlu N (2012). Morgan Stanley Capital International Türkiye Endeksinin Yapay Sinir Ağları ile Öngörüsü. *Ege Acad Rev* 12:541–541. doi: 10.21121/eab.2012419515
- Kim Y (2014). Convolutional neural networks for sentence classification. *EMNLP 2014 - 2014 Conf Empir Methods Nat Lang Process Proc Conf* 1746–1751. doi: 10.3115/v1/d14-1181
- Koyuncu A, Özgülbaş N (2009). Veri Madenciliği: Tıp ve Sağlık Hizmetlerinde Kullanımı ve Uygulamaları. *Int J Informatics Technol* 2:. doi: 10.17671/btd.01471
- Krizhevsky A, Hinton GE (2011). Using very deep autoencoders for content-based image retrieval. In: *ESANN 2011 - 19th European Symposium on Artificial Neural Networks*. pp 489–494
- Larochelle H, Bengio Y (2008). Classification using discriminative restricted boltzmann machines. In: *Proceedings of the 25th International Conference on Machine Learning*. pp 536–543
- Leandro RF, Santos MC (2007). A neural network approach for regional vertical total electron content modelling. *Stud Geophys Geod* 51:279–292. doi: 10.1007/s11200-007-0015-6
- Liou CY, Cheng WC, Liou JW, Liou DR (2014). Autoencoder for words. *Neurocomputing* 139:84–96. doi: 10.1016/j.neucom.2013.09.055
- Mikolov T, Karafiát M, Burget L (2010). Recurrent neural network based language model. In: *Proceedings of the 11th Annual Conference of the International Speech Communication Association, INTERSPEECH 2010*. pp 1045–1048
- Nabiyev V (2012). *Yapay Zeka İnsan - Bilgisayar Etkileşimi*. Seçkin Yayıncılık, Ankara
- Özkan F (2012). Döviz Kuru Tahmininde Parasal Model ve Yapay Sinir Ağları Karşılaştırması. *A Comp Monet Model Artif Neural Networks Exch Rate Forecast* 3:27–29
- Öztemel E (2006). *Yapay Sinir Ağları*. İstanbul
- Öztürk K, Şahin ME (2018). *Yapay Sinir Ağları ve Yapay*

- Zekâ'ya Genel Bir Bakış. Tak Vekayi 6:25–36
- Partal T, Kahya E, Cıgızoğlu K (2008). Yağış verilerinin yapay sinir ağları ve dalgacık dönüşümü yöntemleri ile tahmini. İTÜ Dergisi, Seri D Mühendislik 7:73–85
- Ranzato M, Huang FJ, Boureau YL, LeCun Y (2007). Unsupervised learning of invariant feature hierarchies with applications to object recognition. In: Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. pp 1–8
- Salakhutdinov R, Hinton G (2009). Replicated softmax: An undirected topic model. In: Advances in Neural Information Processing Systems 22 - Proceedings of the 2009 Conference. pp 1607–1614
- Salakhutdinov R, Mnih A, Hinton G (2007). Restricted Boltzmann machines for collaborative filtering. In: ACM International Conference Proceeding Series. pp 791–798
- Schmidt M, Bilitza D, Shum CK, Zeilhofer C (2008). Regional 4-D modeling of the ionospheric electron density. Adv Sp Res 42:782–790. doi: 10.1016/j.asr.2007.02.050
- Seemala GK (2011). GPS-TEC analysis application read me
- Şeker A, Diri B, Balık HH (2017). Derin Öğrenme Yöntemleri Ve Uygulamaları Hakkında Bir İnceleme. Gazi Mühendislik Bilim Derg 3:47–64
- Şentürk E (2020). Investigation of global ionospheric response of the severe geomagnetic storm on June 22–23, 2015 by GNSS-based TEC observations. Astrophys Space Sci 365:110. doi: 10.1007/s10509-020-03828-z
- Şentürk E, Çepni MS (2018). A statistical analysis of seismo-ionospheric TEC anomalies before 6.3 M w \geq 5.0 earthquakes in Turkey during 2003–2016. Acta Geophys 66:1495–1507. doi: 10.1007/s11600-018-0214-2
- Shen Y, He X, Gao J, et al (2014). Learning semantic representations using convolutional neural networks for web search. In: WWW 2014 Companion - Proceedings of the 23rd International Conference on World Wide Web. pp 373–374
- Sun W, Xu L, Huang X, et al (2017). Forecasting of ionospheric vertical total electron content (TEC) using LSTM networks. In: Proceedings of 2017 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, ICMLC 2017. pp 340–344
- Tabar ME, Başara A C, Şişman Y (2020). A House Valuation with Multiple Regression Analysis and Artificial Neural Networks. In: Yakar M (ed) Intercontinental Geoinformation Days. Mersin
- Tabar ME, Şişman Y (2020). Bulanık Mantık ile Arsa Değerleme Modelinin Oluşturulması. Türkiye Arazi Yönetimi Derg 2:28–24
- Tan S-S (2008). Development and thought of compass navigation satellite system. Yuhang Xuebao/Journal Astronaut 29:391–396
- Tan S, Zhou B, Guo S, Liu Z (2011). Research on COMPASS navigation signals of China. Zhongguo Kongjian Kexue Jishu/Chinese Sp Sci Technol 31:9-14+29. doi: 10.3780/j.issn.1000-758X.2011.04.002
- Tariq M A, Shah M, Ulukavak M, Iqbal T (2019). Comparison of TEC from GPS and IRI-2016 model over different regions of Pakistan during 2015–2017. Adv Sp Res 64:707–718. doi: https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.05.019
- Tektas M, Akbaş A, Topuz V (2002). Yapay Zeka Tekniklerinin Trafik Kontrolünde Kullanılması Üzerine Bir İnceleme. In: 1. Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi. Gazi Üniversitesi, Ankara, pp 551–559
- Tulunay E, Senalp ET, Radicella SM, Tulunay Y (2006). Forecasting total electron content maps by neural network technique. Radio Sci 41:. doi: 10.1029/2005RS003285
- Tüzüntürk S, Sert Eteman F, Sezen K (2016). YAPAY SİNİR AĞI YÖNTEMİ İLE DAMACANA SU SATIŞ MİKTARLARININ TAHMİNİ ESTIMATION OF THE SALES AMOUNTS OF THE DISPENSER SIZE WATER WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHOD. Akad Bakış 56:129–145
- Xu G (2007). GPS: Theory, algorithms and applications
- Yadav S, Subramanian S (2016). Detection of Application Layer DDoS attack by feature learning using Stacked AutoEncoder. In: 2016 International Conference on Computational Techniques in Information and Communication Technologies, ICCTICT 2016 - Proceedings. pp 361–366
- Zhang Q, Wang H, Dong J, et al (2017). Prediction of Sea Surface Temperature Using Long Short-Term Memory. IEEE Geosci Remote Sens Lett 14:1745–1749. doi: 10.1109/LGRS.2017.2733548





İnternet tabanlı GNSS yazılımlarının doğruluk açısından değerlendirilmesi

Atınc Pırtı*¹ , Dilanur Yazıcı¹ 

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler

AUSPOS
CSRS-PPP
Trimble RTX
Ölçü Süresi
Doğruluk

ÖZ

İnternet tabanlı GNSS (Global Navigation Satellite Systems-Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri) yazılımları kullanıcıların yüksek doğrulukta koordinat elde etmesini sağlamaktadır. Doğruluğu etkileyen faktörlerden birisi ölçü süresidir. Bu çalışmada internet tabanlı GNSS yazılımlarından AUSPOS (Online GPS Processing Service), CSRS-PPP (Canadian Spatial Reference System-Precise Point Positioning) ve Trimble RTX kullanılarak ölçü süresinin konum doğruluğuna etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda İSTA, İZMİ ve TUBİ istasyonları seçilerek istasyonlara ait 5 günlük RINEX dosyaları indirilmiştir. İndirilen dosyalardan Notepad++ kullanılarak 1,4,6,8,12,16,20,24 saatlik gözlem dosyaları oluşturuldu ve AUSPOS, CSRS-PPP ve Trimble RTX servislerine gönderildi. Trimble RTX, İSTA ve İZMİ istasyonlarının verilerini değerlendirirken TUBİ istasyonuna ait verileri değerlendirmemiştir. Yazılımlardan elde edilen coğrafi koordinatlar kullanılarak 3 derecelik Gauss-Kruger koordinatlara dönüşüm yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde AUSPOS servisinin genel olarak CSRS-PPP ve Trimble RTX servislerinden daha yüksek doğrulukta sonuçlar verdiği görülmüştür.

Evaluation web-based GNSS software in terms of accuracy

Keywords

AUSPOS
CSRS-PPP
Trimble RTX
Measurement Time
Accuracy

ABSTRACT

Web-based GNSS (Global Navigation Satellite Systems) software allows the user to achieve high accuracy coordinates. Session duration is one of the factors affecting accuracy. In this study, it was aimed to observe the effect of measurement time on the accuracy using AUSPOS (Online GPS Processing Service), CSRS (Canadian Spatial Reference system-Precise Point Positioning) and Trimble RTX from web-based GNSS software. For this purpose, İSTA, İZMI and TUBİ stations were selected and 5-day Rinex files belonging to these stations were downloaded. 1, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24 hours of observation files were created using Notepad++ from downloaded files and sent to AUSPOS, CSRS-PPP and Trimble RTX. Trimble RTX was unable to evaluate data from the TUBİ station. The conversion to 3° Gauss Krüger coordinates was done using geographic coordinates obtained from web-based softwares. When the results were examined, it was observed that the AUSPOS service gave higher accuracy than the CSRS-PPP and Trimble RTX services in general.

1. GİRİŞ

Son zamanlarda klasik GNSS verilerini değerlendirme yazılımlarına bir seçenek olarak internet tabanlı GNSS konumlama servisleri geliştirilmiştir. Bu servisler web sayfaları aracılığıyla yüklenen GNSS verilerini otomatik olarak değerlendirmektedir. Arazide toplanmış GNSS verileri RINEX (Receiver Independent Exchange) gibi standart formatlara dönüştürüldükten sonra söz konusu servislere yüklenerek, gözlem noktalarının yer merkezli koordinatları oldukça kolay ve hızlı bir şekilde elde edilebilmektedir (Bahadur ve Üstün., 2014).

Kanada'da yapılan bir çalışmada UNB1 isimli IGS (International GNSS Service) istasyonundan toplanan bir günlük veriler 24 ve 10 saatlik alt veri setlerine ayrılmıştır. AUSPOS, SCOUT, OPUS, AutoGIPSY ve CSRS-PPP servislerinden elde edilen sonuçlar UNB1 istasyonunun bilinen koordinatlarıyla karşılaştırılmıştır (Ghoddousi and Dare, 2006).

Subaşı ve Alkan 2011 yılında yaptıkları çalışmada İSKİ-UKBS noktalarından 6 tane seçilmiştir. Bu noktalara ait 24 saatlik veriler 1,2,4 ve 12 saatlik alt veri setlerine ayrılıp web tabanlı servislerden OPUS, AUSPOS ve SCOUT'a gönderilmiştir. Elde edilen sonuçlar bu üç servis ile birkaç cm mertebesinde doğrulukla noktaların konum ve yüksekliklerinin belirlenebileceğini göstermiştir.

Yapılan başka bir çalışmada AUSPOS ve OPUS servislerinin statik değerlendirme performansları test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, GNSS servisleri kullanılarak, tek bir alıcı ile 24 saatlik toplanan verilerden başka hiçbir veriye gerek duyulmadan yer kabuğu hareketlerinin izlenmesi, yapı sağlığı izlemeleri gibi yüksek doğruluk gerektiren çalışmalar ve 2 saatlik ölçümlerin yeterli olabileceği kadastral uygulamalar gibi birçok sivil uygulamalar için yeterli olabilecek doğrulukta, oldukça, kolay ve ekonomik bir şekilde konum belirlenebileceğini göstermiştir (Alçay ve İmren, 2017).

2017 yılında yapılan çalışmada statik uygulamalardaki doğruluk performansları incelenmiştir. Bu çalışma tek bir alıcı ile toplanan verilerin ister PPP tekniği, isterse rölatif yöntem ile oldukça kolay bir şekilde ve ölçü süresine bağlı olarak cm-dm mertebesinde doğruluklarla internet-tabanlı online servisler kullanılarak konum belirlenebileceğini ortaya koymuştur (Alkan vd. 2017).

Arıkan ve Abbak (2019) çalışmasında 20 IGS istasyonunun 24, 12, 6, 3, 1 saatlik gözlemleri kullanılarak yükseklik değişiminin hassas nokta konumlarına etkisi global olarak araştırılmıştır. Veriler online değerlendirme servislerinde CSRS –PPP ve akademik yazılım Bernese (v.5.2) ile değerlendirilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada web tabanlı GNSS servislerinden CSRS-PPP, AUSPOS, OPUS, APPS, GAPS, MAGIC-GNSS programları incelenmiştir. YLDZ istasyonuna ait 24 saatlik veriler 3 farklı ay ve günde olmak üzere elde edilmiştir. RINEX verileri 5 ayrı zaman dilimine bölünmüştür. Özellikle 2 saat ve daha fazla gözlem sürelerinde 2 boyutlu projeksiyon koordinatları olan X ve Y bileşenlerinde konum doğruluklarındaki

iyileşmeler olduğu görülmüştür (Özdemir ve Güral, 2019).

Yapılan başka bir çalışmada ANKR, ANTL, IZMI, SINP ve VAN1 istasyonlarına ait RINEX gözlemleri 1, 4, 8, 12, 16, 20 ve 24 saatlik dilimlere ayrılarak koordinatların doğruluk araştırması yapılmak amacıyla CSRS-PPP ve Trimble-RTX servislerine gönderilmiştir. Çalışma sonucunda CSRS-PPP servisinden elde edilen konum verisinin referans veriye daha yakın olduğu gözlemlenmiştir (İnyurt ve Ulukavak, 2020).

Günümüzde PPP; tarım endüstrisi, hidrografi, deformasyon izleme, denizaltı haritalarının yapımı için sensör konumlandırma, havadan haritalama gibi çalışmalarda kullanılan bir yöntemdir. PPP yönteminin hem statik hem de kinematik konum belirleme doğruluğu ve hassasiyetine ilişkin farklı çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Cai ve Gao,2007; Martin vd. 2011; Altamimi vd. 2011).

Bu çalışmada, web tabanlı GNSS yazılımlarından olan AUSPOS, CSRS-PPP ve Trimble RTX kullanılarak ölçü süresinin konum doğruluğuna etkisinin gözlemlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla 3 adet sabit istasyon belirlenerek bu istasyonlara ait veriler indirildi. İndirilen verilerden 1, 4, 6, 8,12, 16, 20, 24 saatlik gözlem dosyaları oluşturuldu. Gözlem dosyaları web tabanlı yazılım olan AUSPOS, CSRS-PPP ve Trimble RTX'e gönderildi. Gelen sonuç dosyalarındaki coğrafi koordinatlar; 3 derecelik Gauss Kruger koordinatlara dönüştürüldü.

2. YÖNTEM

Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS) ile genel anlamda mutlak ve bağıl olmak üzere iki temel yöntem kullanılarak konum bilgisi elde edilebilmektedir. Bu yöntemler ile konum bilgisi elde edilebilmesi için, sahada toplanan verilerin değerlendirilmesi gerekmekte olup, bu amaçla bilimsel veya ticari yazılımlar ile birlikte son zamanlarda web tabanlı servisler de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bağıl konum belirlemede en az iki GNSS alıcısına gereksinim duyulurken, mutlak konum belirlemede ise tek bir alıcı ile konum bilgisi elde edilebilmektedir. Bağıl konum belirleme ile daha yüksek doğruluk elde edilebilmesine rağmen kullanılacak alıcı sayısının birden fazla olması maliyet açısından olumsuz bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak bu olumsuz durum internet tabanlı servisler sayesinde ortadan kalkmaktadır. Kullanıcılar bu servisler sayesinde ikinci bir alıcıya ve GNSS değerlendirme yazılımına ihtiyaç duymadan ücretsiz olarak bağıl konumlama hizmeti alabilmektedir (Alçay ve İmren, 2017).

2.1. AUSPOS (ONLINE GPS PROCESSING SERVICE)

AUSPOS, Geoscience Australia kuruluşu tarafından hazırlanan çevrimiçi GPS/GNSS veri işleme servisedir. Bu servis yazılım olarak Bernese v5.2 bilimsel yazılımını kullanmaktadır. AUSPOS, ölçme yapılan noktaya en yakın 15 IGS referans istasyonlarından yararlanarak ve mevcut en iyi IGS ürünlerini de hesaplarda kullanarak bağıl yöntemle noktaların konumlarını belirlemektedir.

Kullanıcı RINEX formatındaki gözlem dosyasını yükleyip e-posta adresini girdikten sonra anten tipi ve

yüksekliğini dilerse eliyle dilerse 'scan' komutunu kullanarak otomatik olarak girilmelidir. Veri dosyalarının yüklenmesi ftp servisleri aracılığı ile de yapılabilmektedir. Veriler statik yöntemle ve çift frekanslı alıcılar tarafından IGS standardı olan 30 saniye aralıklarla toplanmış olmalıdır. Ayrıca servis, RINEX dosyasından başka sıkıştırılmış formatları (GZip, Bzip, Zip ve/veya Hatanaka) da desteklemektedir.

AUSPOS servisinin desteklediği uydu GPS ve GNSS olduğu için gözlem dosyalarında sadece bu veriler dikkate alınmaktadır. Gözlem dosyası yüklendikten sonra kullanıcının belirttiği e-posta adresine 10 dakika gibi kısa sürede değerlendirme sonuçlarını içeren rapor pdf formatında gönderilmektedir. Sonuç raporu istasyonun dünya üzerindeki konumu, referans alınan IGS istasyonları, ITRF2014 datumundaki kartezyen ve jeodezik koordinatlar ile hata büyüklükleri hakkında bilgi içermektedir.

Tablo 1. Web tabanlı GNSS veri değerlendirme servislerinin özellikleri

Servisler	Konumlama Yaklaşımı	Kuruluş	Desteklediği Uydu Verisi
CSRS-PPP	Mutlak	Natural Resources Canada	GPS, GLONASS
AUSPOS	Bağlı	Geoscience Australia	GPS
OPUS	Bağlı	American National Geodetic Survey	GPS
GAPS	Mutlak	University of New Brunswick	GPS, GALILEO, BEIDOU
APPS	Mutlak	Jet Propulsion Laboratory	GPS
Trimble RTX	Mutlak	Trimble	GPS, GLONASS, QZSS, BEIDOU, GALILEO
SCOUT	Bağlı	Scripps Orbit and Permanent Array Center	GPS

2.2. CSRS-PPP (Canadian Spatial Reference System- Precise Point Positioning)

CSRS-PPP, Natural Resources Canada (NRCan) kuruluşu tarafından hazırlanan web tabanlı GNSS veri değerlendirme servisi. Servis yazılım olarak NRCan'i çözümler için ise BLS algoritmasını kullanmaktadır. Ücretsiz olarak erişilebilen bu servisten yararlanabilmek için kullanıcıların üye olmaları gerekmektedir.

Tek veya çift frekanslı verilerin statik veya kinematik olarak değerlendirilmesine imkân sağlamaktadır. PPP tekniği ile hassas uydu yörünge efemeris ve saat bilgileri kullanarak tek noktanın konumu belirlenmektedir. CSRS-PPP, GPS'in yanında GLONASS uyduları verilerini

de değerlendirebilmektedir. Kullanıcılar RINEX formatındaki dosyalarını yükledikten sonra değerlendirme seçeneği (statik veya kinematik) ve referans sistemini (NAD83 veya ITRF) belirlemelidir. Kullanıcı talebine bağlı olarak okyanus gel-git yüklemesi (ocean tidal loading) ve düşey datum seçimleri de yapılabilmektedir. Sonuçlar üye olunan e-posta adresine 5 dakika gibi kısa bir zamanda zip dosyası şeklinde gelmektedir. Elde edilen sonuç dosyalarında koordinat bilgileri, grafikler ve görseller yer almaktadır.

2.3. Trimble CentrePoint RTX Post-Processing (Trimble RTX)

Trimble RTX, dünya çapında santimetre düzeyinde konumlandırma doğruluğu sağlayan küresel bir GNSS teknolojisidir. Servis ile internet erişimi olan her noktadan kullanıcılara ücretsiz bir şekilde veri değerlendirme fırsatının sunulması amaçlanmıştır. Servisten yararlanmak için siteye üye olmak gerekmektedir. Servis GPS, GLONASS, QZSS, BEIDOU ve GALILEO uyduları yardımıyla elde edilmiş verileri analiz edebilmektedir. Trimble şirketi bu uygulamayı, kendisinin kurduğu 100'den fazla nokta içeren küresel bir referans ağ ile desteklemektedir. Uyduların duyarlı yörünge ve saat bilgileri bu ağ üzerinden elde edilmektedir.

Bu uygulama, GNSS gözlem verilerini Center Point RTX post-processing hizmetine yüklemeyi ve konumlandırma hesaplamalarını almayı sağlamaktadır. Konumlandırma hesaplamaları, 23 Mart 2017'den önce toplanan veri kümeleri için ITRF2008 datumunda ve 23 Mart 2017'de veya sonrasında toplanan veri kümeleri için ITRF2014 datumunda gerçekleştirilmektedir. Servis farklı bir koordinat sistemi ve tektonik plaka seçimi sunmaktadır. Servise RINEX 2.x, RINEX 3.x, Trimble T01, T02 ve DAT formatlarında gözlem dosyaları yüklenmektedir. Gözlem dosyaları en az 60 dakika ve en fazla 24 saatlik olmalıdır. Veri dosyaları yalnızca statik olmalıdır. Ayrıca çift frekanslı pseudorange ve taşıyıcı faz gözlemlerini (L1 ve L2) içermelidir. Gözlem dosyaları sisteme yüklendikten sonra 2 dakikadan daha kısa bir sürede sonuçlar e-posta adresine gönderilmektedir.

3. UYGULAMA

Bu çalışmada Türkiye'de bulunan 3 adet sabit IGS istasyonu seçilmiştir. Bunlar İSTA, İZMİ ve TUBİ istasyonlarıdır. Çalışma başlangıcına en yakın tarihler olarak 26/10/2020-30/10/2020 tarihleri arasındaki istasyonlara ait 5 günlük gözlem verileri indirildi. Gözlem verilerinden Notepad++ uygulaması kullanılarak 1, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24 saatlik veri dosyaları oluşturuldu. Oluşturulan veriler AUSPOS, CSRS-PPP ve Trimble RTX servislerine gönderildi. AUSPOS ve CSRS-PPP servislerine yüklenen dosyaların hepsinden cevap alınmıştır. Ancak Trimble RTX servisi İSTA ve İZMİ istasyonları için cevap verirken TUBİ istasyonu için servisten hep aynı cevap alınmıştır. Bu yüzden Trimble RTX için TUBİ istasyonu değerlendirmeye alınmamıştır. Servislerden gelen sonuç dosyalarındaki coğrafi koordinatlar, Harita Genel Müdürlüğü sayfasındaki 'Jeodezik Hesaplamalar' kısmından 3 derecelik Gauss

Kruger koordinatlarına dönüştürülmüştür. Daha sonra 24 saatlik verilerin hata büyüklükleri kendi içlerinde karşılaştırılarak en doğru sonuçları veren servis belirlenmiştir. AUSPOS servisinin sonuçları CSRS-PPP ve Trimble RTX servislerine göre daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple AUSPOS servisinin sonuçları kesin koordinatlar olarak alınmıştır. Diğer sonuçlar kesin kabul edilen koordinatlardan çıkarılıp servislerin doğruluğu karşılaştırılmıştır.

3.1. Bir Saatlik (60 dakika) Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bir saatlik gözlem dosyaları AUSPOS, CSRS-PPP ve Trimble RTX servislerine gönderilmiştir. Gelen sonuçlar kesin koordinat olarak kabul edilen AUSPOS servisinden alınan 24 saatlik gözlem verilerine ait koordinatlardan çıkarıldı. Değerlendirme sonuçları grafik şeklinde karşılaştırılmıştır (Ek A). Koordinat farklarından standart sapmalar hesaplanmıştır. Sonuçların tekrarlılığını test etmek için hesaplanan standart sapmalar Tablo 2’de görüldüğü üzere 1 saatlik gözlem verilerini değerlendirmede CSRS-PPP servisinin daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. AUSPOS servisinin ise diğerlerine göre daha kötü sonuçlar verdiği görülmektedir.

Tablo 2. Bir Saatlik Değerlendirmeye Ait Standart Sapmalar

Servisler	İstasyonlar	Sağa (Y) (m)	Yukarı (X) (m)	Elipsoidal Yükseklik (h) (m)
AUSPOS	İSTA	0.005	0.004	0.027
	İZMİ	0.030	0.019	0.035
	TUBİ	0.032	0.024	0.071
CSRS-PPP	İSTA	0.005	0.006	0.024
	İZMİ	0.007	0.014	0.022
	TUBİ	0.013	0.007	0.017
Trimble RTX	İSTA	0.017	0.008	0.014
	İZMİ	0.007	0.010	0.012

3.2. Dört Saatlik Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Dört saatlik gözlem verileri AUSPOS, CSRS-PPP ve Trimble RTX servislerine gönderilmiştir. Gönderilen bütün dosyalara cevap alınmıştır. Alınan koordinatların dönüşümü yapıldıktan sonra kesin olarak kabul edilen koordinatlardan çıkarılmıştır. Değerlendirme sonuçları grafik şeklinde karşılaştırıldı (Ek B).

Elde edilen koordinat farklarından standart sapmalar hesaplandı ve Tablo 3 oluşturulmuştur. Standart sapma değerlerinin düşük olduğu AUSPOS servisinin 4 saatlik gözlem için genel olarak daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

3.3. Altı Saatlik Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Altı saatlik gözlem verileri internet tabanlı servislere gönderilmiştir. Gelen sonuçlar kesin kabul edilen koordinatlardan çıkarılmıştır. Bu değerlendirme

sonuçları grafik şeklinde karşılaştırıldı (Ek C). Koordinat farklarından, standart sapmalar hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler tabloya aktarıldı ve sonuçların tekrarlılığı karşılaştırılmıştır. AUSPOS servisinin nispeten daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Tablo 3. Dört Saatlik Değerlendirmeye Ait Standart Sapmalar

Servisler	İstasyonlar	Sağa (Y) (m)	Yukarı (X) (m)	Elipsoidal Yükseklik (h) (m)
AUSPOS	İSTA	0.001	0.001	0.005
	İZMİ	0.005	0.006	0.010
	TUBİ	0.001	0.001	0.004
CSRS-PPP	İSTA	0.006	0.002	0.004
	İZMİ	0.005	0.008	0.007
	TUBİ	0.008	0.003	0.023
Trimble RTX	İSTA	0.007	0.003	0.021
	İZMİ	0.007	0.007	0.006

Tablo 4. Altı Saatlik Değerlendirmeye Ait Standart Sapmalar

Servisler	İstasyonlar	Sağa (Y) (m)	Yukarı (X) (m)	Elipsoidal Yükseklik (h) (m)
AUSPOS	İSTA	0.001	0.001	0.004
	İZMİ	0.004	0.006	0.008
	TUBİ	0.002	0.001	0.008
CSRS-PPP	İSTA	0.006	0.002	0.005
	İZMİ	0.005	0.007	0.006
	TUBİ	0.006	0.002	0.013
Trimble RTX	İSTA	0.005	0.002	0.012
	İZMİ	0.006	0.007	0.004

3.4. Sekiz Saatlik Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Oluşturulan 8 saatlik veriler AUSPOS, CSRS-PPP ve Trimble RTX servislerine gönderildi. Bütün veriler için cevaplar alındıktan sonra koordinat dönüşümleri yapıldı. Kesin kabul edilen koordinatlardan farkları alındı ve grafikleri çizdirilmiştir (Ek D). Koordinat farklarından standart sapmalar hesaplanmıştır. Tablo 5’te bu değerler bir araya getirildi. 8 saatlik gözlem için genel olarak en iyi sonucu AUSPOS servisinin verdiği görülmektedir. Trimble RTX servisinin, CSRS-PPP ve AUSPOS servislerine göre standart sapmalarının daha yüksek çıktığı görülmektedir.

3.5. On İki Saatlik Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

On iki saatlik gözlem dosyaları internet tabanlı servislere gönderildi. Bütün servislerden kısa sürede yanıt alındıktan sonra koordinat dönüşümleri yapıldı. Kesin koordinatlardan farkı alındıktan sonra grafik

çizdirilip sonuçlar karşılaştırıldı (Ek E). Tekrarlılığı test etmek amacıyla standart sapmalar hesaplanmıştır. Tablo 6'da görüldüğü üzere AUSPOS servisi daha iyi sonuçlar vermektedir.

Tablo 5. Sekiz Saatlik Değerlendirmeye Ait Standart Sapmalar

Servisler	İstasyonlar	Sağa (Y) (m)	Yukarı (X) (m)	Elipsoidal Yükseklik (h) (m)
AUSPOS	İSTA	0.001	0.000	0.004
	İZMİ	0.004	0.006	0.007
	TUBİ	0.001	0.001	0.007
CSRS-PPP	İSTA	0.005	0.002	0.005
	İZMİ	0.005	0.006	0.005
	TUBİ	0.005	0.001	0.011
Trimble RTX	İSTA	0.004	0.002	0.007
	İZMİ	0.006	0.006	0.006

Tablo 6. 12 Saatlik Değerlendirmeye Ait Standart Sapmalar

Servisler	İstasyonlar	Sağa (Y) (m)	Yukarı (X) (m)	Elipsoidal Yükseklik (h) (m)
AUSPOS	İSTA	0.000	0.001	0.002
	İZMİ	0.003	0.006	0.006
	TUBİ	0.001	0.001	0.003
CSRS-PPP	İSTA	0.003	0.002	0.003
	İZMİ	0.004	0.006	0.005
	TUBİ	0.003	0.001	0.011
Trimble RTX	İSTA	0.002	0.002	0.004
	İZMİ	0.005	0.006	0.006

3.6. On altı Saatlik Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

On altı saatlik gözlem dosyaları internet tabanlı servislere gönderildi. Bütün servislerden kısa sürede yanıt alındıktan sonra koordinat dönüşümleri yapıldı. Kesin koordinatlardan farkı alındıktan sonra grafik çizdirilip sonuçlar karşılaştırılmıştır (Ek F).

Daha sonra standart sapmalar hesaplandı ve tabloya aktarıldı. Tablo 7'de görüldüğü üzere AUSPOS servisi daha iyi sonuçlar vermektedir. Trimble RTX ise diğer servislere göre kesinliği biraz daha az sonuçlar vermektedir.

3.7. Yirmi Saatlik Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yirmi saatlik gözlem verileri servislere gönderildikten sonra bütün dosyalardan sonuç alınmıştır. Sonuç dosyalarındaki koordinatların UTM koordinatlara dönüşümü yapıldı. Kesin koordinatlardan çıkarılıp karşılaştırma yapılmak üzere grafik çizdirilmiştir (Ek G). Servislerin tekrarlılığını test etmek

amacıyla standart sapmaları hesaplanıp Tablo 8 oluşturuldu. AUSPOS servisinin sonuçları diğer servislere göre daha iyi gelmiştir. CSRS-PPP ve Trimble RTX servisleri hemen hemen aynı doğrulukta sonuçlar vermiştir.

Tablo 7. On altı Saatlik Değerlendirmeye Ait Standart Sapmalar

Servisler	İstasyonlar	Sağa (Y) (m)	Yukarı (X) (m)	Elipsoidal Yükseklik (h) (m)
AUSPOS	İSTA	0.001	0.000	0.001
	İZMİ	0.002	0.004	0.004
	TUBİ	0.000	0.000	0.004
CSRS-PPP	İSTA	0.003	0.002	0.002
	İZMİ	0.003	0.004	0.004
	TUBİ	0.003	0.001	0.010
Trimble RTX	İSTA	0.002	0.002	0.003
	İZMİ	0.004	0.004	0.008

Tablo 8. Yirmi Saatlik Değerlendirmeye Ait Standart Sapmalar

Servisler	İstasyonlar	Sağa (Y) (m)	Yukarı (X) (m)	Elipsoidal Yükseklik (h) (m)
AUSPOS	İSTA	0.000	0.001	0.001
	İZMİ	0.001	0.002	0.001
	TUBİ	0.000	0.000	0.002
CSRS-PPP	İSTA	0.003	0.002	0.002
	İZMİ	0.002	0.002	0.002
	TUBİ	0.003	0.001	0.009
Trimble RTX	İSTA	0.002	0.002	0.004
	İZMİ	0.003	0.002	0.006

3.8. Yirmi dört Saatlik Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yirmi dört saatlik gözlem verileri servislere gönderildikten sonra bütün dosyalar sonuç alınmıştır. Sonuç dosyalarındaki koordinatların UTM koordinatlara dönüşümü yapıldı. Kesin koordinat olarak AUSPOS servisinde alınan sonuçlar kabul edildi. Diğer koordinatlar kesin koordinatlardan çıkarılıp karşılaştırma yapılmak üzere grafik çizdirilmiştir (Ek H). Servislerin tekrarlılığını test etmek amacıyla standart sapmaları hesaplanıp Tablo 9 oluşturuldu. 24 saatlik veriler için CSRS-PPP ve Trimble RTX iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Yapılan bu çalışmada İSKİ-CORS noktalarının ITRF 2014 koordinatları hesaplanarak elde edilen değerlerin zaman aralıklarına göre koordinat farkları hesaplanmıştır. Buradaki amaç diğer çalışmaların hesaplandığı koordinat sistemine göre elde edilen sonuçların güncel olarak sunulması hedeflenmiştir.

Tablo 9. Yirmi Dört Saatlik Değerlendirmeye Ait Standart Sapmalar

Servisler	İstasyonlar	Sağa (Y) (m)	Yukarı (X) (m)	Elipsoidal Yükseklik (h) (m)
CSRS-PPP	İSTA	0.003	0.001	0.004
	İZMİ	0.003	0.001	0.002
	TUBİ	0.003	0.000	0.005
Trimble RTX	İSTA	0.002	0.001	0.004
	İZMİ	0.003	0.001	0.006

4. SONUÇLAR

Son yıllarda internet tabanlı GNSS servislerine olan ilgi artmaktadır. Bu durumun nedenleri olarak ekonomik olması, verilerin değerlendirilmesi için yazılım satın almaya gerek olmaması gibi sebepler gösterilebilir. İnternet tabanlı GNSS servislerinin ne kadar doğruluk sağladığının bilinmesi ise oldukça önemlidir. Bu amaç doğrultusunda bu çalışmada Türkiye’de bulunan 3 adet IGS istasyonu seçilmiştir. Bu istasyonlara ait Rinex verileri 1, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24 saatlik verilere bölünmüştür. Bu elde edilen veriler ile karşılaştırma yapmak için AUSPOS, CSRS-PPP ve Trimble RTX servislerine gönderildi. AUSPOS ve CSRS-PPP bütün verilere yanıt vermiştir. Trimble RTX servisi İSTA ve İZMİ istasyonlarına yanıt verirken TUBİ için sonuç alınmamıştır. Bu sebepten ötürü TUBİ istasyonu Trimble RTX servisi için değerlendirilmeye alınmamıştır.

Servislerden yanıtlar alındıktan sonra karşılaştırma yapmak için coğrafi koordinatlardan UTM koordinatlara dönüşüm yapılmıştır. Bu işlemten sonra 24 saatlik gözlem verilerinden doğruluğu en yüksek servis AUSPOS olarak belirlendi. Bu veriler kesin koordinat olarak kabul edilmiştir. Karşılaştırma yapılırken bu koordinatlar kullanılarak farklar alınmıştır. Elde edilen sonuçlar doğruluk açısından incelendiğinde 1 saatlik gözlem verilerinde en iyi sonucu Trimble RTX servisinin verdiği görülmüştür. En düşük doğruluğu ise AUSPOS servisi vermiştir.

Gözlem süresi arttıkça doğruluğun da arttığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden en yüksek doğruluklu sonuçlar 24 saatlik verilerden elde edilmiştir. Ayrıca tüm sonuçlar incelendiğinde AUSPOS servisinin genel olarak daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. İlave olarak da CSRS-PPP ve Trimble RTX servisleri neredeyse AUSPOS a yakın sonuçlar vermiştir. 24 saatlik verilere ait grafikler karşılaştırıldığında ise yine CSRS-PPP ve Trimble RTX’in birbirlerine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Sonuçların tekrarlılığını incelemek için standart sapmalar hesaplanmıştır. Bu değerler incelendiğinde AUSPOS servisinin CSRS-PPP ve Trimble RTX servislerine göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Gözlem süresi arttıkça sonuçların daha iyi olduğu anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada, elde edilen sonuçlara göre web tabanlı servisleri kullanarak cm seviyelerinde koordinat elde etmenin mümkün olduğu görülmüştür. Ayrıca servislere erişimin ücretsiz olup hızlı ve kolayca sonuç üretmesi

zaman ve maliyet açısından bir avantajdır. Sistemin dezavantajlarından bahsedilecek olunursa değerlendirme süreçlerine anten yüksekliği, IGS istasyon seçimi gibi seçenekler dışında müdahale edilememesi söylenebilir. Bir başka dezavantaj olarak da internet hızına bağlı olarak sonuçların elde edilme hızı uzayabilmektedir.

BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

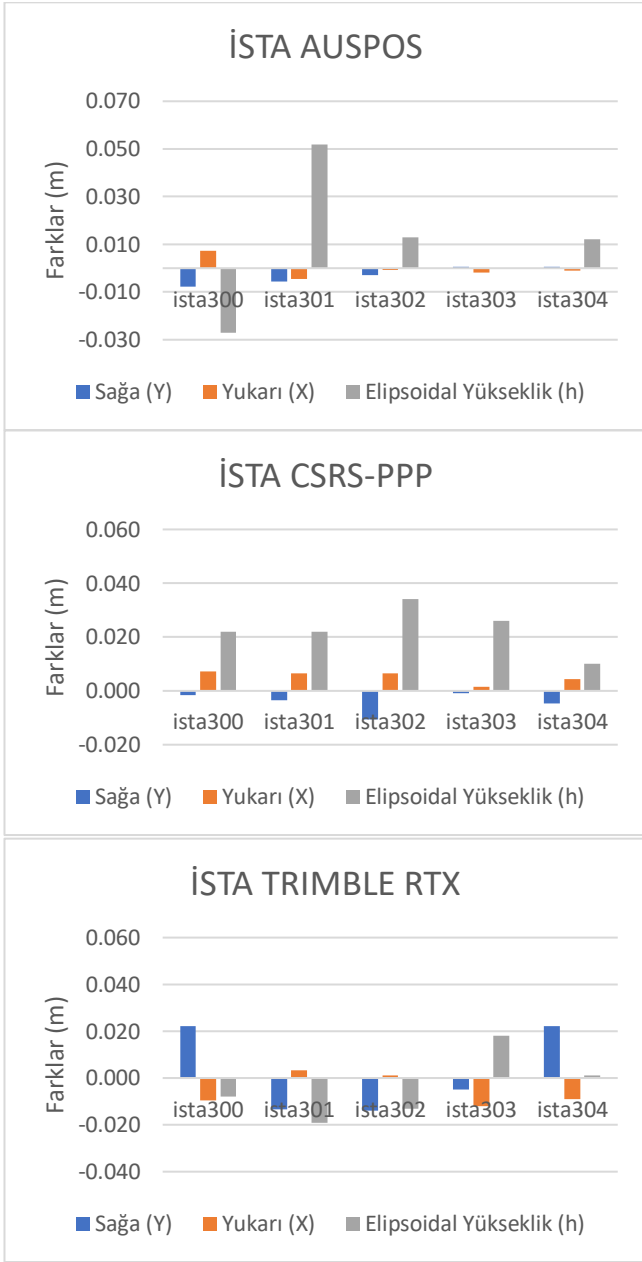
Çalışmada toplanan verilerin değerlendirilmesine olanak sağlayan AUSPOS, CSRS-PPP ve Trimble RTX servislerine teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

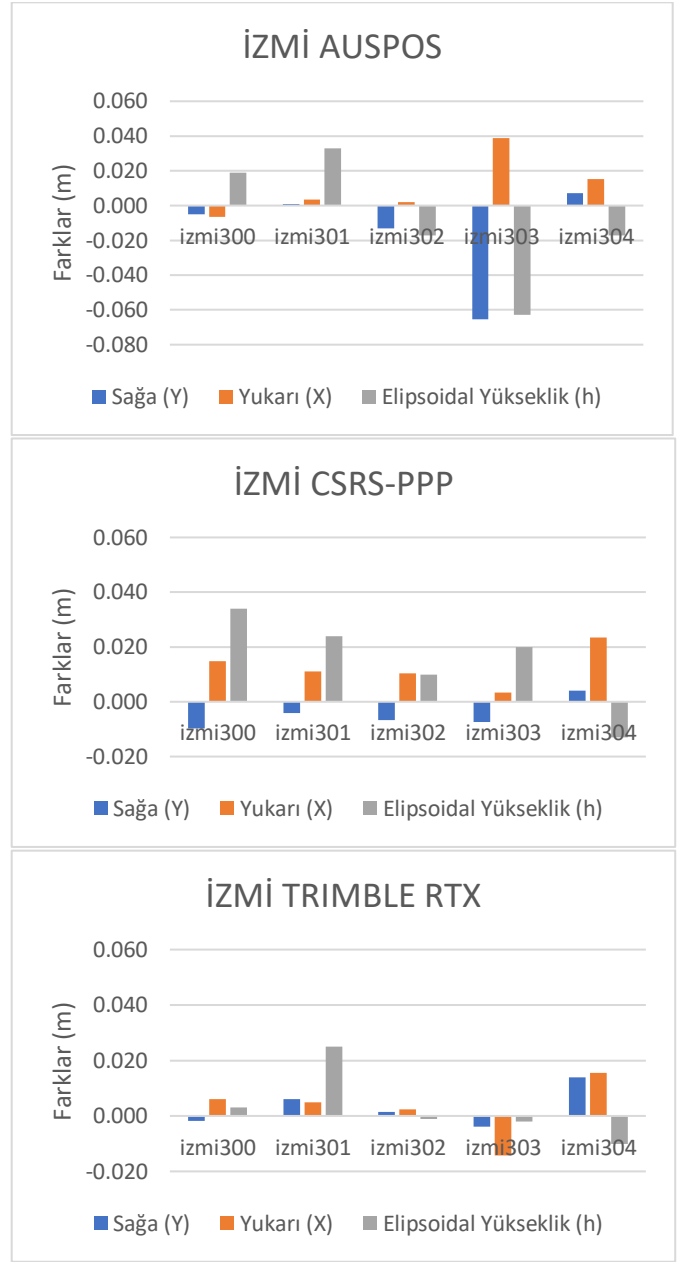
- Alçay S & İmren H (2017). OPUS ve AUSPOS Web-Tabanlı GPS Değerlendirme Servislerinin Farklı Gözlem Süreleri İçin Doğruluk Performanslarının İncelenmesi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi.
- Alkan R M, Ozulu İ M, İlçi V (2017). Klasik GNSS veri değerlendirme yazılımlarına alternatif olarak web-tabanlı online değerlendirme servisleri. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17(2), 603-619.
- Altamimi Z, Collilieux X, Métivier L (2011). “ITRF2008: An improved solution of the international terrestrial reference frame”, Journal of Geodesy 85(8): 457-473.
- Arıkan D & Abbak R (2019). Elipsoidal Yükseklik Değişiminin Hassas Nokta Konumlamaya Etkisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(1): 140-151.
- Bahadır B & Üstün A (2014) İnternet Tabanlı GNSS Veri Değerlendirme Servisleri, Harita Dergisi, 152(2), 40-50.
- Cai C, Gao Y (2007). Precise Point Positioning using combined GPS and GLONASS observations. Journal of Global Positioning Systems, 6(1),13-22.
- Ghoddousi-Fard R & Dare P (2006). “Online GPS Processing Services: an Initial Study”, GPS Solutions, 10(1), 12-20.
- İnyurt S & Ulukavak M (2020). Web tabanlı GNSS Yazılımlarının (CSRS-PPP, Trimble RTX) Performansının Araştırılması. Geomatik, 5 (2), 120-126.
- Martín A, Anquela A B, Capilla R & Berné J L (2011). PPP Technique Analysis Based on Time Convergence, Repeatability, IGS Products, Different Software Processing, and GPS+GLONASS Constellation, Journal of Surveying Engineering, 137(3), 99-108.
- Özdemir E G & Güral V E (2019). İnternet Tabanlı Hassas Nokta Konum Belirleme (PPP) Yazılımlarının İrdelenmesi ve Belirsizlik Analizi, 17. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.
- Subaşı H K & Alkan R M (2011). “İnternet tabanlı GPS Değerlendirme Servislerinin Doğruluk Analizi: İstanbul Örneği”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 18-22 Nisan, Ankara.

EKLER

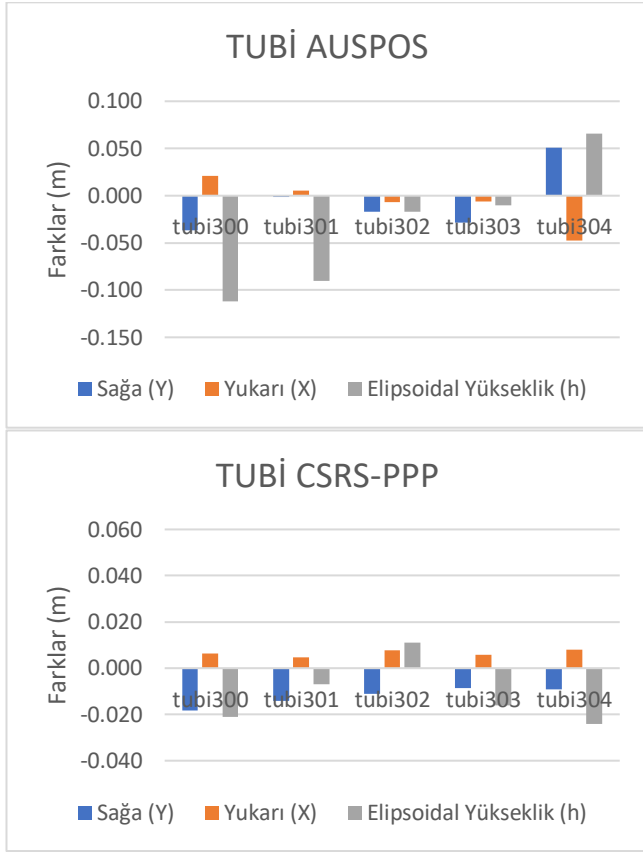
EK A



Şekil 1. İSTA istasyonunun 1 saatlik sonuçları

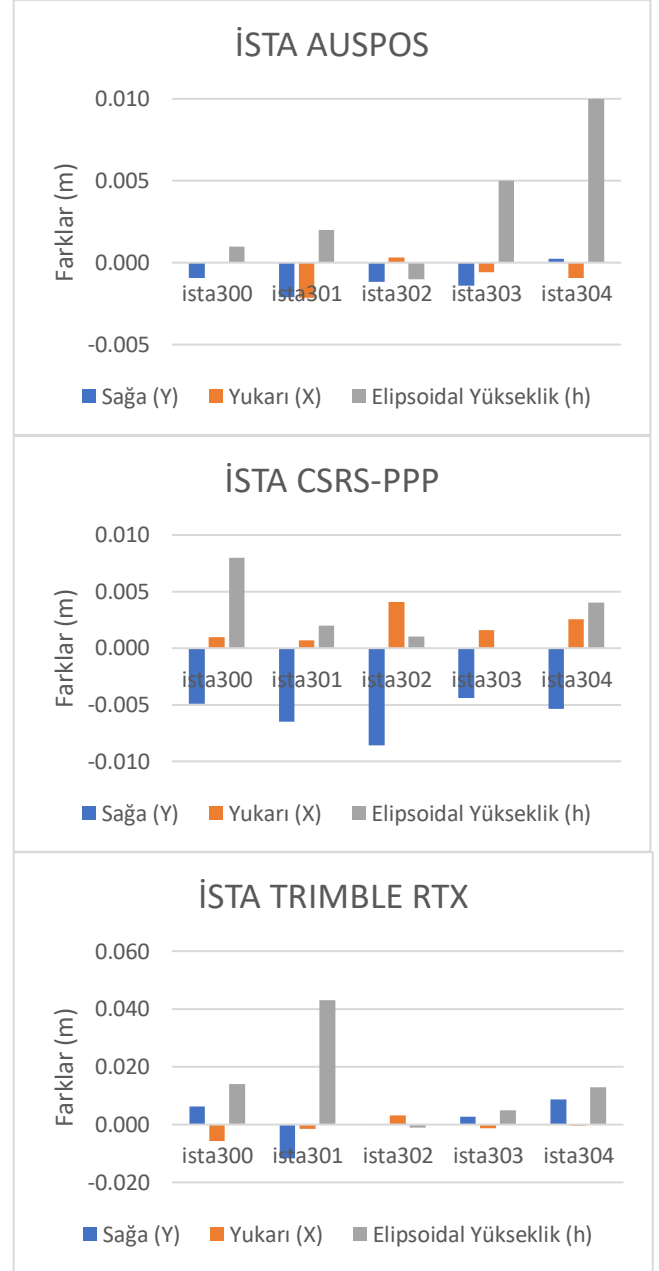


Şekil 2. İZMİ istasyonunun 1 saatlik sonuçları

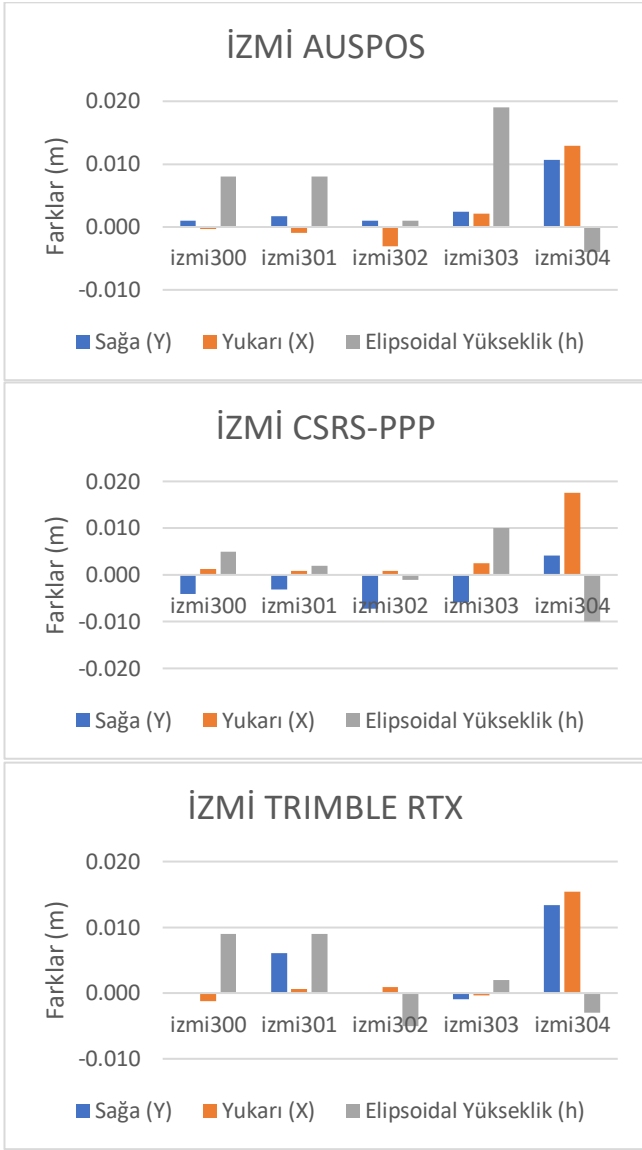


Şekil 3. TUBİ istasyonun 1 saatlik sonuçları

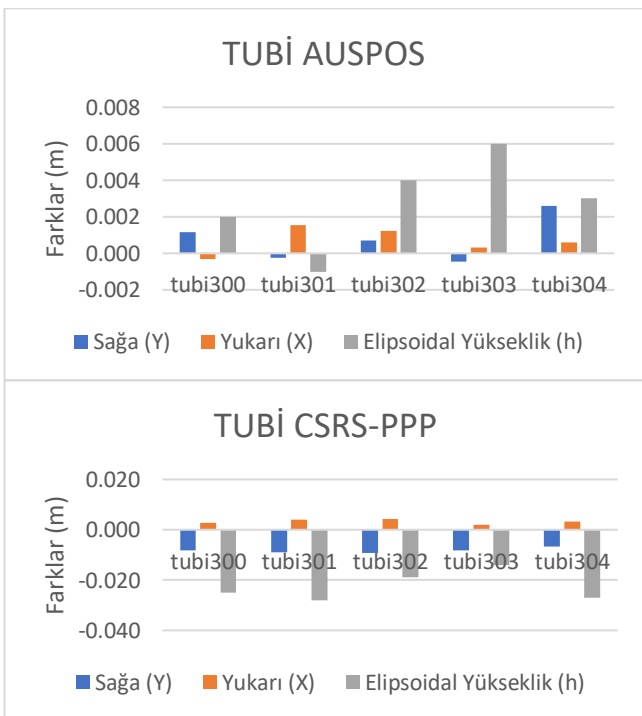
EK B



Şekil 4. İSTA istasyonun 4 saatlik sonuçları

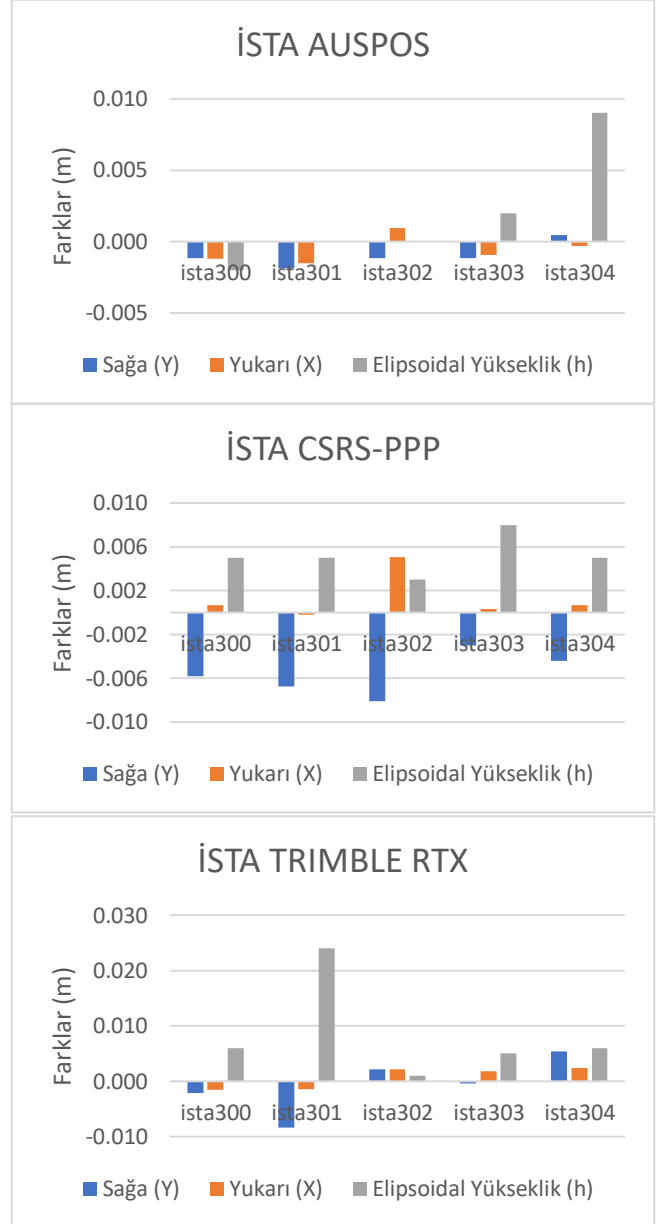


Şekil 5. İZMİ istasyonunun 4 saatlik sonuçları

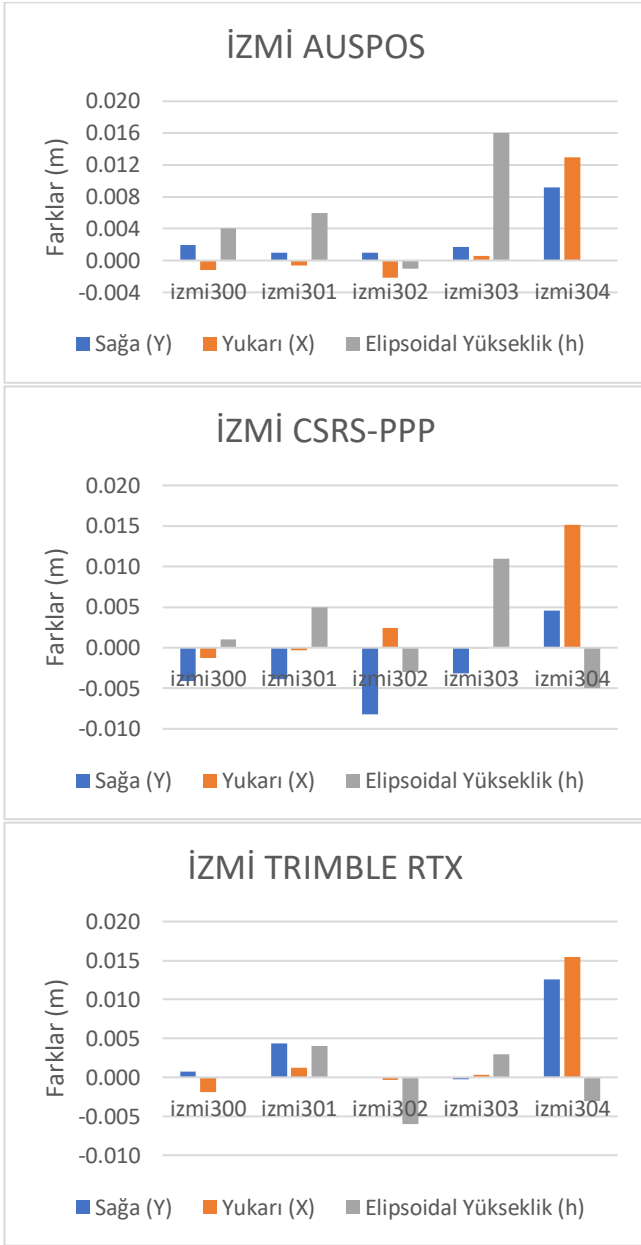


Şekil 6. TUBİ istasyonunun 4 saatlik sonuçları

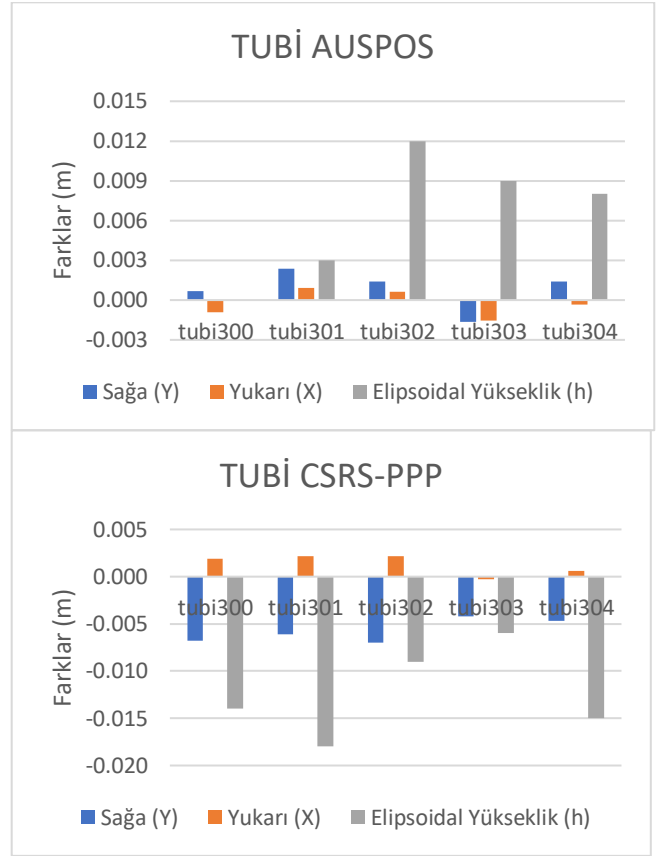
EK C



Şekil 7. İSTA istasyonunun 6 saatlik sonuçları

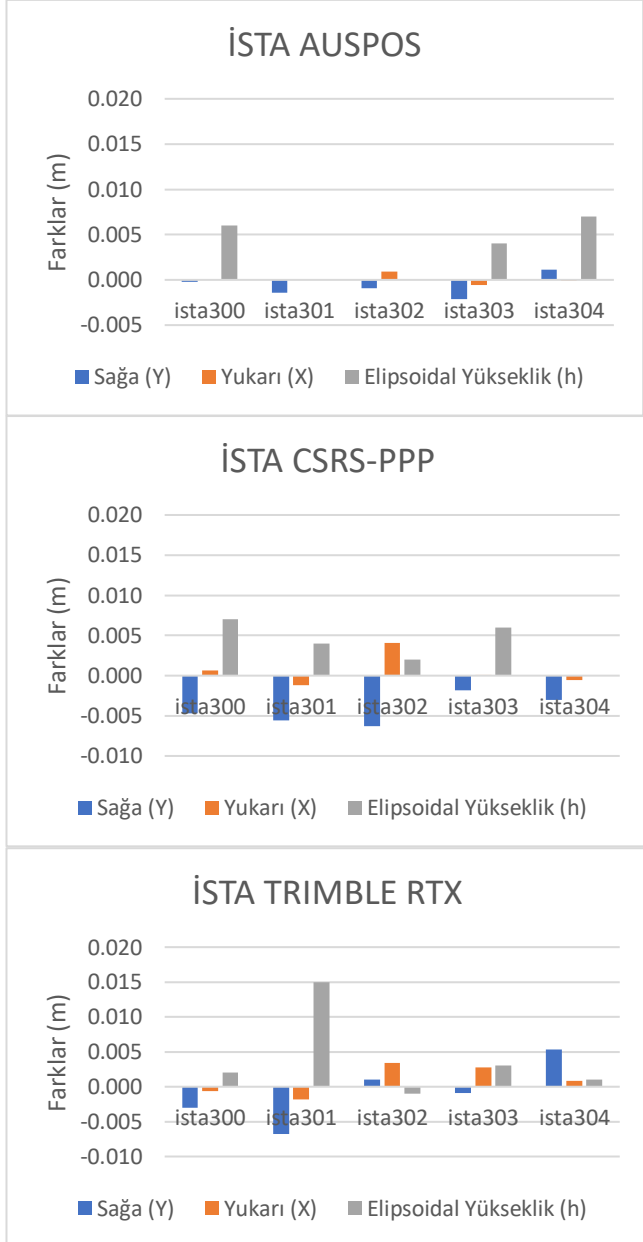


Şekil 8. İZMİ istasyonunun 6 saatlik sonuçları

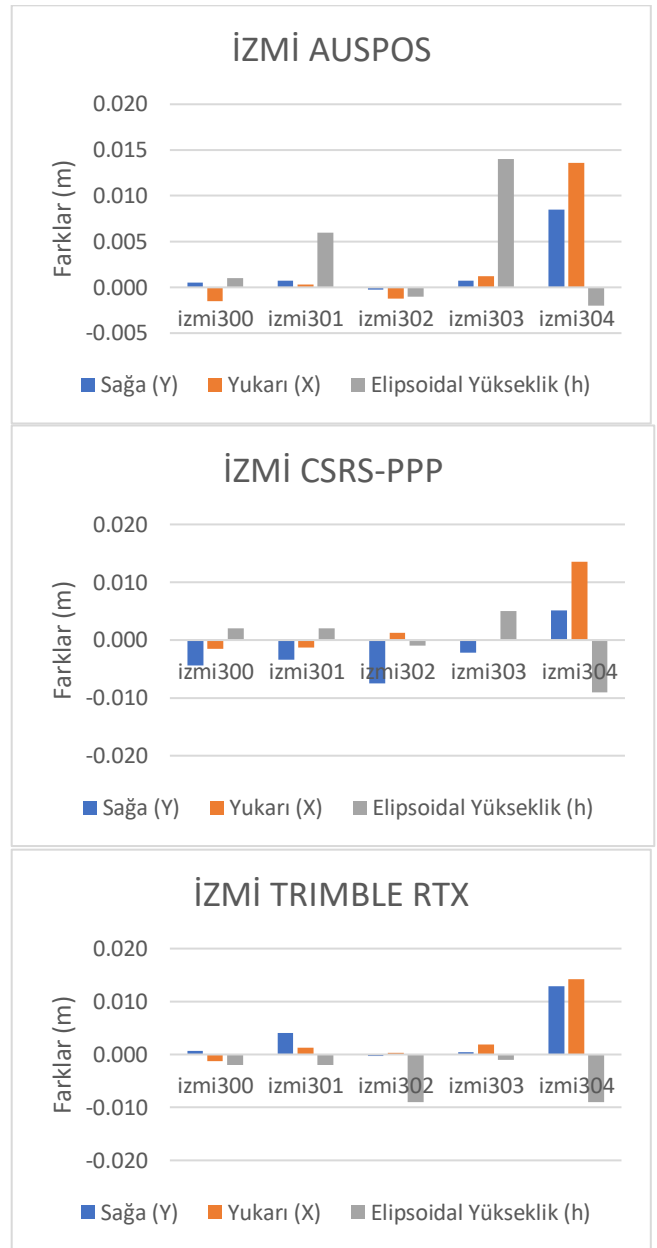


Şekil 9. TUBİ istasyonunun 6 saatlik sonuçları

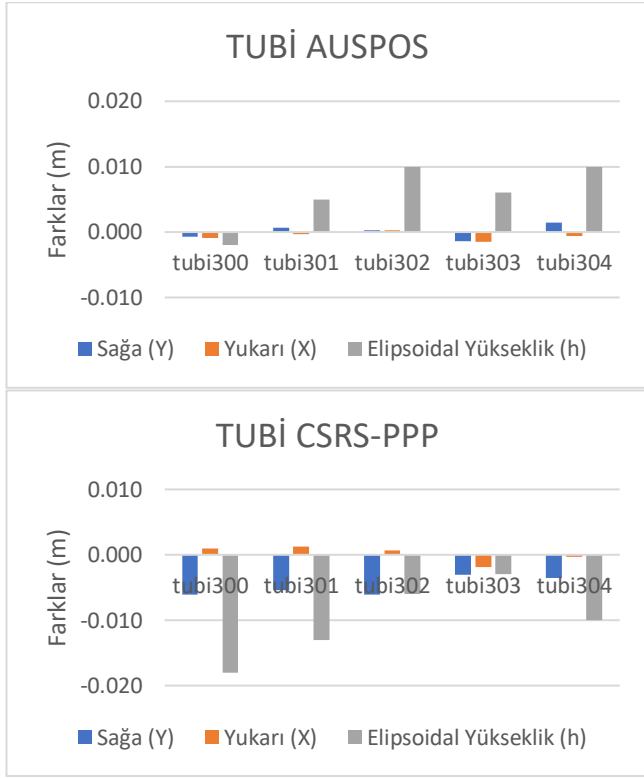
EK D



Şekil 10. İSTA istasyonun 8 saatlik sonuçları

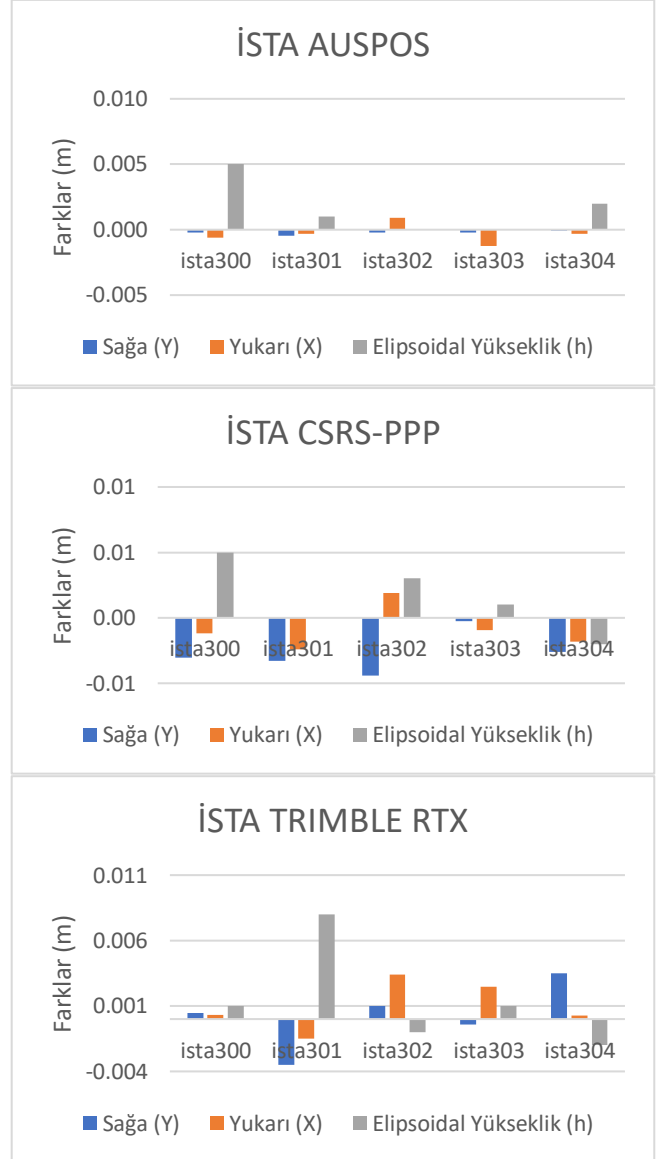


Şekil 11. İZMİ istasyonun 8 saatlik sonuçları

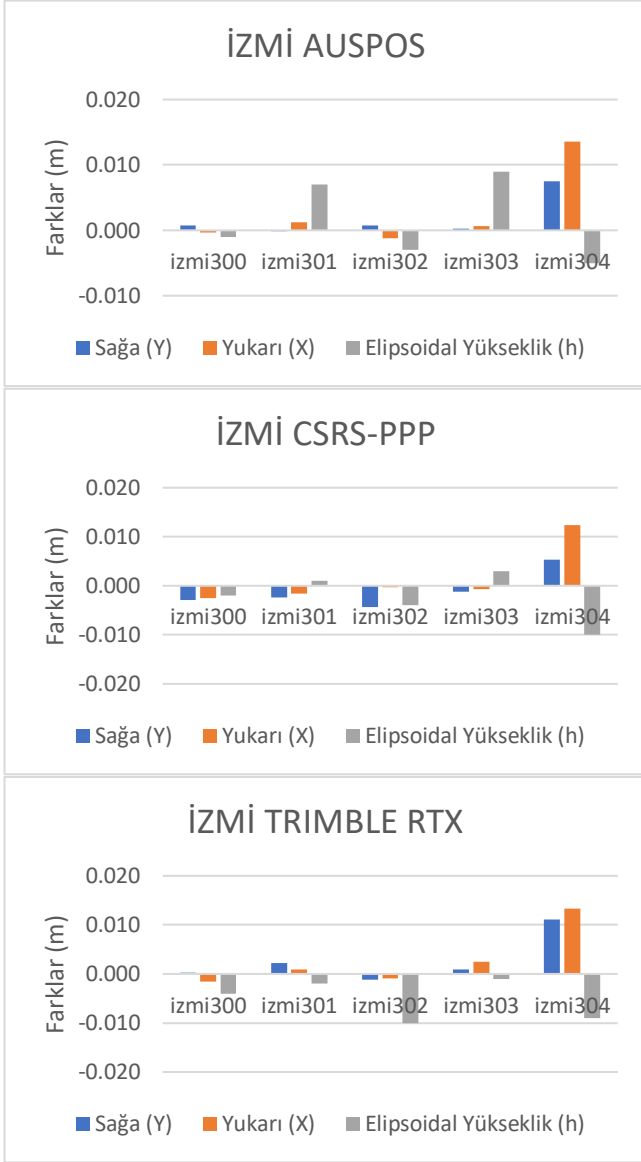


Şekil 12. TUBİ istasyonunun 8 saatlik sonuçları

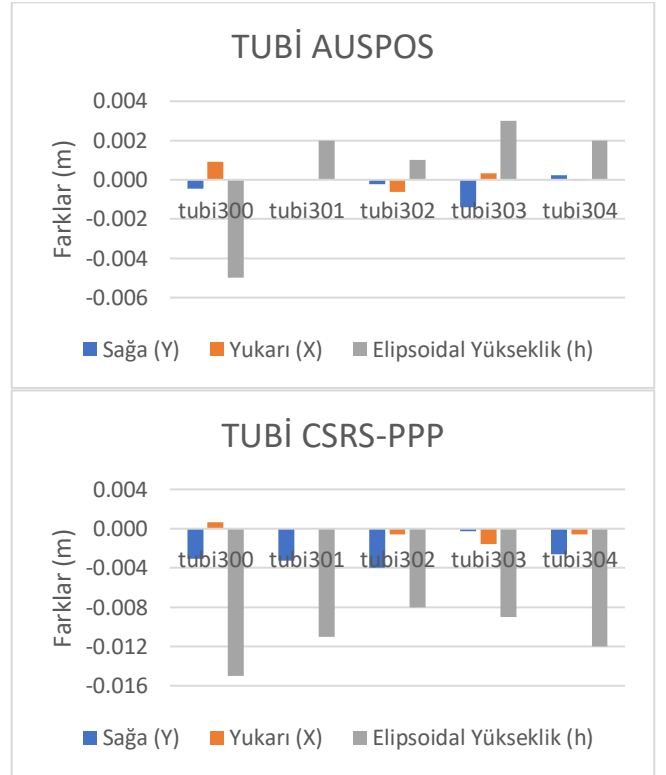
EK E



Şekil 13. İSTA istasyonunun 12 saatlik sonuçları

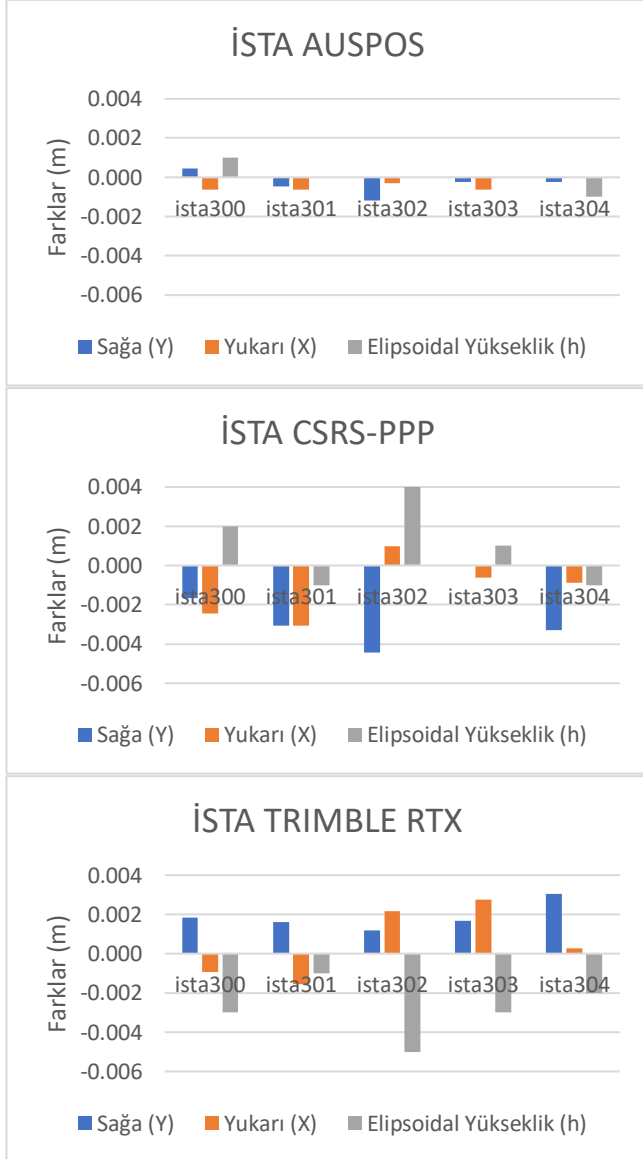


Şekil 14. İZMİ istasyonunun 12 saatlik sonuçları

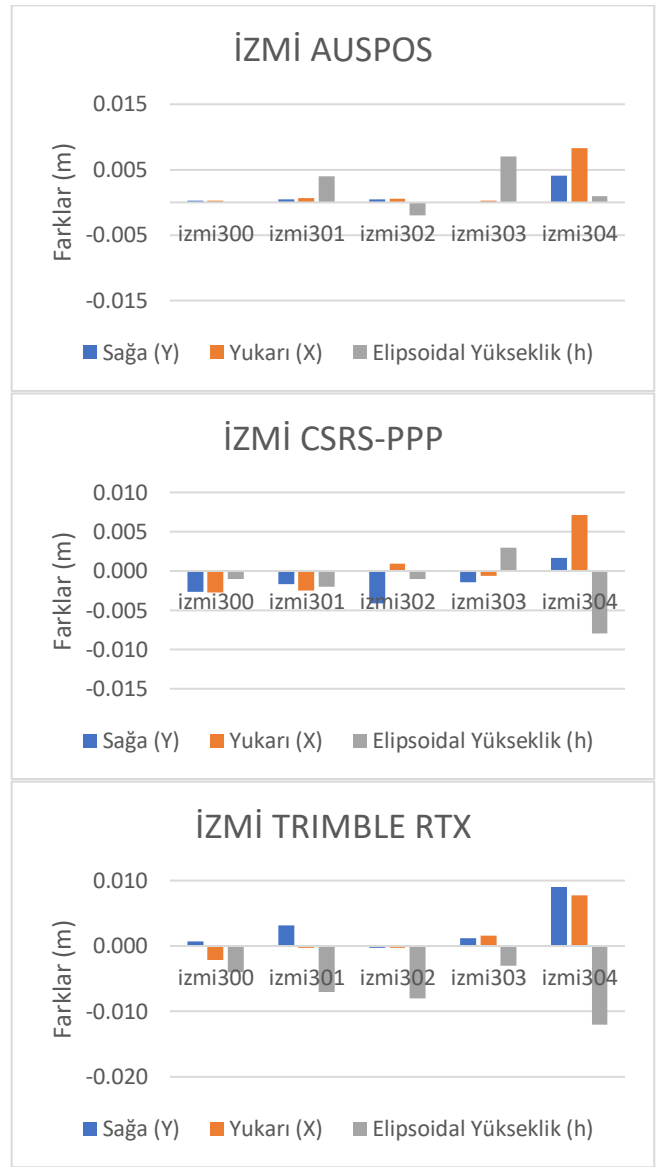


Şekil 15. TUBİ istasyonunun 12 saatlik sonuçları

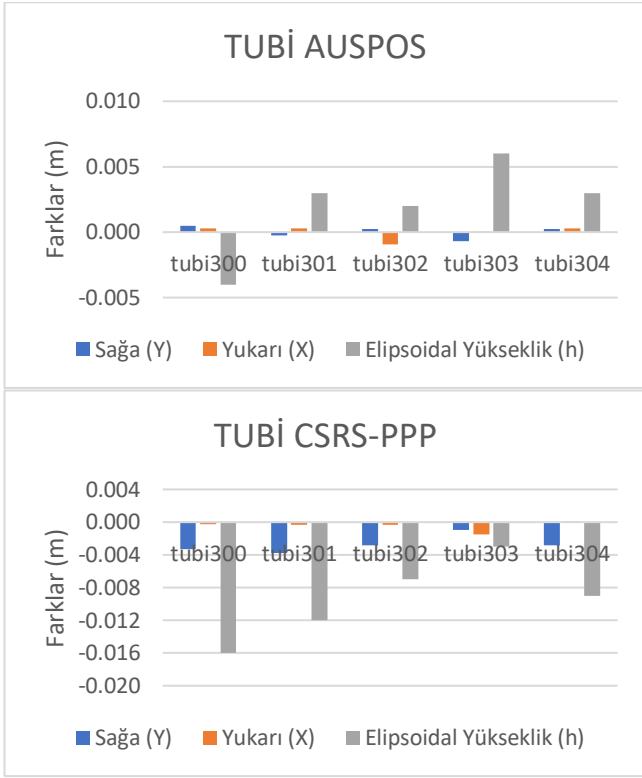
EK F



Şekil 16. İSTA istasyonunun 16 saatlik sonuçları

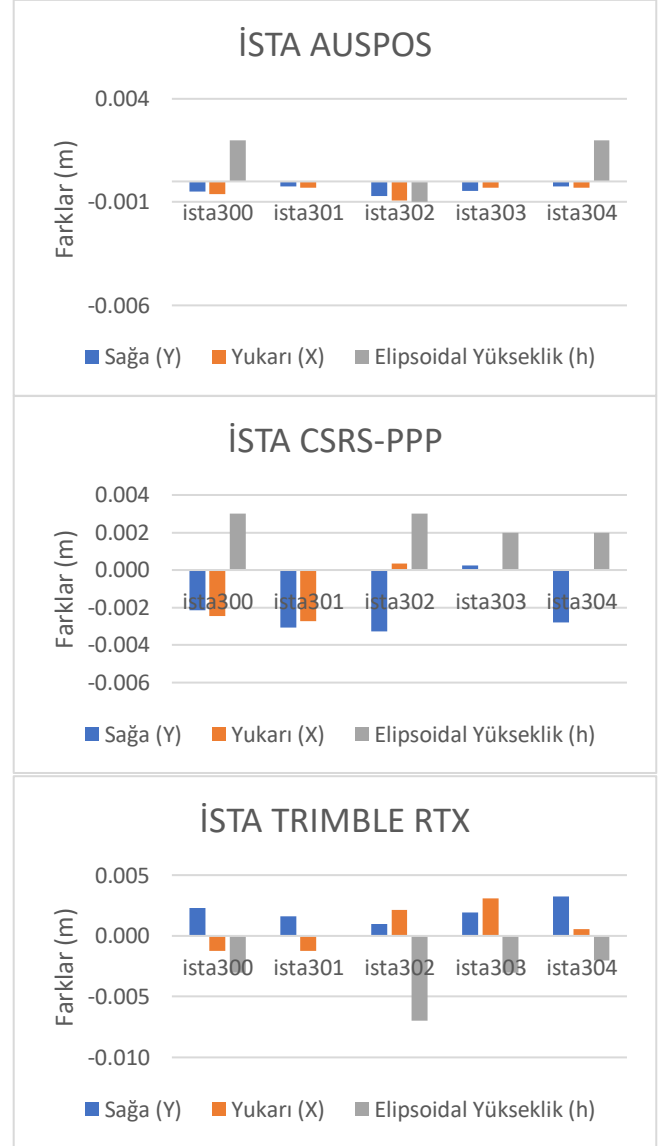


Şekil 17. İZMİ istasyonunun 16 saatlik sonuçları

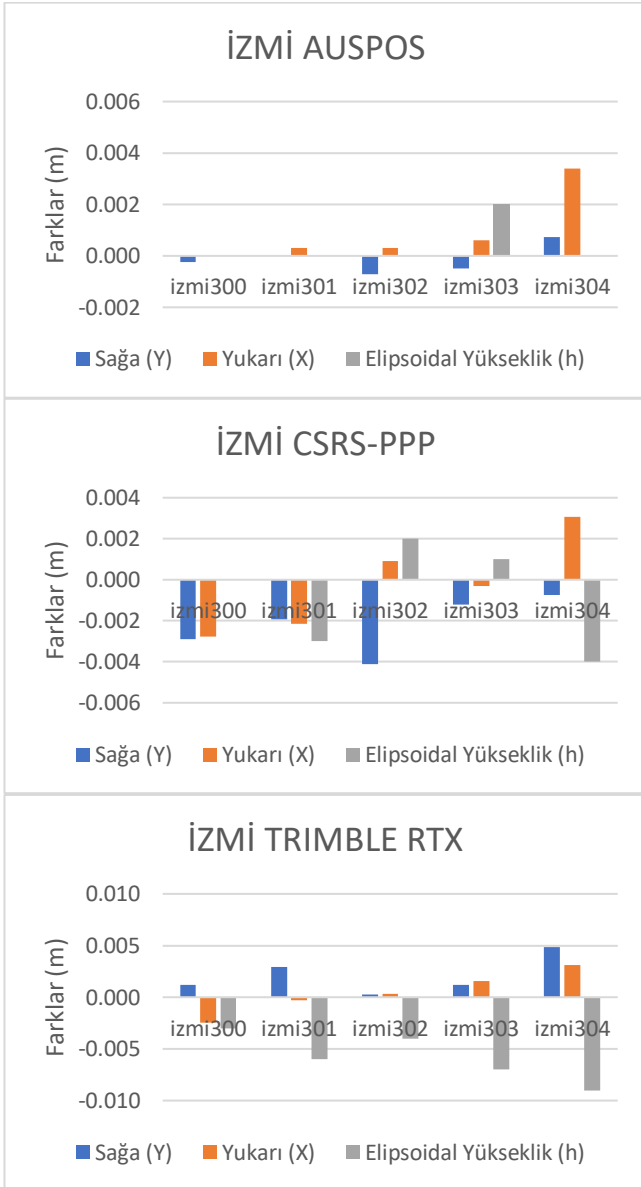


Şekil 18. TUBİ istasyonunun 16 saatlik sonuçları

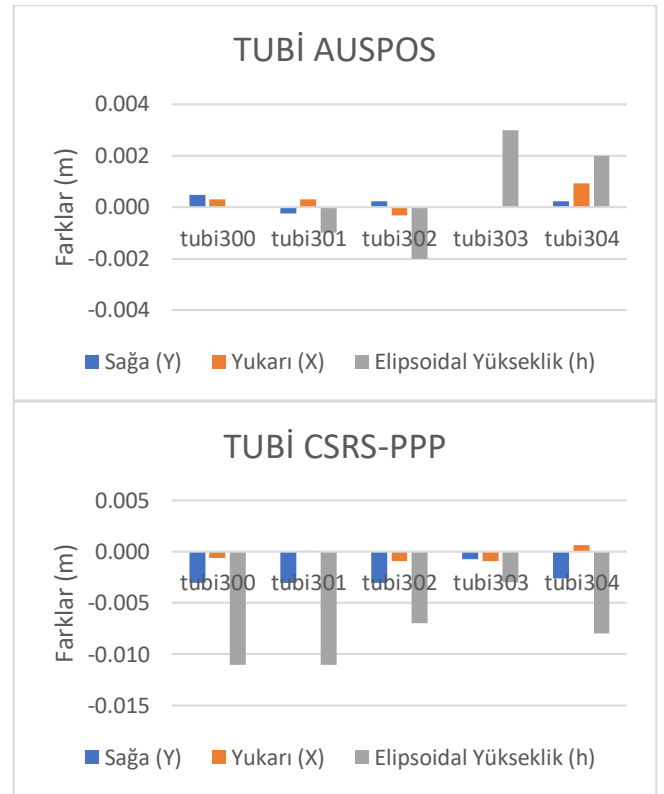
EKG



Şekil 19. İSTA istasyonunun 20 saatlik sonuçları

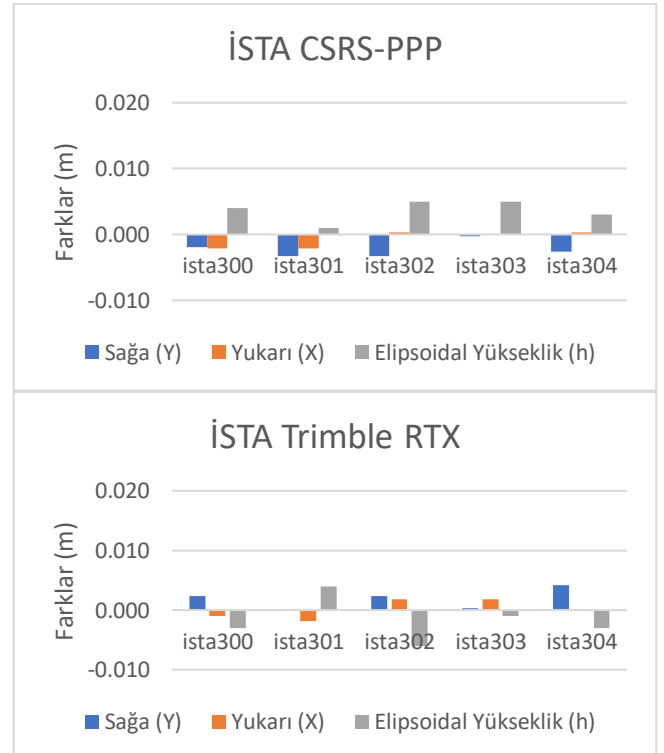


Şekil 20. İZMİ istasyonunun 20 saatlik sonuçları

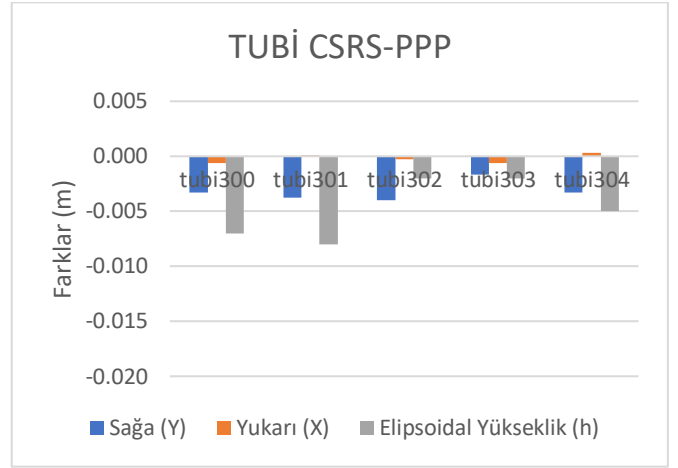
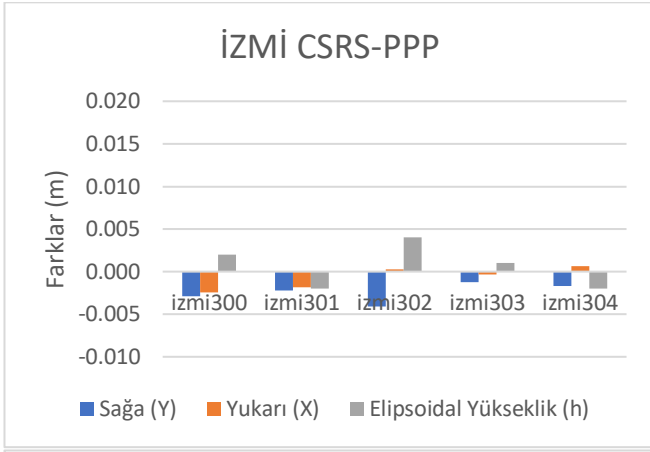


Şekil 21. TUBİ istasyonunun 20 saatlik sonuçları

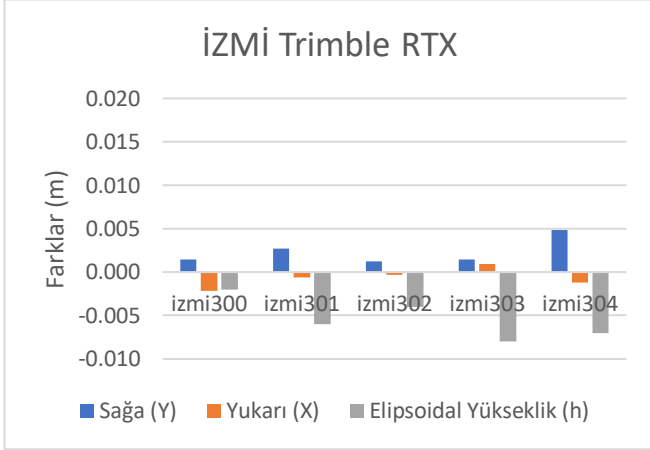
EK H



Şekil 22. İSTA istasyonunun 24 saatlik sonuçları



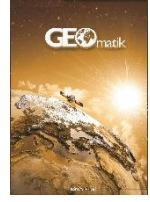
Şekil 24. TUBİ istasyonun 24 saatlik sonuçları



Şekil 23. İZMİ istasyonun 24 saatlik sonuçları



© Author(s) 2022. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Simpson kuralının farklı geçiş eğrilerinde kullanılması

Atınc Pırtı¹, Merve Şimşek¹, Zeynep Örs Gündoğan¹

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Simpson kuralı
Geçiş eğrisi
4. dereceden parabol
Sinüsoid
Klotoid

ÖZ

Modern karayolu ve demiryolu ulaştırma yapılarında geçiş eğrileri, doğru ve daire kadar önemli olan güzergâh öğeleridir. Merkezkaç kuvvetinin aniden değişmesini önlemek için, hareketin keskin bir eğri üzerindeki etkisinden dolayı geçiş eğrisi uygulanması gerekmektedir. Yıllar içinde, geçiş eğrisi olarak klotoid uygulanması dünyanın birçok ülkesinde yaygınlaşmıştır. Ancak klotoid uygulamasının yüksek hızlarda yolun güvenliğinde ve konforunda sorunlara sebep olması nedeniyle farklı geçiş eğrilerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu kapsamda; yüksek hızdaki araçlar için klotoidin oluşturduğu yol dinamikleri ile ilgili sorunları gidermek amacıyla sinüsoid ve dördüncü dereceden parabol geçiş eğrileri kullanılmıştır. Klotoidin basit matematiksel çözümlenmesine karşılık, sinüsoid ve dördüncü dereceden parabol geçiş eğrilerinin koordinatlarının hesaplanması, karmaşık matematiksel çözümler içermektedir. Bu çalışmada klotoid, sinüsoid ve dördüncü dereceden parabolün temel matematiksel özellikleri sunularak, herhangi bir bilgisayar yazılımı kullanmaksızın, Simpson kuralı kullanılarak ile sinüsoid ve dördüncü dereceden parabol geçiş eğrilerinin koordinatlarının sayısal integrasyon ile sinüsoid ve dördüncü dereceden parabol geçiş eğrilerinin koordinatlarının proje amacına uygun hassasiyet ile hesaplandığı gösterilmiştir.

Using Simpson's Rule in different transition curves

Keywords

Simpson's rule
Transition curve
Fourth degree parabola
Sinusoid
Clothoid

ABSTRACT

Transition curves are route elements in modern road and rail transport structures that are as important as straight and curved ones. To prevent sudden changes in centrifugal force, it is necessary to apply a transition curve due to the effect of motion on a sharp curve. Over the years, clothoid practice has become widespread in many countries in the world. However, different transition curves were needed because the application of clothoid at high speeds causes problems in the safety and comfort of the road. In this context; sinusoid and fourth order parabola transition curves were used to solve the problems related to road dynamics caused by the clothoid for high speed vehicles. Compared to the simple mathematical analysis of the clothoid, the calculation of the coordinates of the sinusoidal and fourth order parabola transition curves involves complex mathematical structures. In this study, by presenting the basic mathematical properties of the clothoid, sinusoid and fourth order parabola, it has been shown that the coordinates of the sinusoidal and fourth order parabola transition curves are calculated by numerical integration with an accuracy and precision without using a computer program.

1. GİRİŞ

Geçki, yolun arazi üzerindeki izdüşümüdür. Geçki tasarımında araziye uygun geçiş eğrisinin seçimi, ulaştırma yapısının hız, güvenlik, konfor ve kapasite standardını belirlemektedir. Ulaştırma yapısında oluşan merkezkaç kuvvetinin ani etkilerini elimine etmek için doğru ile daire yayı arasında, bağlantı için geçiş eğrileri kullanılmaktadır. Geçiş eğrilerinin işlevi, yolculuk konforunu iyileştirmek ve yol kaplamasında taşıtlardan kaynaklanan aşınmayı en aza indirmektedir. Geçiş eğrisi sayesinde merkezkaç kuvvetinin taşıta olan etkileri belirli bir uzunluk boyunca dağıtılarak, doğrudan daireye giriş noktasındaki ani etki ortadan kaldırılmaktadır (Pırtı, 2009). Bu nedenle geçiş eğrileri geçki tasarımında büyük önem arz etmektedir (Brustad, T. F. ve Dalmo, R. 2020).

r_1 [m] ve r_2 [m] başlangıç ve bitiş noktalarındaki eğrilerin yarıçapları, k_1 ve k_2 dairesel eğrilik ölçüsü olmak üzere; geçiş eğrileri başlangıç noktasında $k_1=1/r_1$ eğriliğinden, bitiş noktasında $k_2=1/r_2$ eğriliğine düzenli geçişi sağlayan düzlem eğrilerdir. Özellikle demir yollarında hızların yükselmesi ve dever uygulaması sonucunda geçiş eğrilerine ihtiyaç duyulmuş ve dever rampası için uygun uzunluğun sağlanması amacıyla geçiş eğrileri kullanılmıştır. Bilindiği gibi, geçiş eğrilerinin kullanımı, yol-taşı sistemindeki etkileşim dinamikleri için uygun bir şekilde, güzergâhın farklı eğriliğe sahip bölümleri arasında dengesiz yanal ivmenin sürekli bir değişimini sağlamayı amaçlamaktadır (Koç, 2019). Günümüzde ulaştırma yapısının tasarımında klotoid, sinüsoid ve dördüncü dereceden parabol gibi geçiş eğrileri kullanılmaktadır. Geçiş eğrilerinin görevi; ani eğrilik değişimlerini ortadan kaldırarak bu değişimleri düzenli kılmaktır. Ayrıca geçki yatay geometrisi ile dever uygulaması arasında uyum sağlamak, demiryollarında eğriliğe bağlı aks daralmalarının değişimini düzenli hale getirerek; araçlardaki ve raylardaki aşınma ve bozulmalarını azaltmak, yolculuk güvenliğini ve konforunu artırmaktır (Jacobs, 1987).

Ulaştırma yapılarında yaygın olarak klotoid geçiş eğrisi kullanılmaktadır. Ayrıca $L \cdot R = A^2$ eşitliği ile gösterilen klotoid eğrisi aynı zamanda Euler spirali olarak da bilinmektedir. L [m] geçiş eğrisi uzunluğu ile R [m] geçiş eğrisinin son noktasındaki daire yarıçapının çarpımı bir A sayısının karesine eşittir. $A=1$ alınırsa bu klotoid birim klotoid adı verilir (Bostancı, 1995).

Klotoid formuna sahip geçiş eğrisinde, yukarıda $k=L/A^2 = 1/r$ eşitliğinde (1) k ile tanımlanan dairesel eğrilik ölçüsü, eğri uzunluğu ile doğrusal olarak değişmektedir. Yani eğrilik, düz kısımda sıfırdan başlar ve eğri uzunluğu boyunca doğrusal olarak artar (Sahithi, G. Prabhanjan, N. vd. 2019). Klotoidin (1) eşitliğiyle gösterilen, herhangi bir bilgisayar yazılımı kullanımı gerektirmeyecek basitlikteki formu sayesinde matematiksel hesabının kolay olması ve kartezyen koordinat sisteminde gösteriminin yapılabilir olması gibi önemli sebepler dikkate alındığında özellikle demiryolunda geçiş eğrisi olarak tercih edilmektedir (Brustad, T. F. 2020; Levent, A. vd. 2018).

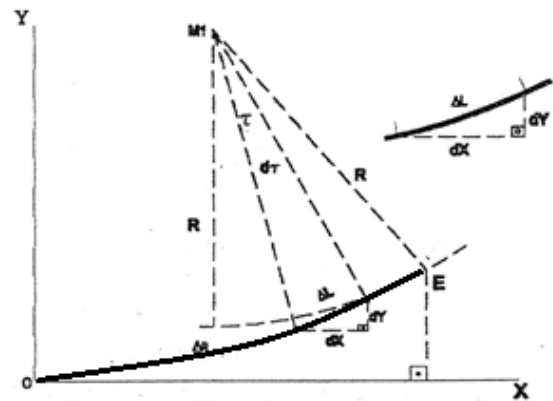
Klotoid eğrisi üzerinde hareket eden bir araca etki eden bileşke kuvvet sebebiyle oluşan ivmenin,

yörünge eğrisinin normali doğrultusunda olan bileşeninin zamana göre değişimi olarak tanımlanan yanal sademe değerinin (Baykal, 1996), başlangıç noktasında aniden oluşması ve bitiş noktasında aniden sıfırlanması nedeniyle yüksek hızlarda yolun güvenliği ve konforuna ilişkin sakıncalar oluşturmaktadır. Bu nedenle yüksek hızlı ulaştırma yapılarında yol dinamiğinde, klotoidle kıyasla önemli avantajlar sağlayan dördüncü dereceden parabol tercih edilmektedir. Klotoid, sinüsoid, dördüncü dereceden parabol ve diğer geçiş eğrilerinde aplikasyon koordinatlarının doğrudan matematiksel eşitlikler üzerinden hesaplanması karmaşık işlemler gerektirmektedir.

Bir integral işleminin analitik olarak yapılmasının zor olduğu durumlarda sayısal integrasyon yöntemleri kullanılabilir. Mühendislik uygulamalarında dikdörtgen kuralı, trapez kuralı, Simpson kuralı, Romberg, Gauss-Legendre v.b. gibi integrasyon yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada belirli integrallerin sayısal yaklaşımında sıklıkla kullanılan Simpson kuralı ile klotoid, sinüsoid ve dördüncü dereceden parabol gibi geçiş eğrilerinin koordinatları hesaplanmıştır. Geçiş eğrilerinde koordinatların, Simpson kuralı kullanılarak hesaplanması, matematiksel olarak işlemleri kolaylaştırmaktadır. Bu sayede geçiş eğrilerinin koordinatları, bilgisayar programı olmaksızın sayısal integrasyon yöntemleri ile yeterli hassasiyette hesaplanabilmektedir.

2. SİMPSON KURALI

Genel olarak en sık kullanılan sayısal integrasyon yöntemi Simpson kuralıdır. Yaklaşık integral alma yöntemlerinden biri olan Simpson kuralında fonksiyonun değerlerini belirlemek için bir eğri (parabol) kullanılır. Simpson kuralı, ikinci dereceden fonksiyonlar kullanarak belirli bir integralin değerine yaklaşan sayısal bir yöntemdir. Bu yöntem, İngiliz matematikçi Thomas Simpson'ın adı verilmiştir. Simpson kuralı, üç nokta yardımı ile bir ikinci dereceden denklemi; bu noktalardan bulabileceğimiz gerçeğine dayanmaktadır.



Şekil 1. Geçiş eğrisi grafiği (Pırtı, 2000)

Belirli integralin bir yaklaşımını elde etmek için; $f(L)$ fonksiyonunu $[a,b]$ aralığından, n eşit parçaya bölmek ve $\Delta L = \frac{b-a}{n}$ değerini hesaplamak gerekmektedir. Şekil 1'de verilen diferansiyel üçgen yardımıyla geçiş eğrisi; yay

parçasının üzerindeki noktaların koordinatları aşağıda verilen formüller yardımıyla hesaplanabilmektedir (Nutbourne ve ark., 1972),

$$dX = dL \cdot \cos \tau \quad (1)$$

$$dY = dL \cdot \sin \tau$$

$$X = \int_{L=0}^L \cos \tau dL = \int_{L=0}^L f(L) dL \quad (2)$$

$$Y = \int_{L=0}^L \sin \tau dL = \int_{L=0}^L f(L) dL \quad (3)$$

Herhangi bir $f(L)$ fonksiyonu için genel Simpson kuralı eşitliği,

$$\int_{a=0}^{b=L} f(L) dL \approx \frac{\Delta L}{3} [f(L_0) + 4f(L_0 + \Delta L) + 2f(L_0 + 2\Delta L) + 4f(L_0 + 3\Delta L) + \dots + f(L_0 + n\Delta L)] \quad (4)$$

açılımı yapıp (4) eşitliğinde (2) ve (3) eşitlikleri yerine konulursa geçiş eğrisi için nokta koordinatları formülleri;

$$X = \int_a^b f(L) dL \approx \frac{\Delta L}{3} [x_0 + 4x_1 + 2x_2 + 4x_3 + 2x_4 + \dots + 4x_{n-1} + x_n] \quad (5)$$

$$Y = \int_a^b f(L) dL \approx \frac{\Delta L}{3} [y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + \dots + 4y_{n-1} + x_n] \quad (6)$$

olarak elde edilir. Bu yöntemin geçiş eğrilerine uygulanışında eğrilik değeri, $k = \frac{d\tau}{dL}$ eşitliği kullanılarak geçiş eğrisinin her bir noktasının teğet açısı (Şekil 1);

$$\tau = \int_0^L k dL + c \quad (7)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır (Nutbourne ve ark. 1972), (2) ve (3) eşitliklerinden X ve Y koordinatlarının hesaplanması bir dizi karmaşık işlemi içermektedir. Yapılan programlar sayesinde sonuçlara ulaşılabilir. Simpson kuralı karmaşık işlem basamaklarını ortadan kaldırarak sonuçlara kolayca ulaşabilmemizi olanak sağlamaktadır. Bu yöntem, geçiş eğrileri olan klotoidin, sinüsoidin ve dördüncü dereceden parabolün herhangi bir noktasındaki koordinatların hesaplanmasında, teğet açısı (τ) ve yay uzunluğu (ΔL) değerini esas almakta, geçiş eğrisinin bitim noktası olan E'nin koordinatlarının ve bu koordinatlar yardımıyla da diğer asal elemanların hesaplanmasına olanak sağlamaktadır (Pırtı, 2009).

Simpson kuralı, geçiş eğrilerine uygulandığında (4) eşitliğindeki değerler;

$$\Delta L = \frac{b-a}{n} = \frac{L_E - L_0}{n} \quad (8)$$

$L_0 =$ Geçiş eğrisinin başlangıcı

$L_E =$ Geçiş eğrisinin uzunluğu

$n =$ Geçiş eğrisinin bölündüğü parça sayısı

$\Delta L =$ Geçiş eğrisindeki yay uzunlukları

(4) eşitliğindeki $L_0, L_0 + \Delta L, L_0 + 2\Delta L, L_0 + 3\Delta L, \dots, L_0 + n\Delta L$ yay parçalarına karşılık gelen teğet açıları (τ), (7) eşitliği yardımıyla hesaplanabilir. (7) eşitliğinden elde edilen teğet açısı, (2) ve (3) eşitliğinde yerine konulduğunda (5) ve (6) eşitlikleri kullanılarak nokta koordinatları belirlenebilmektedir.

2.1. Simpson Kuralının Klotoide Uygulanması

Geçiş eğrisi Klotoid için

$$A^2 = RL \quad (9)$$

$$k = \frac{1}{R} \quad (10)$$

$$k = \frac{L}{A^2} \quad (11)$$

olduğundan, klotoid için teğet açısı,

$$\tau = \frac{L^2}{2A^2} \quad (12)$$

olarak elde edilir.

Simpson kuralının genel eşitliğiyle, (2) ve (3) eşitlikleri uygulanarak klotoid üzerinde herhangi bir noktanın ve bitim noktasının koordinatları hesaplanabilmektedir.

Tablo 1 de uygulama çalışması olarak Simpson kuralı yardımı ile klotoidin koordinat değerlerinin hesaplama aşamaları ve elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

2.2. Simpson Kuralının Sinüsoid Uygulanması

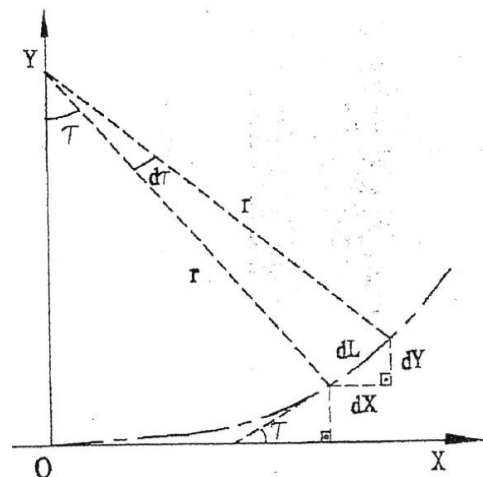
Sinüsoidal geçiş eğrilerinde eğrilik değeri;

$$k = \frac{1}{R} \left[\frac{L}{L_E} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi L}{L_E} \right) \right] \quad (13)$$

olduğundan, teğet açısı;

$$\tau = \frac{1}{R} \left[\frac{L^2}{2L_E} - \frac{L_E}{4\pi^2} \cos \left(\frac{2\pi L}{L_E} - 1 \right) \right] \quad (14)$$

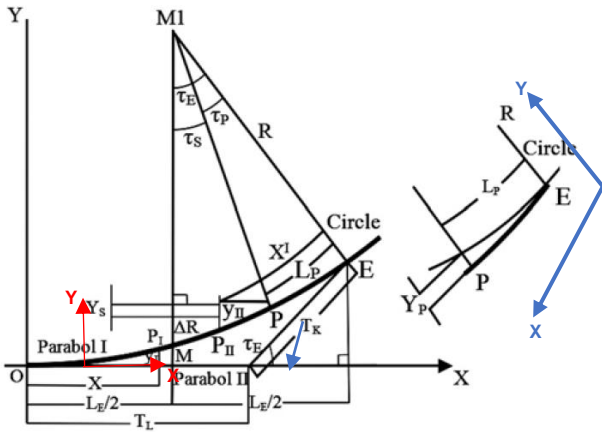
olarak hesaplanmaktadır. (14) eşitliğinde verilen teğet açısı değeri kullanılarak (Şekil 2) Simpson kuralının genel eşitliği, (2) ve (3) formülleri uygulanarak sinüsoid üzerindeki koordinatlar hesaplanabilmektedir.



Şekil 2. Sinüsoid üzerinde elemanların diferansiyel olarak gösterilmesi (Pırtı ve Aydın, 2000)

2.3. Simpson kuralının 4. Dereceden Parabolde Uygulanması

4. dereceden parabol, iki (2) ayrı parabol bölümünden oluşmaktadır (Şekil 3). Parabol I bölümü için Şekil 3 deki O (Geçiş eğrisi başlangıç noktası) ve M (Geçiş eğrisinin orta noktası) noktaları arasındaki yay parçası; Parabol II için ise Şekil 3 deki M (Geçiş eğrisinin orta noktası) ve E (Geçiş eğrisinin bitiş noktası) noktaları arasındaki yay parçası dikkate alınmaktadır. İki ayrı parabol parçası için de ayrı ayrı koordinat sistemi oluşturulmuş ve koordinat hesaplamaları yapıp; ortak noktalar yardımıyla Helmert dönüşümü uygulanarak birleştirilir. Böylelikle 4. Dereceden parabolün koordinat değerleri hesaplanmış olur (Şekil 3).



Şekil 3. 4. Dereceden parabol (Pırtı, 2009)

Geçiş eğrisinin birinci kısmı olan parabol I için eğrilik;

$$k = ax^2 \quad (15)$$

(a: Sabit bir katsayı)

olup,

$x = L_E$ alınarak

geçiş eğrisinin M orta noktası,

$$x_M = \frac{L_E}{2} \quad (16)$$

ve orta noktasının (M) eğriligi

$$k_M = \frac{1}{2R} \quad (17)$$

olarak bulunur.

Eşitlik (14), (12) de yerine konursa:

$$\frac{1}{2R} = a \frac{L_E^2}{4} \quad (18)$$

Parabol I 'in eğriligi;

$$k_1 = \frac{2x^2}{RL_E^2} \quad (19)$$

Parabol II için $x = L_E$ ve $k = 1/R$ alındığında eğrilik;

$$k_2 = \frac{1}{R} - \frac{2(L_E - x)^2}{RL_E^2} \quad (20)$$

Parabol II için apsis değeri

$$L_E - x = x^1 \quad (21)$$

Parabol I için teğet açısı ve koordinat eşitlikleri:

$$\tau = \int_0^L k dx \approx \tan \tau = \frac{dy}{dx} \quad (22)$$

$$Y = \int_0^L \int_0^L k dx^2 + c \quad (23)$$

$$Y_1 = \int_{x=0}^{L_E/2} \int_{x=0}^{L_E/2} \frac{2x^2}{RL_E^2} dx^2 + c \quad (24)$$

Parabol II için koordinat eşitliği:

$$Y_2 = \int_{x=0}^{L_E/2} \int_{x=0}^{L_E/2} \left(\frac{1}{R} - \frac{2x^2}{RL_E^2} \right) dx^2 + c \quad (25)$$

Parabol I ve Parabol II için teğet açısı eşitlikleri kullanılarak, (2) ve (3) deki Simpson genel formülleri yardımıyla hesaplanarak parabol 1 ve parabol 2'ye ilişkin koordinat değerleri hesaplanır. Parabol I ve Parabol II deki ortak noktalar yardımıyla iki boyutlu Helmert dönüşümü yapılmış ve böylelikle de iki parabol birleştirilmiş olur (Şekil 3), (Tablo 3).

3. UYGULAMA

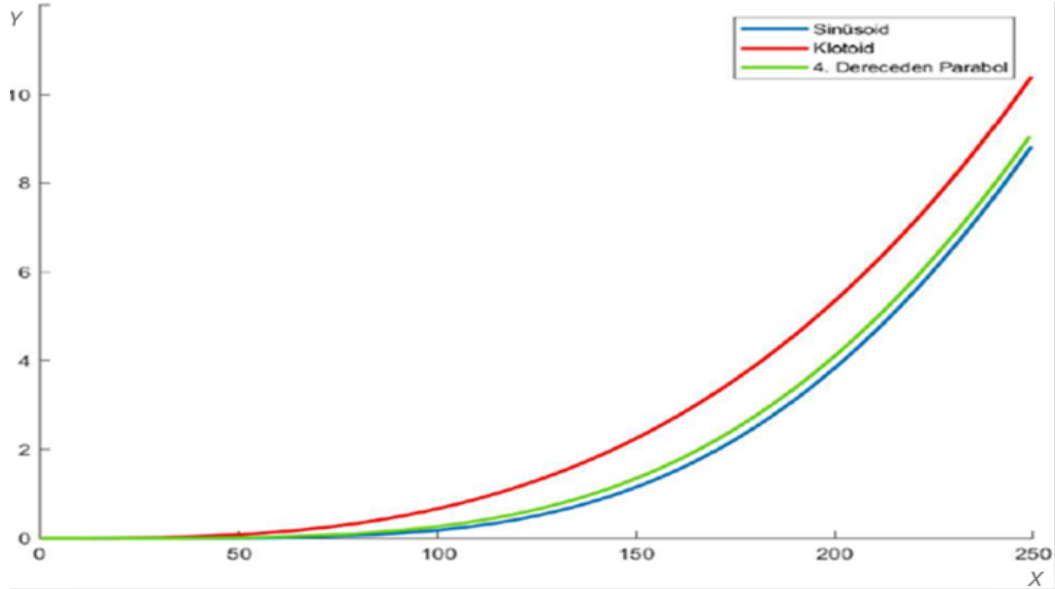
Klotoid, sinüsoid ve 4. dereceden parabol üzerindeki koordinatlar Simpson yöntemiyle hesaplanmış ve Tablo 1, 2, 3 ve 4'de sunulmuştur. Sinüsoid ve klotoid için 50 m ve 4. dereceden parabol için 1'er metre aralıklarla koordinat hesaplaması yapılmıştır.

Tablo 1. Simpson kuralı yardımıyla klotoid üzerinde 50 m aralıklarla noktaların koordinatlarının hesabı ($L_E=250$ m, $R=1000$ m)

N.N.	L(m)	$\tau(rad)$	Sin τ	Cos τ	dy(m)	dx(m)	Y(m)	X(m)
0	0	0.00000	0.000000	1.000000	$y_0 = 0.0000$	$x_0 = 1.000000$	0.00000	0.00000
1	25	0.00125	4.0585988	0.999999	$4y_1 = 0.004999$	$4x_1 = 3.9999968$		
2	50	0.00500	0.0006242	0.999998	$2y_2 = 0.009999$	$2x_2 = 1.9999750$	0.08333	49.99986
3	75	0.01125	0.0029605	0.999936	$4y_3 = 0.044999$	$4x_3 = 3.9997468$		
4	100	0.02000	0.0085441	0.999800	$2y_4 = 0.0399970$	$2x_4 = 1.9996000$	0.66664	99.99598
5	125	0.03125	0.0185837	0.999511	$4y_5 = 0.124979$	$4x_5 = 3.9980470$		
6	150	0.04500	0.0335379	0.998987	$2y_6 = 0.0899690$	$2x_6 = 1.9979753$	2.24967	149.96961
7	175	0.06125	0.0529357	0.998124	$4y_7 = 0.244846$	$4x_7 = 3.9924992$		
8	200	0.08000	0.0755522	0.996801	$2y_8 = 0.159829$	$2x_8 = 1.9936034$	5.33089	199.87201
9	225	0.10125	0.0998737	0.994878	$4y_9 = 0.404308$	$4x_9 = 3.9795143$		
10	250	0.12500	0.1246747	0.992197	$y_{10} = 0.1246745$	$x_{10} = 0.992198$	10.40504	249.60963

Tablo 2. Simpson kuralı yardımıyla sinüsoid üzerinde 50 m aralıklarla noktaların koordinatlarının hesabı ($L_E=250$ m, $R=1000$ m)

N.N.	L(m)	$\tau(rad)$	Sin τ	Cos τ	dy(m)	dx(m)	Y(m)	X(m)
0	0	0.00000	0.000000	1.000000	$y_0 = 0.0000$	$x_0 = 1.000000$	0.000000	0.00000
1	25	0.00000	0.001249	0.9999999	$4y_1 = 0.000162$	$4x_1 = 3.999999$		
2	50	0.000624	0.004999	0.9999998	$2y_2 = 0.001248$	$2x_2 = 1.999999$	0.006555	49.999998
3	75	0.002960	0.011249	0.9999956	$4y_3 = 0.011842$	$4x_3 = 3.999982$		
4	100	0.008544	0.019998	0.9999634	$2y_4 = 0.017088$	$2x_4 = 1.999926$	0.181644	99.999546
5	125	0.018584	0.031244	0.9998273	$4y_5 = 0.074335$	$4x_5 = 3.999309$		
6	150	0.033544	0.044984	0.9994374	$2y_6 = 0.067075$	$2x_6 = 1.998874$	1.151788	149.988797
7	175	0.052960	0.061211	0.9985979	$4y_7 = 0.211743$	$4x_7 = 3.994391$		
8	200	0.075624	0.079914	0.9971418	$2y_8 = 0.151104$	$2x_8 = 1.9936034$	3.825399	199.913555
9	225	0.100040	0.101077	0.9950001	$4y_9 = 0.399495$	$4x_9 = 3.980000$		
10	250	0.125	0.124674	0.9921976	$y_{10} = 0.124674$	$x_{10} = 0.992198$	8.823084	249.658055

**Şekil 3.** Sinüsoid, Klotoid ve 4. Dereceden Parabolün Grafiksel Olarak Karşılaştırma Grafiği**Tablo 3.** Simpson kuralı yardımıyla Parabol 1 üzerinde belirli aralıklarla noktaların koordinatlarının hesabı

L(m)	$\tau(rad)$	Sin τ	Cos τ	X(m)	Y(m)
0	0	0	1	0	0
50	0.001330	0.001333	0.999999	50.0000	0.0166
100	0.010666	0.010666	0.999940	99.9991	0.2666
117	0.017083	0.017083	0.999854	116.9975	0.4997
118	0.017525	0.017524	0.999846	117.9974	0.5170
119	0.017975	0.017974	0.999838	118.9972	0.5347
120	0.018432	0.018430	0.999830	119.9971	0.5529
121	0.018896	0.018895	0.999821	120.9969	0.5716
122	0.019369	0.019367	0.999812	121.9967	0.5907
123	0.019849	0.019847	0.999803	122.9965	0.6103
124	0.020337	0.020335	0.999793	123.9963	0.6304
125	0.020833	0.020831	0.999782	124.9961	0.6510
126	0.021337	0.021335	0.999772	125.9959	0.6721

Dördüncü dereceden parabol için hesaplamalar, iki ayrı parabol için ayrı ayrı yapılmıştır, Tablo 3 ve Tablo 4'de sunulmuştur. Bu hesaplamalar Simpson yöntemiyle, $L_E=250$ m ve $R=1000$ m alınarak yapılmıştır. Yatay koordinat hesaplamaları giriş değeri olarak yarıçap (R), geçiş eğrisi uzunluğu (L_E) ve yay aralıkları (ΔL) alınarak Excel tablosu yardımıyla hesaplanmıştır.

Tablo 3'de yapılan hesaplamalarda; 1'er metre aralıklarla koordinatlar hesaplanmıştır. 1'er metre aralıklarla hesaplama yapılabilmesi için yay uzunlukları $(1 \text{ m})/2 = 0.5 \text{ m}$ olarak seçilmiştir. Bu durum hesaplamaların daha hassas yapılmasını sağlamıştır. Parabol II için de aynı hesaplamalar yapılmıştır. Parabol

II'nin koordinat değerleri, geçiş eğrisinin son noktası olan E noktası orijin olarak alınan koordinat sistemi kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir (Şekil 3).

Tablo 4. Simpson kuralı yardımıyla Parabol 2 üzerinde belirli aralıklarla noktaların koordinatlarının hesabı

L(m)	$\tau(rad)$	Sin τ	Cos τ	X(m)	Y(m)
0	0	0	1	0	0
50	0.048666	0.048640	0.998820	49.9798	1.2331
100	0.089333	0.089210	0.996010	99.8539	4.7300
124	0.103660	0.103470	0.994630	123.7412	7.0505
125	0.104160	0.103970	0.994570	124.7359	7.1543
126	0.104660	0.104470	0.994520	125.7304	7.2585
127	0.105150	0.104950	0.994470	126.7249	7.3632
128	0.105630	0.105430	0.994420	127.7194	7.4684
129	0.106100	0.105900	0.994370	128.7138	7.5741
130	0.106560	0.106360	0.994320	129.7081	7.6802
131	0.107020	0.106810	0.994270	130.7024	7.7868
132	0.107460	0.107260	0.994230	131.6967	7.8938
133	0.107900	0.107690	0.994180	132.6909	8.0013

Parabol II ve Parabol I için seçilmiş ortak noktalar (Tablo 3 de kırmızı ile yazılmış koordinat değerleri ve Tablo 4 de mavi ile yazılmış koordinat değerleri) yardımıyla Helmert dönüşümü yapılmıştır. Helmert dönüşüm parametrelerini elde etmek için kullanılan ortak nokta koordinatları Tablo 5'de sunulmuştur.

Parabol II için koordinat sistemi tanımlanması amacıyla orijin olarak, geçiş eğrisinin sonu (Parabol II nin E noktası) olarak seçildiğinden Parabol I'i 250 m'ye

tamamlayan mesafeye karşılık olarak ortak nokta değerleri alınmıştır. Örneğin 133 m'ye karşılık gelen 117 m'dir.

Tablo 5. Ortak Noktalar ve Koordinat Değerleri

Parabol II			Parabol I		
L(m)	X(m)	Y(m)	L(m)	X(m)	Y(m)
124	-123.7412	7.0505	126	125.9959	0.6721
125	-124.7359	7.1543	125	124.9961	0.6510
126	-125.7304	7.2585	124	123.9963	0.6304
127	-126.7249	7.3632	123	122.9965	0.6103
128	-127.7194	7.4684	122	121.9967	0.5907
129	-128.7138	7.5741	121	120.9969	0.5716
130	-129.7081	7.6802	120	119.9970	0.5529
131	-130.7024	7.7868	119	118.9972	0.5347
132	-131.6967	7.8938	118	117.9974	0.5170
133	-132.6909	8.0013	117	116.9975	0.4997

Elde edilen dönüşüm parametreleri, diğer noktalara da uygulandığında, parabol II 'deki noktaların koordinatlarının parabol I'de ki karşılıkları hesaplanmış olur. Bu iki parabol arasında yapılan Helmert koordinat dönüşümü sonrasında hesaplanan 4. dereceden parabol koordinatları 50 m aralıklarla Tablo 6'da bulunmuştur.

Tablo 6. Dördüncü Dereceden parabolün koordinat değerleri

L (m)	X (m)	Y (m)
0	0.0000	0.0000
50	50.0000	0.0166
100	99.9992	0.2667
150	149.9861	1.3477
200	199.9069	4.0959
250	249.6507	9.1037

4. SONUÇ

Günümüzde ulaştırma yapılarının tasarımında doğru ve daire yaylarının dışında geçiş eğrilerinin kullanılması zorunluluk arz etmektedir. Ulaştırma yapılarında hız parametre değeri yükseldikçe; geçiş eğrilerinin yol konformu (yolun yapıldığı bölgeye ait uyumu) ve yol-araç dinamiğine ilişkin özellikleri ön plana çıkmaktadır. Klotoit, sinüsoid ve dördüncü dereceden parabol gibi geçiş eğrileri ulaştırma yapılarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Geçiş eğrilerinde koordinatların, Simpson kuralı kullanılarak hesaplanması, matematiksel olarak işlemleri kolaylaştırmaktadır. Bu sayede geçiş eğrilerinin koordinatları bilgisayar programı olmaksızın sayısal integrasyon yöntemleri ile yeterli hassasiyette hesaplanmaktadır.

Bu çalışmada Simpson kuralı kullanılarak klotoit, sinüsoid ve dördüncü dereceden parabol geçiş eğrilerinin koordinatları örnek bir uygulama için hesaplanmıştır. Dördüncü dereceden parabol

hesaplamaları, iki ayrı parabol halinde yapılmış ve yapılan hesaplamalarda 1'er metre aralıklarla koordinatlar hesaplanmıştır. Güzergahın 1 metre aralıklarla koordinat hesaplaması yapılabilmesi için yay uzunluğu 0.5 m olarak seçilmesi gerekmektedir. Geçiş eğrilerine ait yay parçalarının uzunluklarının küçük olarak seçilmesi neticesinde; Simpson kuralından hesaplanan koordinatların doğrulukları arzu edilen değerlere ulaşmaktadır.

KAYNAKÇA

- Bostancı B (2005). Klotoit Eğrisinde Yol Dinamiğinin İncelenmesi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı Mart, Ankara
- Baykal O (1996). On Concept of Lateral Change of Acceleration. ASCE, Journal of Surveying Engineering, Vol.122, No.3, 132-141
- Brustad T F & Dalmo R (2020). Exploring benefits of using blending splines as transition curves. *Applied Sciences*, 10(12), 4226.
- Brustad T F (2020). Preliminary studies on transition curve geometry: Reality and virtual reality. *Emerging Science Journal*, 4(1), 1-10.
- Koc W (2019). New transition curve adapted to railway operational requirements. *Journal of Surveying Engineering*, 145(3).
- Levent A, Sahin B, Habib Z (2018). Spiral transitions. *Applied Mathematics-A Journal of Chinese Universities*, 33(4), 468-490.
- Nutbourne A W, McLellan P M & Kensit R M L (1972). Curvature profiles for plane curves. *Computer-aided design*, 4(4), 176-184.
- Pırtı A (2000). Geçiş Eğrisi olarak Sinüzoid. *Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi*.
- Pırtı A & Aydın Ö (2000). Simpson Kuralının Geçiş Eğrileri Uygulamalarında Kullanımı. *Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi*
- Pırtı A (2009). *Geçiş Eğrisi Olarak 4. Dereceden Parabol, Jodezi ve Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, Sayı:101.
- Jacobs E (1987). Die Sinusoide als neuzetliches Trassierungselement, *Vermessung-Ingenieur Zeitschrift*.
- Spiegel M R (1963). Theory and problems of advanced Calculus (No. QA303 S65).
- Sahithi G, Prabhanjan N vd (2019) Comparison of Transition Curves In Terms of Lateral Acceleration and Lateral Jerk, *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, ISSN: 2277-3878, Volume-8, Issue-1, May 2019

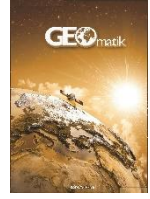




GEOMATİK

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/geomatik>

e-ISSN 2564-6761



2/B orman vasfını yitirmiş araziden tarım arazisine dönüşen taşınmazların toplu değerlemesi

Sultan Çınar*¹ , Fatma Bünyan Ünel² 

¹Mersin Üniversitesi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

²Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Toplu değerlendirme
Tarım arazisi değerlendirme
2/B Arazisi
Yapay sinir ağları
Çoklu Lineer Regresyon
Analizi

ÖZ

Taşınmaz değerlendirme; vergilendirme, sigortalama, kamulaştırma gibi birçok uygulamanın altlığını oluşturmakta ve gün geçtikçe önemi artmaktadır. Toplu değerlendirme sistemleri kurularak modern yöntemlerle otomatik değer kestirimleri yapılabilmektedir. Değer kestirimlerinin hassas bir şekilde en az hata ile yapılabilmesi, gerçekleşen alım-satım değeriyle mümkündür. Tarım arazilerinin toplu değerlendirme için kriterler çeşitlilik göstermekte olup taşınmaz değerini arazinin büyüklüğü, yapısı, verimi ve konumu etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı, Mersin ili Erdemli ilçesi Sarıkaya Mahallesi'ndeki 2/B arazilerinin resmi değerleri yardımıyla istatistik yöntemlerden Çoklu Lineer Regresyon (ÇLR) analizi ve modern değerlendirme yöntemlerinden Yapay Sinir Ağları (YSA) uygulanarak değer kestirimi yapmaktır. Orman vasfını yitirmiş 2/B arazilerinin tarım arazisine dönüşerek satışının gerçekleşmesi için tespit edilen toplam 414 parsel için resmi değerler ile model oluşturulmuştur. Performans analizinde R², Ortalama Mutlak Hata (OMH), Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH) ve Karesel Ortalama Hata (KOH) ele alınmıştır. ÇLR analizi için sırayla 0,72; 0,25; 0,20; 0,07 ve YSA için 0,88; 0,09; 0,07; 0,02 şeklinde bulunmuştur. Her iki modelin performansları incelendiğinde YSA modelinin resmi değere daha yakın olduğu tespit edilmiştir. Parsel ait konuma dayalı olarak resmi değerler, ÇLR ve YSA modellerinden elde edilen tahmin değerleri jeostatistik analiz yapılarak değer haritaları üretilmiştir. Değer haritalarının görsel değerlendirmeleri sonucunda da resmi değerlere en yakın YSA tahmin değeri olmuştur.

Mass valuation of real properties transformed from forest to agricultural land

Keywords

Mass Valuation
Agriculture Land Valuation
2/B Land
Artificial Neural Networks
Multiple Linear Regression
Analyze

ABSTRACT

The real estate valuation is the basis of many implementation such as taxation, insurance, expropriation and its importance is increasing day by day. Automatic value estimates can be made with modern methods by creating mass real estate appraisal systems. It is possible for value estimates to be made inprecision and the leasterror by the aid of the actual purchas and sale value. The criteria for mass real estimate valuation of agricultural land various and the size of the land, its structure, yield and location affect the the real estate value. The purpose of this study is to make value estimation by applying multiple linear regression analysis (MLR) from statistical methods and artificial neural networks (ANN) from modern valuation methods with the help of official values of 2/B lands in Sarıkaya neighborhood of Erdemli zone of Mersin province. Land of 2/B that has lost its forest function has been estimated with the references official values of a total of 414 parcels identified for sale by turning in to agricultural land. In the performance analysis R², mean absolute error (MAE), mean absolute percentage error (MAPE), and Mean Squared Error (MSE) were calculated. For MLR analysis, it was calculated as 0,720; 0,25; 0,20; 0,07 and 0,88; 0,09; 0,07; 0,02 for ANN. When the performances of both models were examined, it was found that the ANN model was closer to the real value. Based on the location of the parcel, the value maps was prepared by analyzing geostatistical to the real values, and the estimation values obtained from MLR and ANN models. As a result of visual evaluations of value maps, the ANN estimation value was the closest to real values.

*Sorumlu Yazar

(1902230171027@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-8721-0371
(fatmabunel@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-9949-640X

Kaynak Göster (APA)

Çınar S & Ünel F B (2022). 2/B Orman Vasfını Yitirmiş Araziden Tarım Arazisine Dönüşen Taşınmazların Toplu Değerlemesi. Geomatik Dergisi, 7(2), 112-127

1. GİRİŞ

Taşınmaz değerlendirme konusu gün geçtikçe ilgi odağı olmaktadır. Harita mühendisliği, inşaat mühendisliği, şehir ve bölge planlama, mimarlık, iktisat vb. disiplinler tarafından değerlendirme çalışmaları sürdürülmekte olup bazı kurumlar yeni bilirkişiler yetiştirme amaçlı eğitimler vermektedir (Hırsır, 2009; Saraç, 2012). Sürdürülebilirlik açısından mülkiyet insan hayatında büyük önem arz etmektedir. Bu kadar önem verilmesinin sebebi ise bir yatırım aracı olmasıdır. Bu yüzden taşınmaz değerlerinin belirlenmesi oldukça hassas bir konu olup, en doğru sonuca ulaşılması için çeşitli değerlendirme yöntemleri uygulanmaktadır (Metem & Yomralıoğlu, 2019). Dünya genelinde, özellikle gelişmiş ülkelerin taşınmaz değerlemesi alanında ciddi deneyim birikimleri vardır. Bu ülkelerde günümüzün sorunları; süreçlerin uyumlaştırılması, standartlaştırılması, tanım birliklikleri, meslek etiği ilkeleri olarak belirginleşmektedir (Köktürk, 2009).

Ülkemizde taşınmaz değerlendirme konusunun geçtiği birçok kanun, tüzük ve yönetmelik bulunmaktadır. Bunlara ek olarak her yıl yayınlanan bina birim maliyet cetveli, tapu harçları, gelir vergisinin asgari ölçütlerinin yayımlandığı tebliğler yer almaktadır. Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'nın 46. Maddenin Sosyal ve Ekonomik Haklar ve Ödevler kapsamında kamulaştırma bedelinden bahsetmektedir (Anayasa, 1982). Türk Medeni Kanununun 899. Maddesinde taşınmazın ipotek edilebilmesi için taşınmazın değerinin tespitinden söz etmektedir (TMK, 2001). Vergi Usul Kanunu; 49, 72, 73 ve 74. Maddelerinde araziye ait asgari ölçüde birim değer tespiti için gerekli olan takdir komisyonu hakkında konuları ele almaktadır (Vergi Usul, 1961). Emlak Vergisi Kanununun 12-21. Maddesi arazi değeri, vergi oranları, tarh ve tahakkuk konuları yer almaktadır (Emlak Vergisi, 1970). Kamulaştırma Kanunu, 4, 7, 10, 11 ve 12. Maddesinde kamulaştırma ya da irtifak hakkı bedelinin mahkemece tespiti, tespit edilecek planı ve net gelir kriteri bulunmaktadır (Kamulaştırma, 1983). Kadastro Kanununun 36. Maddesinde arazi çalışmaları için emlak vergi beyanlarına göre Harçlar Kanunu tarifesi üzerinden kadastro harcı tahakkuk ettirilir (Kadastro, 1987). Tapu Kanununun 10 ve 14. Maddesinde denizlerin med ve cezrinden dolduğu yerler ile sahipsiz yerlerin satışında gayrimenkul değeri konusu geçmektedir. 18. Maddede kıymetlerin vergi matrahının baz alındığı belirtilmektedir (Tapu, 1983). İmar Kanunu arazilerin yapı inşası için arsa düzenleme ve yapı inşaa etme koşullarını içermektedir. Kanununun 18. Maddesi Arazi ve Arsa Düzenleme Esasları kapsamında bedel takdiri mevcuttur. 42. Maddesi Hâlihazır haritaların, imar planlarının ve Yapı Projelerinin Hazırlanması ve Uygulanması; Ek Madde 8'de imar planı değişikliğindeki değer artışı için rapor hazırlanmaktadır (İmar, 1983).

Taşınmazdan vergi almak, kamulaştırmak ya da devletleştirmek, taşınmazlar üzerinde bir hak tesis etmek, anlaşmazlık durumunda taşınmaz kiralalarını belirlemek, miras paylaşım vb. işlemleri yürütmek için taşınmazların piyasa değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca özelleştirme, toprak düzenlemeleri, tescile esas işlemler, imar uygulamaları,

kentsel dönüşüm gibi kamusal uygulamalar ile sermaye piyasası, bankacılık, kredilendirme, sigortacılık gibi özel sektör uygulamalarında taşınmazın değerine ihtiyaç duyulmaktadır (Açlar & Çağdaş, 2008; Erdem, 2018a). Vergi, mahkeme, sigorta, vb. hesaplamaların piyasadaki alım-satım değerleri ile işlem yapılması, taşınmazların geçmiş değerleri ile günümüz değerlerinin karşılaştırılıp gelecekteki değer kestirimini yapılması için taşınmaz değerlendirme sistemi kapsamında değer, taşınmaz özelliklerinin tutulduğu bir veri tabanına ihtiyaç vardır (Erdem, 2017; 2019).

Almanya'nın Saxony-Anhalt eyaletinde tarım arazilerinin fiyatlandırılmasında kurumsal piyasanın rolünü araştırmak için bölgedeki tarım arazilerinin hektar başına düşen piyasa değerleri toplanmıştır. Tarım arazilerinin değerine etki eden kriterleri; toprak kalite numarası, parselin toplam boyutu, arazinin otlak alanı, bahçe alanı, orman alanı ve yapılabilecek tarımsal inşaat alanı şeklinde ele alınmıştır. Değer tahmini için üç model geliştirilmiştir ve bütün modellerde parselin boyutu ve toprak kalitesi değeri en fazla etkileyen kriter olarak bulunmuştur (Hüttel vd., 2016). Çin'deki tarım arazilerinin kiralalarını etkileyen kriterlerin belirlenmesi konusunda araştırmalarını gerçekleştirmişlerdir. Kriterler araziden elde edilen tahıl miktarı, arazi boyutu, kiralama deneyimi, ailede çiftçilikle uğraşan kişi sayısı, doğal afetler, arazinin yüksekliği, platoların durumu, ekilebilir alan boyutu, arazinin dağlık olma durumu, arazinin düz olma durumu şeklinde sıralanmıştır. Çin hükümetinin tarım destekleyici yardımlarının %10 artması üzerine tarım arazisi kiralalarının da %1 arttığı sonucuna ulaşmışlardır (Zhang vd., 2020).

Tarım arazilerinin değerini etkileyen kriterlerin tespit edilmesi için İzmir ilinin Bergama, Ödemiş, Torbalı, Bayındır ve Tire ilçesinde 21 kriter (parselin büyüklüğü, konumu, tasarruf şekli, eğim, şekil, vb.) (Öztürk vd., 2017) ile Konya ilinin Çumra ilçesinde 10 adet kriterle (nüfus, yerleşim birimine uzaklık, yola uzaklık, arazi genişliği, verimi, ulaşım olanakları, sulama olanakları, sağlık koşulları, arazi biçimi ve arazi piyasası) sulanabilir tarım arazilerin değerleri toplanarak gerçekleştirilmiştir. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Gri İlişkisel Analizi (GIA) ile pazar değeri ve gelir yöntemi yöntemleri kullanılarak test edilmiştir (Karakayacı vd., 2016).

Tarım arazilerinin değerine etki eden kriterler araştırılırken aynı zamanda bu kriterlerin gruplandırılması işlemi yapılmıştır. Kriterler içsel (tarım arazisinin sahip olduğu hukuki haklar, fiziki özellikler ve tarımsal özellikler) ve dışsal etkiler (çevresel etmenler, bulunduğu konumdan kaynaklanan kriterler, üzerine uygulanmak istenen planlar) şeklinde kategorilere ayrılmıştır. Asiama vd., (2018) yapmış oldukları araştırmalarında Gana'daki kırsal bölgede yaşayan halkın görüşleri alınarak geleneksel kırsal alanların (tarım arazilerinin) değerlerinin belirlenmesi konusunu incelemişlerdir. Arazi değerine etki eden kriterler bölgede yaşayan halk tarafından belirlenip ağırlıklandırılmıştır. Arazinin değerine etki eden kriterler içsel etkiler; fiziksel özellikler, yasal özellikler ve tarımsal verimlilik şeklinde ele alınırken dışsal etkiler; konumsal özellikleri ve plan düzeni olarak grupların alt başlıkları incelenmiştir. Bölgedeki

çiftçilerden yardım alınarak durum analizi, duyarlılık analizi (ağırlıklandırma) ve otomatik değerlendirme (GIS ortamında çoklu regresyon analizi) modeli yöntemleri ile kriterlerin ağırlıklandırılması sonucunda fiziksel özelliklerin altında yer alan "yükseklik" kriterinin değer üzerine etkisinin en az olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yasal özelliklerden "arazi mülkiyeti" ve konumsal özelliklerinden "yola yakın olması" kriterlerinin değere en çok etki eden iki kriter olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Taşınmaz değerlendirme konularına göre lisansüstü tezlerini inceleyen (Erdem, 2018b; Ünel & Yalpir, 2019) iki çalışma bulunmakta olup arsa, arazi ve konut türleri kapsamında taşınmaz değerini etkileyen kriterler, kriterlerin gruplanması ve kullanılan yöntemlere göre irdelenmiştir (Ünel & Yalpir, 2019).

Değer kestiriminde geleneksel, istatistikî, konumsal analiz ve modern değerlendirme yöntemleri kullanılmaktadır. Geleneksel değerlendirme yöntemleri toplu değerlendirme için yeterli olmaz iken istatistikî yöntemler ise genellikle modern yöntemleri doğrulamak amacıyla kullanılmaktadır (Ünel & Yalpir, 2013). Örneğin Selim & Demirbilek, (2009) yapmış oldukları çalışmada, konut kiralarının değer analizi hedonik regresyon modeli ile gerçekleştirilip yapay sinir ağı modeli ile de doğrulamaya gidilmiştir. Hedonik regresyon modeli ve YSA modelinin tahmin ettiği değerler ile fiili kira değerleri kıyaslanmış ve YSA modelinden elde edilen kira değerleri fiili kira değerlerine daha yakın bulunmuştur. Derinpınar & Aydınoglu, (2015) yapmış oldukları çalışmada nominal değerlendirme yöntemi ve modern değerlendirme yöntemlerinden bulanık mantık yöntemini kullanılmış ve taşınmaz türü olarak arazi ele alınmıştır. Nominal değerlendirme yönteminde her bir kriter için farklı ağırlıklandırma gerekiyorken, bulanık mantıkta faktörlere göre genel yaklaşımlar belirlendiği sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmada tarım arazilerinin değerine etki eden kriterlerin belirlenmesi ayrıca kriterlerin hangi yöntemle uygulandığı konularında literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Geçmişten günümüze literatür incelendiğinde; değere etki eden kriterlerin her geçen yıl daha da fazlaştığı gözlemlenmiştir. Bu durum da geçmişten günümüze değerinin öneminin ve kıymetinin arttığını gözler önüne sermektedir (Bahar, 2007; Savuran, 2008; Koç, 2011; Saraç, 2012; Karaca & Yayar, 2014; Başer, 2015; Demetriou, 2016; Başer & Kılıç, 2016; Öztürk vd., 2017; Özen & Şişman, 2019; Zhang vd., 2020).

Bu çalışmanın amacı; orman niteliğini yitirip (2/B arazisi) orman sınırları dışına çıkarılan tarım arazilerinin resmi değer olarak kabul edilen Kıymet Takdir Komisyonu tarafından belirlenen değerleri "Çoklu lineer regresyon analizi" (ÇLR) ve "Yapay sinir ağları" (YSA) yöntemleri ile analiz etmek, modellerin performansları ve değer haritaları üzerinden karşılaştırma yapmaktır. Toplu değerlendirme işlemi için öncelikle kriterler literatürdeki çalışmalarda kullanılanlar dikkate alınarak tespit edilmiştir. Kriterlere göre 414 adet parselin verileri toplanmış ve değerlendirme için hazır hale getirilmiştir. Değer tahmini için ÇLR ve YSA yöntemleri uygulanarak modeller üretilmiş ve değer tahminleri sonuçları ile

performansları analiz edilmiştir. Resmi değer, ÇLR ve YSA tahmin değer haritalarının oluşturulmasında ArcGIS yazılımı kullanılmıştır. Taşınmaz değerlendirme konusu üzerine gerçekleştirilen bu çalışma, taşınmaz türü olarak 2/B tarım arazisinin seçilmesi, resmi arazi değerleri ile değerlendirme modellerinin üretilmesi ve tarım arazileri için modern değerlendirme yönteminin kullanılması yönlerinden özgünlük taşımaktadır.

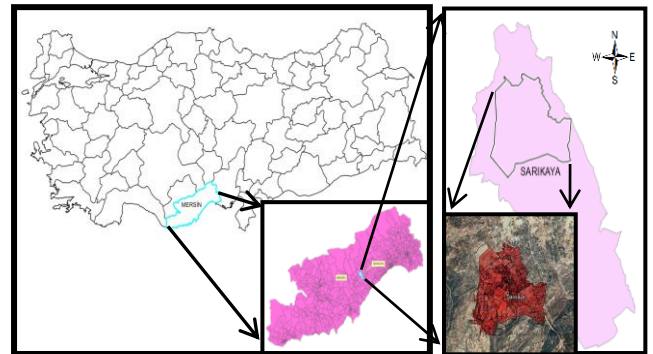
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Doğu Akdeniz'de bulunan Mersin ili Erdemli ilçesine bağlı Sarıkaya Mahallesi, çalışmanın alanı olarak belirlenmiştir. Orman alanları ile çevrili olan mahallede yoğun 2/B arazilerinin bulunması nedeniyle özellikle seçilmiştir. Mahalledeki 414 adet 2/B arazisine ait; taşınmaz bilgileri (taşınmaz no, ada/parsel) ve kıymet takdir komisyonunun belirlediği 12 Şubat 2020 tarihli raporda belirtilen birim m² bedeli (resmi değerleri) Erdemli Millî Emlak Şefliği'nden, parsellerin alanı ve konumsal özellik bilgileri (ilçeye, yola, en yakın köye vb. mesafeleri) Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün "parsel sorgu" uygulamasından temin edilmiştir.

2.1.1. Çalışma Alanı Hakkında Bilgi

Mersin ili, Erdemli İlçesinde yer alan Sarıkaya Mahallesi'nin rakımı 1300 m olup yaklaşık ilçe merkezine 31 km, il merkezine 75 km uzaklıktadır (Şekil 1). Günün her saatinde toplu taşıma araçları olduğundan ulaşım problemi yaşanmamaktadır. Köyde ilköğretim okulu ve tam teşekküllü bir aile sağlık merkezi bulunmaktadır. Yazın hissedilen sıcaklık Erdemli'de ortalama 30-35 °C iken Sarıkaya Mahallesi'nde ortalama 20-25 °C'dir. Bu nedenle yayla olarak da değerlendirilen mahallede nüfus 651'den (TÜİK, 2020) 5000'e kadar artış göstermektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı

Mahalle sakinlerinin geçim kaynağı; bitkisel üretim ve hayvancılıktır. Hayvancılık olarak küçükbaş ve büyükbaş besiciliği gelişmiştir. Bitkisel üretim olarak bölgede en çok yetiştirilen tarım ürünleri; elma, şeftali ve kirazdır. Bunların yanı sıra ceviz, armut, ayva, buğday, arpa, nohut, domates ve salatalık da yetiştirilmektedir. Köyden on aileye Kaymakamlık tarafından Sosyal Riskleri Azaltma Projeleri kapsamında ikişer dönümlük arazilere dikilmek üzere iki bin kök

2/B arazilerini tarım arazisi olarak kullanabilmektedir. Bu durumda 2/B arazilerinin değer kavramı ortaya çıkmaktadır.

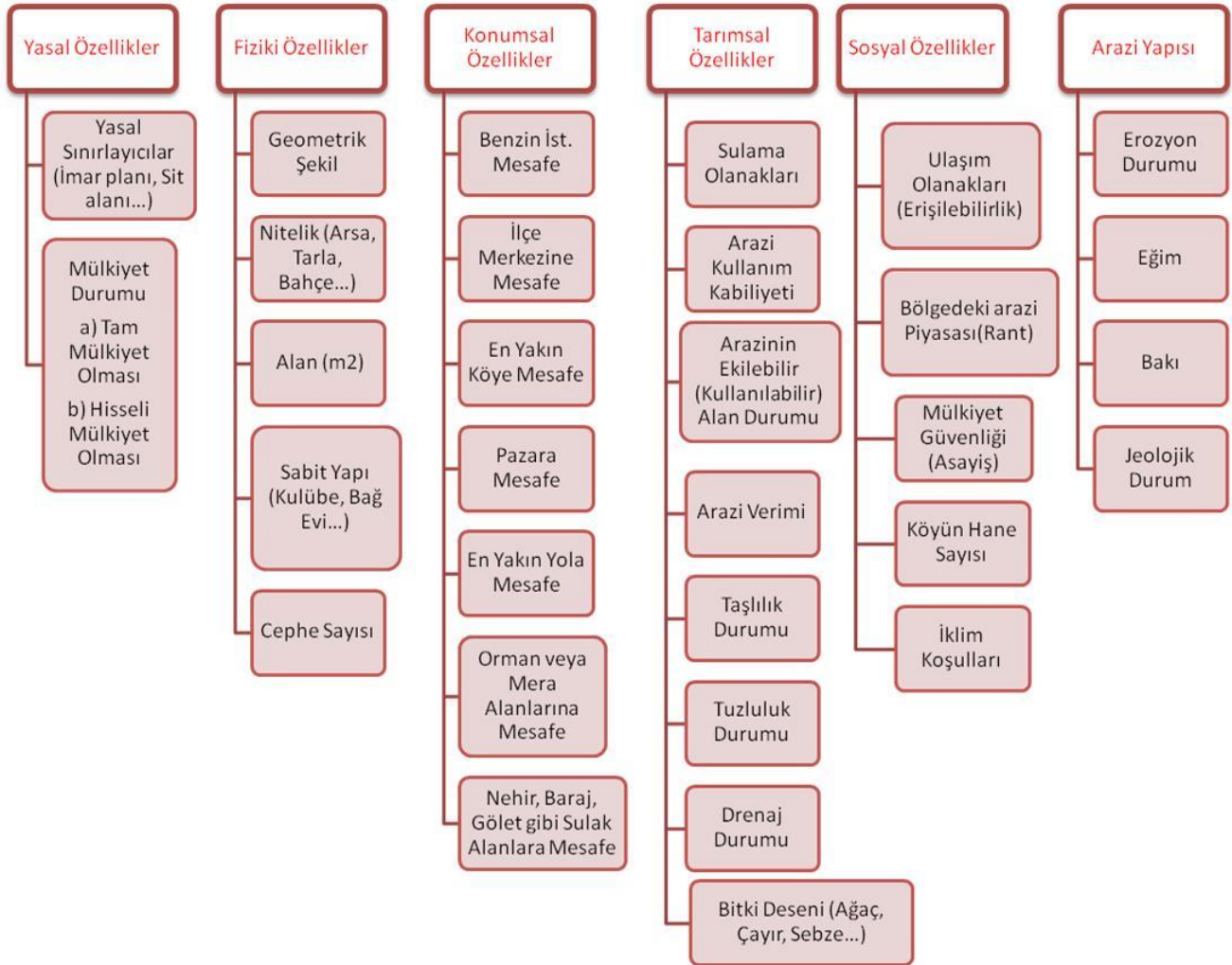
Genel anlamda taşınmazlar; türlerine, kullanım amaçlarına ve hizmet şekillerine göre farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklara göre arazi, arsa ve bina şeklinde sınıflandırılmaktadır. Binalar da hizmet şekillerine göre konut, ticari ve endüstri alanları olarak farklı türlere ayrılmaktadır. Arsa; şehrin gelişme öngörülerine göre yerel yönetimlerce bölünmüş toprak parçası iken, arazi; kentsel düzenlemeye girmemiş bağ, bahçe, tarla gibi çeşitli amaçlarla kullanılan ya da hiç bir şekilde kullanılmayan yeryüzü parçasıdır (Yalprı & Ünel, 2016). Konut yapımına ayrılan arsa ile tarım faaliyetlerinin gerçekleştirildiği arazi iki temel grup olarak düşünülmüştür. Hazırlanan bu çalışmanın ana materyalini kırsal alanda bulunan tarım arazileri oluşturmaktadır. Bu tarım arazileri orman vasfını yitirmiş ve 2/B arazisi olarak tanımlanan tarım arazileridir.

2/B arazilerinin satışı gerçekleştiğinde tapu siciline "Tarım Arazisi" olarak tescil edilmektedir.

Taşınmazlarla ilgili olarak tapu sicilinde işlem yapmaya, illerde defterdar veya görevlendireceği memur, ilçelerde varsa milli emlak müdürü, yoksa mal müdürü yetkilidir (Hazine Taşınmazlarının İdaresi Hakkında Yönetmelik, 2007).

2.1.3. Tarım Arazilerinin Değerine Etki Eden Kriterler

Taşınmaz değerini etkileyen bir çok kriter bulunmaktadır. Arazi, arsa, konut, ticari, gibi taşınmaz türüne, bölgelere ve kişilere göre değişiklik göstermektedir. Tarım arazilerinin değerine etki eden kriterler literatür taramaları sonucunda elde edilmiştir (Şekil 3). (Keskin, 2003; Hurma, 2007; Başer & Dizdar, 2009; Bulut, 2011; Koç, 2011; Karakayacı & Karakayacı, 2012; Uematsu vd., 2013; Çoşar & Engindeniz, 2011; Başer, 2015; Hüttel vd., 2016; Demetriou, 2016; Başer & Kılıç, 2016; Karakayacı vd., 2016; Öztürk vd., 2017; Dedeoğlu & Dengiz, 2018; Meyer & Früh-Müller, 2020). Bu çalışmada bazı kriterlere ulaşılmadığından kullanılamamıştır.



Şekil 3. Tarım arazilerinin değerine etki eden kriterlerin sınıflandırılması

2.2. Yöntem

Taşınmazın değer tahmin işlemleri yapılırken özellikle geleneksel yöntemlerde taşınmazın cinsi önemli bir özelliktir. Konutlar için maliyet yöntemi

tercih edilirken arsalarda emsal karşılaştırma yöntemi kullanılarak değerlendirme yapılmaktadır. Tarım arazilerinin değerlemesinde ise genellikle gelir yöntemi tercih edilmekte olup kapitalizasyon oranı kullanılmaktadır (Engindeniz, 2010; Engindeniz vd.,

2015; Okan & Engindeniz, 2016). Üzerinde ekili-dikili ürünlerden elde edilmiş ya da edilecek net gelir hesaplanıp kapitalizasyon oranına bölünmesiyle taşınmazın değeri hesaplanmaktadır. Bu çalışmada ele alınan 2/B arazilerin cinsi de tarım arazisi kategorisindedir. Bahsi geçen literatür çalışmalarında bilgisayar yazılımları yardımıyla modern değerlendirme yöntemleri kullanılarak farklı taşınmaz türleri için matematiksel modeller oluşturulmaktadır. Regresyon, hedonik, nominal gibi istatistiksel yöntemler ile yapay sinir ağları, bulanık mantık, genetik algoritma, kaba küme, rasgele orman gibi modern yöntemlere başvurulmuştur. Tarım arazilerinin değerine etki eden kriterlerin ağırlıkları oranında değer tahmini yapılarak bir grup taşınmazın bir arada toplu değerlendirilmesinde, geleneksel yöntemlere kıyasla daha fazla olasılık ile objektif, hızlı ve doğru sonuçlar elde edilebilmektedir.

Kıymet Takdir Komisyonu tarafından belirlenen resmi değerler temel alınarak 2/B arazilerinin kriterler ölçüsünde değer tahmini yapılmıştır. Değerleme işlemi için istatistiksel taşınmaz değerlendirme yöntemlerinden "Çoklu Lineer Regresyon Analizi" (ÇLR) ve modern taşınmaz değerlendirme yöntemlerinden "Yapay Sinir Ağları" (YSA) kullanılmıştır. ÇLR analizi için IBM SPSSv20 programı, YSA için ise MATLAB R2018a uygulaması kullanılmıştır.

2.2.1. Çoklu Lineer Regresyon Analizi

Çoklu lineer regresyon analizi iki ya da daha fazla değişken arasında bir bağlantı olup olmadığını, eğer bağlantı varsa bunun nasıl gösterileceğini anlatmak için kullanılır. Değişkenlerden birini veya değişkenin kategorisini önceden saptanan düzeylerde tutarak diğer değişkenin bu düzeye göre nasıl değiştiğini inceleme esasına dayanır. ÇLR modern istatistikte bilinenler yardımıyla bilinmeyen bulma olarak da yorumlanır (Akış, 2013).

Birçok değişkenin yani kriterlerin aynı anda analiz edilip değerlemeye etkisi bulunabilmektedir. Bu yöntem sayesinde değer üzerinde hangi kriterin ne kadar etken olduğu belirlenebilmektedir. Örneğin tarım arazilerinin değerlemesinde arazinin alanı, mülkiyet durumu, geometrik şekli gibi kriterlerin değerini ne ölçüde etkilediği hesaplanabilmektedir.

Birden fazla bağımsız değişken kullanılarak yapılan ÇLR analizinde;

$x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}$ bağımsız değişkenleri ve y_i bağımlı değişkeni göstermek üzere en genel Eşitlik (1) kullanılmıştır (Gökgöz, 2020).

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + u_i \quad (1)$$

y_i : Bağımlı değişken (2/B tarım arazisinin resmi değeri),

$x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}$: Bağımsız değişkenler (alan, mülkiyet durumu, arazi kullanabilme kabiliyeti, ...)

β_0 : Sabit katsayı

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$: Değişken katsayıları şeklindedir.

u_i : Bozulma veya hata terimi.

2.2.2. Yapay Sinir Ağları

Sinir sistemi, birbiriyle bağlantılı çalışan çok fazla sayıda sinirden meydana gelmiştir. Yapay sinir ağları; insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapıları; bir başka deyişle, biyolojik sinir ağlarını taklit eden bilgisayar programlarıdır (Şengöz, 2017). Yapay zekâ tekniği olarak da adlandırılan bu yöntem, insan beyninin öğrenme sürecinin tekrarlanmasıyla geliştirilmiştir (Alpaslan, 2015).

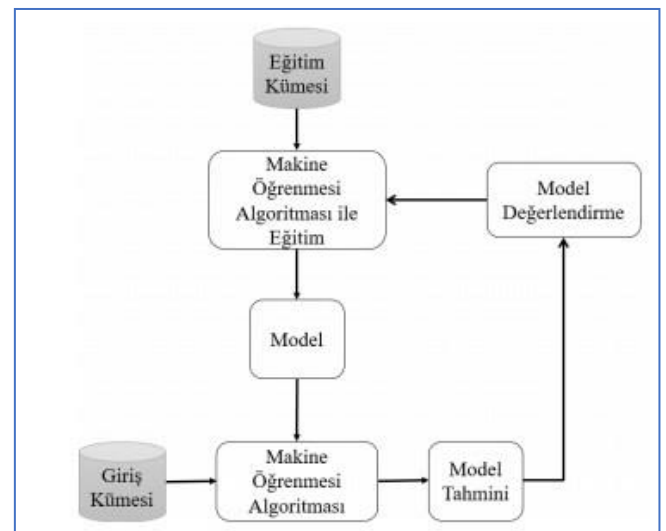
Yapay bir sinir ağının temel çalışma adımlarını şu şekilde sıralamak mümkündür (Beşer, 2015).

- Çalışma setinden uygun setin seçimi ve girdi vektörünün sinir ağına uygulanması
- Sinir ağının çıktı değerinin hesaplanması
- Sinir ağının çıktı değeri ile ulaşılmak istenen değer arasındaki hatanın hesaplanması
- Hataları en aza indirgeyecek sinir ağı ağırlığının hesaplanması
- Hatalar kabul edilir düzeye gelene kadar devam etmek

Yapay Sinir Ağlarının Temel Bileşenleri

Yapay sinir ağları, öğrenme algoritması ve aktivasyon fonksiyonu olmak üzere iki temel bileşenden oluşur.

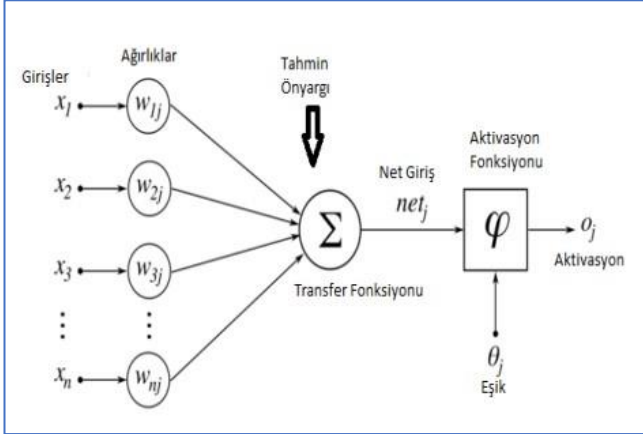
Öğrenme algoritması, temel hedef eldeki verilerden yola çıkarak farklı olasılıkları hesaplamak ve gerçekleştirebilecek ihtimalleri ortaya koymaktır. Yapay sinir ağlarının kullanım alanları artmaktadır (Gültepe, 2019). Yapay sinir ağlarında kullanılan çok sayıda öğrenme algoritmaları bulunmaktadır. En çok kullanılan öğrenme algoritmaları; Hebb, Delta, Geri Yayılma (Genelleştirilmiş Delta), Kohonen, Hopfield ve Enerji Fonksiyondur (Alpaslan, 2015).



Şekil 4. Temel makine öğrenmesi (Gültepe, 2019)

Aktivasyon fonksiyonunda yapay sinir hücresi girdi verileri üzerinde işlem yaparak buna karşılık gelen net çıktı sonuçları elde eder. Bu fonksiyon genellikle doğrusal değildir. Fonksiyonun doğru seçilmesi, performansı etkileyeceği için önem arz etmektedir

(Öztürk & Şahin, 2018). Geri beslemeli ağlarda, türevi kolay bulunabilen fonksiyon tercih edilmelidir. Günümüzde en yaygın olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmaktadır (Şengöz, 2017).



Şekil 5. Yapay sinir ağı (Öztürk & Şahin, 2018)

- Sigmoid (lojistik) aktivasyon fonksiyonu; değeri 0 ve 1 arasında sıkıştırmasından dolayı bir olayın olma olasılığını bulan modellerde kullanılır.
- Tanh (hiberbolik tanjant) aktivasyon fonksiyonu; sigmoid fonksiyonuna benzer, fakat tanh -1 ile 1 arasında değer alır. Negatif sayılardan negatif, sıfırdan sıfır ve pozitiften pozitif değer döndürmesi avantajlarından biridir.

- ReLU (rectified linear unit) doğrultulmuş doğrusal birim; konvolüsyonel sinir ağlarında ve derin öğrenmede çoğunlukla kullanılır (Taşkıran, 2021).

Sistemin doğru olarak eğitilebilmesi için mutlaka sonuçları önceden bilinen bir eğitim setine ihtiyaç vardır. Sistem öncelikle bu eğitim setiyle eğitilir ve sonrasında sonucuna ihtiyaç duyulan problem veri setine uygulanır (Özkan & Yalprı, 2005; Ergin, 2013). Yapay sinir ağları modellerinin uygulanmasında da bazı sorunlar meydana çıkmaktadır. Bu sorunlar:

- Yapay sinir ağlarının kullanımının kolay olmaması
- Farklı yapay sinir ağları arasında sonuçların tutarsızlığı
- Aynı yapay sinir ağı yazılımının sonuçlarında da farklılıklar olabilmesi
- Yöntemin oldukça uzun zaman süreci gerektirmesidir (Alpaslan, 2015).

Yapay sinir ağları modelinin kullanımında veri setinin homojen şekilde dağılımın sağlanması amacıyla veri sayısı istenen oranda dağılımı gerçekleştirilebilir. Genel anlamda %70 eğitim ve %30 test olarak oranlar belirlenmektedir. Böylelikle sinir ağının öğreneceği ve test edeceği verilerin kullanıcı tarafından belirlenmesi sağlanmaktadır. Hazırlanan bu çalışmada da aynı oranlar veri setine uygulanmıştır (İlhan & Öztürk, 2020; Yalprı vd., 2014; Ünel & Yalprı, 2018).

<p>Sigmoid Fonksiyonu</p> $S(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}}$	
<p>Tanh Fonksiyonu</p> $\tanh x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$ <p>$\tanh(x) = 2 \text{ sigmoid}(2x) - 1$</p>	
<p>ReLU Fonksiyonu</p> $f(x) = \max(0, x)$	

Şekil 6. Aktivasyon fonksiyonları (Makinist, 2018)

3. BULGULAR

3.1. Veri Setinin Hazırlanması

Sarıkaya Mahallesi'nin özelliklerine uygun olarak 2/B tarım arazilerinin değerine etki eden 22 kriter belirlenmiş ve standartlaştırma kısıtları sunulmuştur (Tablo 1). Kriterler "Tapu Bilgileri, Fiziki Bilgiler,

Konum Bilgileri, Tarımsal Özellikler, Sosyal Özellikler ve Arazinin Yapısı" başlıkları altında toplanmıştır. Toplu değerlendirme amacıyla kriterler standartlaştırılmış ve resmi değerlerin uyumlu olup olmadığı araştırılmıştır. Her bir örneklemin kriterlere ait verileri düzenlenerek analize hazır hale getirilmiştir.

Tablo 1. 2/B arazilerinin değer tahmini gerçekleştirilirken baz alınan kriterler ve standartları

Sıra No	Kriter No	Kriterler	Kaynaklar	Standartlar
	*	Bağımsız Değişkenler		
	1.	Tapu Bilgileri		
	1.1.	Ada/Parsel		
	1.2.	Taşınmaz no		
	2.	Fiziki Özellikler		
1	2.1.	Geometrik Şekil	(Başer & Kılıç, 2016; Hurma, 2007; Koç, 2011; Demetriou, 2016; Karakayacı vd., 2016; Öztürk vd., 2017)	Kare: 1, Dikdörtgen: 2, Yamuk: 3
2	2.2.	Nitelik (Arsa, Tarla, Tarım arazisi + kâgir ev...)	(Hüttel vd., 2016)	Tarla: 1, Kâgir Ev+ Tarla:2
3	2.3.	Alan (m ²)	(Hüttel vd., 2016; Koç, 2011; Demetriou, 2016; Okan & Engindeniz, 2016; Karakayacı vd., 2016; Meyer & Früh-Müller, 2020)	m ²
4	2.4.	Cephe sayısı		Parselin kenar sayısı
	3.	Konumsal Özellikler		
5	3.1.	Benzin İstasyonuna Mesafe		km
6	3.2.	İlçe Merkezine Mesafe	(Başer, 2015; Plantinga & Miller, 2001; Karakayacı vd., 2016; Öztürk vd., 2017; Bozdağ & Ertunç, 2020)	km
7	3.3.	En Yakın Köye Mesafe	(Başer, 2015; Koç, 2011; Demetriou, 2018; Öztürk vd., 2017)	km
8	3.4.	Pazara Mesafe	(Başer, 2015; Koç, 2011; Öztürk vd., 2017)	km
9	3.5.	En Yakın Yola Mesafe	(Başer & Dizdar, 2009; Plantinga & Miller, 2001; Karakayacı vd., 2016; Öztürk vd., 2017)	km
10	3.6.	Orman ve Mera Alanlarına Mesafe	(Sylla vd., 2019; Hüttel vd., 2016)	km
	4.	Tarımsal Özellikler		
11	4.1	Sulama Olanakları	(Çoşar & Engindeniz, 2011; Koç, 2011; Demetriou, 2016; Karakayacı vd., 2016; Öztürk vd., 2017)	Var: 1 Yok: 2
12	4.2	Arazi Kullanım Kabiliyeti	(Teknik Talimat, 2018)	1-8 arazi sınıfı
13	4.3.	Drenaj Durumu	(Demetriou, 2016; Dedeoğlu & Dengiz, 2018; Meyer & Früh-Müller, 2020)	Kötü: 1, Orta: 2, İyi: 3
14	4.4.	Arazi Verimi	(Başer, 2015; Hurma, 2007; Demetriou, 2018; Öztürk vd., 2017; Meyer & Früh-Müller, 2020)	Kötü: 1, Orta: 2, İyi: 3
15	4.5.	Taşlılık Durumu	(Başer, 2015; Hurma, 2007; Öztürk vd., 2017; Dedeoğlu & Dengiz, 2018)	Çok: 1, Orta: 2, Az: 3
16	4.6.	Tuzluluk Durumu	(Başer, 2015; Öztürk vd., 2017)	Var: 2, Yok: 1
17	4.7.	Bitki Deseni	(Hüttel vd., 2016; Gündoğmuş & Uyar, 2016; Karakayacı vd., 2016; Öztürk vd., 2017)	Çayır: 1, Sebze: 3, Ağaç: 5
	5.	Sosyal Özellikler		
18	5.1.	Ulaşım Olanakları	(Karakayacı vd., 2016)	Yok: 1, Orta: 2, İyi: 3
19	5.2.	Arazi Piyasası	(Plantinga & Miller, 2001; Hurma, 2007; Karakayacı vd., 2016)	Az: 1, Orta: 2, İyi:3
20	5.3.	Mülkiyet Güvenliği (Asayiş)	(Plantinga & Miller, 2001)	Az: 1, Orta: 2, İyi:3
	6.	Arazi Yapısı		
21	6.1.	Erozyon Durumu	Teknik Talimat, 2018	
22	6.2.	Eğim	(Asiama vd., 2018; Çoşar & Engindeniz, 2011; Hurma, 2007; Demetriou, 2016; Dedeoğlu & Dengiz, 2018)	Çok:1 Orta:2 Az:3
	**	Bağımlı Değişken		
23	7.	Arazinin değeri		

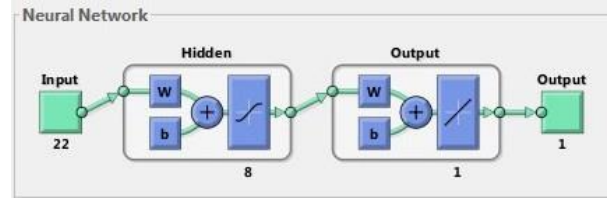
$0,032 * \text{mülkiyet güvenliği} - 0,013 * \text{sulama olanakları} - 0,063 * \text{arazi kullanım kabiliyeti} + 0,002 * \text{drenaj durumu} - 0,018 * \text{bitki deseni} + 0,057 * \text{erozyon durumu} - 0,039 * \text{eğim}$

olarak hesaplanmıştır.

ÇLR modeli incelendiğinde, değere en büyük etkisi olan kriterin alan (0,566) olduğu gözlemlenmiştir. Alanın bir birim artması ile değer 0,566 birim artacaktır. Diğer kriterlerin etkisi oldukça düşük olup alandan sonra benzin istasyonuna mesafe (0,095), ilçe merkezine mesafe (0,065) ve arazi kullanım kabiliyeti (0,063) şeklinde sıralanmaktadır.

3.3. Yapay Sinir Ağları Analizinin Modeli

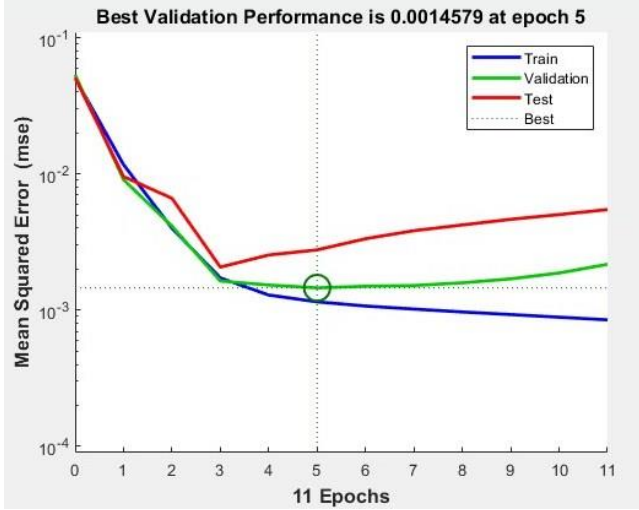
Normalize edilmiş veri setine "Yapay Sinir Ağları" modeli uygulanmıştır. Yazılıma girdi olarak bağımsız değişkenler, çıktı olarak da bağımlı değişken olan taşınmazların resmi değerleri atanmıştır. Şekil 8'de görüldüğü gibi ilişki kurularak öğrenmenin gerçekleşeceği sinir ağında girdi 22, çıktı 1 alınmış olup nöron sayısı 8 olarak belirlenmiştir.



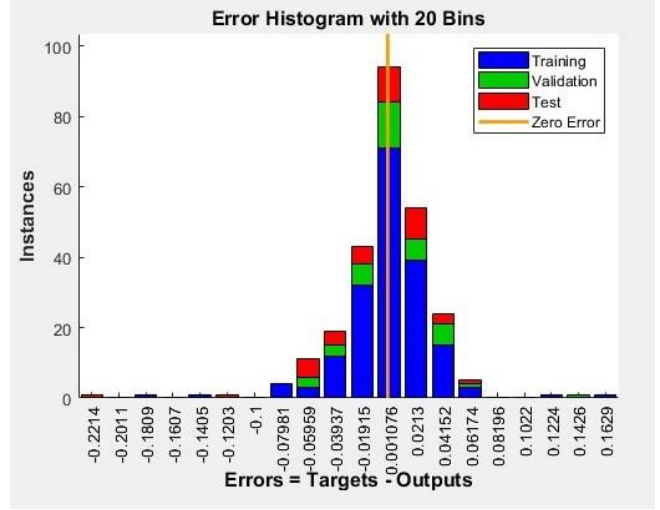
Şekil 8. Yapay sinir ağı modeli

Sinir ağında toplamda 414 parsel bulunan veri seti yine ÇLR analizine benzer şekilde %70 (290 parsel) eğitim, %30 (124 parsel) test amaçlı ayrılmıştır. 11 Epok iterasyon yapılarak YSA analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 9).

Yapay sinir ağı eğitilmiş ve elde edilen eğitim ve test verileri incelenmiştir. R^2 değerinin bir ve bire yakın olması gerekmele birlikte test değerlerinin tutarlılığı önemlidir. Çünkü sinir ağının öğrenmesi çok iyi olsa bile test aşamasında istenen doğruluk sağlanamayabilir ya da öğrenme doğruluğu çok iyi olmamasına rağmen test değeri istenen düzeyde ise bu da istenen bir durum olmayabilir. Bu durum sinir ağının ezber yaptığının göstergesi olarak görülebilmektedir.

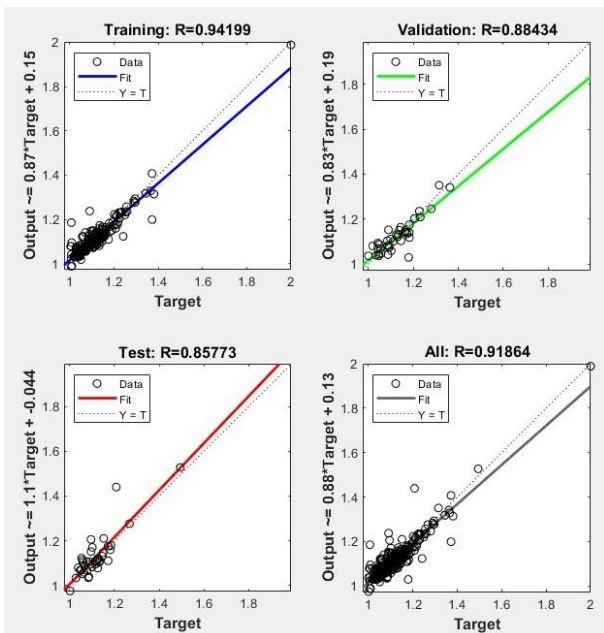


a. YSA doğrulama performansı



b. YSA hata histogramı

Şekil 9. Yapay sinir ağı modelinin doğrulama performansı (a) ve hata histogramı (b)



Şekil 10. YSA modelinin çıktı dağılımları ve R değeri

YSA doğrulama performans grafiğine göre hata miktarı azalarak 5. Epoktan sonra sabit seyretmektedir. Hata miktarının yaklaşık 0,001 olması YSA modelinde tahmin edilen değerlerin resmi değere yakın olduğu sonucu çıkmaktadır (Şekil 9).

YSA eğitim verilerinin öğretimi sonucunda model oluşmuş ve resmi değerler ile tahmin değerlerinin dağılımları elde edilmiştir. R değerleri incelendiğinde resmi değerlerden fazla sapma olmadığı anlaşılmaktadır (Şekil 10).

3.4. Performans Analizi Sonuçları

İstatistiksel (ÇLR) ve modern (YSA) değerlendirme modelleri 2/B tarım arazilerinin verileri üzerinde uygulandıktan sonra, elde edilen tahmin değerleri ile resmi değer karşılaştırılmıştır. Bunun için modellerin performansları araştırılmış ve resmi değeri en az hata ile tahmin edebilen model başarılı ve gerçeğe yakın sayılmıştır.

Performans analizi için toplam dört parametre ele alınmıştır. Tahmin hatalarının mutlak değer ortalamaları alınarak "Ortalama Mutlak Hata (OMH)" (1) (Aydın, 2018), tahmin hatalarının mutlak değerlerinin resmi değere oranının ortalaması alınarak "Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH)" (2) (Veribilimcisi, 2017) ve tahmin hatalarının kareleri alınıp ortalamaların karekökten çıkarılarak "Karesel Ortalama Hata (KOH)" (3) (Demirer, 2019) hesaplanmıştır.

Ayrıca R^2 (4) değerleri incelenerek tahmin edilen değerlerin resmi değeri ne kadar yansıttığı irdelenmiştir.

$$OMH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - y_i'| \quad (1)$$

$$OMYH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - y_i'|}{y_i} \quad (2)$$

$$KOH = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y_i')^2} \quad (3)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2} \quad (4)$$

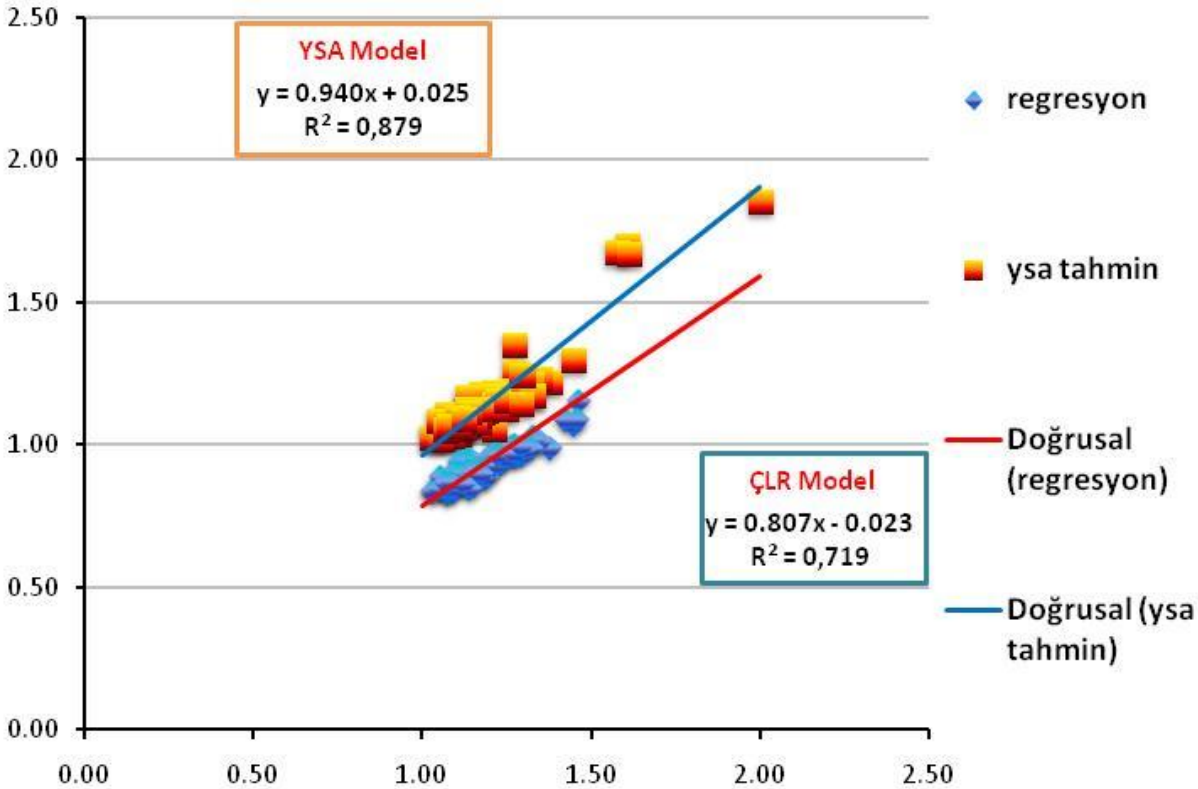
Resmi değer ve model tahmin değerlerinin farkları hesaplanarak Tablo 3'teki veriler elde edilmiştir.

Tablo 3. Performans analizi

	Değerler	ÇLR	YSA
TEST	R^2	0,72	0,88
	OMH	0,25	0,09
	OMYH	0,20	0,07
	KOH	0,07	0,02

ÇLR ve YSA değerlendirme modelleri performans analizi sonuçlarına bakıldığında YSA modelinin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. OMH, OMYH ve KOH değerleri, ÇLR modeline göre YSA modelindeki hata miktarlarının daha az olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca R^2 değerinin bire en yakın olan YSA modelinin daha iyi performans sergilediği görülmüştür. Bütün bu parametreler göz önüne alındığında YSA, ÇLR'ye göre tarım arazilerine ait resmi değerleri tahmin etme konusunda daha başarılı olduğu sonucuna erişilmiştir (Tablo 3).

Veri setinin %30'luk test kısmı ile ÇLR ve YSA modellerinden elde edilen tahmin değerlerinin dağılımları incelenmiş ve eğri denklemi oluşturulmuştur. R^2 değerleri incelendiğinde yine YSA sonucunun ÇLR analizine göre daha başarılı olduğu görülmüştür (Şekil 11).



Şekil 11. Modellerin performans analizi

4. TARTIŞMA

YSA ve ÇLR analizlerinde eğitim ve test verileri aynı taşınmazlara ait veriler ayrılarak kullanılmış ve matematiksel modellerinin değişik olmasından dolayı farklı sonuçlar elde edilmiştir. Literatürde tarım arazilerinin ele alındığı değerlendirme çalışmaları

bulunmakta olup YSA yönteminin kullanılmasına pek rastlanmamıştır. Geçmiş dönemlerde yapılan çalışmalarda tarım arazisinin değerlendirilmesi konusu işlenmiş (Koç, 2011; Plantinga & Miller, 2001; Gündoğmuş & Uyar, 2016) fakat orman vasfını kaybederek tarım arazisi olmuş yani 2/B arazilerinin

değerlenmesi konusunda çalışmalarla fazla karşılaşılmamıştır.

Literatürde tarım arazilerinin değer verilerini elde etmede anket yöntemi kullanılmıştır (Keskin, 2003; Uematsu vd., 2013; Öztürk vd., 2017). Hazırlanan bu çalışmada ise doğrudan Milli Emlak Müdürlüğü'nde resmi değerler elde edilmiştir. Değerlerin güvenilirliği bu şekilde sağlanmıştır.

Geçmiş çalışmalarda arazi değerlemesi konusunda özellikle gelir yönteminin kapitalizasyon oranı kullanıldığı çoğunlukta olmakla birlikte arsa, konut ya da tarım arazisi değerlendirme işlemlerinde pek çok değerlendirme yöntemi görülmüştür. Bu çalışmada ÇLR ile değer tahmini gerçekleştirilmiş ve R^2 değeri 0,72 elde edilmiştir. Literatür incelendiğinde en yakın çalışma Demetriou (2016) olup çalışmada tarım arazilerini ele alarak ÇLR analizi uygulanmış ve R^2 değerini 0,789 olarak bulmuştur. R^2 değerleri arasında farklılık görülmesi çalışma alanından seçilen örneklem sayısı ve taşınmaz değerine etki ettiği düşünülen kriter sayısı ile bağlantısı olup kriter ve örneklem sayısının artması R^2 değerini etkilemektedir.

Kullanılan taşınmaz cinsi konut olup değerlendirme modelinin ÇLR olduğu bir diğer çalışma da Tuna vd., (2015) tarafından gerçekleştirilmiştir. ÇLR analizi sonucunda R^2 değeri 0,95 elde edilmiştir. Taşınmaz cinsinin değişmesi, değere etki ettiği düşünülen kriterlerin ve kriter standartlarının değişmesi anlamına gelmektedir. Bu da kriterler arasında meydana gelen ilişkiyi etkilemektedir.

Kullanılan iki değerlendirme modelinin de ortak olduğu bir çalışma olan İlhan & Öztürk, (2020) çalışmalarında arsa fiyat tahmini gerçekleştirmek için 9 kriter ile ÇLR ve YSA değerlendirme modellerini kullanmışlardır. ÇLR modelinde R^2 değeri 0,89 ve YSA da ise 0,94 elde edilmiştir. R^2 değerlerinin söz konusu çalışmadan yüksek olması analize alınan kriter sayısının az olması sonucunda oluşmuştur. Çünkü kriter sayısı azaldığında örneklem arasında bağlantı kurulması ve YSA tarafından daha iyi öğrenildiği tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada 22 kriterin kullanılması, modellerin tahmini ile değer ve kriterler arasında ilişki kurulmasını zorlaştırmıştır.

Tablo 4'te rastgele seçilmiş olan parsellerin resmi değerleri ve YSA, ÇLR ile elde edilmiş tahmini değerler kıyaslanmıştır. Tablo 4 incelendiğinde resmi değere en yakın tahmin modeli YSA olarak görülmektedir.

Tablo 4. Değer karşılaştırması

Sıra No	Resmi Değer(₺)	YSA Tahmin Edilen Değer(₺)	ÇLR Tahmin Edilen Değer(₺)
1	23.656,00	17.341,00	14.401,00
2	17.115,00	17.094,00	9.668,00
3	24.353,00	21.535,00	10.724,00

5. DEĞER HARİTALARININ OLUŞTURULMASI

Gerçekleştirilen regresyon analizi sonucunda Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak bölgenin değer haritası

oluşturulmuştur. Bunun için ArcGIS 10.3 yazılımı kullanılmıştır.

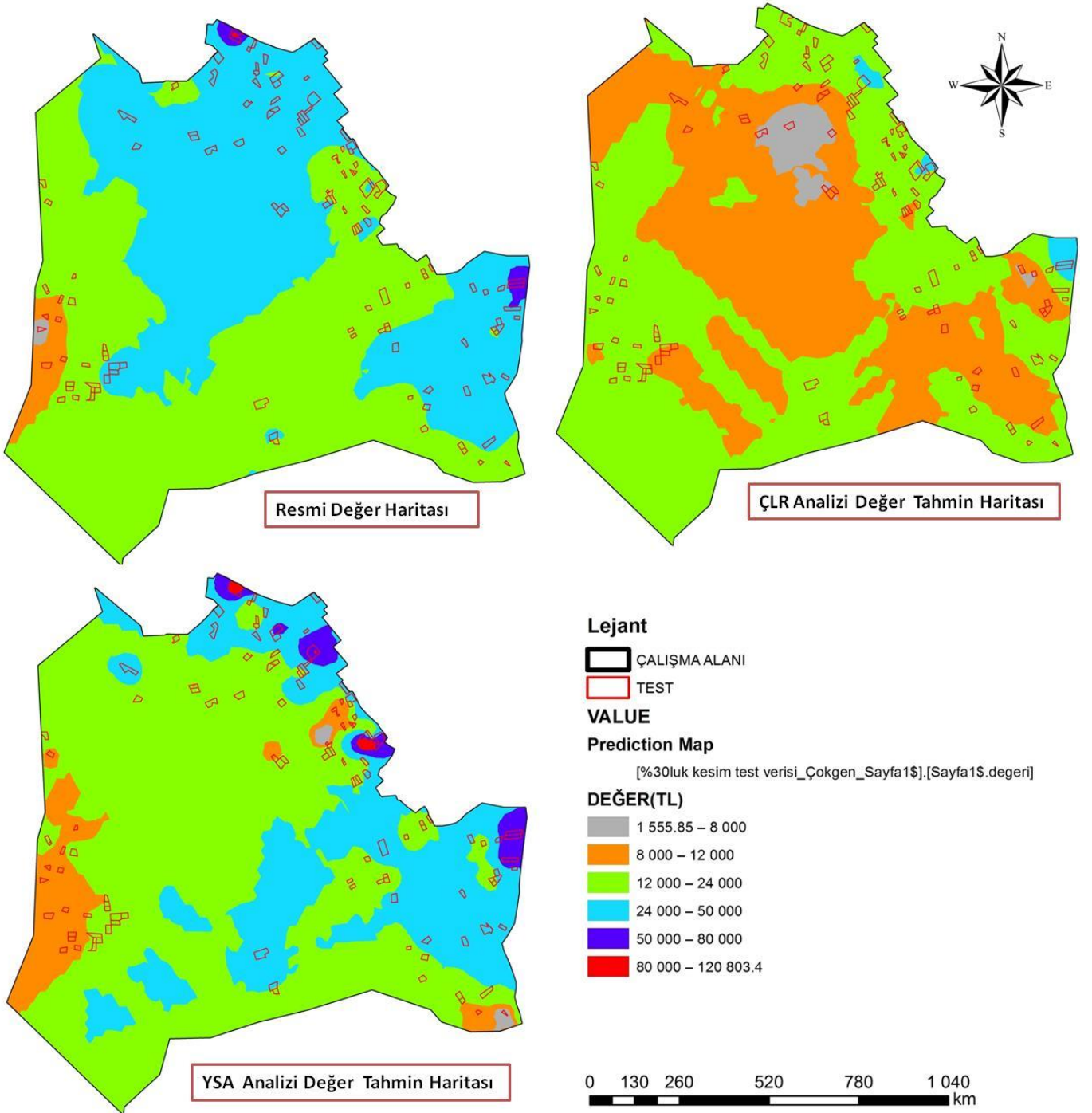
Öncelikle Sarıkaya mahallesinin kadastro durumu, bölgedeki bütün 2/B araziler ve örneklem 2/B arazilerin grafik verileri vektörel formatta yazılıma aktarılmıştır. Örneklemelerin öznitelik tablosunda bulunan veriler ve öncesinde hesaplanmış olan tahmin değerleri, grafik veriler ile birleştirilmiştir. Böylelikle grafik veri ile analizi sonuçları eşleştirilmiştir. Değer haritası oluşturmak için jeostatistik analizinin Kriging/CoKriging yöntemi kullanılmıştır. ÇLR ve YSA modeli sonucu elde edilen değer tahmin haritaları üretilmiştir (Şekil 12). Değer haritaları görsel olarak incelendiğinde resmi değer haritasına YSA modelinden elde edilen değer tahminleriyle oluşturulan haritanın daha yakın bir sonuç elde edildiği görülmektedir. Özellikle resmi değer ve YSA tahmin değer haritasında yeşil, turuncu, lacivert ve mavi bölgelerin dağılımları yaklaşık birbirine benzerlik gösterirken ÇLR tahmin değer haritasının farklılaştığı gözlenmiştir. Bu da YSA yönteminin tercih edilebilir modern değerlendirme yöntemleri arasında kılınmaktadır.

6. SONUÇLAR

Taşınmaz değerlendirme, üzerinde daha fazla araştırma ve çalışma yapılması gereken bir konudur. Gayrimenkul değerlendirme uzmanları, harita mühendisleri, inşaat mühendisleri ve diğer disiplinler birçok çalışma gerçekleştirmesine karşın gelişen teknolojiye paralel yeterli olmamaktadır. Taşınmazın değerinin bilinmesi; vergilendirme, kamulaştırma, devletleştirme, özelleştirme vb. uygulamalarda kullanımı mümkün kıldığından en doğru tahmin modelinin üretilmesi önem arz etmektedir.

Taşınmaz değerlemeye ilgi arttıkça kullanılan geleneksel yöntemlere alternatif uygulamalar da kullanılmaya başlanmıştır. Bu alternatif uygulamalarda manuel değer hesaplamasının dışında işin içine bilgisayar zekâsı, hızı ve hassasiyeti de dâhil edilmiştir. Çünkü teknolojinin gelişmesi taşınmaz değerlemenin insana bağımlı bir iş olması olayını azaltmaktadır. Değeri; daha objektif, gerçeğe yakın ve kontrol edilebilirliği yüksek hale getirmektedir. Modern değerlemenin bir diğer iyi yanı veri seti kalabalık olan değerlendirme işlemlerinde değerlerin daha kolay ve hızlı hesaplanmasını kolaylaştırmasıdır. Bu yüzden taşınmaz değerlendirme işlemlerinde modern taşınmaz değerlendirme yöntemleri kullanımı artmıştır.

Gerçekleştirilen bu çalışmada Mersin ili Erdemli ilçesi Sarıkaya mahallesinin 2/B arazilerinin değer tahmini gerçekleştirilmiştir. Taşınmazların, çok kriterli regresyon analizi ve yapay sinir ağları yöntemiyle değer tahminleri gerçekleştirilmiştir. ÇLR analizi sonucunda, her bir kriterin değere etki ettiği oranda bir kat sayı hesaplanmaktadır ve elde edilen katsayılarla bir regresyon modeli oluşturulmaktadır. YSA ise karakutu adı verilen gizli katmanlar içerisinde işlemleri gerçekleştirmekte olup kriterlerin ağırlıkları görülememektedir.



Şekil 12. ÇLR ve YSA modellerinin değer tahmin haritaları

ÇLR ve YSA tahminlerinin hataları kıyaslandığında YSA modelinden elde edilen tahmin değerlerinin daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. YSA modelinin bir handikabı olarak değere etki eden bağımsız kriterlerin sayısı arttıkça doğru tahmin edebilme yeteneğinin azalması gösterilebilir. Fakat sınır ağının ilişki kuracağı kriter sayısı azaltılıp sınır ağında bulunan nöron sayısı arttırılırsa tahmin değerinin gerçek değere daha fazla yaklaştığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen tarım arazileri değer haritası değerlendirme konusu ile ilgili bütün uygulamalara altlık olabilecektir. Özellikle 2/B tarım arazilerinin satış söz konusu olduğunda toplu değerlendirme yapılabilecektir. Gelecekte arazi toplulaştırma projeleri değer esaslı

yapıldığında öneminin daha da artacağı düşünülmektedir.

BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Çalışmada kullanılan veriler konusunda yardım ve desteklerini esirgemeyen Erdemli Milli Emlak Müdürlüğü, Erdemli Orman İşletme Müdürlüğüne ve diğer ilgili bütün kurum ve kuruluşlara teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Açlar A & Çağdaş V (2008). *Taşınmaz (Gayrimenkul) Değerlemesi*. Ankara: TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası.
- Akış B (2013). İstatistikî Yöntemlerle Değer Belirleme ve Değer Haritası Üretimi - Selçuklu Örneği. Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Harita Mühendisliği ABD, Konya.
- Alpaslan H İ (2015). TMS/TFRS Kapsamında Gayrimenkul Değerleme ve Gerçeğe Uygun Değerin Tespitinde Emsal Karşılaştırma ve Gelir İndirgeme Yöntemleri Üzerine Bir Uygulama. *Nevşehir Hacı Bektaşî Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4, 17-35.
- Anayasa (1982). 2709 Sayılı Türkiye Cumhuriyeti Anayasası, Kabul tarihi: 18/10/1982, Yayımlandığı Resmi Gazete: Tarih: 9/11/1982, Sayı: 17863 (Mükerrer), Yayımlandığı düstur: Tertip: 5 Cilt: 22.
- Asiama K O, Bennett R, Zevenbergen J & Asiama S O (2018). Land valuation in support of responsible land consolidation on Ghana's rural customary lands. *Survey Review*, 50(361), 288-300. <https://doi.org/10.1080/00396265.2018.1467672>
- Aydın C (2018). Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanılarak İtfaiye İstasyonu İhtiyacının Sınıflandırılması. *European Journal of Science and Technology*, 14, 169-175. <https://doi.org/10.31590/ejosat.458613>
- Bahar M E (2007). Taşınmaz Değerlemesinde CBS'nin Kullanım Olanakları. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Geomatik Mühendisliği ABD, İstanbul.
- Başer U (2015). *Samsun İli Ladik İlçesinde Arazi Fiyatlarını Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi ABD, Samsun.
- Başer U & Kılıç O (2016). Arazi Fiyatlarını Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi: (Samsun İli Ladikli İlçesi). *12. Ulusal Tarım Ekonomisi kongresi*, 273-280.
- Başer V & Dizdar Y S (2009). Tarım Arazisinden İmar Parseline Geçişte Değerleme İşlemlerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Tabanlı Nominal Değerleme Yöntemi Kullanılarak İrdelenmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.
- Bayar R (2018). Arazi kullanımı açısından Türkiye'de tarım alanlarının değişimi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(2), 187-200. https://doi.org/10.1501/cogbil_0000000197
- Beşer G (2015). Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Gayrimenkul Değerleme. Erişim tarihi 12.03.2020 <https://goktugbeser.com/yapay-sinir-aglari-yontemi-ile-gayrimenkul-degerleme/>
- Bozdağ A & Ertunç E (2020). CBS ve AHP Yöntemi Yardımıyla Niğde Kenti Örneğinde Taşınmaz Değerleme. *Geomatik*, 5(3), 228-240. <https://doi.org/10.29128/geomatik.648900>
- Bulut B N (2011). YSA ve DVM Yöntemleri ile Taşınmaz Değerlemesi için Bir Yaklaşım Geliştirme. Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi ABD, Konya.
- Çoşar G Ö & Engindeniz S (2011). Tarım Arazilerinin Değerlemesinde Coğrafi Bilgi Sisteminden Yararlanma Olanakları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(3), 283-290. <https://doi.org/10.20289/euzfd.37475>
- Dedeoğlu M & Dengiz O (2018). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Entegre Edilen Çok Kriterli Karar Destek Analiz Yaklaşımı Kullanılarak Arazi Uygunluk Sınıflarının Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 60-72.
- Demetriou D (2016). The assessment of land valuation in land consolidation schemes: The need for a new land valuation framework. *Land Use Policy*, 54, 487-498. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.008>
- Demetriou D (2018). Automating The Land Valuation Process Carried Out In Land Consolidation Schemes. *Land Use Policy*, 75, 21-32. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.02.049>
- Demirer A O (2019). *Gözlemlerde Hatalar Teorisi*. Ölçme Bilgisi.
- Derinpinar M A & Aydınöğlü A Ç (2015). Bulanık Mantık ile Coğrafi Bilgi Teknolojilerini Kullanarak Taşınmaz Değerlemesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.
- Emlak Vergisi (1970). 1319 Sayılı Emlak Vergisi Kanunu, Kabul tarihi: 29/07/1970, Yayımlandığı Resmi Gazete: Tarih: 11/08/1970 Sayı: 13576, Yayımlandığı düstur: Tertip: 5 Cilt: 9 Sayfa: 2662.
- Engindeniz S (2010). Tarım Arazilerinin Kamulaştırılmasında Gelir Yönteminin Uygulama Esasları. *TKB Türktarım Dergisi*, 192, 53-57.
- Engindeniz S, Cansu B & Betül S (2015). Tarım Arazilerinin Kamulaştırma Bedellerinin Saptanmasında Gelir Yönteminin Uygulanmasıyla İlgili Anlaşmazlıklar. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 15, 25-28.
- Erdem N (2017). Türkiye için Bir Taşınmaz Değerleme Sistemi Yaklaşımı. *Geomatik Dergisi*, 2(1), 18-36.
- Erdem N (2018a). Türkiye Taşınmaz Değerleme Sisteminin Yeniden Yapılandırılmasına Yönelik Bilimsel Çalışma ve Öneriler Üzerine Bir Değerlendirme. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 159-170. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.386408>
- Erdem N (2018b). Türkiye'de Taşınmaz Değerleme Alanında Yapılan Lisansüstü Tezlerinin İçerik Analizi. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 1, 112-126. <https://doi.org/10.21541/apjes.332681>
- Erdem N (2019). Türkiye Taşınmaz Değerleme Sisteminin Etkinliğinin Araştırılması. *Geomatik Dergisi*, 4(1), 1-13. <https://doi.org/10.29128/geomatik.418870>
- Ergin M (2013). Gayrimenkul Türlerine Göre Değerleme Raporlarının Analizi. Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İşletme ABD, İstanbul.
- Gökgöz F (2020). *Çoklu Regresyon Analizi*. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/117326/mod_resource/content/1/11-Coklu-Regresyon

- 1.pdf
- Gökkuş A (2018). *Meralarımız ile ilgili bir değerlendirme*. TÜRKTÖB Dergisi, 25, 6–8.
- Göksel Ç & Balçık F B (2019). Land Use And Land Cover Changes Using Spot 5 Pansharpen Images; A Case Study in Akdeniz District, Mersin-Turkey. *Turkish Journal of Engineering*, 3(1), 32–38. <https://doi.org/10.31127/tuje.444685>
- Gültepe Y (2019). Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Hava Kirliliği Tahmini Üzerine Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme. *European Journal of Science and Technology*, 16, 8–15. <https://doi.org/10.31590/ejosat.530347>
- Gündoğmuş M E & Uyar T (2016). Kestane Bahçelerinde Gelir Yöntemine Göre Değerleme: Aydın İli Nazilli İlçesi Örneği. *Namık Kemal Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1), 107-117.
- Hazine Taşınmazlarının İdaresi Hakkında Yönetmelik, (2007). Resmî Gazete Tarihi: 19.06.2007, Sayısı: 26557.
- Hırsır M (2009). Türkiye’de Taşınmaz Değerleme ve Harita Mühendisliği. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.
- Hurma H (2007). *Çevre Kalitesinin Tarımsal Arazi Değeri Üzerine Etkilerinin Analizi: Trakya Örneği*. Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi ABD, Tekirdağ.
- Hüttel S, Wildermann L & Croonenbroeck C (2016). How do institutional market players matter in farmland pricing? *Land Use Policy*, 59, 154–167. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.08.021>
- İlhan A T & Öztürk S (2020). Yapay Sinir Ağlarının Gayrimenkullerin Toplu Değerlemesinde Uygulanabilirliği: Gölbaşı İlçesi Örneği. *Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(2), 160–188.
- İmar (1983). 3194 Sayılı İmar Kanunu, Kabul tarihi: 3/5/1985, Yayımlandığı Resmi Gazete; Tarih: 9/5/1985, Sayı: 18749, Yayımlandığı düstur: Tertip: 5, Cilt: 25, Sayfa: 378.
- Kadastro (1987). 3402 Sayılı Kadastro Kanunu, Kabul tarihi: 21/6/1987, Yayımlandığı Resmi Gazete: Tarih: 9/7/1987, Sayı:19512, Yayımlandığı Düstur: Tertip: 5 Cilt: 26, Sayfa: 229.
- Kamulaştırma (1983).2942 Sayılı Kamulaştırma Kanunu, Kabul tarihi: 4/11/1983, Yayımlandığı Resmi Gazete; Tarih: 8/11/1983, Sayı: 18215, Yayımlandığı düstur: Tertip: 5, Cilt: 22 Sayfa sayısı: 843.
- Karaca S S & Yayar R (2014). Konut Fiyatlarına Etki Eden Faktörlerin Hedonik Modelle Belirlenmesi: TR83 Bölgesi Örneği. *Ege Akademik Bakis (Ege Academic Review)*, 14(4), 509–509. <https://doi.org/10.21121/eab.2014418008>
- Karakayacı Z, Oğuz C & Reis S (2016). Konya İli Çumra İlçesindeki Tarım Arazilerinin Değerlerini Etkileyen Faktörlerin Farklı Yaklaşımlarla Analizi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 22(2), 17–27.
- Karakayacı Ö & Karakayacı Z (2012). Kentsel Saçaklanma Alanlarında Arsa/Arazi Değerini Belirlemeye Yönelik Yöntem Önerisi. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 5(4), 107–120. https://doi.org/10.9761/jasss_98
- Keskin G (2003). Tarım Arazilerinin Kamulaştırmasında Değer Biçme: Akyar Barajı Örneği. *Akdeniz İİBF Dergisi*, 5, 91–107.
- Koç M (2011). Tarım Arazisi Fiyatları Üzerine Etkili Olan Faktörlerin Ekonometrik Analizi: Kırıkkale İli Keskin İlçesi Örneği. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarım Ekonomisi ABD, Ankara.
- Köktürk E (2009). Taşınmaz Değerleme: Durum Saptaması ve Yönelimler. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.
- Makinist S (2018). Derin Öğrenme (Yapay Sinir Ağları-3) <http://buyukveri.firat.edu.tr/2018/04/16/derinogrenme-yapay-sinir-aglari-3/> Erişim Tarihi: 12.03.2021
- Mete M O & Yomralıoğlu T (2019). CBS ile Nominal Taşınmaz Değer Haritası Üretiminde Çözünürlük Araştırması. *Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi*, 1(1), 16–23. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tayod/issue/50590/651684>
- Meyer M A & Früh-Müller A (2020). Patterns and drivers of recent agricultural land-use change in Southern Germany. *Land Use Policy*, 99 (November 2019), 104959. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104959>
- Milli Emlak Genel Tebliği 21 1 (2020). <http://mpoc.org.my/malaysian-palm-oil-industry/>
- Veribilimcisi (2017). MSE, RMSE, MAE, MAPE ve Diğer metrikler. Erişim Tarihi:11.03.2021 <https://veribilimcisi.com/2017/07/14/mse-rmse-mae-mape-metrikleri-nedir/>
- Okan N & Engindeniz S (2016). İzmir’in Selçuk İlçesindeki Şeftali Bahçelerinin Gelir Yöntemiyle Değerlemesi Üzerine Bir Araştırma. *Ege Üniveristesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53(2), 139–146.
- Orman (1956). 6831 Sayılı Orman Kanunu, Kabul Tarihi: 31/8/1956, Yayımlandığı resmi gazete: Tarih: 8/9/1956, Sayı: 9402, Yayımlandığı düstur: Tertip: 3 Cilt: 37, Sayfa: 2457.
- Özen A & Şişman A (2019). Taşınmaz Değer Haritası Üretiminde Konumsal Analiz - Bolu Örneği. *4. International Symposium on Innovative Approaches in Engineering and Natural Sciences*, 4(6), 142–147.
- Özkan G & Yalprı Ş (2005). Taşınmaza Ekonomik Bakış ve Değerlendirmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.
- Öztürk G, Engindeniz S & Bayraktar Ö V (2017). İzmir deki Sulanabilir Tarım Arazilerinin Değerini Etkileyen Faktörlerin Analizi. *Selçuk Journal of Agricultural and Food Sciences*, 31(3), 75–87. <https://doi.org/10.15316/sjafs.2017.38>
- Öztürk K & Şahin M E (2018). Yapay Sinir Ağları ve Yapay Zekaya Genel Bir Bakış. *Takvimi Vekayi*, 6(2), 25–36. <http://www.sloi.org/sloi-name-of-this-article>
- Plantinga A J & Miller D J (2001). Agricultural land values and the value of rights to future land development. *The Economics of Land Use*, 77(1), 243–254. <https://doi.org/10.4324/9781315240114-17>
- Saraç E (2012). Yapay Sinir Ağları Metodu ile

- Gayrimenkul Değerleme. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, İstanbul.
- Sarıkaya Erdemli (2020). Sarıkaya bilgilendirme, https://www.turkcebilgi.com/sar%C4%B1kaya_erdemli Erişim tarihi: 23.05.2020
- Savuran O İ (2008). Gayrimenkul Fiyat Endeksleri ve İstanbul Etiler Bölgesinde Konutlar için Hedonik Fiyat Endeksi Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gayrimenkul Geliştirme ABD, İstanbul.
- Selim S & Demirbilek A (2009). Türkiyedeki Konutların Kira Değerinin Analizi: Hedonik Model ve Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı. *Aksaray Üniversitesi İİBF Dergisi*, 1(1), 168–169.
- Sever (2019). Verimli Tarım Arazisine Sahip Olmak Bir Ülkenin Dünü, Bugünü ve Geleceğidir <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/238/verimli-tarim-arazisine-sahip-olmak-bir-ulkenin-dunu-bugunu-ve-gelecegidir>- Erişim Tarihi: 23.05.2020
- Sylla M, Lasota T & Szewrański S (2019). Valuing environmental amenities in peri-urban areas: Evidence from Poland. *Sustainability (Switzerland)*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/su11030570>
- Şengöz N (2017). Yapay Sinir Ağları. <https://www.derinogrenme.com/2017/03/04/yapay-sinir-aglari/> Erişim Tarihi: 12.03.2021
- Tapu (1983). 2892 Sayılı Tapu Kanunu, Kabul tarihi: 22/12/1934, Yayımlandığı Resmi Gazete; Tarih: 29/12/1934, Yayımlandığı Düstur: Tertip: 3, Cilt: 16, Sayfa: 312.
- Taşkıran A H (2021). Aktivasyon Fonksiyonları https://www.akademianinbahcesi.com/aktivasyon_fonksiyonlari/ Erişim tarihi: 12.03.2021
- Teknik Talimat (2018). Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı; Tarım Arazilerinin Korunması Kullanılması ve Planlanmasına Dair Uygulama Talimatı, 26/04/2018 tarihli 68656427-020-E.1167396 sayılı Müsteşarlık Evrakı.
- Tuna M F, Türk T & Kitapçı O (2015). Lineer Regresyon ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Ev Fiyatlarının Tahmin Edilmesi : Ankara Örneği. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 1–5.
- TÜİK (2020). 2020 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=trE> erişim Tarihi: 02.03.2021
- TMK (2001). 4721 Sayılı Türk Medeni Kanunu, Kabul tarihi: 22/11/2001, Yayımlandığı Resmi Gazete tarihi: 8/12/2001, Sayı: 24607, Yayımlandığı Düstur; Tertip: 5, Cilt: 41.
- Uematsu H, Khanal A R & Mishra A K (2013). The impact of natural amenity on farmland values: A quantile regression approach. *Land Use Policy*, 33, 151–160. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.007>
- Ünel F B & Yalpir Ş (2013). Grouping and Analyzing of Real Estate Valuation. *International Journal of Multidisciplinary Thought*, 3(1), 171–182.
- Ünel F B & Yalpir Ş (2018). Application Artificial Neural Network in Mass Real Estate Appraisal for Centre Neighborhood of Konya. *International Conference on Advanced Technologies, Computer Engineering and Science (ICATCES'18)*, Figure 1, 575–578.
- Ünel F B & Yalpir Ş (2019). Türkiye'de Taşınmazların Değerini Etkileyen Kriterlere Yaklaşım. *Geomatik Dergisi*, 4(2), 112–133. <https://doi.org/10.29128/geomatik.499681>
- Vergi Usul (1961). 213 Sayılı Vergi Usul Kanunu, Kabul Tarihi: 4/1/1961, Yayımlandığı Resmi Gazete; Tarih: 10/1/1961 Sayı: 10703, Yayımlandığı düstur: Tertip: 4, Cilt: 1, Sayfa: 1037.
- Yalpir S, Durduran S S, Ünel F B & Yolcu M (2014). Creating a valuation map in GIS through artificial neural network methodology: A case study. *Acta Montanistica Slovaca*, 19(2), 79–89.
- Yalpir Ş & Ünel F B (2016). Türkiyede ve Uluslararası Çalışmalarda Arsa Değerlemede Kullanılan Kriterlerin İrdelenmesi ve Faktör Analizi ile Azaltımı. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, 16(2), 303–322. <https://doi.org/10.5578/fmbd.28134>
- Yılmaz O S, Gülgen F, Güngör R & Kadı F (2018). Uzaktan Algılama Teknikleri ile Arazi Kullanım Değişiminin İncelenmesi: Köprübaşı İlçesi Örneği. *Geomatik Dergisi*, 3(3), 233–341. <https://doi.org/10.29128/geomatik.410987>
- Zhang J, Mishra A K, Hirsch S & Li X (2020). Factors affecting farmland rental in rural China: Evidence of capitalization of grain subsidy payments. *Land Use Policy*, 90 (August 2019), 104275. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104275>

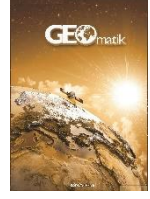




GEOMATİK

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/geomatik>

e-ISSN 2564-6761



Zayıf 01 Şubat 2017 jeomanyetik fırtınasının matematiksel modeli

Samed İnyurt*¹ ¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye

Anahtar Kelimeler

İyonosfer
Jeomanyetik fırtına
Modelleme

ÖZ

Bu çalışma, 24. güneş döngüsünde meydana gelen 01 Şubat 2017 (DsT -45 nT) zayıf jeomanyetik fırtınasının matematiksel analizini amaçlamaktadır. NASA'dan alınan güneş rüzgarı parametreleri (B_z , E , P , N , v , T), zonal jeomanyetik indeksleri (Dst , ap , AE) ve neden-sonuç ilişkisini göz önünde bulundurarak Şubat fırtınasının matematiksel modeli ortaya çıkarılmıştır. Makalede fırtına titizlikle analiz edilir ve nedensellik ilkesinin yönettiği modellerle özellikleri ortaya çıkarılmaya çalışılır. Bu çalışmada değişkenlerin değer aralığı ve standart sapmaları tanımlayıcı analiz ile tanımlanır, verilerin binary ilişkileri kovaryans matrisi ile gösterilir ve yine verilerin hiyerarşik kümeleri dendrogram ile tanıtılır. Faktör analizi, verilerin normal dağılımları yardımıyla gerçekleştirilir ve fenomenin gizemi lineer-nonlinear modellerle tartışılmaya çalışılır. Değişkenlerin ikili görünüşleri grafikler ile okuyucuya sunulur fırtınaya görsellik kazandırılır. Bu çalışma, literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunan zayıf seviyede manyetik fırtınanın modellenmesi konusuna katkı sağlamaktadır.

Mathematical modeling of 01 February 2017 weak geomagnetic storm

Keywords

Ionosphere
Geomagnetic storm
Modeling

ABSTRACT

In this study it is aimed that the mathematical analysis of the weak geomagnetic storm on February 01, 2017 (DsT -45nT), which happened in the 24th solar cycle. It focuses on solar wind parameters (B_z , E , P , N , v , T), zonal geomagnetic indices (Dst , ap , AE) from NASA, and examines the February storm by strictly obeying the cause-effect relationship. In the article, the storm is analyzed meticulously and its features are tried to be revealed with the models managed by the principle of causality. In this study, the value range and standard deviations of the variables are defined by descriptive analysis, the binary relationships of the data are represented by the covariance matrix, and the hierarchical clusters of the data are introduced by the dendrogram. Factor analysis is carried out with the help of normal distributions of data and the mystery of the phenomenon is tried to be discussed with linear-nonlinear models. The binary views of the variables are presented to the reader with graphics, and the storm is visualized. This study contributes to the modeling of magnetic storm at weak level, of which there is a limited number of studies in the literature.

1. GİRİŞ

Bir jeomanyetik fırtına genellikle, plazma yoğun dinamik yapıya sahip güneşten kopan proton ve elektron yüklü parçacıkların, güneş rüzgarı vasıtasıyla dünyanın manyetik alanının yönünde ve büyüklüğünde önemli değişiklikler yapması ile başlar. Ani bir başlangıç (sudden commencement) fazı, ana faz ve iyileşme (recovery) fazı olmak üzere üç evreli jeomanyetik fırtınalarda, ilk tetikleme dinamik basınçta ani bir artış ile ilişkilidir (Akasofu, 1964; Burton ve ark., 1975). Dinamik basınçtaki ani artış, güneş rüzgarı ile gezegenler arası ortama doğru hidrodinamik şoklar (Ogilvie ve Burlaga, 1969) meydana getirir. Şokların, dünyanın manyetik alanında hasıl ettiği her rahatsızlık fırtına olarak adlandırılmamalıdır. Bir jeomanyetik fırtına, Koronal Kütle Atımı, Coronal Mass Ejection, (CME) bulutu dünyanın manyetosferini yutarken ve manyetik alanın B_z bileşeni negatif yöne (güneye doğru) yönlendirildiğinde meydana gelir. Yüklü parçacıklar güneşten ayrılır, koronadaki ışığın izotopları ve plazmalar güneş manyetik alanına yayılır. Bu parçacıklar dünyanın manyetik alanı ile etkileşime girerek manyetosferde ve iyonosferde ciddi bir rahatsızlığa neden olur (Fu ve ark., 2010; Zic ve ark., 2015; Manoharan ve ark., 2017; Subrahmanya ve ark., 2017). Fırtına sırasında, plazma ve parçacıklar, doğrusal olarak polarize edilmiş manyetosonik dalgalarla manyetik alan yoluyla güneş korona boyunca dağıtılır (Fu ve ark., 2014). Dinamik bir yapıya sahip olan CME, güneş rüzgarı parametrelerini değiştirme ve şekillendirme yeteneğine sahiptir (Gonzalez ve ark., 1999). CME patlaması sırasında, çok yüksek hızlara haiz plazma bulutları hareketleri ile manyetosferi etkileyen manyetik aktivite indekslerini yönetir. Jeomanyetik fırtınanın etkileri AE (auroral electrojet), ap ve Dst (Disturbance Storm Time) gibi indisler ile tespit edilir (Mayaud, 1980, Kamide ve ark., 1998, Joshi ve ark., 2011, Elliott ve ark., 2013).

Birçok araştırmacının yaptığı gibi, yazar, güneş rüzgarı parametreleri ve zonal jeomanyetik indekslere odaklanarak 01 Şubat 2017'deki fırtınayı anlamaya ve yorumlamaya çalışır. Zayıf fırtınaların zaman tepki süreleri, yoğun fırtınaların zaman tepki sürelerinin neredeyse yarısıdır. Yoğun bir fırtınada, güneş rüzgarı parametrelerinin tepki vermek için yeterli zamanı vardır, ancak zayıf fırtınaların böyle bir imkanı yoktur. Hızlı tepki vermeleri gerekir. Bu tartışmada, 01 Şubat 2017 zayıf jeomanyetik fırtınası (Dst = -45) matematiksel disiplinle analiz edilir ve orta, şiddetli fırtınalarda kanıtlanmış (Eroglu, 2018; 2019) modellerle modellenir. Çalışma boyunca neden sonuç ilişkisi tüm matematiksel yaklaşımları yönetmekte ve fiziksel gerçekler nedensellik (Eroglu, 2011; Eroglu ve ark., 2012a; 2012b) ilkesine sıkıca bağlı kalmaktadır. Amaç, okuyucunun lineer ve nonlineer modeller ile fırtınayı daha iyi tanıması ve grafikler yardımıyla karşılaştırma yapabilmesidir. Bütün veriler tüm analizlerde solar rüzgar parametreleri ve zonal jeomanyetik indekslerin değişkenler kümesinden oluşmaktadır.

2. Bölümde güneş parametreleri, zonal jeomanyetik indeksler ve beş günlük veri dağılımı sunulmaktadır.

Bölüm 3'te analizler tamamlanır. 4. Bölüm sonuç kısmıdır.

2. YÖNTEM

Tartışmada Uzay Fizik Çevre Data Analiz Yazılımı (SPEDAS) (IDL-Based kullanılır (URL-1)). Çalışmada kullanılan OMNI-2 Solar Rüzgar ve Zonal İndis verileri saatliktir. Tablo 1'de jeomanyetik fırtınalara ilişkin yapılan sınıflandırmayı gösterir (Loewe ve Prölss 1997).

Tablo 1. Jeomanyetik fırtına Dst indeksi

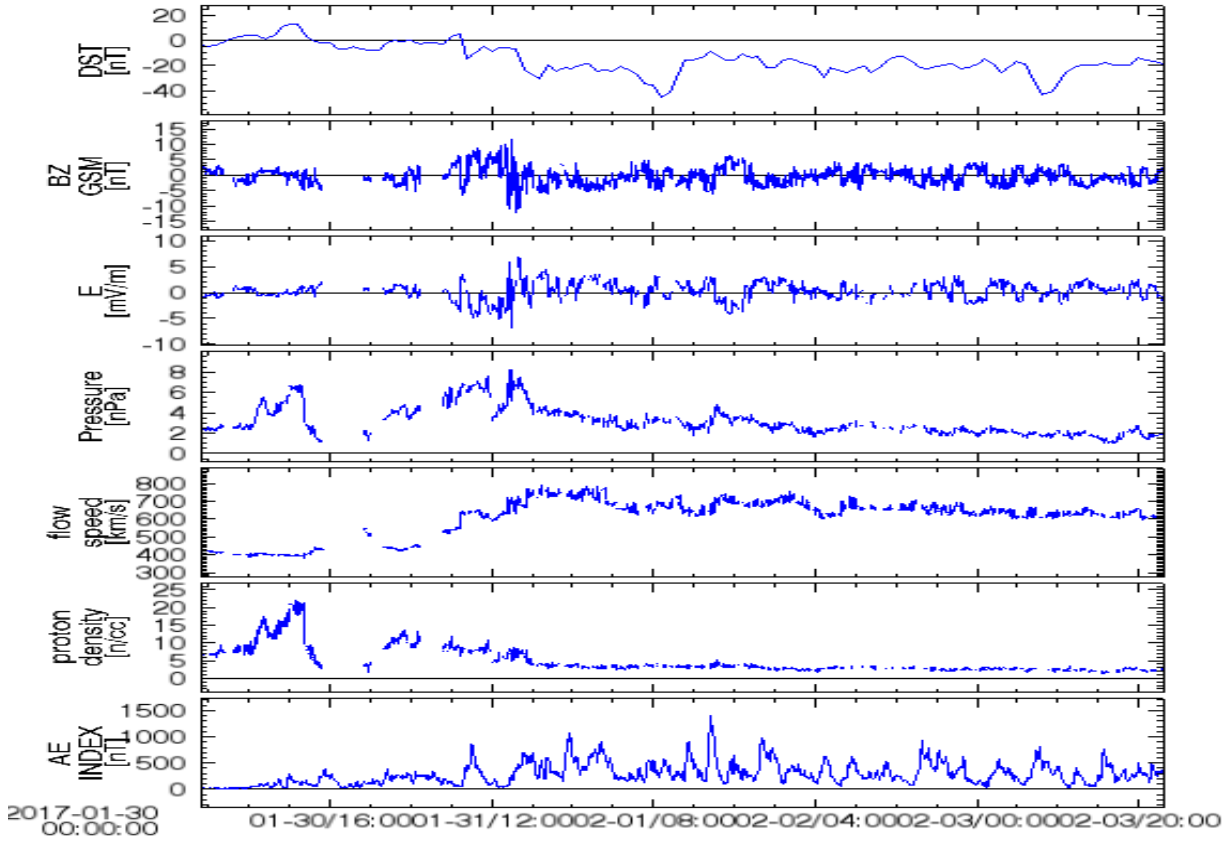
Sınıf	Adet	%	Dst Aralığı (nT)
Weak (Zayıf)	482	44	-30 - -50
Moderate (Orta)	346	32	-50 - -100
Strong (Şiddetli)	206	19	-100 - -200
Severe (Çok Şiddetli)	45	4	-200 - -350
Great (Olağanüstü)	6	1	< -350

01 Şubat 2017 zayıf fırtınasının tartışılması için manyetik alan, elektrik alanı, güneş rüzgarı dinamik basıncı, akış hızı, proton yoğunluğu ve sıcaklık OMNI saatlik verilerinden kullanılır. Şekil 1, 30 Ocak 2017'de 00:00 UT ile 03 Şubat 2017'de UT 23:59 UT arasındaki OMNI verilerini gösterir. Çalışma saat aralığı fırtına gününü (01 Şubat 2017), fırtınadan iki gün önce ve iki gün sonrasını inceler (120 saat). 30 Ocak ortasına doğru, güneş ortamı sakin ve güneş rüzgarı akış hızı 400 km/s ile 405 km/s arasında olduğunda, birkaç saat içinde dinamik basınç 3.43 nPa' dan 4.27 nPa' ya ve proton yoğunluğu 11.09 1/cm³ değerlerine ulaşır. Şubat fırtınası böylece 30 Ocak 074:00 UT sularında ilk CME ile başlar. Ardından, saat 11:00 UT ikinci CME ile de proton yoğunluğu 22.8 1/cm³ maksimumunu görür. Nihayetinde, 31 Ocak 15:00 UT de manyetik alan bileşeni (B_z) güneye doğru yönlenerken minimum -5.0 nT değerine ulaşır. 01 Şubat 09:00'da -45 nT minimum değerine ulaşması 17 saat gibi uzun bir süre alır. Bu zaman geleneksel olarak zayıf fırtınaların tepki süresinden oldukça uzundur.

Şekil 1'deki bileşenler kısaca aşağıdaki gibi tartışılabilir. 31.01.2017 tarihinde 15:00 UT'de B_z bileşeni minimum (-5.0 nT) olduğunda, Dst indeksi -7 nT'ye düşer (01 Şubat, 09:00 UT'de -45 nT tepe değerlerine ulaşır), E elektrik alanı maksimum değeri 3.44 mV/m'ye ulaşır. Bu arada, ap indeksi 32 nT'ye, proton yoğunluğu N 7.1 1/cm³'ü gösterir, plazma akış hızı v 689 km/s olur, AE indeksi 480 nT'yi yakalar. Sekiz saat sonra akış hızı maksimum 749 km/s değerini gösterir.

01.02.2017 tarihinde 09:00 UT'de Dst indeksi -45 nT minimum değerini gösterdiğinde, B_z bileşeni -0.2 nT'ye artar, E elektrik alanı 0.14 mV/m'ye ulaşır, AE indeksi 446 nT'yi işaret eder, ap indeksi 15 nT'ye gelir ve akışa ulaşır P basıncı 3.09 nPa alır.

31.02.2017 tarihinde 09:00 UT'de B_z bileşeni maksimum olduğunda (5.5 nT), elektrik alanı minimum değeri -3.54 mV/m'ye ulaşır, proton yoğunluğu N 7.8 1/cm³ alır, AE indeksi 577 nT ve ap indeksini azaltır. Bu meydana, Dst indeksi -15 nT'ye ulaşır.



Şekil 1. Yukarıdan aşağı, Dst indeksi (nT), B_z manyetik alan (nT), E elektrik alan (mV/m), P solar rüzgar dinamik basıncı (nPa), v akış hızı (km/s), N proton yoğunluğu ($1/\text{cm}^3$) ve AE aurora elektrojet AE (nT) indeksi, 30 Ocak 2017- 03 Şubat 2017 (NASA NSSDC OMNI data seti)

3. BULGULAR

Şubat jeomanyetik fırtınasının değişkenleri için tanımlayıcı analiz Tablo 2'de gösterilmektedir. Korelasyon katsayılarının tartışıldığı matris ise Tablo 3'te karşımıza çıkar. Tanımlayıcı analiz, verilerin değişim aralığını, standart sapmasını, varyansını ve ortancasını ifade eder. Standart sapma değeri arttıkça, değişkenlerin kararsızlığı artar ve olaydaki etkileri azalır. İstatistiksel olarak en güçlü değişkenlerin sırasıyla P, E, N, B_z olması beklenir (Tablo 2). Bu değişkenlerin dahil edildiği matematiksel modellerin, neden sonuç ilişkisinin dikkate

alınması şartıyla olayın açıklanmasında azami faydalı olması beklenir. Pearson korelasyon matrisi, değişkenlerin anlık korelasyonunu ve ikili ilişkilerinin gücünü gösterir. Katsayıların önündeki \pm işaretleri ilişkinin yönünü belirtir. Tablo 3'teki değerler ± 1 'e yakınlıkta ikili ilişkiler güçlenir. Fiziksel olarak, bu fırtınada P, N, T ve B_z , E ve v, N ve N, Dst ilişkilerinin sağlamlığından bahsedilebilir. Basınç ve proton yoğunluğunun ciddi yakınlığı, çalışmada kendini ispatlamış (Eroglu, 2018; 2019) nonlineer bir matematiksel modelle desteklenir.

Tablo 2. Tanımlayıcı analiz

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Medyan	Standart Sapma
B_z (nT)	120	-5.0	5.5	-4.79	-1.5	2.1587
T(K)	120	32181	500528	237643.82	211750	85714.394
N($1/\text{cm}^3$)	120	1.6	22.08	4.160	3.2	2.0387
v(km/s)	120	399	753	658.07	642	68.022
P(nPa)	120	1.2	7.2	3.480	5.5	1.3893
E(mV/m)	120	-3.5	3.4	.339	.96	1.4240
Dst(nT)	120	-45	13	-17.68	-16	9.874
ap(nT)	120	2	48	23.79	27	9.943
AE(nT)	120	17	937	352.25	671	184.328

Tablo 3. Pearson korelasyon matrisi

	B _z (nT)	T(K)	Z	N(1/cm ³)	v(km/s)	P(nPa)	E(mV/m)	Dst(nT)	ap(nT)	AE(nT)
B _z (nT)	1	.108		.142	-.162	.129	-.995**	.023	-.161	-.288*
T(K)		1		.325**	.398**	.776**	-.080	.074	.116	.059
N(1/cm ³)			1		-.641**	.791**	-.157	.708**	-.305**	-.276*
v(km/s)				1		-.073	.210	-.582**	.517**	.394**
P(nPa)					1		-.112	.471**	-.041	-.093
E(mV/m)						1		-.041	.185	.305**
Dst(nT)							1		-.138	-.292*
ap(nT)								1		.545**
AE(nT)									1	

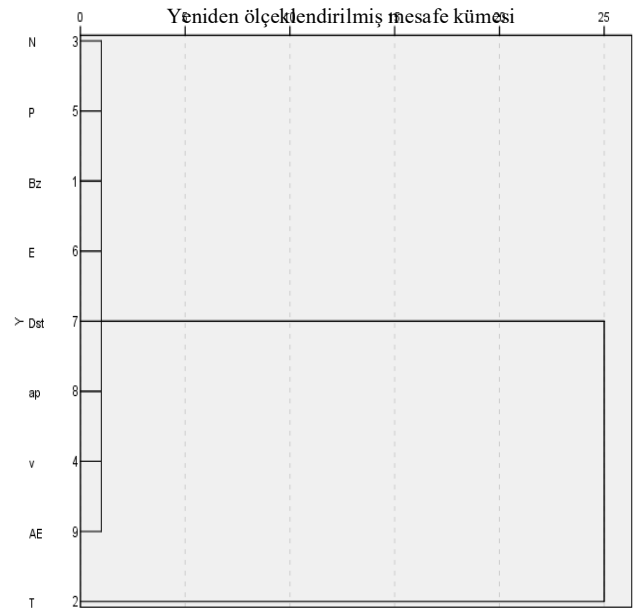
* ve **. Anlamlılık 0.05 seviyesi (2-kuyruklu) ve 0.01 seviyesi (2-kuyruklu), sırasıyla.

KMO ve Bartlett's Test, verilerin dağılımını ve faktör analizine uygunluğunu araştırır. Bire (1) yakın test değeri, verilerin faktör analizi yöntemi için uygun olduğunu gösterir. Bir tabiat olayında veriler serbestçe dağıldığından, verilerin olayla nasıl koordine edilmesi gerektiğini açıklar. Normal dağılımla etkileşen değişkenler faktör analizi yardımıyla modellenebilir. Şubat fırtınası verileri normal dağılım yoluyla modellenebilir.

Tablo 4. KMO ve Bartlett Testi

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.750
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1289.985
	df	55
	Sig.	.000

Fırtına verilerinin hiyerarşik küme tartışması Şekil 2'de verilmiştir. Bu şekilde iki ana blok vardır. İlk yığın P, E, Bz, N, ap, Dst, v, AE, ikinci yığın sadece (T) 'den oluşur.

**Şekil 2.** Hiyerarşik cluster analizin dendrogramı.**Tablo 5.** Açıklayıcı toplam varyans

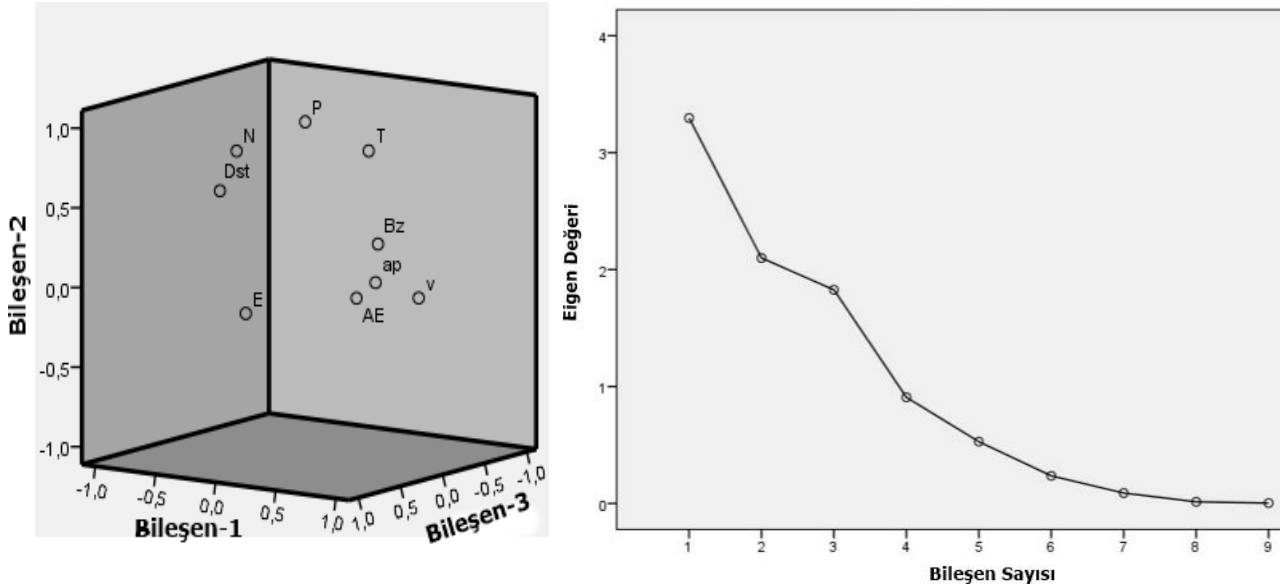
Bileşen	Özdeğerler			Karesel Yüklerin Dönme Toplamları		
	Toplam	% of Varyans	Kümülatif %	Toplam	% of Varyans	Kümülatif %
1	3.296	36.626	36.626	2.673	29.696	29.696
2	2.099	23.322	59.948	2.474	27.489	57.184
3	1.827	20.296	80.244	2.075	23.060	80.244

Kaiser Normalizasyonu ve Temel Bileşen Analizi, verilerin alt gruplara bölünmesi için uygun bir analizdir. Alt gruplara ayrılan değişkenler, azami özdeğerleri en yüksek katkı yaklaşımıyla gösterilir. Tablo 5'e göre, üç maksimum özdeğeri olan fenomenin değişiminin (evriminin) %80'i modellenebilir ve okuyucuya sunulabilir.

Bu değişkenlerin saçılma grafiği Şekil 3'te gösterilmektedir. Şekil 3, döndürülmüş alandaki tüm değişkenleri gösterir ve üç değişken arasındaki

maksimumdan sıralanır, her iki nokta arasında bir faktör gösterilir (sağ taraf).

Varimax Dönme Matrisi yöntemi, değişkenlerin lineer kümelenmesini inceler. Tablo 6'daki katsayılar, değişkenlerin (faktörlerin) ağırlıklı katkılarına değerleridir. Tablo 6'da toplam varyansın iki ana eksenini görmek mümkündür. Bu Tablo, % **80** toplam varyansta verilen değişkenlerin ağırlıkla döndürülmüş matrisidir.



Şekil 3. Döndürülmüş uzayda bileşen ve üç özdeğerin gösterimi

Tablo 6. Döndürülmüş komponent matrisi

Component	B _z (nT)	T(K)	N(1/cm ³)	v(km/s)	P(nPa)	E(mV/m)	K _p	Dst(nT)	ap(nT)	AE(nT)
1	-1.08	.390	-.604	.925	-.077	.151	-.635	.683	.625	-.108
2	.073	.827	.747	-.018	.975	-.057	.517	.078	-.005	.073

Tablo 6'da sunulan verilerin ağırlıkları ile hayat bulan lineer modeller aşağıdaki gibidir:

$$\text{Axes 1} = -(0.108)B_z + (0.390)T - (0.604)N + (0.925)v - (0.077)P + (0.151)E - (0.635)Dst + (0.683)ap + (0.625)AE$$

$$\text{Axes 2} = (0.073)B_z + (0.827)T + (0.747)N - (0.018)v + (0.975)P - (0.057)E + (0.517)Dst + (0.078)ap - (0.005)AE$$

Şekil 4, zonal rüzgar jeomanyetik indekslerinin solar rüzgar parametrelerine göre fiziksel saçılımını göstermektedir. Bu tartışmada yer istasyonlarından Dst, ap ve AE verileri kullanıldığından, yay şokundan Dünya'ya güneş rüzgarının yayılma süresi dikkate alınmamıştır. Şekil 4a, b, c, Dst, ap ve AE indekslerinin B_z, E, P, N, v, T, üzerindeki dağılımlarını göstermektedir.

Tablo 7'den Tablo 12'ye kadar bakıldığında solar rüzgar parametreleri ile zonal jeomanyetik indislerin bazı lineer modelleri görülebilir. Elbette bütün solar parametreler ile birer birer zonal indislerin lineer modelleri de tartışılabilir. Fakat yazar nedensellik ilkesinin dışına çıkmadan ve istatistiksel olarak anlamlı bulmadığı modelleri eleyerek okuyucuya daha net (anlamlı) bakış sunmaya çalışır. Tablo 8 Dst indeksinin lineer modelini: $Dst = -(8.343) + (2.751)N - (0.032)T$, olarak gösterir. Burada korelasyon katsayısı R 0.727 dir.

Tablo 11 modelin anlamlı olduğunu gösterir. Tablo 12'ye göre AE indeksi:

$$AE = -(273.839) + (0.936)v + (30.066)E,$$

burada korelasyon katsayısı R 0.455 dir.

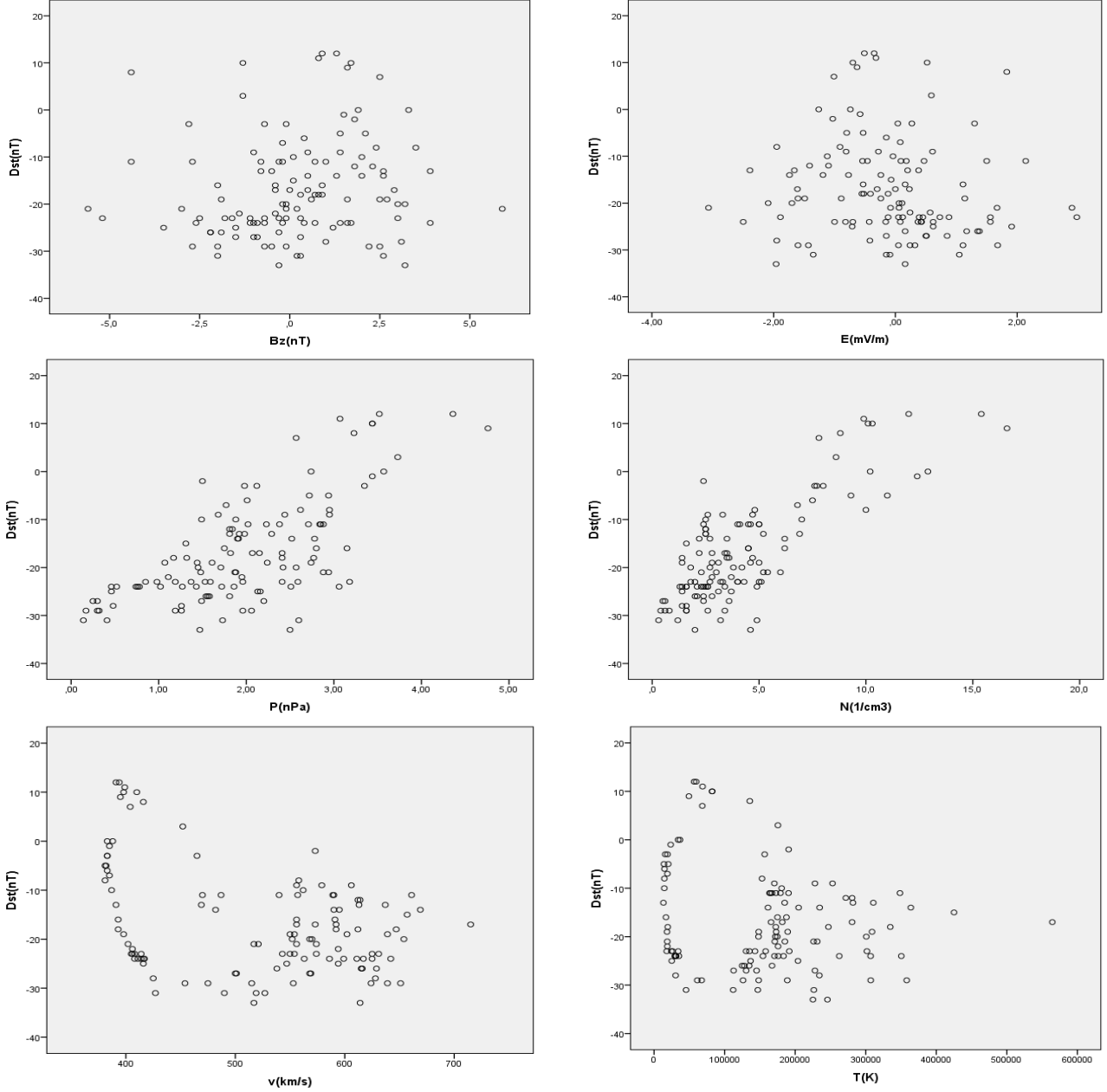
Plazma akış hızı, dinamik basınç için bir kontrol mekanizması olarak görülmesine rağmen (Burton ve ark., 1975), manyetik alan ve proton yoğunluğu da Dst indeksinin gerekli bir tahmin aracıdır. Fiziksel olarak, sıcak elektron dalgalanması ve saçılımı ile oluşturulan

koronal delikler, yüksek hızlı solar rüzgâr akımlarının kaynağıdır. Polarize olan manyetik alan güneş rüzgarının hızı ile saçılır (Tsurutani ve ark. 2006; Adhikari ve ark. 2019). Yüksek hızlı güneş rüzgarındaki nonlineer dalgalanmalar ve manyetik alan B_z bileşenindeki negatif azalmalar (pikler), jeomanyetik aktivite için hayati önem taşır. Akış hızı ve B_z bileşenindeki doğrusal olmayan hareket, Dst indeksinin pik yapma zamanının geldiğini gösterir. Bir jeomanyetik fırtınanın başlangıcında, proton yoğunluğu artar ve manyetosferi etkiler. Düşük hız ile yüksek yoğunluklu plazma basıncı manyetosferi sıkıştırır (Tsurutani ve ark. 2006). Bu, güneş rüzgarı tarafından yönlendirilen manyetosfer-iyonosfer için fırtınanın başladığı anlamına gelir (Borovsky ve Yakymenko, 2017). Bu sıkıştırma ve rahatsızlık Dst endeksi tarafından gösterildiğinden, araştırmacılar, hız parametresinin (Borovsky, 2012) seçilemez olduğu güneş rüzgarı parametreleri tarafından şekillendirilen bağlantı fonksiyonları ile Dst tahmin değerlerini artırmaya çalışırlar (Gonzalez ve ark., 1987; 1989). Manyetosferi sıkıştıran yüksek yoğunluklu plazma basıncı, ap indeksi ile aynı modelde tartışılabilir (Eroglu, 2018; 2019). Kanıtlanmış model dinamik basınç, proton yoğunluğu ve ap indeksinden oluşur. Fiziksel olarak, dinamik basınç (P) ve proton yoğunluğu (N) manyetik alandaki dalgalanmalardan doğrusal olarak etkilenirken, ap indeksinin bu dalgalanmalara yanıtı logaritmiktir. P, N ve ap içeren model Tablo 14 ve 15'te görülebilir.

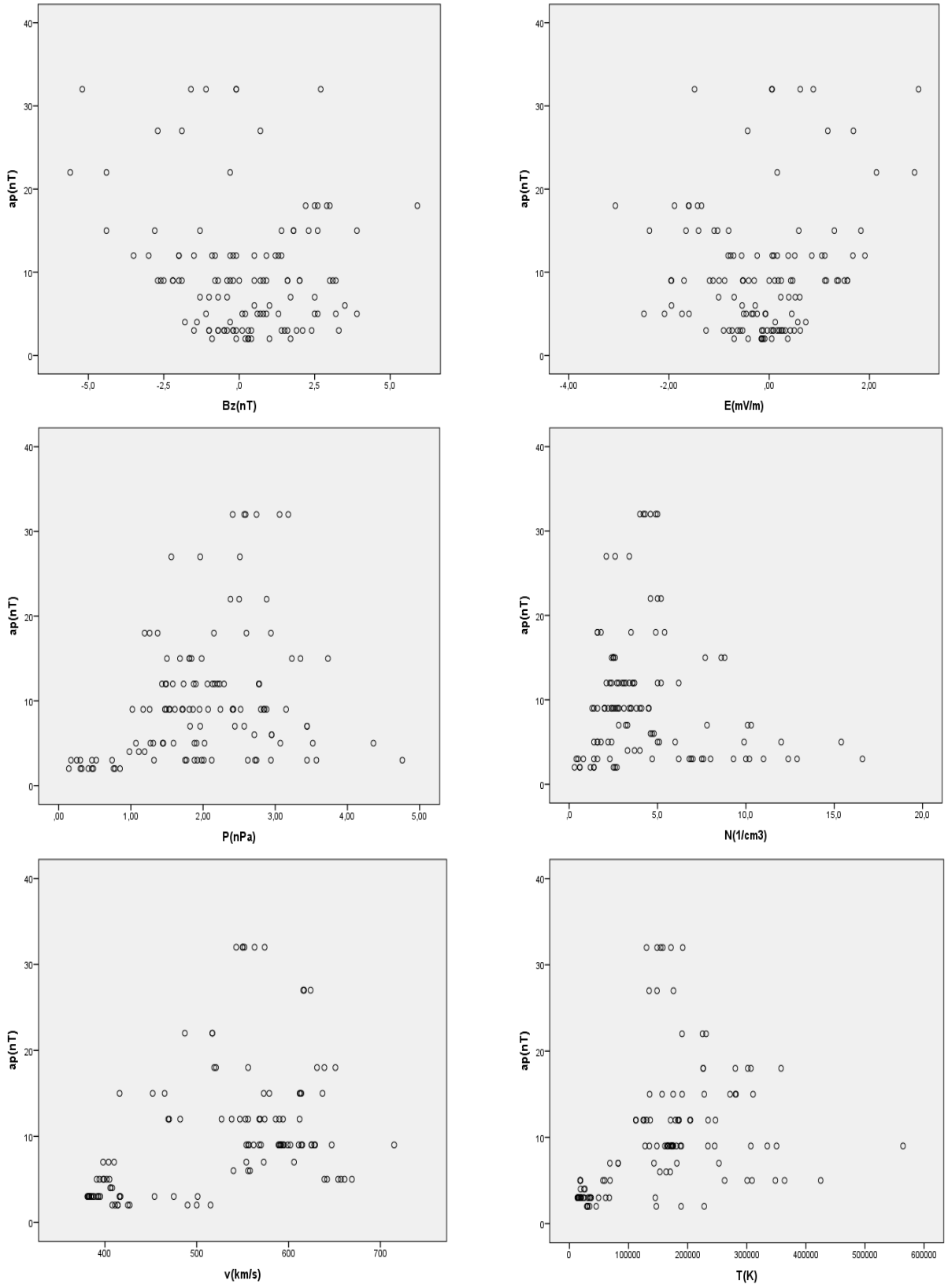
Doğrusal olmayan model $P = a + b \ln(ap) + cN$ dir; burada a , b , c sabittir. Varyans değerlerinin analizi Tablo 14'te gösterilmiştir. Katsayılar $a = -2.144$ ve $b = 1.006$, $c = 0.604$ 'dir. Tablo 15, tüm parametre tahminlerinin % 95 güven aralığında olduğunu göstermektedir. Bu model fırtınaya 69.1% oranında izah getirir:

$$P = -(2.144) + (1.006)\ln ap + (0.604)N.$$

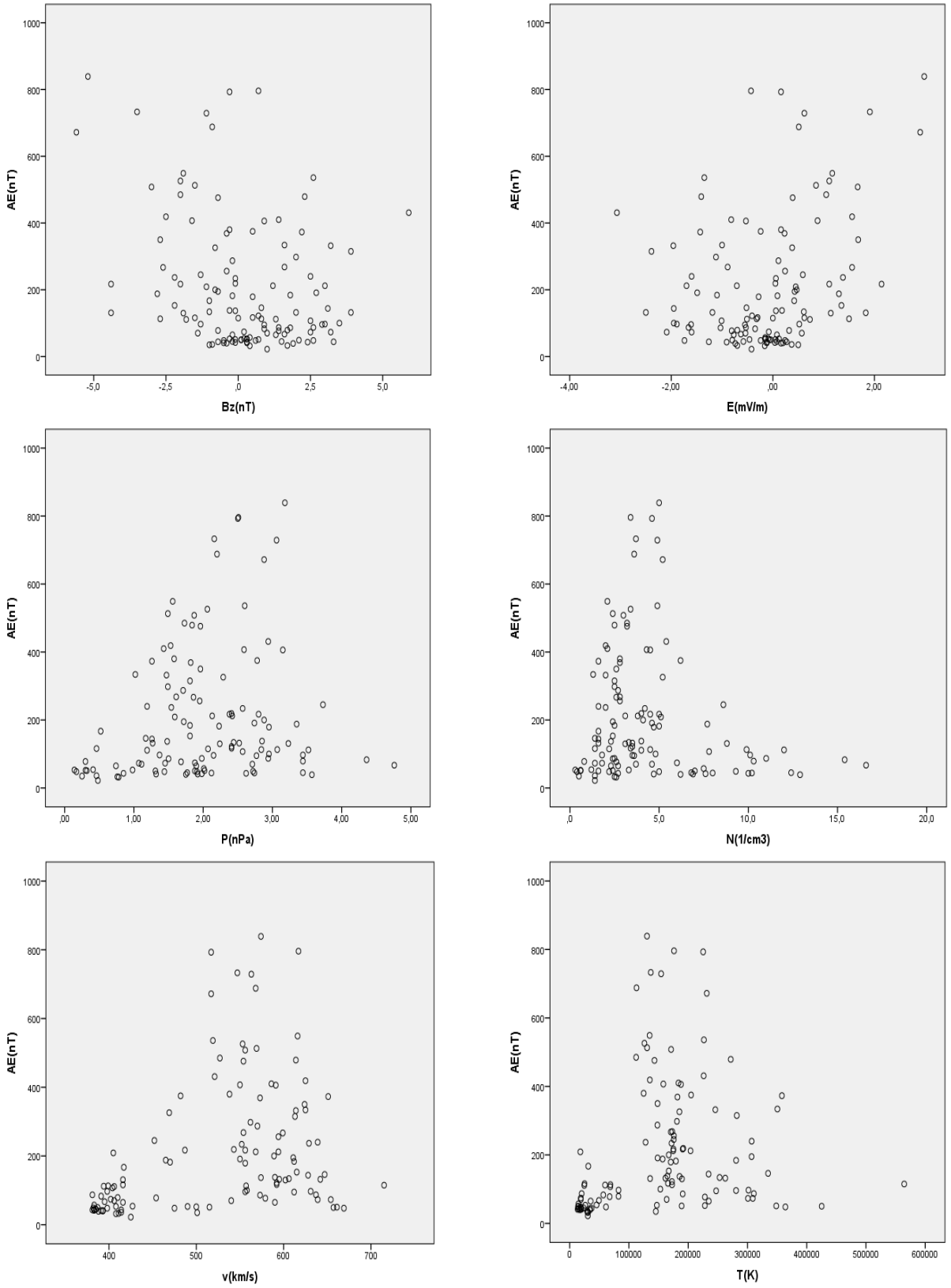
Tablo 9 modelin anlamlı olduğunu gösterir. Tablo 10'a göre ap indeksi: $ap = -(25.989) + (0.076)v$, burada korelasyon katsayısı R 0.517 dir.



Şekil 4a. Dst indeksine karşı B_z , E , P , N , v , T solar rüzgar parametrelerinin saçılımı



Şekil 4b. ap indeksine karşı B_z, E, P, N, v, T solar rüzgar parametrelerinin saçılımı



Şekil 4c. AE indeksine karşı Bz, E, P, N, v, T solar rüzgar parametrelerinin saçılımı

Tablo 7. Varyans analizi

Model	Kareleri Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Regression	3658.298	2	1829.149	38.675	.000
Residual	3263.354	117	47.295		
Total	6921.653	119			

Tablo 8. Regresyon sabitleri

Model	Standart hale getirilmemiş katsayılar		Standart Katsayılar	t	Sig.
	B	Std. Hata	Beta		
(Constant)	-8.343	11.824		-.706	.004
N(1/cm ³)	2.751	.522	.568	5.275	.000
v(km/s)	-.032	.016	-.218	-2.020	.007

Tablo 9. Varyans analizi

Model	Karelerin Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Regression	1879.887	1	1879.887	25.602	.000
Residual	5139.988	118	73.428		
Total	7019.875	119			

Tablo 10. Regresyon sabitleri

Model	Standart hale getirilmemiş katsayılar		Standart Katsayılar	t	Sig.
	B	Std. Hata	Beta		
(Sabit)	-25.989	8.980		-2.628	.011
v(km/s)	.076	.015	.517	5.060	.000

Tablo 11. Varyans analizi

Model	Karelerin Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Regression	499154.192	2	249577.096	9.001	.000
Residual	1913205.308	117	27727.613		
Total	2412359.500	119			

Tablo 12. Regresyon katsayıları

Model	Standart hale getirilmemiş katsayılar		Standart Katsayılar	t	Sig.
	B	Std. Hata	Beta		
(Constant)	-273.839	195.574		-1.400	.066
v(km/s)	.936	.297	.345	3.150	.002
E(mV/m)	30.066	14.194	.232	2.118	.008

Tablo 13. Varyans analizi

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares
Regrasyon	966.702	3	322.234
Artık değer	42.289	117	.613
Düzeltilmemiş Toplam	1008.991	120	
Düzeltilmiş Toplam	137.042	119	

Tablo 14. Parametre tahmini

Parametre	Tahmin	Std. Hata	95% Güven Aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
a	-2.144	.905	-3.949	-.339
b	1.006	.262	.484	1.527
c	.604	.049	.507	.701

4. SONUÇLAR

Çalışma, 01 Şubat 2017 jeomanyetik fırtınasını fiziksel bağlamından koparmadan, neden-sonuç ilişkisine sıkıca bağlı kalarak matematiksel olarak analiz eder. Veriler, solar rüzgâr parametreler ve zonal jeomanyetik indekslerdir. Bu değişkenler analiz edilirken, tanımlayıcı analiz, korelasyon matrisi ve dendrogramdan yararlanılarak bir yol haritası çıkarılır. Değişkenler maksimum katkı ilkeleri ile alt gruplara ayrılır ve fenomeni yönlendirebilecek değişken modelleri okuyucuya tanıtılır. Modeller, nedensellik prensibine bağlı kalarak olayın fiziksel arka planını ortaya çıkarır. Tartışma gösterir ki, Şubat (zayıf) fırtınası, ılımlı ve yoğun fırtınalarla aynı davranışları sergiler. Tepki süresi çok kısa olmasına rağmen, bu benzerlik oldukça dikkat çekicidir. Daha sonra yapılacak çalışmalarda bu benzerlikler, fırtına tahmini için anahtar niteliğinde olacaktır. Diğer yandan söz konusu çalışma ile, iyonosfer tabakasında meydana gelen zayıf seviyede manyetik fırtınaların izlenebilmesinin oldukça zor olduğu düşünüldüğünde ve bu model aracılığıyla iyonosferde yarattığı etkinin tasviri ortaya konmuştur.

BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Yazar NASA'ya, Kyoto Üniversitesi'ne ve Dünya Data Merkezi'ne teşekkür eder.

KAYNAKÇA

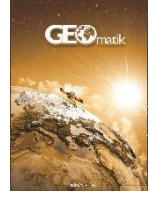
- Adhikari B, Adhikari N, Aryal B, Chapagain N P, Horvath I (2019). Impacts on Proton Fluxes Observed During Different Interplanetary Conditions, *Sol. Phys.*, 294: 61, <https://doi.org/10.1007/s11207-019-1450-6>
- Akasofu S I (1964). The Development of the Auroral Substorm. *Planet. Space Sci.*, 12 (4): 273, [https://doi.org/10.1016/0032-0633\(64\)90151-5](https://doi.org/10.1016/0032-0633(64)90151-5)
- Borovsky J E (2012). The velocity and Magnetic Field Fluctuations of the Solar Wind at 1 AU: Statistical Analysis of Fourier Spectra and Correlations with Plasma Properties, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 117 (A5), A05104, doi:10.1029/2011JA017499
- Borovsky J E & Yakymenko K (2017). Systems Science of the Magnetosphere: Creating Indices of Substorm Activity, of the Substorm-Injected Electron Population, and of the Electron Radiation Belt, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 122 (10): 10012, doi:10.1002/2017JA024250
- Burton R K, McPherron R L, Russell C T (1975). An empirical relationship between interplanetary conditions and Dst. *J. Geophys. Res.*, 80, 4204, <https://doi.org/10.1029/JA080i031p04204>
- Elliott H A, Jahn J M, David J M C (2013). The Kp index and solar wind speed relationship: Insights for improving space weather forecasts, *Sp. Weather*, 11(6), 339, doi: <https://doi.org/10.1002/swe.20053>
- Eroglu E (2011). Dalgı Kılavuzları Boyunca Geçici Sinyallerin Transferi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Gebze.
- Eroglu E, Aksoy S, Tretyakov O A (2012). Surplus of energy for time-domain waveguide modes, *Energy Educ. Sci. Tech.*, 29(1), 495.
- Eroglu E, Ak N, Koklu K, Ozdemir Z, Celik N, Eren N (2012). Special functions in transferring of energy; a special case: "Airy function", *Energy Educ. Sci. Tech.*, 30(1), 719.
- Eroglu E (2018). Mathematical modeling of the moderate storm on 28 February 2008, *Newast*, 60, 33, <https://doi.org/10.1016/j.newast.2017.10.002>
- Eroglu E (2019). Modeling the superstorm in the 24th solar cycle, *Earth Planets Spaces*, 71:26, doi: <https://doi.org/10.1186/s40623-019-1002-1>
- Fu H S, Tu J, Song P, Cao B, Reinisch B W, Yang B (2010). The nightside-to-dayside evolution of the inner magnetosphere: Imager for Magnetopause-to-Aurora Global Exploration Radio Plasma Imager observations, *J. Geophys. Res.*, 115, A04213, doi:10.1029/2009JA014668
- Fu H S, Cao J B, Cully C M, Khotyaintsev Y V, Vaivads A, Angelopoulos V, Zong Q G, Santolík O, Macúšová E, André M, Liu W L, Lu H Y, Zhou M, Huang S Y, Zhima Z (2014). Whistler-mode waves inside flux pileup region: Structured or unstructured?, *J. Geophys. Res.*, 119, 9089, doi: 10.1002/2014JA020204
- Gonzalez W D & Tsurutani B T (1987). Criteria of interplanetary parameters causing intense magnetic storms (Dst of less than -100 nT), *Planet Space Sci.*, 35(9), 1101, doi:10.1016/0032-0633(87)90015-8
- Gonzalez W D, Tsurutani B T, Gonzalez A L C, Smith E J, Tang F, Akasofu S I (1989). Solar Wind-Magnetosphere Coupling During Intense Magnetic Storms (1978-1979), *J. Geophys. Res.*, 94 (A7): 8835, doi:10.1029/ja094ia07p08835
- Gonzalez W D, Tsurutani B T, Gonzalez A L (1999). Interplanetary Origin of Geomagnetic Storms, *Space Sci. Rev.*, 88: 529, <https://doi.org/10.1023/A:1005160129098>
- Joshi N C, Bankoti N S, Pande S, Pande B, Pandey K (2011). Relationship Between Interplanetary Field/Plasma Parameters with Geomagnetic Indices and Their Behavior During Intense Geomagnetic Storms, *Newast*, 16 (6): 366, <https://doi.org/10.1016/j.newast.2011.01.004>
- Kamide Y, Baumjohann W, Daglis L A, Gonzalez W D, Grande M, Joselyn J A, McPherron R L, Phillips J L, Reeves G D, Rostoker G, Shanna A S, Singer H J, Tsurutani B T, Vasyliuna V M (1998). Current Understanding of Magnetic Storms' Storm-Substorm Relationships *J. Geophys. Res.*, 103 (A8): 17705.
- Loewe C A & Pröls G W (1997). Classification and Mean Behavior of Magnetic Storms, *J. Geophys. Res.*, 102 (A7): 14209.
- Manoharan P K, Subrahmanya C R, Chengalur J N (2017). Space Weather and Solar Wind Studies with OWFA, *J. Astrophys. Astr.*, 38: 16, doi:10.1007/s12036-017-9435-z
- Mayaud P N (1980). Derivation, Meaning, and Use of Geomagnetic Indices, *Geophys. Monogr. Ser.*, 22: 154, doi: 10.1029/GM022
- Ogilvie K W & Burlaga L F (1969). Hydromagnetic Shocks in the Solar Wind, *Sol. Phys.*, 8 (2): 422, doi: <https://doi.org/10.1007/BF00155390>
- Subrahmanya C R, Prasad P, Girish B S, Somashekar R, Manoharan P K, Mittal A K (2017). The Receiver System

for the Ooty Wide Field Array, *J. Astrophys. Astr.*, 38: 11, <https://doi.org/10.1007/s12036-017-9434-0>
Tsurutani B T, Gonzalez W D, Gonzalez A L C, Guarnieri F L, Gopalswamy N, Grande M, Kamide Y, Kasahara Y, Lu G, Mann I, McPherron R, Soraas F, Vasyliunas V (2006). Corotating Solar Wind Streams and Recurrent Geomagnetic Activity: A review, *J. Geophys. Res. Space*


Physics, 111 (A7), <https://doi.org/10.1029/2005JA011273>
Zic T, Vrsnak B, Temmer M (2015). Heliospheric Propagation of Coronal Mass Ejections Drag-Based Model Fitting, *Ap. J.S.*, 218, 32, doi:10.1088/0067-0049/218/2/32
URL-1 <http://themis.igpp.ucla.edu/software.shtml>



© Author(s) 2022. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Kültür varlıklarının yersel lazer tarama yöntemi ile dijital dokümantasyonu: Zonguldak Uzun Mehmet Anıtı örneği

Mustafa Özendi*¹ 

¹Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Kültür Varlığı
Yersel Lazer Tarama
3B Yüzey Modeli
3B Yazıcı

ÖZ

Kültür varlıklarının korunması ve gelecek nesillere aktarılması büyük önem taşımaktadır. Bu aktarım için varlığın dijital dokümantasyonunun yapılmış olması gerekmektedir. Böylece zarar gören kültür varlığının restorasyonu için projelendirme gerçeğe uygun olacaktır. Bu çalışmada Yersel Lazer Tarayıcı (YLT) kullanılarak kültür varlıklarının dijital dokümantasyon adımları detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Çalışmada Zonguldak'ta bulunan Uzun Mehmet Anıtı kullanılmıştır. Çalışmada 13 adet tarama gerçekleştirilmiştir. Birleştirme ve hatalı noktaların temizlenmesinden sonra 3 boyutlu (3B) yüzey model oluşturulmuştur. Bu yüzey modeli kullanılarak ihtiyaca yönelik olarak uygulamalar yapılmıştır. Projelere temel olmak üzere CAD çizimleri yapılmıştır. Ayrıca 3B yazıcı kullanılarak anıtın $\approx 1/100$ ölçeğinde gerçek modelinin baskısı alınmıştır.

Digital documentation of cultural heritage with terrestrial laser scanning (TLS): The case study of Zonguldak Uzun Mehmet Monument

Keywords

Cultural Heritage
Terrestrial Laser Scanning
3D Surface Mesh
3D Printer

ABSTRACT

It is very significant to protect and hand down cultural heritage to next generations. To be able to accomplish this mission, digital documentation of the cultural heritage should be prepared. Thus, the project design for the restoration of the damaged cultural heritage will be realistic. In this study, digital documentation steps of the cultural heritage were discussed in detail using the Terrestrial Laser Scanner (TLS). Zonguldak Uzun Mehmet Monument was used as a test object. Totally, 13 scans were acquired in the field. After the registration and elimination of points with gross error, the 3D surface mesh was generated. Various applications were carried out using the 3D surface mesh. For example, CAD drawings were created to be used in various projects and the $\approx 1/100$ scale model of the monument was printed using a 3D printer.

1. GİRİŞ

Kadim bir geçmişe sahip olan ülkemiz, tarih sürecinde birçok medeniyetin doğup yok olmasına şahitlik etmiştir. Bu medeniyetler arkalarında paha biçilemez sayısız eserleri bırakarak tarihteki yerlerini almışlardır. Bu eserlerin kimi tamamen yok olmuş kimi keşfedilerek insanlığın istifadesine sunulmuş kimi de halen bulunduğu yerde keşfedilmeyi beklemektedir. Bu tür keşiflerin sadece sergilenmelerinden daha farklı işlevlerinin olduğu Göbekli Tepe arkeolojik yerleşim alanı örneği ile karşımıza çıkmaktadır. 15.04.2011 tarihinde UNESCO Dünya Mirası Geçici Listesine alınan Göbekli Tepe arkeolojik yerleşim alanı, 1 Temmuz 2018 tarihinde 42. Dünya Mirası Komitesi toplantısında alınan karar ile Dünya Mirası Listesine kaydedilmiştir (Yağmurlu, 2020). Göbekli Tepe'nin keşfi sayesinde insanlığın tarihi ile ilgili şimdye kadar savunulan pek çok fikirde büyük değişimler olmuştur (Natura, 2019).

Böylesine önemli kültür varlıklarını gelecek nesillere aktarabilmek için dijital dokümantasyonun yapılması elzemdir. Kültür varlıkları bir şekilde tahrip olduğunda bu dokümantasyon sayesinde restorasyon ve restitüsyonu yapılarak gelecek nesillere aktarılabilir. Bu durumun en güncel örneklerinden biri Fransa'da bulunan Notr-Dam Katedrali'dir. Restorasyon çalışmaları sırasında çıkan yangın ile çok ciddi zarar gören katedral daha önceden yapılan dijital dokümantasyon çalışmaları sayesinde aslına uygun olarak restore edilmektedir (Madrigal, 2019). Bu örnek de kültür varlıklarının dijital dokümantasyonunun ne kadar önemli olduğunu gözler önüne sermektedir.

Kültür varlıklarının dokümantasyonu için kullanılan yöntemler elektro-optik teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte kullanılan veri elde etme yöntemine göre çeşitlenmiştir (Gomes ve ark., 2014; Santos Junior ve ark., 2012). Geçmişte dokümantasyon cetvel, metre ve el çizimleri ile birlikte yapılırken, bugün fotogrametri (Aicardi ve ark., 2018) ve lazer tarama yöntemleri (Akca, 2012; Fryskowska ve ark., 2015) sayesinde daha kısa sürede, daha doğru ve hassas şekilde dijital ortamlarda yapılmaktadır.

Günümüzde Yersel Lazer Tarama (YLT) teknolojisi hem ülkemizde hem de dünyada kültür varlıklarının dijital dokümantasyonu için en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olmuştur. Örneğin, Mersin İlindeki Kanlıdivane Ören Yeri içinde bulunan bir anıtmezarın 3B modellemesi YLT kullanılarak yapılmıştır (Alptekin ve ark., 2019a). Benzer çalışma, Adana'nın ören yerlerinden Üçayak ören yerinde bulunan bir çiftlik yapısı için de gerçekleştirilerek yapının 3B modellemesi yapılmıştır (Alptekin ve ark., 2019b). YLT çok sık nokta verisi sunduğundan rölöve odaklı çalışmalarda da artık yaygın bir şekilde kullanılmaktadır, (Cerit ve Kör, 2020) çalışmalarında Konya Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi olarak kullanılan tarihi binanın rölöve projesinin YLT ile hazırlanmasını aktarmışlardır. YLT yönteminin dijital dokümantasyon uygulamalarında doğruluk bakımından yeterliliği (Çelik ve ark., 2020) tarafından sunulan çalışmada incelenmiş ve yapılan doğruluk analizi neticesinde YLT'nin bu uygulamalarda yeterli olacağı ifade edilmiştir. Bazı durumlarda YLT hedef nesnenin her yerine

ulaşamayabilir ki bu durumda eksiklikler ortaya çıkar. Bu eksiklikleri tamamlamak için fotogrametrik yöntemler kullanılabilir (Xu ve ark., 2016; Ulvi ve ark., 2019).

YLT'ler hedef nesneyi nokta bulutu şeklinde örneklerler. Nokta bulutundaki nokta sayısı hedef nesnenin büyüklüğüne, seçilen tarama parametrelerine ve YLT ile hedef nesne arasındaki tarama mesafesine göre değişiklik gösterse de genellikle milyonlarca noktadan oluşmaktadırlar. YLT'ler hızlı olduklarından ve yüksek hassasiyetli veriler sundukları için özellikle bu alanda çok tercih edilmektedirler.

Tarama neticesinde elde edilen nokta bulutundan 3B yüzey modellemesi, CAD ortamında 2B rölöve ölçümleri, 3B çıktı üretmek ve sanal gerçeklik ortamları oluşturmak gibi birçok farklı uygulama yapmak mümkündür.

Bu çalışmada YLT'nin kültür varlıklarının dijital dokümantasyonunda kullanılabilirliğinin araştırılması ve bütün işlem adımlarını içeren genel bir çerçeve çizilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Zonguldak'ın simgelerinden biri olan Uzun Mehmet Anıtı YLT ile taranarak elde edilen nokta bulutundan 3B yüzey modeli, CAD çizimleri ve 3B çıktı üretilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı olarak Zonguldak'ın önemli simgelerinden biri olan Uzun Mehmet Anıtı seçilmiştir. Uzun Mehmet Anıtı, 1973 yılında Cumhuriyet'in 50. yılı anısına Türkiye Taşkömürü Kurumu tarafından yaptırılmıştır (Kültürportalı 2013). Ayrıca bu anıt Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi'nin logosunda da kullanılmaktadır.



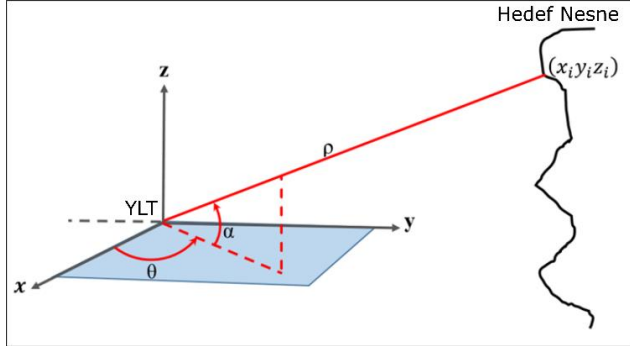
Şekil 1. Zonguldak Uzun Mehmet Anıtı

Anıtın yapıldığı yer Balkaya sırtı olarak adlandırılmaktadır. Bu alana yapılma sebebi ise Zonguldak şehir merkezinin her yerinden görülebilir olmasıdır (Kültürportalı 2013). Anıt inşasından sonra anıt etrafı 1983 yılında Zonguldak Belediyesi tarafından piknik alanı olarak ilan edilmiştir. Günümüzde ise anıtın bulunduğu arazi Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi'ne devredilmiştir. Devir işleminden sonra anıtın bulunduğu bölgede çevre düzenlemesi yapılarak 15 Temmuz Şehitler Kampüsü ismi verilmiştir. Ayrıca anıtın dış yüzeyinde bazı dökümler olduğu için Zonguldak Bülent

Ecevit Üniversitesi tarafından gerekli onarım işlemleri yapılmıştır.

3. YÖNTEM

YLT'ler küresel koordinat sisteminde çalışırlar ve YLT ile hedef nesne arasındaki mesafeyi (ρ), yatay açığı (θ), düşey açığı (α) ve hedef nesneden geri yansıyan sinyalin şiddetini ölçerler (Şekil 2).



Şekil 2. YLT sistemlerinin yaptığı gözlemler

Hedef nesne ile YLT arasındaki mesafe ölçümü iki farklı prensibe göre yapılmaktadır. Bunlardan birincisinde direkt olarak sinyalin YLT ile hedef nesne arasındaki uçuş zamanını (Time of flight) ölçülürken ikincisinde ise mesafe ölçümünü faz farkının (Phase shift) karşılaştırılması ile gerçekleştirilir (Vosselman ve Maas, 2016).

Birinci yöntemde YLT hedef nesneye atımlar (pulse) gönderir ve lazer kaynağı ile hedef nesne arasındaki uçuş süresini hesaplar. Bu yöntemde YLT ile hedef nesne arasındaki mesafe Eşitlik 1 ile hesaplanabilir (Soudarissanane, 2016).

$$\rho = \frac{c\Delta t}{2} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de ρ , YLT ile hedef nesne arasındaki mesafeyi, c ışık hızını ve Δt sinyalin seyahat süresini göstermektedir. Faz farkı ile çalışan YLT'ler ise hedef nesneye sürekli dalga (modulated continuous wave) gönderir ve Δt Eşitlik 2 ile hesaplanır (Soudarissanane, 2016).

$$\Delta t = \frac{\Delta\phi}{2\pi f} \quad (2)$$

Bu eşitlikte $\Delta\phi$ faz farkını, f sinüs dalgasının frekansını göstermektedir. Eşitlik 2'deki Δt Eşitlik 1'de yerine koyulduğunda Eşitlik 3 elde edilir.

$$\rho = \frac{c\Delta\phi}{4\pi f} \quad (3)$$

Piyasadaki YLT'lerin çoğu kullanıcıya küresel koordinat sistemindeki $r_i = [\rho_i \ \alpha_i \ \theta_i]^T$ nokta bulutunu vermektense Kartezyen koordinat sistemindeki $[x_i \ y_i \ z_i]$ nokta bulutunu verirler (Ozendi ve ark., 2017).

Küresel koordinat sistemindeki herhangi bir $r_i = [\rho_i \ \alpha_i \ \theta_i]^T$ noktasının Kartezyen koordinat sistemine $[x_i \ y_i \ z_i]$ dönüşümü Şekil 2'deki geometrik ilişkiler kullanılarak Eşitlik 4 ile yapılabilir (Ozendi ve ark., 2017).

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_i \cos(\alpha_i) \cos(\theta_i) \\ \rho_i \cos(\alpha_i) \sin(\theta_i) \\ \rho_i \sin(\alpha_i) \end{bmatrix} \quad (4)$$

Kartezyen koordinat sisteminden küresel koordinat sistemine de dönüşüm mümkündür. Bu dönüşüm Eşitlik 5 ile verilmiştir.

$$r_i = \begin{cases} \rho_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \\ \alpha_i = \tan^{-1} \left(\frac{z_i}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}} \right) \\ \theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{y_i}{x_i} \right) \end{cases} \quad (5)$$

Küresel koordinat sisteminde tanımlı olan düşey açı (α) ve yatay açı (θ) değerlerinin hesaplanmasında YLT'nin tarama prensibi oldukça önemlidir. Panoramik tarama yapan YLT'ler için Eşitlik 5 ile verilen düşey açı (α) ve yatay açı (θ) eşitlikleri bu duruma uygun olarak değiştirilmelidir (Lichti, 2010).

YLT'ler konumsal veriye ek olarak her nokta için yoğunluk veya şiddet değerini de (intensity) ölçerler. Yoğunluk değeri genellikle nokta bulutunun görselliğini artırmak için kullanılır (Carrea ve ark., 2016). Özellikle kamera entegrasyonu olmayan YLT verilerinin işlenebilmesi için yoğunluk verisi oldukça kullanışlı olmaktadır. Yoğunluk değeri hedef nesneden geri dönen sinyal miktarının bir ölçüsü olarak tanımlanabilir. Bazı YLT'ler ise yoğunluk değerinin yerine kullanıcıya yansıtım değeri sunarlar. Yansıtım değeri, yoğunluk değerine mesafe ve açı düzeltmelerinin uygulanmış halidir. Bu işleme literatürde yoğunluk kalibrasyonu (intensity calibration) adı verilmektedir (Jaakkola ve ark., 2008; Kaasalainen ve ark., 2008). Kimi YLT'ler kullanıcıya sadece yoğunluk veya yansıtım değerlerinden birini verirken kimi her ikisini de verebilmektedir. Örneğin Faro Focus 3D X330 tarayıcısının nokta bulutu işleme yazılımı olan Faro Scene ekranda yoğunluk değerini gösterirken çıktı olarak sadece yansıtım değerlerini vermektedir. Hedef nesnenin yüzeyinin yansıtıcılığı ne kadar çoksa yoğunluk değeri o kadar yüksektir. Ayrıca yoğunluk değeri mesafe arttıkça azalır ve lazer ışını ile lokal yüzey normali arasındaki açı ne kadar büyürse o kadar azalır. Bu durum Şekil 3 ile gözlenebilmektedir.



Şekil 3. Faro Focus 3D X330 ile yapılan bir taramanın yoğunluk görüntüsü. Renkler beyaza yaklaştıkça yüzey yansıtıcılığı artmakta, siyaha yaklaştıkça yüzey yansıtıcılığı düşmektedir

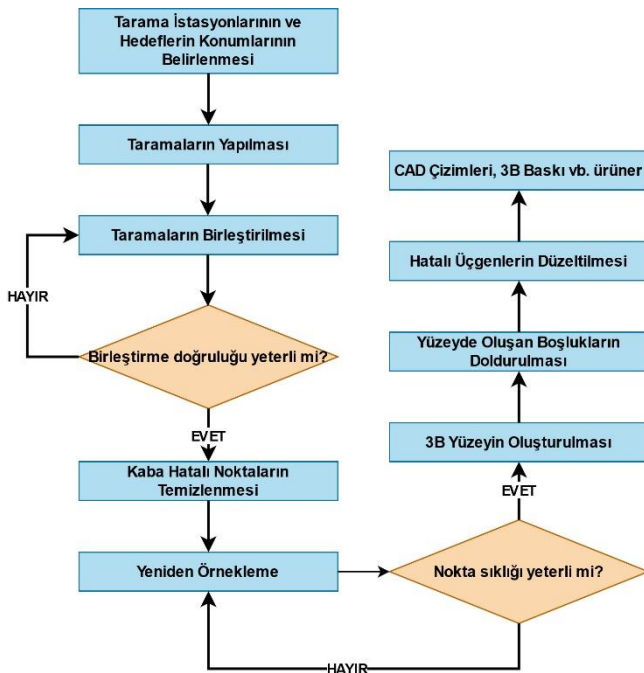
Bu çalışmada faz farkı yöntemi ile çalışan ve panoramik bir tarayıcı olan Faro Focus 3D X330 tarayıcısı kullanılmıştır. Tarayıcının teknik özellikleri Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Faro Focus 3D X330 tarayıcısının teknik özellikleri

Faro Focus 3D X330	
Lazer Sınıfı	1
Mesafe Ölçüm Hatası	$\pm 2\text{mm}$ (25m-30m)
Işın Demeti Uzaklaşımı	121.0 ^{cc} (0.19 mrad)
Dalga Boyu	1550nm
Açısal Adım Genişliği (Yatay)	100 ^{cc}
Açısal Adım Genişliği (Düşey)	100 ^{cc}
Görüş Alanı (Yatay)	333.3 ^g
Görüş Alanı (Düşey)	400 ^g

Faro Focus 3D X330 tarayıcısının ayrıca 70 megapixel çözünürlüğünde entegre kamerası vardır. Tarama sırasında bu kamera kullanılırsa elde edilen noktaları kameranın çektiği fotoğraflar ile renklendirmek mümkündür.

Bu çalışmada kültür varlıklarının YLT yöntemi ile dijital dokümantasyonu için genel bir çerçeve çizilmiştir. Bu çerçevede veri toplama adımından başlayarak verilerin işlenmesi ve çıktı ürünlerin üretilmesine kadar olan bütün işlem adımları ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Sunulan bu çerçevenin iş akış şeması Şekil 4 ile gösterilmiştir.

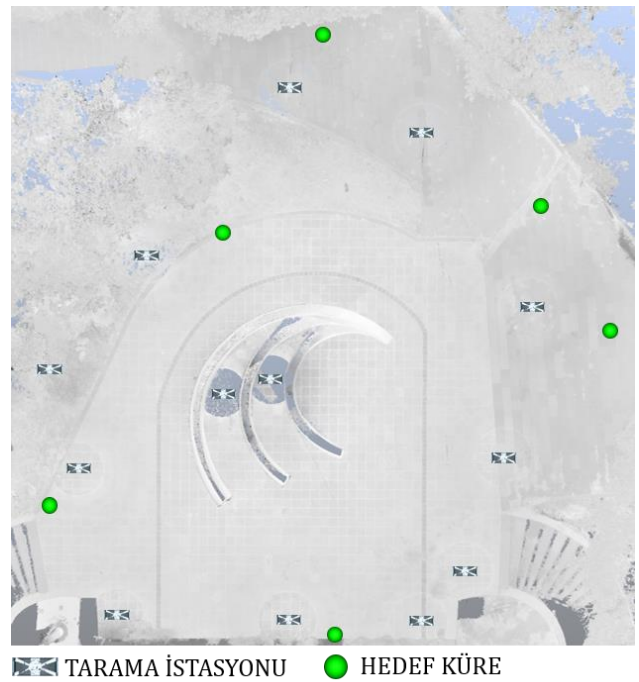


Şekil 4. Dijital dokümantasyon projelerinde iş akış şeması

4.1. Veri Toplama

YLT ile yapılacak projelerde planlama büyük önem taşımaktadır. Tarama işlemine başlamadan önce hedef nesnenin eksiksiz bir biçimde her yerinin taranabilmesi olarak sağlayacak şekilde taramanın yapılacağı istasyon noktaları seçilmelidir. Ayrıca nokta bulutlarının birleştirilme aşamasında eğer hedefli birleştirme yöntemi kullanılacaksa istasyon noktalarına ek olarak bir de bu hedeflerin nerelere koyulacağını tarama işleminden önce belirlenmiş olması gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında Uzun Mehmet Anıtı'nın tümünü kapsayacak şekilde 13 adet tarama gerçekleştirilmiştir. Bu taramalardan iki tanesi anıtın iç kısımlarının da modellenmesi için anıtın içinde yapılmıştır ve anıt ile tarayıcı arasındaki mesafe yaklaşık olarak 50cm'dir. Diğer taramalar anıtın etrafında yapılmış olup, en yakın tarama yaklaşık olarak 5m mesafeden, en uzak olan tarama ise yaklaşık olarak 9.5m mesafeden yapılmıştır. Ortalama olarak tarayıcı ile anıt arasındaki mesafe 8m'dir. Bu taramalar yapılırken tarayıcının çözünürlük parametresi 1/4 kalite parametresi ise 4x olarak seçilmiştir. Birleştirme işlemi için toplamda 6 adet küresel hedef kullanılmıştır. Sağlıklı bir birleştirme işleminde ardışık taramalar arasında en az üç ortak hedef bulunmalıdır. Küresel hedefler bu şartları sağlayacak şekilde yerleştirilmiştir. Tarama istasyon noktalarının ve küresel hedeflerin konumları Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Çalışma kapsamında tarama yapılan istasyonlar ve hedef kürelerin Uzun Mehmet Anıtına göre konumları (üstten görünüm)

4.2. Birleştirme

Taramadan sonraki adım birleştirme işlemidir. Her tarama farklı bir koordinat sisteminde olduğundan bu nokta bulutunu kullanmak mümkün değildir. Örneğin, Şekil 6(a)'da görüldüğü gibi nesne bütünlüğü yoktur.

Bunun sebebi her taramanın farklı bir koordinat sisteminde olmasıdır.

Bu durumu ortadan kaldırmak için birleştirme yapılmalıdır. Birleştirme işlemi bütün taramaları aynı koordinat sistemine dönüştürmek olarak tanımlanabilir.

Literatürde birleştirme için iki farklı yaklaşım bulunmaktadır. Birinci yöntemde herhangi bir hedefe ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu yöntemde öncelikle taramalar kaba bir şekilde birbirine göre yöneltilir. Yöneltilme işlemi otomatik olarak veya kullanıcı yardımı ile yapılabilir. Yöneltilmeden sonra taramalar arasındaki hata minimum olana kadar iteratif olarak taramalar yöneltilir (Besl ve McKay, 1992; Gruen ve Akca, 2005).

İkinci yöntemde ise taramaları aynı koordinat sistemine dönüştürmek için hedefler kullanılır. Bu hedefler farklı markalarda farklılıklar gösterse de prensip olarak farklı taramalarda aynı noktaların seçilmesine imkan sağlarlar. En çok kullanılan hedef türü küresel hedeftir. Yarıçapı belli olan küre tarama verisinde işaretlenir ve matematiksel olarak küre uydurma yapılarak bu kürenin merkez koordinatları hesaplanır. Farklı taramalardaki aynı küre merkez koordinatları kullanılarak 3B rijit dönüşüm parametreleri hesaplanır ve bütün taramalar böylece aynı koordinat sistemine dönüştürülmüş olur (Şekil 6b).

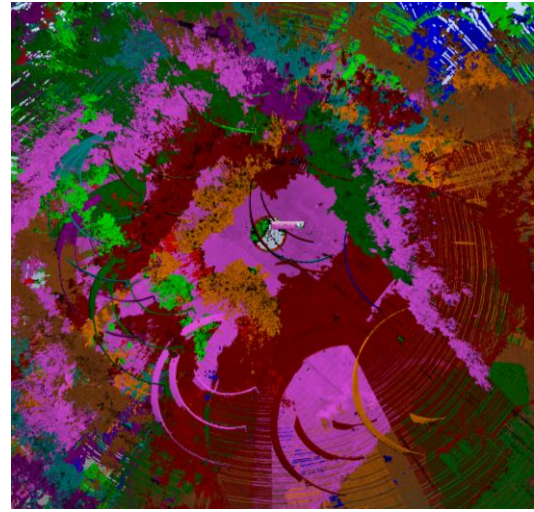
Bu çalışmada taramaları birleştirmek için Faro Scene isimli yazılımın 5.5 versiyonu kullanılmıştır. Küresel hedefler seçildikten sonra birleştirme işlemi yapılmıştır.

Faro Scene 5.5 yazılımının oluşturduğu birleştirme raporuna göre birleştirme işlemi ortalama $\pm 1.65\text{mm}$ hata ile gerçekleştirilmiştir. Projedeki noktaların %85.7'sinin birleştirme hatası 4mm değerinin altındadır. Ayrıca taramalar arasındaki bindirme oranı %55.2 ile %93 arasında değişmekle birlikte ortalama %73.7'dir.

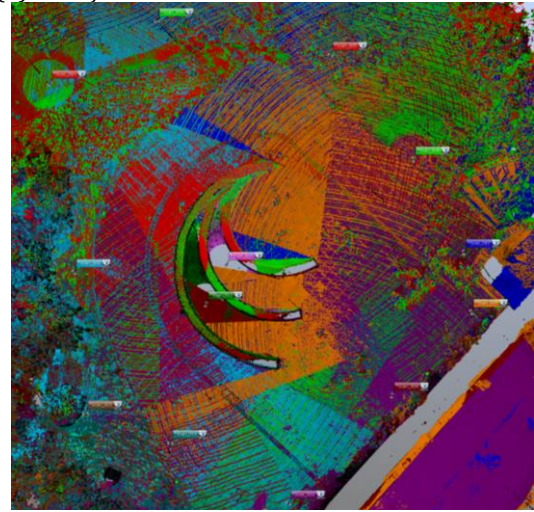
4.3. Hatalı Noktaların Temizlenmesi

Birleştirmeden sonra yapılması gereken işlem hatalı noktaların temizlenmesidir. Hatalı noktalar genellikle yüzey sürekliliğinin bittiği yerlerde, yansıtım değerinin tarayıcının eşik değerini geçtiği yerlerde ve çok yüksek oranda absorbe edici yüzeylerde oluşmaktadır (Hebert ve Krotkov, 1992; Wang ve ark., 2016). Bu tür hatalı noktalar özellikle faz farkı prensibine göre çalışan YLT'lerde daha çok görülmektedir. 3B yüzey oluşturmadan veya nokta bulutundan CAD çizimleri yapmadan önce bu hatalı noktaların temizlenmesi gerekmektedir. Aksi halde 3B yüzeyde hatalı üçgenler CAD çizimlerinde ise yanlış çizimler yapılacaktır. Şekil 7'de yüzey sürekliliğinin sona erdiği yerlerde oluşan hatalı noktalar gösterilmiştir.

Hatalı noktaların nokta bulutundan temizlenmesi için nokta işleme yazılımları kullanıcıya bazı algoritmalar sunmaktadır. Bu algoritmalar belli bir noktaya kadar başarılı olmalarına rağmen yine de manuel olarak hatalı noktaların temizlenmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında hatalı noktaların temizlenmesi için Geomagic Wrap 2015 (3DSystems, 2021) yazılımı kullanılmıştır. Hatalı noktaların temizlenmesi için yazılımın otomatik filtreleme algoritmasına ek olarak kalan hatalı noktalar manuel olarak temizlenmiştir (Şekil 8).

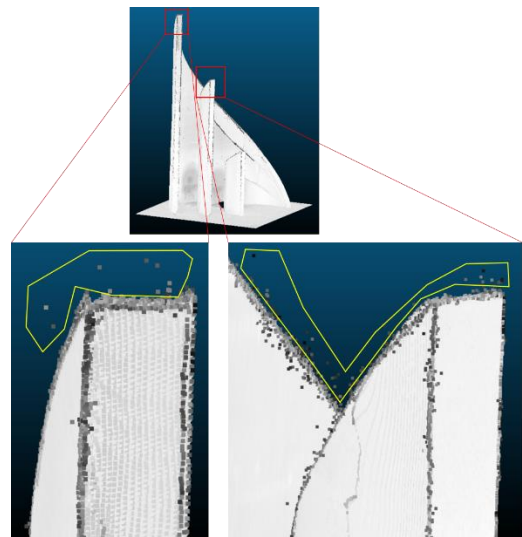


(a) Birleştirmeden önce

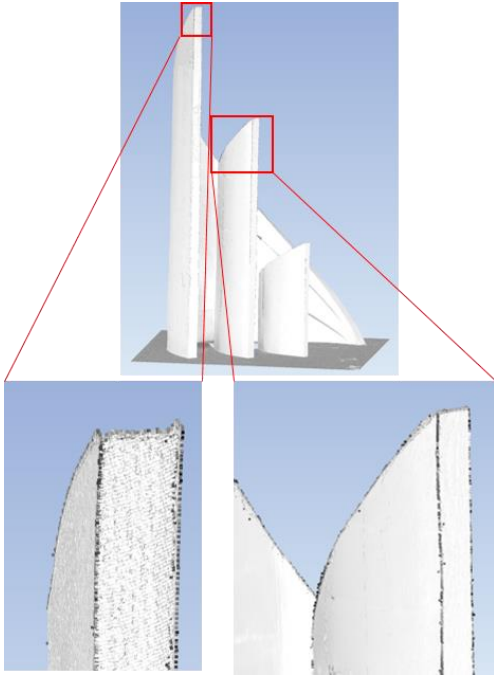


(b) Birleştirmeden sonra

Şekil 6. Her renk bir taramayı göstermektedir. (a) Birleştirmeden önce her tarama farklı bir koordinat sistemindedir. (b) Birleştirmeden sonra bütün taramalar aynı koordinat sistemine dönüştürülmüş ve nesne bütünlüğü sağlanmıştır.



Şekil 7. Yüzey sürekliliğinin bittiği yerlerde oluşan hatalı noktalar (sarı poligon içerisinde)

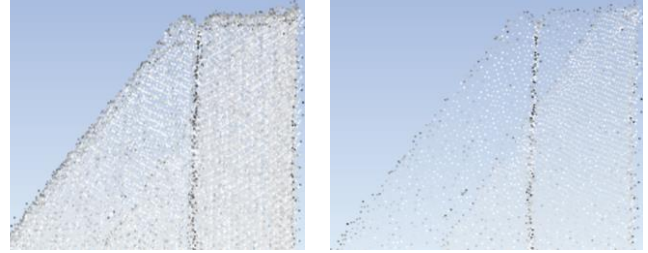


Şekil 8. Hatalı noktalardan arındırılmış nokta bulutu

4.4. 3B Yüzey Modeli Oluşturma

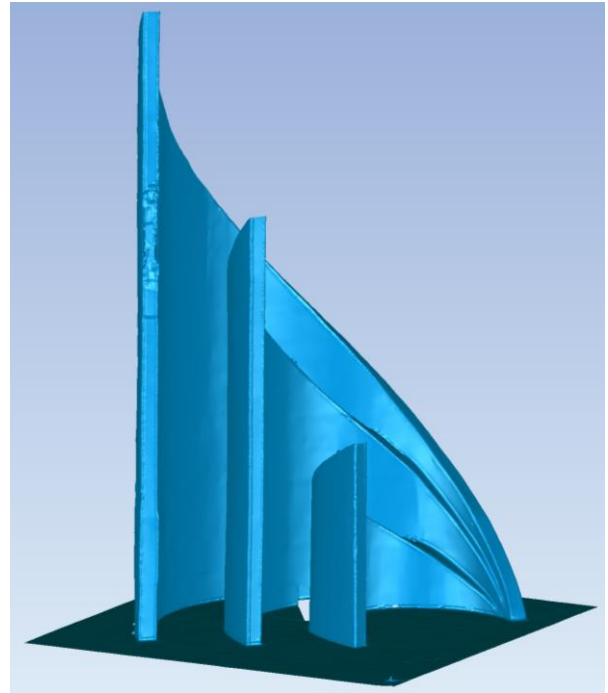
Hatalı noktaları temizlenmiş olan nokta bulutundan 3B yüzey modeli oluşturmak için bu çalışmada Geomagic Wrap 2015 yazılımı kullanılmıştır. 3B yüzey oluşturma işlemine geçmeden önce nokta bulutuna ön işlemler yapılması gerekmektedir. Bu ön işlemlerden birincisi nokta bulutunu yeniden örnekleme işlemidir. Yeniden örnekleme işlemi ile hedef nesneyi temsil eden nokta sayısı azaltılmaktadır. Böylece 3B model oluşturma işleminde daha az sayıda nokta kullanılacağı için hesaplama zamanı kısalmaktadır. Farklı yazılımlar kullanıcılara farklı yeniden örnekleme algoritmaları sunmaktadır. Bu çalışma kapsamında kullanılan Geomagic Wrap 2015 yazılımında yeniden örnekleme için dört farklı algoritma bulunmaktadır. Birinci algoritmada nokta sayısının belirlenen yüzdesi rastgele olarak silinir. İkinci algoritma eğrilik ve nokta yoğunluğu dikkate alınmadan eşit aralıklı bir nokta bulutu üretir. Üçüncü algoritma düz yüzeylerde nokta sayısını azaltırken yüksek eğrilikli bölgelerde nokta silmez böylece detaylar korunur. Dördüncü algoritma düz yüzeylerde düzenli bir şekilde nokta sayısını azaltırken eğimli yüzeylerde kullanıcının belirlediği nokta yoğunluğu değerine göre nokta sayısını azaltır. Bu çalışma kapsamında yeniden örnekleme işlemi dördüncü algoritma ile yapılmıştır. Yeniden örnekleme işlemi bütün nesnelere için yapılmaz. Eğer modeli üretilecek olan nesne küçük detaylara sahipse (heykel vb.) bu durumda yeniden örnekleme işlemi çok dikkatli yapılmalıdır. Aksi halde 3B yüzey modelinde detay kaybı ortaya çıkar. Bu çalışma kapsamında yeniden örnekleme yapılıncasında bir sakınca bulunmamaktadır. Yukarıda bahsedilen yeniden örnekleme algoritmalarından dördüncüsü bu çalışma kapsamında kullanılmıştır. Çünkü modeli üretilecek nesne küçük detaylar içermemekte, eğimli yüzeyleri bulunmakta ve geometrik bir yapıdadır. Yeniden örnekleme sayesinde veri yükü azaltılmış olacak bu da yazılımın işlem süresini azaltacaktır. Hatalı noktalar silindikten sonra elde edilen nokta bulutunda

yaklaşık 50 milyon nokta bulunmaktadır. Böyle yoğun bir veriden 3B yüzey modeli oluşturmak çok uzun sürecektir. Bu sebepten dolayı nokta bulutu yeniden örneklenmiştir ve nokta sayısı 2,7 milyona düşürülmüştür (Şekil 9).



Şekil 9. Yeniden örnekleme. (a) Yeniden örnekleme öncesi nokta sıklığı (b) Yeniden örnekleme sonrası nokta sıklığı

Hatalı noktalar temizlendikten ve nokta bulutu yeniden örneklendikten sonra 3B yüzey modeli oluşturulmuştur. Geomagic yazılımı 3B yüzey modeli oluşturmak için (Edelsbrunner ve ark., 1998) tarafından geliştirilen algoritmayı kullanmaktadır. Yeniden örneklenen nokta bulutundan elde edilen 3B yüzey modeli Şekil 10 ile gösterilmiştir.

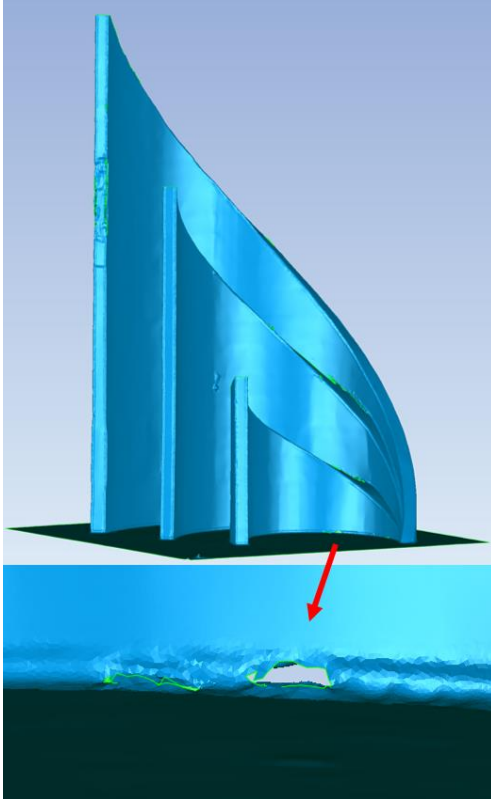


Şekil 10. Yeniden örneklenen nokta bulutundan üretilen 3B yüzey modeli

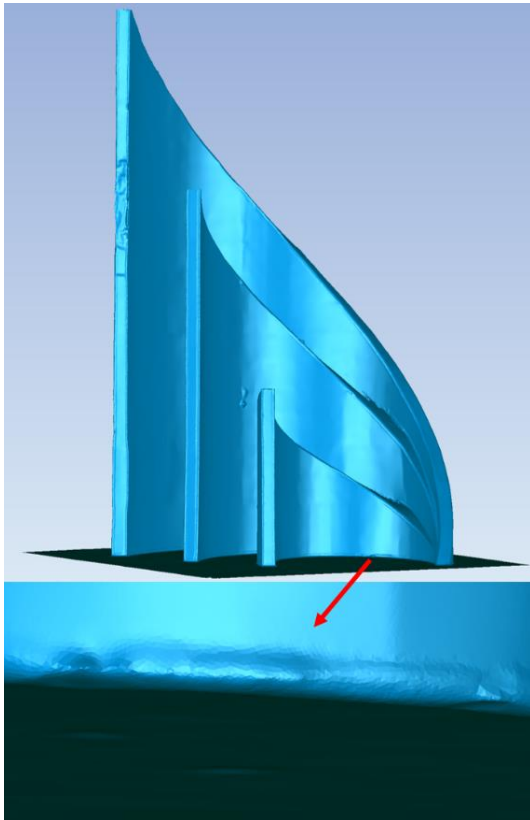
Üretilen modelde nokta sıklığının az olduğu ve üçgenleme yapılamayan yerlerde boşluklar ve bozuk üçgenler olduğu Şekil 11'de görülmektedir.

Hedef nesneyi tam olarak modelleyebilmek için bu bozulmaların giderilmesi gerekmektedir. Bu tür bozulmaları düzeltmek için 3B modelleme yazılımları otomatik ve manuel algoritmalar sunmaktadır. Küçük bozulmaların giderilmesi için otomatik algoritmalar yeterli olurken daha karmaşık ve büyük bozulmalar kullanıcı tarafından manuel olarak düzeltilmelidir.

Bu çalışma kapsamında öncelikle 3B yüzey modelindeki bozuk üçgenlerin sebep olduğu sivri uçlu çıkıntılar ve boşluklar manuel olarak giderilmiştir (Şekil 12).



Şekil 11. Bozuk üçgenlerin sebep olduğu bozulmalar ve nokta seyrekliğinden kaynaklanan boşluklar

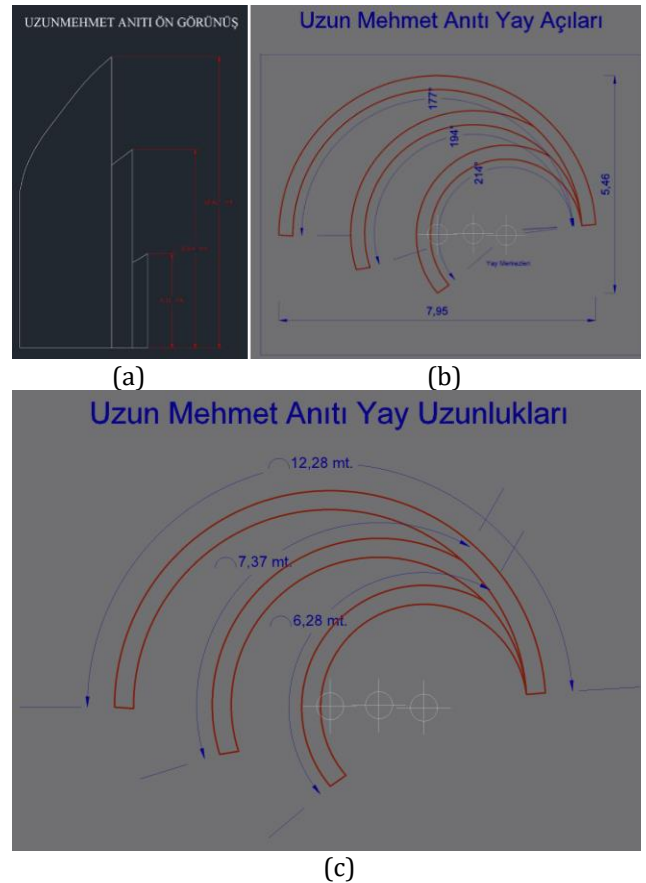


Şekil 12. Bozuk üçgenlerin sebep olduğu bozulmalar ve nokta seyrekliğinden kaynaklanan boşluklar manuel olarak düzeltilmiştir

Üzerinde çalışılan kültür varlığı tek renkli olduğundan çalışmada elde edilen 3B modele doku verme (texture) işlemi yapılmamıştır. Renk bilgisinin çok önemli olduğu kültür varlıkları söz konusu olduğunda tarayıcıya entegre olan kameranın kullanılmasından başka bir profesyonel kamera ile ilgili kültür varlığının fotoğraflarının çekilip doku verme işlemi yapılması daha uygun olacaktır.

3B yüzey modelinde oluşan bozukluklar giderildikten sonra elde edilen model birçok farklı uygulamada altlık olarak kullanılabilir. En kesit veya boy kesit alma uygulamaları, görsel zenginleştirme, CAD çizimleri, sanal gerçeklik, oyun geliştirme motorları için altlık oluşturma ve 3B yazıcıdan çıktı model üretme bu uygulamaların başlıcalarıdır.

Anıt üzerinde yapılacak onarım çalışmalarında kullanılmak üzere üretilen model üzerinden farklı açılardan bazı CAD çizimleri yapılmıştır. Yapılan CAD çizimlerine ait örnekler Şekil 13'de gösterilmektedir.



Şekil 13. 3B yüzey modelinden yapılan CAD çizimleri. (a) Anıtın ön cephe görünümü. (b) Anıtı oluşturan yay açıları. (c) Anıtı oluşturan yay uzunlukları

4.5. 3B Yazıcı Çıktısı

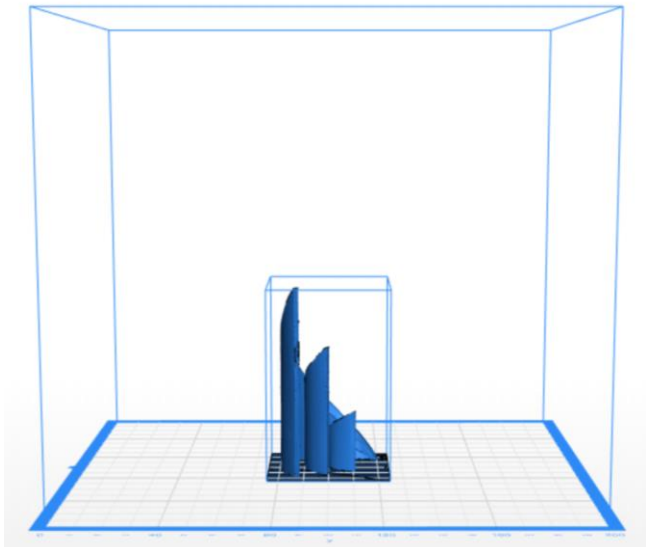
Günümüzde 3B yüzey modellerinden 3B yazıcı kullanarak ölçekli gerçek modeller üretmek özellikle tersine mühendislik uygulamalarında oldukça popüler bir hale gelmiştir. Bu çalışma kapsamında Uzun Mehmet Anıtının 3B yüzey modelinden 3B yazıcı kullanılarak gerçek bir modeli de üretilmiştir.

Bu işlem için Zortrax M200 (ZORTRAX, 2021) markalı 3B yazıcı ve aynı firmaya ait olan Z-SUITE yazılımı kullanılmıştır. Kullanılan yazıcı 1,75 mm çapında

filament kullanarak model üretmektedir. Boyutları 200x200x180 mm altında olan baskıları 90-100 mikron çözünürlüğünde alabilmekte olup baskı hızı 100 mm/sn'dir.

Baskı işlemi için üretilen yüzey modelinin STL formatına dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu format dönüşümü için Geomagic Wrap 2015 yazılımı kullanılmıştır. STL formatındaki model ve Z-SUITE yazılımı birlikte kullanılarak baskı parametreleri belirlenmiştir. Bu parametreler baskı kalitesinin ve baskı hızının belirlenmesinde önemli rol oynar. Baskının kalitesini artırmak direkt olarak baskı süresinin uzamasına sebep olmaktadır. Benzer bir şekilde baskının boyutu ne kadar büyük olursa harcanan filaman o kadar çok olacak ve baskı süresi de artacaktır.

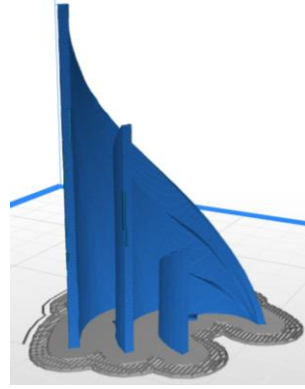
Z-SUTIE yazılımında modeli baskıya hazır hale getirmek için yapılacak ilk işlem modelin hangi boyutlarda baskısının alınacağını ayarlanması ve modelin yazıcı tablasına göre pozisyonunun ayarlanmasıdır (Şekil 14). Bir seferde baskısının alınması olanaksız olan büyük modelleri iki veya daha fazla parçaya bölüp parça parça baskısını yapmak da mümkündür.



Şekil 14. Dış kısımdaki mavi küp baskı alanını, içerideki mavi küp ise baskının yazıcı tablasına göre konumunu göstermektedir

Sonraki adım ise baskı parametrelerini belirlemektir. Öncelikle hangi tür filamanın kullanılacağı seçilmelidir. Ardından baskının iç boşluklarının nasıl doldurulacağı ayarlanmalıdır. Enjektör ucunun kalınlığı ve baskının hangi kalınlıkta eritilmiş filaman ile yapılacağı ayarlanmalıdır. Bu iki parametreyi baskının çözünürlüğü ve kalitesi olarak düşünmek mümkündür. Kimi modellerin bazı parçaları ile yazıcı tablası arasında boşluk bulunabilmektedir. Bu boşluğun doldurulması gerekir aksi halde baskı devam ederken bu kısımlar yamulup aşağı düşer.

Bahsedilen bu ayarlamalar genel ayarlardır ve birçok farklı 3B yazıcıda bulunmaktadır. Ayarlamalar bittikten sonra baskının önizlemesi yapıp kontrol edilmelidir (Şekil 15a). Önizleme kontrol edildikten sonra baskı işlemi başlatılabilir.



(a)Önizleme



(b)Baskının bitmiş hali

Şekil 15. Modelin 3B yazıcıdaki önizlemesi (a) ve baskının bitmiş hali (b)

5. BULGULAR

Çalışma kapsamında Zonguldak'ta bulunan Uzun Mehmet Anıtı'nın dijital dokümantasyonu için Faro Focus 3D X330 YLT ile 13 adet tarama yapılmıştır. Taramaların birleştirilmesi için altı adet küre hedef kullanılmıştır. Her ne kadar altı küre ile proje tamamlanmış olsa da küre sayısını ve kullanılan kürelerin yarıçapını arttırarak arazi çalışması süresi ve veri işleme süreleri düşürülebilecektir. Ayrıca küre hedeflerin sayısının ve yarıçapının arttırılması ile birleştirme işlemi daha hızlı yapılabilir. Daha büyük yarıçaplı küre hedefler kullanıldığında küre uydurma hesaplaması daha uzağa konulan hedefler için de yapılabilecektir. Fakat bu durumu maliyeti ile birlikte değerlendirmek gerekmektedir. Bir diğer alternatif ise yazıcı ile çoğaltılabilen düzlemsel hedefler kullanmaktır.

Taramalar sırasında tarayıcının çözünürlük ve kalite parametreleri $\frac{1}{4}$ ve $4x$ olarak seçilmiştir. Bu parametreler ile elde edilen nokta bulutunda yaklaşık 50 milyon nokta bulunmaktadır. Düzgün geometrisi olan ve üzerinde küçük detayları bulunmayan bu anıtın dokümantasyonu için bu parametrelerin fazla olduğu değerlendirilmiştir. Böyle nesnelere daha düşük çözünürlük ve kalite parametreleri ile taranması gerekmektedir.

Anıt tek renkten oluştuğundan tarama sırasında YLT'nin entegre kamerası kullanılmamıştır. Renk bilgisi önem taşıyan nesnelere dijital dokümantasyonunda YLT'nin entegre kamerası yerine daha profesyonel bir kamera ile daha kaliteli renk bilgisi ile doku verme işleminin yapılması gerekli olabilir.

Bu tür projelerin en önemli bileşenlerinden biri ofis çalışmasında kullanılan donanımın kapasitesidir. Bu tür projelerde yüksek kapasiteli iş istasyonlarının kullanılması önerilmektedir. Bu çalışmada 64 GB RAM belleği, Intel Xeon CPU E3-1535M v5 işlemcisi ve NVIDIA Quadro M5000M ekran kartı olan mobil iş istasyonu kullanılmıştır.

Anıtın 3B yüzey modelinin üretilmesinde ve modelde ortaya çıkan hataların giderilmesinde Geomagic Wrap 2015 yazılımı kullanılmıştır. Yazılım kullanıcıya oldukça basit bir ara yüz sunduğu ve kolayca 3B yüzey modeli üretimine olanak sağladığı için bu tür projelerde tercih edilebilir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada kültür varlıklarının YLT kullanılarak dijital dokümantasyon projesinin başlangıçtan sonuna kadar tüm adımlar ve dikkat edilmesi gereken koşullar Zonguldak'ta bulunan Uzun Mehmet Anıtı örneğinde sunulmuştur.

Anıt 13 farklı istasyondan Faro Focus 3D X330 ile taranmıştır. Birleştirme işleminde hedef küreler kullanılmış olup, ortalama birleştirme hatası ± 1.65 mm olarak elde edilmiştir. Oluşan kaba hatalı noktaların temizliği yapılmıştır. Nesne düzgün geometri olduğu için ve küçük detayları olmadığından yeniden örnekleme yapılmıştır. Sonrasında Geomagic Wrap 2015 yazılımı kullanılarak 3B yüzey model oluşturulmuştur. Oluşan 3B yüzey modelindeki boşluklar ve hatalı üçgenler aynı yazılım kullanılarak düzeltilmiştir. Elde edilen bu 3B yüzey modelinden CAD çizimleri üretilerek onarım çalışmalarında kullanılmıştır. Ayrıca 3B yazıcı kullanılarak modelin ölçekli gerçek baskısı alınmıştır.

BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Yazar, bu çalışmaya yardımları dolayısıyla Arş. Gör. Dr. Çağlar BAYIK'a, Harita Yüksek Müh. Ali CAM'a ve Bilgisayar Mühendisi Orhan Yurttaş'a teşekkür eder.

KAYNAKÇA

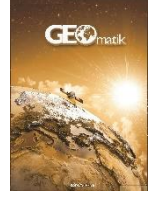
- 3DSystems (2021). Geomagic Wrap 3D Scanning Software. <https://www.3dsystems.com/software/geomagic-wrap>, Erişim Tarihi 09.03.2021
- Aicardi I, Chiabrando F, Maria Lingua A & Noardo F (2018). Recent trends in cultural heritage 3D survey: The photogrammetric computer vision approach. *Journal of Cultural Heritage*, 32, 257-266. doi: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.11.006>
- Akca D (2012). 3d Modeling of cultural heritage objects with a structured light system. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 12, 139.
- Alptekin A, Çelik M Ö & Yakar M (2019). Anıtmezarın yersel lazer tarayıcı kullanarak 3B modellenmesi *Turkey Lidar Journal*, 1(1), 1-4.
- Alptekin A, Fidan Ş, Karabacak A, Çelik M Ö & Yakar M (2019). Üçayak Örenyeri'nin yersel lazer tarayıcı kullanılarak modellenmesi. *Turkey Lidar Journal*, 1(1), 16-20.
- Besl P & McKay N (1992). A method for Registration of 3-D Shapes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI)*, 14(2), 239 - 256. doi: 10.1109/34.121791
- Carrea D, Abellan A, Humair F, Matasci B, Derron M-H & Jaboyedoff M (2016). Correction of terrestrial LiDAR intensity channel using Oren-Nayar reflectance model: An application to lithological differentiation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 113, 17-29. doi: 10.1016/j.isprs.2015.12.004
- Cerit A T & Kör M B (2020). Konya Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi röleve projesinin lazer tarama yöntemiyle hazırlanması. *Turkey Lidar Journal*, 2(1), 10-14.

- Çelik M Ö, Hamal S N G & Yakar İ (2020). Yersel Lazer Tarama (YLT) Yönteminin Kültürel Mirasın Dokümantasyonunda Kullanımı: Alman Çeşmesi Örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 2(1), 15-22.
- Edelsbrunner H, Facello M A, Fu P, Qian J & Nekhayev D V (1998). Wrapping 3D scanning data.
- Fryskowska A, Walczykowski P, Deliś P & Wojtkowska M (2015). ALS and TLS data fusion in cultural heritage documentation and modeling. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W7, 147-150. doi: 10.5194/isprsarchives-XL-5-W7-147-2015
- Gomes L, Bellon O R P & Silva L (2014). 3D reconstruction methods for digital preservation of cultural heritage: A survey. *Pattern Recognition Letters*, 50, 3-14. doi: 10.1016/j.patrec.2014.03.023
- Gruen A & Akca D (2005). Least squares 3D surface and curve matching. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 59(3), 151-174. doi: 10.1016/j.isprs.2005.02.006
- Hebert M & Krotkov E (1992). 3D Measurements From Imaging Laser Radars: How Good are They? *Image and Vision Computing*, 10(3), 170-178. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0262-8856\(92\)90068-E](http://dx.doi.org/10.1016/0262-8856(92)90068-E)
- Jaakkola A, Kaasalainen S, Hyyppä J, Niittymäki H & Akujärvi A (2008). Intensity Calibration and Imaging with SwissRanger SR-3000 Range Camera. Paper presented at the Proceedings of the ISPRS Congress Beijing 2008.
- Junior J D O S, Vrabel A, Bellon O R P & Silva L (2012). 3D reconstruction of cultural heritages: Challenges and advances on precise mesh integration. *Computer Vision and Image Understanding*, 116(12), 1195-1207. doi: 10.1016/j.cviu.2012.08.005
- Kaasalainen S, Kukko A, Lindroos T, Litkey P, Kaartinen H, Hyyppä J & Ahokas E (2008). Brightness Measurements and Calibration With Airborne and Terrestrial Laser Scanners. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 46(2), 528-534. doi: 10.1109/TGRS.2007.911366
- Kültürportalı 2013. Uzun Mehmet Anıtı - Zonguldak. <https://www.kulturportalı.gov.tr/turkiye/zonguldak/gezilecekyer/uzun-mehmet-aniti>, Erişim Tarihi:09.03.2021
- Lichti D D (2010). Terrestrial laser scanner self-calibration: Correlation sources and their mitigation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1), 93-102. doi: 10.1016/j.isprs.2009.09.002
- Madrigal A C (2019). The Images That Could Help Rebuild Notre-Dame Cathedral <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2019/04/laser-scans-could-help-rebuild-notre-dame-cathedral/587230/>, Erişim Tarihi: 09.03.2021
- Natura (2019). TARİH GÖBEKLİTEPE İLE YENİDEN YAZILIYOR <http://www.naturadergi.com/anasayfa/tarih-gobekli-tepe-ile-yeniden-yaziliyor/>, Erişim Tarihi:09.03.2021
- Ozendi M, Akca D & Topan H (2017). A generic point error model for TLS derived point clouds. Paper presented at the SPIE Optical Metrology, Münih / Almanya.

- Soudarissanane S (2016). The geometry of terrestrial laser scanning; identification of errors, modeling and mitigation of scanning geometry. Doktora Tezi. TU Delft.
- Ulvi A, Yakar M, Yiğit A & Kaya Y (2019). Arkeolojik Alanların Dokümantasyonunun Yersel Lazer Tarama Ve İha Teknikleri İle Elde Edilmesi: Konya Yunuslar Örneği. Paper presented at the TUFUAB X. Teknik Sempozyumu, Aksaray.
- Vosselman G & Maas H G (2011). Airborne and Terrestrial Laser Scanning: Whittles Publishing.
- Wang, Q, Sohn H & Cheng J C P (2016). Development of a mixed pixel filter for improved dimension estimation using AMCW laser scanner. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 119, 246-258. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2016.06.004
- Xu Z, Wu T H, Shen Y & Wu L (2016). Three Dimensional Reconstruction of Large Cultural Heritage Objects Based on UAV Video and TLS Data. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLI-B5, 985-988. doi: 10.5194/isprs-archives-XLI-B5-985-2016
- Yağmurlu A (2020). Dünya Mirası ve Kamu Diplomasisi: Göbekli Tepe Örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, 49, 46-64.
- ZORTRAX (2021). Zortrax M200. <https://zortrax.com/>, Erişim tarihi 21.03.2021



© Author(s) 2022. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Yeterince akım ölçümü olmayan nehirlerde taşkın debisinin hesaplanması ve taşkın modellenmesi (Samsun, Mert Irmağı örneği)

Vahdettin Demir*¹, Aslı Ülke Keskin²

¹ KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

² Ondokuzmayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Taşkın tekerrür debisi
Frekans analizi
Taşkın modellenmesi
CBS

ÖZ

Taşkınlar dünyada yaşanan en önemli afetlerden biri olup, Türkiye’de can ve mal kayıpları açısından depremlerden sonra ikinci, meteorolojik afetler arasında ilk sırada yer alır. Yaşamımızı, ekonomimizi etkileyen bu afetin yapısının araştırılması ve kayıpları en aza indirmek için önlemlerin alınması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı yeterince akım ölçümü olmayan Samsun, Mert Irmağı için birim hidrograf yöntemlerini kullanarak taşkın tekerrür debilerinin elde edilmesi ve belli tekerrürlerdeki taşkın hidrograflarının çalışma alanında oluşturduğu taşkın yayılımının modellenmesidir. Taşkın tekerrür hidrograflarının belirlenmesinde yağış-akış modellemesine dayalı Mockus, Synder ve DSİ Sentetik yöntemleri kullanılmıştır. Yöntemler uygulanırken Mert Irmağı havzasını temsilen, havzayı kapsayan 3 adet meteoroloji istasyonunun (Samsun, Çakıralan, Mazlumoğlu) yağış verileri kullanılmıştır. Belli tekerrürlerdeki maksimum yağış verilerine en iyi uyum gösteren dağılım istatistiksel dağılımlar kullanılarak belirlenmiştir. Kullanılan istatistiksel dağılımlar Normal dağılım, Log-Normal dağılım, Gumbel, Log-Pearson, Pearson dağılımlarıdır. En uygun dağılım ise Kolmogorov-Smirnov uygunluk testi ile belirlenmiştir. Ardından elde edilen maksimum yağış yükseklikleri kullanılarak akım değerleri ve taşkın hidrografları elde edilmiştir. Böylece çalışmanın taşkın modelleme aşamasında geçilmiş ve elde edilen taşkın debileri ve hidrografi FLO-2D programı kullanılarak modellenmiştir. Taşkın yayılım alanları ve su yükseklikleri farklı tekerrürlerde incelenerek, ırmak üzerinde yer alan köprüler ve yapılaşmanın olduğu bölgeler için önerilerde bulunulmuştur.

Flood flow calculation and flood modeling in rivers that do not have enough flow measurement (Samsun, Mert River sample)

Keywords

Flood return periods
Frequency analysis
Flood modelling
GIS

ABSTRACT

Floods are among the most important disasters in the world. After the earthquakes in terms of loss of life and property in Turkey in second place, it takes the first place among meteorological disasters. It is very important to investigate the structure of this disaster affecting our lives and economy and to take measures to minimize losses. The aim of this study is to obtain flood return period flow rates by using unit hydrograph methods for Samsun, Mert river which does not have enough flow measurement and to model flood propagation of flood hydrographs in return periods. The Mockus, Synder and DSİ Synthetic methods based on precipitation-flow modeling were used in the determination of flood return period hydrographs. The precipitation data of the stations covering the Mert River basin were used in the application of the methods. The distribution that best matches the maximum precipitation data in return periods was determined using statistical distributions. The statistical distributions used are Normal distribution, Log-Normal distribution, Gumbel, Log-Pearson, Pearson distributions. The most appropriate distribution was determined by the Kolmogorov-Smirnov conformity test. Then, maximum precipitation heights were obtained, and current values and hydrographs were obtained. Thus, the flood modeling phase of the study was passed, and the flood flow rates obtained were modeled by using the FLO-2D program. Flood propagation areas and water heights were examined in different return period and suggestions were made for the bridges and urban areas near the river.

*Sorumlu Yazar

{vahdettin.demir@karatay.edu.tr} ORCID ID 0000-0002-6590-5658
{asli.ulke@omu.edu.tr} ORCID ID 0000-0002-9676-8377

Kaynak Göster (APA)

Demir V & Ülke Keskin, A (2022) Yeterince akım ölçümü olmayan nehirlerde taşkın debisinin hesaplanması ve taşkın modellenmesi (Samsun, Mert Irmağı örneği). Geomatik, 7(2), 149-162

1. GİRİŞ

Taşkın, nehir yatağında bulunan su miktarının; normalden fazla yağış yağması, mevcut kar örtüsünün erimesi, heyelan, barajdan kontrolsüz su bırakılması, nehir yatağının kesitinin değiştirilmesi gibi nedenlerle akarsu yatak kesitine sığamayarak, çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine, alt yapı tesislerine ve canlılara zarar vererek bölgede ekonomik ve sosyal faaliyetleri kesintiye uğratan doğal bir afettir. Dünyada ve ülkemizde can ve mal kayıpları açısından tüm afetler arasında ikinci, meteorolojik afetler arasında ise ilk sırada yer almaktadır. Mevcut veriler incelendiğinde taşkınlardan kaynaklanan ekonomik kayıp her yıl yaklaşık olarak 300 milyon ₺'dir. Ülkemizde 1975-2015 yılları arasında meydana gelen taşkın olayları ve etkileri incelediğinde; toplamda 1209 defa taşkın meydana gelmiş, 720 kişi hayatını kaybetmiş ve 893 993 ha alan su altında kalmıştır. En fazla taşkın meydana geldiği yıl 2015 yılı (122 kez) olup en fazla can kaybının yaşandığı yıl da 164 kişi ile 1995 yılıdır. 1975-2002 yılları arasında yaşanan toplam taşkın sayısı 487 olup, toplam can kaybı 493'tür. 2003-2015 döneminde değerlendirilen toplam taşkın sayısı 722, toplam can kaybı 227'dir (DSİ, 2017).

Yaşamımızı etkileyen taşkınların maddi ve manevi zararlarını azaltmak için taşkını afet haline getiren mekanizmasının iyi bilinmesi ve taşkın meydana gelmeden önce önlemlerin alınması gerekmektedir. Akarsu yatağına yapılan müdahaleler, plansız şehirleşme, arazi kullanım şeklinin değişmesi ve iklim değişikliği gibi nedenlerle meydana gelen taşkınların önceden tahmin edilmesi, gözlem değeri yardımıyla istatistiksel analizlerin ve modelleme çalışmalarının yapılmasıyla mümkün olmaktadır. Taşkın debilerinin bulunması özellikle su yapılarının proje tasarımında ihtiyaç duyulan temel verilerdendir. Mühendisin veya araştırmacının alacakları kararların temelinde, sayısal gözlemler veya ölçümler yer alır. Bu ham bilgiler, yani işlenmemiş veriler, ancak uygun bir istatistik analize tabi tutulduğunda, anlamlı ve anlaşılır sonuçların çıkarılmasına imkân verir. Örneğin barajlar, köprüler, kanalizasyon ve içme suyu şebekeleri gibi su yapılarının boyutlandırılması bu kapsamın içinde yer alır. Bu ve benzeri konularda nümerik verilen toplanması çalışmanın ilk adımını oluştururken, ikinci adım, toplanmış olan bu verilerin sınıflandırılması, yani meydana gelme zamanı, büyüklüğü ve yeri gibi farklılıklara göre sıraya konulmasıdır. Son işlem ise sınıflandırılmış bilgilerin genelleştirilmesidir.

Taşkın ve taşkın alanları üzerine yapılacak detaylı bir çalışma; hidrolojik, hidrolitik, topografik ve diğer ilişkili unsurların zamansal ve alansal boyutta analizini yapmayı gerektirir. Son yıllarda, sayısal modellerle taşkın yatağı belirleme tekniği taşkınların nerede, hangi yükseklikte, ne kadar süre sonra oluşacağını daha doğru tahmini için kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem sayesinde, taşkın tahminlerinin daha doğru, daha kısa sürede yapılması sağlanmaktadır (Onuşluel Gül & Gül, 2010). Meteorolojik karakterli doğal afetlerden olan taşkınların sayısı, sıklığı ve zararları, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin de etkisi ile artmaktadır (Akgül, 2018). Taşkın afetlerini yalnızca meteorolojik oluşumlara bağlı olarak ifade etmek mümkün değildir.

Özellikle Türkiye gibi ekonomik gelişme faaliyetinin yoğun bir biçimde devam ettiği ülkelerde, sanayileşme ve sektör çeşitliliğinin beraberinde getirdiği kentleşme faaliyetleri, havza bütünündeki hidrolojik dengeyi bozmakta ve sonucunda büyük miktarda can ve mal kaybına yol açan taşkınlar meydana gelmektedir (Beden ve ark., 2014; Yılmaz, 2016). Havzalarda meydana gelebilecek taşkınları tahmin etmek oldukça güç bir konu olsa da meteorolojik ve hidrolojik gözlem istasyonlarında ölçülmüş verilerle (yağış, sıcaklık, akım miktarı, maksimum ve minimum su yükseklikleri gibi) çeşitli metotlar kullanılarak taşkın alanları ve taşkın debileri tahmin edilebilir. Bu tahminlere göre mevcut durumun gözden geçirilmesi ve gerekli tedbirlerin alınması can ve mal kaybının en aza indirilmesi mümkün olabilmektedir (Ülke ve ark., 2013). Nehir üzerinde akım istasyonunun bulunması durumunda istatistiksel dağılımlara göre taşkın debileri belirlenebilir. Fakat birçok istatistiksel analizde olduğu gibi en az 30 yıllık ölçülmüş akım verisinin kayıt altına alınmış olması gereklidir. Nehir üzerinde akım istasyonunun bulunmaması durumunda ise gelmesi muhtemel taşkın debileri, meteoroloji gözlem istasyonlarından elde edilen yağış verileri ve istasyon bilgilerine göre (konum, plüviyograf oranları vb.) hesaplanır (Anlı, 2006).

Akış, yağış gibi parametrelerin extrem değerleri frekans analizine göre belirlenir. Frekans analizi ilgili parametrenin hangi aralıklarla meydana geleceğinin belirlenmesi olarak tanımlanabilir (Benson, 1968). Taşkın frekans analizi ise su yapılarının veya suyla ilgili projelerin ekonomik olarak değerlendirilmesinde önemlidir. Frekans analizi, extrem olayların gelecekteki büyüklüğünün ve meydana gelme süresinin (tekerrür süresinin) tahmini ile hidrolitik yapıların optimum tasarımının sağlanması ve proje maliyetinin düşürülmesi açısından önemlidir. Bu nedenle bir havzada meydana gelen akımlara istatistiksel frekans analiz yöntemleri uygulanarak bu akımlara uygun olasılık dağılımları saptanabilir (Singh, 1980). Fakat tüm nehirlerde istatistiksel analizler için yeterince gözleme sahip veri bulunmayabilmektedir. Böyle durumlarda havza yönetimi ve taşkın modellerinin oluşturulması olası kayıpları önlemek için büyük öneme sahiptir. Taşkın modellemesinde taşkın alanlarının belirlenmesi, haritalandırılması ve elde edilen çıktılar ile havza planlaması yapılmaktadır. Taşkın modellemesinde ihtiyaç duyulan temel girdi ise taşkın tekerrür debileridir. Debilerin muhtemel taşkın değerlerinden daha küçük hesaplanması taşkın modellerinin gerçeği yansıtmamasına ve maddi manevi kayıp risklerinin artmasına sebep olurken, debilerin muhtemel taşkın değerlerinden daha büyük hesaplanması ise gereken önlemin boyutunu ve bu da maliyeti arttıracaktır (Kumanlıoğlu & Ersoy, 2018).

Akarsu havzasına ait akım verilerinin yeterli olması durumunda, taşkın debilerinin hesabında istatistik yöntemler olumlu sonuçlar vermektedir (Sönmez ve ark., 2012). Taşkın tekerrür debilerinin istatistiksel yöntemlerle belirlenmesiyle ilgili literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde; Seçkin (2002), Seyhan ve Ceyhan Havzaları için bölgesel taşkın frekans analizi boyutsuz olarak incelenmiş, havzalar homojen alt bölgelere ayrıldıktan sonra Log Lojistik, Log Pearson tip

3, Pearson tip 3, Wakeby, Log Boughton, Gumbel ve Log Normal dağılımları kullanılarak spreadsheet programı yardımıyla bölgesel taşkın frekans eğrileri elde edilmiştir. Kaleyci (2004), Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Değirmendere'nin çeşitli yinelemeli taşkın debileri ile bunların sebep olduğu su yüzeyi kotları ve taşkın sahalarını araştırıp, taşkın tahmin hesaplarında sonuçları karşılaştırmak amacıyla hem istatistiki yöntemler hem de birim hidrograf yöntemleri kullanmıştır. Şahin (2007), taşkın frekans analizindeki bağımsızlık tezinin geçerliliğini incelemek amacıyla beş bağımlılık testini Gevaş-Gürpınar Havzası'nda bulunan 12 adet akım gözlem istasyonuna ait yıllık pik akım serilerine uygulamıştır. Hakan (2008), çalışmada Türkiye'nin en büyük debiyeye sahip akarsularından biri olan Kızılırmak Nehri üzerinde bulunan üç akım gözlem istasyonuna (Yamula, Gülşehir, Söğütluhan) ait akım verilerini istatistiksel olarak analiz ederek, parametrik ve non-parametrik yaklaşımları karşılaştırmış olup frekans histogramlarına uygunluğunu incelemiştir. Seçkin (2009), dağılım parametrelerini tahmin etmek için L-momentler tekniğini kullanarak Türkiye'de bulunan 26 havzadaki 455 istasyona ait su yılı maksimum akım değerlerine bölgesel taşkın frekans analizi uygulamıştır. Şahin (2013), Bölgesel Taşkın Frekans Analizi (BTFA) yöntemlerini Ceyhan havzasına uygulamış, çalışmada doğrusal olmayan regresyon analiz yöntemleri de çok değişkenli istatistiksel yöntemler olarak havzadaki taşkını hesaplamak adına havza parametreleri ile birlikte kullanmıştır. Şeker (2015), taşkın frekans analizi için Antalya Havzasında yer alan 28 istasyona ait 1961-2000 yılları arasındaki yıllık anlık maksimum akım verilerini kullanmıştır. Bu istasyonların hangi dağılıma uygun olduğu öncelikle tespit edilmiş ardından her istasyon için olasılık yoğunluk fonksiyonu ve kümülatif dağılım fonksiyonu elde edilip ve 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın tekerrür debileri bulunmuştur. Akış verilerinin yetersiz olması veya verilerin olmaması durumu için sentetik birim hidrograflar yöntemi geliştirilmiştir (Sönmez ve ark., 2012). Taşkın akımlarının belirlenmesinde üzerinde akım gözlemi olmayan havzalarda Mockus, SCS, Snyder, DSİ Sentetik gibi yöntemler literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde Sönmez ve ark (2012) İstanbul deresinin taşkın debilerinin tahmininde, Aydın ve Bağatur (2016), Göksu nehri havzasında, Keskiner ve Çetin (2016), Yaylalık göletinde, Sönmez ve ark. (2017), Mudurnu çayında, Dikici ve Alhan (2018), Alibeyköy havzasında, Keskin ve ark. (2018), Karabük Eskipazar çayında taşkın debilerinin hesaplanmasında sözü geçen yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. İşler ve ark. (2016), Antalya Kemer İlçesi için gerçekleştirdikleri taşkın çalışmasında DSİ istasyonları için aynı sentetik yöntemler kullanılmış ve önerilmiştir. Yöntemlerin uygunluğu ise akım istasyonunun bulunduğu drenaj havzasının boyutlarına ve karakteristik özelliklerine göre bölgeden bölgeye değişmektedir.

Bu çalışmada üzerinde akım istasyonu bulunan fakat istatistiksel analizler için yeterince ölçümü olmayan Mert Irmağı için taşkın tekerrür debileri hesaplanmıştır. Çalışmada Mert Irmağı havzasını temsil eden Samsun bölge, Çakıralan ve Mazlumoğlu meteoroloji gözlem

istasyonları kullanılmıştır. Gözlem istasyonlarında kayıtlı yağış verilerine ait uygun istatistiksel dağılımlar (Normal dağılım, Log Normal dağılım, Gumbel, Log-Pearson, Pearson) belirlenmiştir. Verilere en uygun istatistiksel dağılımların belirlenmesinde ise Kolmogrov Smirnov testi kullanılmıştır. Böylece 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıllık tekerrürlere sahip yağış değerleri elde edilmiştir. Bu yağış değerleri ile Mockus, Snyder, DSİ Sentetik gibi birim hidrograf yöntemleri kullanılarak da havzaya uygun taşkın tekerrür debileri elde edilmiştir. Kullanılan yöntemler arasında karar verilirken havza karakteristik özellikleri ve çalışma alanına yakın benzer özelliklerdeki akım istasyonlarının bölgesel ve noktasal taşkın debileri dikkate alınmıştır. Bu aşamadan sonra taşkın modelleme aşamasına geçilmiş, 1/1000 ölçekli halihazır haritalar ve imar planları kullanılarak yüzey modeli, nehir üzerinden alınan örnekler ve uzaktan algılama-sınıflandırma teknikleriyle de Manning pürüzlülük katsayıları elde edilmiştir. Tüm bu veriler iki boyutlu taşkın model paket programı FLO-2D ile modellenmiştir. Böylece belli taşkın tekerrür sürelerindeki (Q₅₀, Q₁₀₀, Q₅₀₀ ve Q₁₀₀₀) taşkın senaryoları oluşturulmuş, su yayılım alanları belirlenmiş. Elde edilen taşkın yayılım haritaları neticesinde taşkın anında Mert Irmağı'nın sağ ve sol sahilinde meydana gelecek su derinlikleri tespit edilmiş ve ırmak üzerinde bulunan köprülerin tekerrür debilerinde riskli olup olmadıkları incelenmiştir. Bu çalışmayla taşkın modellemesi, taşkın debilerinin hesaplanması, bu debilerin modellenmesine ve önerilere kadar bir bütün olarak ele alınmış, yerel bir soruna çözüm önerisi getirilmiştir.

2. METOD

2.1. Taşkın Tekerrür Debilerinin Belirlenmesi

Taşkın debileri hesaplanacak havzanın büyüklüğü, karakteristik özellikleri, yağış ve akış verilerinin mevcudiyeti ve sonrasında yapılacak hidrolik modellemenin ihtiyacına göre çeşitli yöntemlerle elde edilmektedir. Taşkın debilerinin hesaplanmasında 2 temel yöntem önerilmektedir; Taşkın frekans analizi (istatistiksel), Yağış-akış modeli (sentetik) (DSİ, 2017).

Taşkın frekans analizinde taşkın debileri yıllık anlık maksimum akım verileri, Olasılık Dağılım Fonksiyonları (ODF), Noktasal ve Bölgesel Taşkın Frekans Analiz yöntemleriyle elde edilmektedir. Çalışmada literatürde en çok tercih edilen 5 farklı OYF'nu (Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu) kullanılmıştır. Bunlar; Normal dağılım, Log-Normal Tip-2, Log-Normal Tip-3, Gumbel, Log-Pearson Tip-3, Pearson dağılımlarıdır. Yağış-akış modeli ise taşkın debileri, hesaplanacak nehirde yeteri kadar gözlem verisi bulunmayan veya havzasında hiç istasyon bulunmayan bölgelerde kullanılmaktadır. Çalışma alanında yağış istasyonları yardımıyla oluşturulacak Thiessen poligonları ve çevre istasyon verileri yardımıyla taşkın debileri birim hidrograf sentetik yöntemlerle elde edilmiştir. Çalışmada kapsamında literatürde en çok kullanılan Mockus, DSİ sentetik, Snyder yöntemleri kullanılmıştır (Demir, 2020).

2.1.1. Olasılık dağılım fonksiyonları

2.1.1.1. Normal dağılım

Normal dağılıma göre bir rastgele değişken (X), n adet bağımsız değişkenin toplamından meydana geliyorsa n arttıkça X'in dağılımı esas değişkenlerin dağılımı ne olursa olsun hızla normal dağılıma yaklaşır. X normal rastgele değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonu (OYF) Eş. 1'de verilmiştir (Bayazıt & Yeğen Oğuz, 2013).

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2\right] \quad (1)$$

Dağılım $(-\infty \leq x \leq \infty)$ arasında olup ortalaması μ_x , varyansı σ_x^2 'dir. Normal dağılım simetrik olup çarpıklık katsayısı sıfır ve kurtosis 3'dür (Bayazıt & Yeğen Oğuz, 2013).

2.1.1.2. Log-Normal dağılım

X değişkeninin logaritması ile tanımlanan Y değişkeni normal dağılmış ise X'in dağılımı log-normaldir (Eş. 2). Dağılım $X > 0$ için tanımlanabileceğinden hidrolojideki birçok pozitif çarpık değişkene iyi uymaktadır.

$$Y = \ln(x) \quad (2)$$

$$X = \exp(Y) \quad (3)$$

X log-normal değişkeninin Eklenik Dağılım Fonksiyonu (EDF) Eş.4'de verilmiştir.

$$F(x) = P[Y \leq \ln(x)] = P\left[\frac{Y-\mu_y}{\sigma_y} \leq \frac{\ln(x)-\mu_y}{\sigma_y}\right] = \Phi\left[\frac{\ln(x)-\mu_y}{\sigma_y}\right] \quad (4)$$

Bu ifadede Φ standart normal dağılımın eklenik dağılım fonksiyonudur (Bayazıt & Yeğen Oğuz, 2013).

2.1.1.3. Üç-parametrelili Log-Normal dağılım

X rastgele değişkenin logaritması bazı durumlarda normal dağılıma pek uymamaktadır. Fakat X_0 gibi bir alt sınır değeri çıkarıldıktan sonra logaritmik dönüşüm yapıldığında değişken normal dağılıma uyabilmektedir (Eş 5.).

$$Y = \ln(x) \quad (5)$$

X_0 alt sınır olup Y'nin dağılımı normal dağılım (Eş. 6) olmaktadır (Bayazıt & Yeğen Oğuz, 2013).

$$X = X_0 + \exp(Y) \quad (6)$$

2.1.1.4. Gumbel dağılımı

Bu yöntemde, bağımsız değişkenlerin sayısının sonsuza gitmesi halinde örneklerdeki en büyüklerin dağılımının ekstrem değer dağılımlarından birine yakınsadığı kabul edilir (Bayazıt, Önöz, 2008; Bayazıt & Yeğen Oğuz, 2013). Gumbel dağılımının OYF ve EDF Eş. 7 ve 8'de yer almaktadır;

$$f(x) = \frac{1}{a} \exp\left[-\frac{x-\xi}{a} - \exp\left(-\frac{x-\xi}{a}\right)\right] \quad (7)$$

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\xi}{a}\right)\right] \quad (8)$$

Gumbel dağılımının OYF, Log-Normal dağılımının $C_{sx}=1,13$ olan dağılımına çok benzerdir. Dağılım parametreleri (ξ ve α) değişince Gumbel OYF'nin merkezi hareket etmekle birlikte çarpıklık katsayısı sabit olduğundan biçimi değişmez (Bayazıt & Yeğen Oğuz, 2013).

2.1.1.5. Log-pearson tip III (LP3)

Bir rastgele değişkenin logaritmaları P_3 dağılmış ise (Y değişkeni) esas değişkenin (X) dağılımı LP3 olur (Eş 9, 10).

$$Y = \ln(x) \quad (9)$$

$$X = \exp(Y) \quad (10)$$

α biçim, β ölçek ve ξ yer parametresi olmak üzere dağılımın OYF Eş. 11'de yer almaktadır (Bayazıt & Yeğen Oğuz, 2013).

$$f(x) = |\beta| [\beta(x-\xi)]^{\alpha-1} \frac{\exp\{-\beta[\ln(x)-\xi]\}}{a\Gamma(a)} \quad (11)$$

Olasılık yoğunluk fonksiyonları hakkında ayrıntılı bilgi için atıf verilen çalışmalar incelenebilir (Bayazıt & Önöz, 2008; Haktanir ve ark., 2016; Maidment, 1992).

2.1.1.6. Kolmogorov-Smirnov (KS) Testi

Tek örnek için KS testi iki kümülatif dağılım fonksiyonunun incelenmesi temeline dayanır (Gamgam, 1998). Bunlardan birincisi sıfır hipotezinde belirtilen kümülatif dağılım fonksiyonudur. İkincisi örnekten elde edilen gözlenen kümülatif dağılım fonksiyonudur. KS tek örnek testinde hipotezler (o : observed, e : expected):

- H_0 : $o_i = e_i$ (Gözlenen frekanslar beklenen frekanslara uygundur),
- H_a : $o_i \neq e_i$ (Gözlenen frekanslar beklenen frekanslara uygun değildir. Aralarındaki fark önemlidir)

Test istatistiği Δ ile gösterilir (Eş. 12). Δ ; gözlenen ve beklenen değerlerin kümülatif nispi frekansları arasındaki mutlak farkın en büyüğüdür (Bircan ve ark., 2003; Kartal, 1998; Kolmogorov, 1933; Smirnov, 1939).

$$\Delta = \max |F_o - F_e| \quad (12)$$

F_o ; gözlenen kümülatif nispi frekans, F_e ; beklenen kümülatif nispi frekanstır. Δ istatistiği için örnek dağılımından elde edilen kritik değerler Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testine ilişkin tablodan n ve $1-\alpha$ (α ; anlamlılık düzeyi olmak üzere) değerlerine göre bulunan Δ_k değeri ve örnekten hesaplanan değer Δ_h olmak üzere, $\Delta_h < \Delta_k$ ise H_0 kabul edilir, (yani H_a red edilirse) gözlenen frekansların beklenen frekanslara uygun olduğu söylenir (Yıldırım, 2013).

2.1.2. Sentetik birim hidrograf yöntemleri

2.1.2.1. Snyder yöntemi

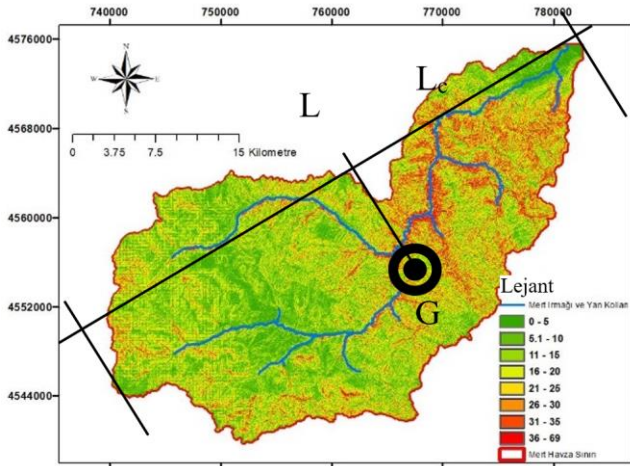
Snyder yönteminin temel formülleri ve formülde yer alan parametreler; Akarsu havzasının ağırlık merkeziyle taşkın hidrografının tepe noktası arasındaki (t_p) zaman farkı saat olarak Eş. 13'te verilmiştir (Çavdar, 1996). C_t ve C_p ; zemine bağlı katsayılar ise Tablo 1'de yer almaktadır.

$$t_p = C_t * (L * L_c)^{0.3} \quad (13)$$

Tablo 1. Zemine bağlı C_t ve C_p katsayıları

Zemin Cinsi	C_t	C_p
Kumlu	1.65	0.56
Balçık	1.50	0.63
Killi veya kayalık	1.35	0.69

Eş 13'te L_c : havza alanı ağırlık merkezinin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir (km). L ise Havza uzunluğudur (km). Şekil 1'de Mert Irmağı havzası üzerinde L ve L_c uzunlukları verilmiştir.



Şekil 1. Snyder yöntemi şeması (Vahdettin Demir, 2020)

Birim hidrografa ait sağanak süresi (t_r), Eş. 14 ile hesap edilmektedir.

$$t_r = \frac{t_p}{5.5} \quad (14)$$

Burada; t_r : Birim hidrografa ait sağanak süresi (saat). Taşkın hidrografının tepe noktasındaki birim taşkın debisi (q_p) değeri Eş. 15 ile elde edilmektedir.

$$q_p = \frac{2760 * C_p}{t_p} \text{ (l/s/km}^2\text{/cm)} \quad (15)$$

Buradan taşkın tepe noktasındaki debi (Q_p) değeri Eş. 16 ile hesaplanmaktadır.

$$Q_p = q_p * A * 10^{-3} \text{ (m}^3\text{/s/cm)} \quad (16)$$

Burada; A : havza alanı (km^2). Snyder yöntemi yağış alanı 1000 km^2 'ye eşit veya daha büyük havzalar (üst

sınır 5000 km^2) için önerilmektedir (DSİ, 2012; Özdemir, 1978).

2.1.2.2. Mockus yöntemi

Mockus yöntemi, toplanma zamanı (t_c) 30 saate kadar olan ve 1000 km^2 'den küçük drenaj alanları ve için uygulanabilmektedir (DSİ, 2012; Özdemir, 1978). Daha büyük alanlarda drenaj alanı tali parçalara ayrılarak her bir parça için çizilecek hidrograflar geciktirme sürelerine göre süperpoze edilmektedir. Yağışın değişkenliği nedeniyle hesaplanacak taşkınlarda alınacak ΔD birim sağanak süresinin doğru seçilmesi önemlidir. ΔD birim sağanak süresinin seçiminde genel kriter Eş. 17 ile verilmiştir (Aslan, 1997);

$$\Delta D = \left(\frac{t_c}{5}\right) \quad (17)$$

Mockus yöntemine ait değerleri bulmak için aşağıdaki işlem sırası takip edilir. Geçiş süresi " t_c " Eş. 18 ile hesaplanır;

$$t_c = 0.00032 * \left(\frac{L_h^{0.77}}{S^{0.385}}\right) \quad (18)$$

S : Drenaj alanının ortalama eğimi (%), L_h : Drenaj alanının hidrolik uzunluğudur (m). Taşkını oluşturan yağışın süresi (D) Eş. 19 ile hesaplanır;

$$D = 2 * t_c^{1/2} \quad (19)$$

Bulunan toplam yağış süresinden sağanak süresi (ΔD) Eş. 20 ile hesaplanır;

$$\Delta D = \left(\frac{t_c}{5}\right) \quad (20)$$

Buradan pik debiye ulaşma süresi " t_p " Eş. 21 ile hesaplanır;

$$t_p = 0.5 * \Delta D + 0.6 * t_c \quad (21)$$

Daha sonra taşkın sönümlenme süresi t_r Eş. 22 ile hesaplanır;

$$t_r = H_c * t_p \quad (22)$$

Burada H_c , havza karakteristiklerine göre 1 ile 2 arasında değişen bir katsayıdır. Bu işlemlerden sonra 1 mm 'lik yağışın oluşturacağı debi Eş. 23 yardımıyla ile hesaplanır (Çavdar, 1996).

$$q_p = \frac{(K * A)}{t_p} \quad (23)$$

Burada K : 0.21 ile 1.60 arasında değişen havza katsayıdır. Daha sonra bulunan q_p değeri maksimum yağış yüksekliği değeri (h_a), ile çarpılarak taşkın debisi (Q_p) bulunur (Eş. 24).

$$Q_p = q_p * h_a \quad (24)$$

2.1.2.3. DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi

DSİ sentetik metodu 1000 km^2 'ye kadar olan drenaj alanları için kullanılır. Daha büyük drenaj alanlarına geçildiğinde bu alanlar, 1000 km^2 'den daha küçük alanlara ayrılarak birim hidrograflar elde edilir. Birim hidrografi elde edilecek olan akarsu arazisinin drenaj alanı (havza alanı) topografik haritalardan hesap edilir. Daha sonra akarsuyun en uzun kolu haritadan ölçülür ve

drenaj alanı merkezinin en uzun akarsu kolu üzerindeki izdüşümü ile proje kesiti arasındaki mesafe belirlenir. DSİ sentetik metodun uygulanmasına başlanılırken öncelikle arazinin harmonik eğim hesabının yapılması gerekir. Bunun için akarsu membasından başlanarak proje kesitine uyarak yükseklikler ve mesafeler yazılır. Daha sonra toplam uzunluk 10 eşit parçaya bölünerek harmonik eğim (S) hesabı yapılır (Eş. 25). Harmonik eğim bulunduktan sonra Havza parametresi Eş. 26 ile hesaplanır (Demir, 2020).

$$S = \left(\frac{10}{\sum \frac{1}{\sqrt{S}}} \right) \quad (25)$$

$$\frac{L * L_c}{\sqrt{S}} \quad (26)$$

L: Dere uzunluğu, Lc: Havzanın ağırlık merkezinden akarsuya inilen dikmenin akarsuyun kestiği noktadan havza çıkış noktasına olan mesafesi (km) drenaj alan-verim grafiğinden verim (q_p) bulunur. “q_p”: iki saat devam eden ve havza üzerinde 1mm’lik akış meydana getiren bir yağışın taşkın debisinin en yüksek değere ulaştığı anda, yağış alanın birim km²’sinden gelebilecek debiyi göstermektedir. Birim hidrograf pik debisi Eş. 27 ile hesaplanır (Q_p).

$$Q_p = A * q_p * 10^{-3} \text{ (m}^3\text{/s/mm)} \quad (27)$$

Burada, A: Havza alanı, V_b: ha=1mm’lik akış için birim hidrograf hacmi

$$V_b = A * h_a * 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)} \quad (28)$$

Hidrografın devam süresi T (saat);

$$T = \frac{3.65 * V}{Q} \quad (29)$$

Hidrografın yükselme zamanı (T_p) Eş. 30 ile hesaplanır.

$$T_p = \frac{T}{5} \text{ (saat)} \quad (30)$$

2.2. Taşkın Modellemesi

2.2.1. FLO-2D

O’Brien tarafından üretilmiş/geliştirilmiş, 2 boyutlu hidrolik modellemelerin yapıldığı paket programlardan biridir. FLO-2D son yıllarda yapılan taşkın modellemelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Suyun akışını zamana bağlı olarak modellemektedir. Bu model, çeşitli boyutlarda tanecikler içeren, ana bileşenleri katı ve su materyallerinin oluşturduğu akımın basitleştirilmiş halini temsil eder (Brien, 2006). Ticari bir yazılım olan

FLO-2D, ikinci dereceden reolojik yasaya dayanan, çamur ve moloz akışının sonlu farklar yöntemiyle simülasyonunu yapan programdır. FLO-2D, bir viskoplastik akışkanı temsil eden Herschel-Bulkley reolojisini de içeren, sonlu hacim modelidir. Bu reolojik model, yeterli miktarda kil içeriğine sahip, çamurlu tipteki moloz akışını modelleyebilmektedir (Hsu ve ark., 2010). FLO-2D, tam dinamik dalga momentum ve süreklilik denklemlerini sonlu farklar yöntemi kullanarak kare ızgara elemanlar için çözmektedir. Böylece taşkın dalgasının ızgara elemanlar sisteminde iki boyutlu yayılımını hesap etmektedir (Elçi ve ark., 2017). Temel denklemler Eş. 31-33’te yer almaktadır.

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial G}{\partial y} = S \quad (31)$$

$$U = \begin{bmatrix} h \\ h_u \\ h_v \end{bmatrix}, \quad F = \begin{bmatrix} h_u \\ h_{uu} \\ h_{uv} \end{bmatrix}, \quad G = \begin{bmatrix} h_v \\ h_{uv} \\ h_{vv} \end{bmatrix} \quad (32)$$

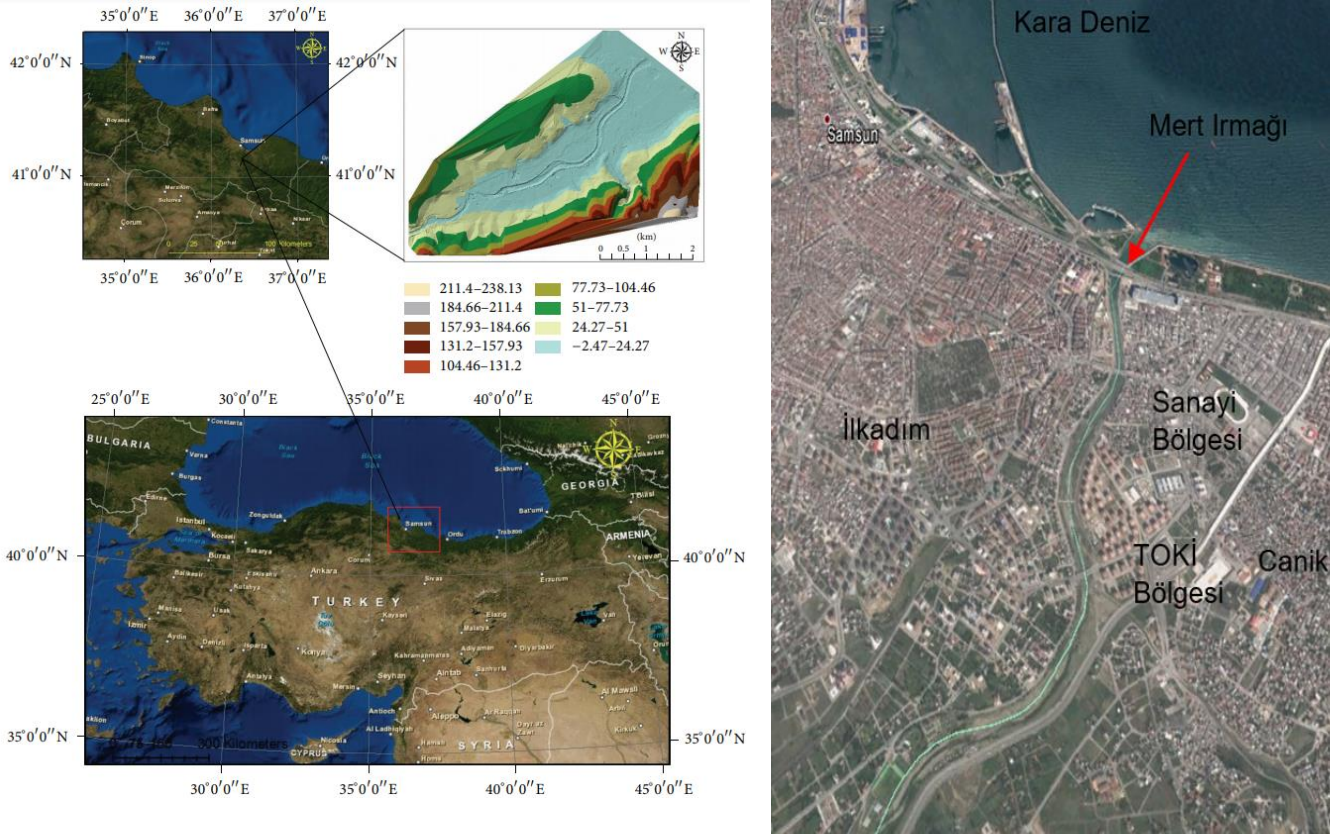
$$S = \begin{bmatrix} 0 \\ -gh \frac{\partial Z}{\partial x} - g \frac{n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{\frac{1}{3}}} \\ -gh \frac{\partial Z}{\partial y} - g \frac{n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{\frac{1}{3}}} \end{bmatrix} \quad (33)$$

Burada, u: x-yönünde akım hızı; v: y-yönünde akım hızı; g: yerçekimi ivmesi; h: akım derinliği; Z: su yüzeyi kotu ve n: Manning pürüzlülük katsayısıdır (Tayfur, 2017; Ying ve ark., 2009).

3. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı olarak Samsun merkez ilçe sınırlarında yer alan ve Karadeniz’e dökülen, Mert Irmağı (enlem: 41,279° ve boylam: 36,352° koordinatları) seçilmiştir. Çalışma alanı Şekil 2’de gösterilmiştir. Bu ırmak üzerinde altı adet köprü bulunmaktadır (Ulke ve ark., 2017).

Samsun ili Canik ilçesinde, 03.07.2012 Salı gecesi başlayan ve 04.07.2012 Çarşamba sabahına kadar devam eden şiddetli sağanak sebebiyle meydana gelen taşkın sonucunda 14 kişi yaşamını yitirmiş ve büyük maddi hasar meydana gelmiştir. Taşkın sonucunda 1111 konut, 1507 işyeri, 327 depo, 36 kamu binası, 23 ahır ve samanlık zarar görmüştür. Taşkına bağlı olarak Samsun-Sinop karayolu 30 cm kalınlığında çamur tabakası ile kaplanmış ve 3-4 saat ulaşımına ara verilmiştir. Şehri doğu batı yönünde bağlayan tramvay hattı da sular altında kalmış ve 6 saat ulaşımına kapanmıştır (DSİ, 2017). Bu çalışmada incelenen Mert Irmağı ve havzası, Samsun tarihi boyunca kente sağladığı içme ve sulama suyu açısından önemli bir yere sahiptir. Ayrıca 3 Temmuz 2012 tarihinde Samsun’da yaşanan taşkında can ve mal kaybının yüksek oranda olduğu için de uygulama alanı olarak tercih edilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı (Demir & Kisi, 2016)

4. Olasılık Dağılım Fonksiyonları Yardımıyla Taşkın Tekerrür Debilerinin Hesabı

Mert Irmağı üzerinde 2007 yılında kurulan 2262 numaralı (Mert Irmağı-Çorak) Elektrik İşleri Etüt İdaresi'ne ait (EİE) bir adet akım gözlem istasyonu (AGİ) bulunmaktadır. Taşkın pik debileri, akım verilerine Olasılık Dağılım Fonksiyonları (ODF), Noktasal ve Bölgesel Taşkın Frekans Analiz (NTFA, BTFA) yöntemi uygulanarak elde edilmiştir. Çalışmada en çok tercih edilen 5 farklı OYF'nu denenmiştir. Bunlar; Normal dağılım, Log-Normal Tip-2, Log-Normal Tip-3, Gumbel, Log-Pearson Tip-3, Pearson dağılımlarıdır. Taşkın debilerinin hesabında OYF'nın kullanımı analitik yöntem olarak da tanımlanmaktadır (Beden, 2019). NTFA ve BTFA'da ise Mert Irmağı AGİ verisinin yetersiz olması nedeniyle, akım gözlemleri açısından Mert Irmağı AGİ'ye benzer karakteristik özellikleri olan D14A014 numaralı Kürtün AGİ, D14A042 numaralı Abdal Irmağı AGİ, D14A081 numaralı Dereçam Deresi Güven Barajı AGİ, D15A026 numaralı Engiz Deresi Balıca AGİ ve E22A045 numaralı Terme Çayı Gökçeli AGİ kullanılmıştır. Taşkın tekerrür debilerinin hesabında öncelikle akarsularda yapılan akım ölçümlerden elde edilen analizler tercih edilmektedir. Fakat akarsuların hepsinde ölçüm ne yazık ki yapılamamaktadır. Başka bir ifade ile istatistiksel olarak anlamlı analizler yapabilmek için yeterli uzunlukta veri bulunmamaktadır. Çalışılan alanı temsil edebilmesi için ilgili AGİ'nin uzun gözlem sürelerine

sahip olması gerekmektedir. Genellikle 30 yıldan az ölçümü olan AGİ'lerin istatistiksel analizinde küçük örneklem dağılımları kullanılmalıdır. Bu istasyonların değerlendirilmesinde büyük örneklerde uygulanan (30'dan büyük verisi bulunan) yöntemleri kullanmak hatalı bir yaklaşımdır (Bayazıt, 1981; DSİ, 2012). Bu açıdan bakıldığında Mert Irmağı'nın verileri yeterli değildir. Ancak çalışmada diğer yöntemlerle karşılaştırmak için Mert Irmağı AGİ'ye ait YAMA (Yıllık Anlık Maksimum Akım)'ların taşkın tekerrür analizleri yapılmıştır. Taşkın tekerrür debileri Tablo 2'deki gibi elde edilmiştir. Verilerin hangi dağılıma uydukları ise Kolmogorov-Smirnov (KS) testi ile belirlenmiştir (Tablo 3). Tablolarda koyu yazılan rakamlar dağılım tipi için en yüksek değerleri, italik ve altı çizgili belirtilen rakamlar ise en düşük değerleri göstermektedir.

Dağılım fonksiyonları güven aralığının %90, %95 ve %99'luk kısımlarında KS testi uygulanmıştır. Test sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır.

4.1.1. Yağış Verilerinin ODF Değerlendirmesi

Mert Irmağı Havzası, 17030-Samsun Bölge DMİ'den, 1125-Çakıralan ve 14-017-Mazlumoğlu DSİ gözlem istasyonundan etkilenmektedir (Demir, 2020). İstasyonların Thiessen poligonları Şekil 3'te yer almaktadır. Thiessen oranları ve gözlem süreleri Tablo 4'te verilmiştir.

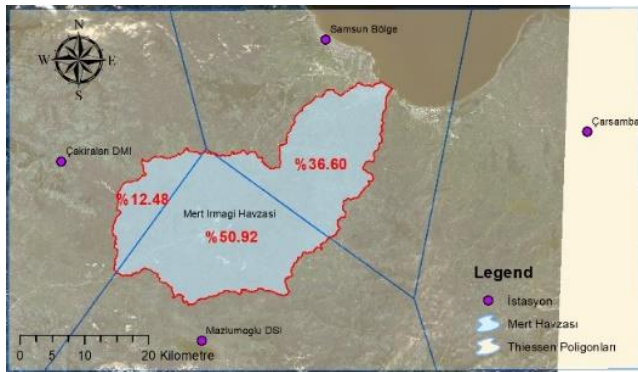
Tablo 2. Mert Irmağı için hesaplanan taşkın tekerrür debileri

Dağılım Tipi	Dönüş Aralığı (yıl)						
	2	5	10	25	50	100	500
N	143.25	266.29	330.62	399.26	443.51	483.36	563.56
LN-T2	100.26	204.13	296.03	440.14	568.40	715.59	1137.47
LN-T3	104.97	224.03	317.40	451.16	561.60	681.37	996.93
P-T3	85.75	203.35	316.75	476.22	602.88	733.00	998.70
LP-T3	<u>93.59</u>	<u>171.09</u>	<u>262.87</u>	456.27	687.17	1029.81	2299.0
G	123.14	294.40	407.78	551.04	657.32	762.82	1006.6

Tablo 3. Mert Irmağı KS testi sonuçları

Dağılım Tipi	Teorik P	Amirik P	Maksimum P Δ_{max}	P deki Gözlem	Anlamlılık Yüzdeleri		
					%90	%95	%99
N	0.573	0.833	0.261	170.0	Kabul	Kabul	Kabul
LN-T2	0.688	0.167	0.145	66.3	Kabul	Kabul	Kabul
LN-T3	0.732	0.083	0.185	50.8	Kabul	Kabul	Kabul
P-T3	0.340	0.167	0.173	66.3	Kabul	Kabul	Kabul
LP-T3*	0.010	0.083	0.073	50.8	Kabul	Kabul	Kabul
G	0.327	0.083	0.243	50.8	Kabul	Kabul	Kabul

*Log-Pearson Tip-3 dağılımı uygundur.



Şekil 3. Çalışma alanı

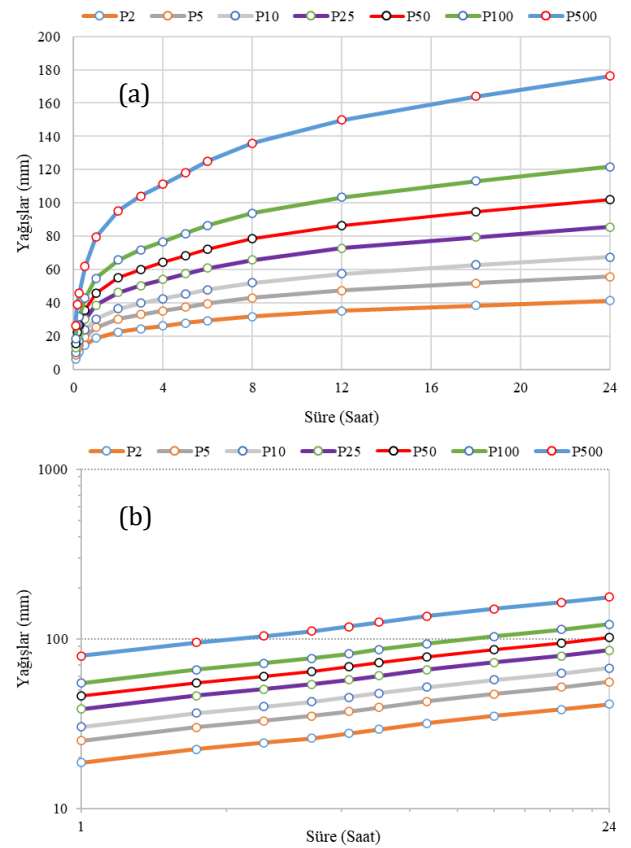
Tablo 4. Yağış istasyonlarının Thiessen oranları ve gözlem süreleri

İstasyon Adı	Thiessen Oranı (%)	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Gözlem Süresi
Samsun Bölge MGİ	36.60	41.34	36.25	1960-2018 (59 yıl)
Mazlumoğlu DSI	50.92	40.92	36.02	1959-2012 (48 yıl)
Çakıralan DMI	12.48	41.17	35.76	1969-1988 (18 yıl)

Günlük maksimum yağışlar ve ODF yardımıyla 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıllık tekerrürlü günlük maksimum yağışlar hesaplanmıştır (Şekil 4).

4.1.2. Noktasal ve Bölgesel Taşkın Frekans Analizi

NTFA'da, Mert Irmağı havzasına yakın 5 istasyon (D14A014 numaralı Kürtün AGİ, D14A042 numaralı Abdal Irmağı AGİ, D14A081 numaralı Dereçam Deresi Güven Barajı AGİ, D15A026 numaralı Engiz Deresi Ballica AGİ ve E22A045 numaralı Terme çayı Gökçeli AGİ) YAMA verilerine uygun dağılım fonksiyonuna göre belirlenmiş taşkın tekerrür debileri Mert Irmağına taşınmıştır. Taşıma sırasında $Q_{ARANAN} = (A_{ARANAN} / A_{TAŞINAN})^n$ denklemi kullanılmıştır (DSİ, 2012). Denklemde yer alan "n" ifadesi havzadan havzaya değişen bir kat sayı olup Karadeniz Bölgesi için 2/3'tür (Özdemir, 1978). İstasyonlara ait bilgiler Tablo 5'te yer almaktadır. Taşınan tekerrür debileri ise Tablo 6'da verilmiştir.



Şekil 4. Yağış-Süre-Tekerrür eğrileri (a), Logaritmik eksen takımında Yağış-Süre-Tekerrür grafiği (b)

Bu çalışmada Bölgesel Taşkın Frekans Analiz (BTFA) uygulaması noktasal frekans analizinde kullanılan istasyonlar yardımıyla yapılmıştır. BTFA'da "index taşkın yöntemi" kullanılmıştır (Şorman, 2004). Tablo 5'teki istasyonlara ait taşkın debileri ODF ve KS testi uygulanarak elde edildikten sonra her istasyonun kendi Q_2 taşkın debisine bu değerler bölünerek boyutsuz debiler elde edilmiştir. Boyutsuz değerlerin ortalaması alınarak istasyonlar için Q_T/Q_2 değerleri elde edilmiştir. Ardından Q_{10}/Q_2 oranına göre homojenlik analizi yapılmış ve tüm istasyonların homojen sınırlar arasında kaldığı görülerek, tüm istasyonların Q_2 - yağış alanına

göre zarf eğrisi çizilmiştir. Homojenlik testlerine giren akım gözlem istasyonlarının on yıldan fazla aynı dönem ölçümleri olmalıdır (DSİ, 2012). Aynı dönemde yeterli kadar verisi bulunmayan akım gözlem istasyonlarının bölgesel taşkın frekans analiz yapılmamalıdır. Mert

Havzası'na ($A=814 \text{ km}^2$) karşılık gelen Q_2 değeri ($155 \text{ m}^3/\text{sn}$) okunmuştur (Şekil 5). Bu değer Q_T/Q_2 değerleri ile çarpılarak bölgesel taşkın debileri her bir tekerrür süresi için ayrı ayrı bulunmuştur (Tablo 7).

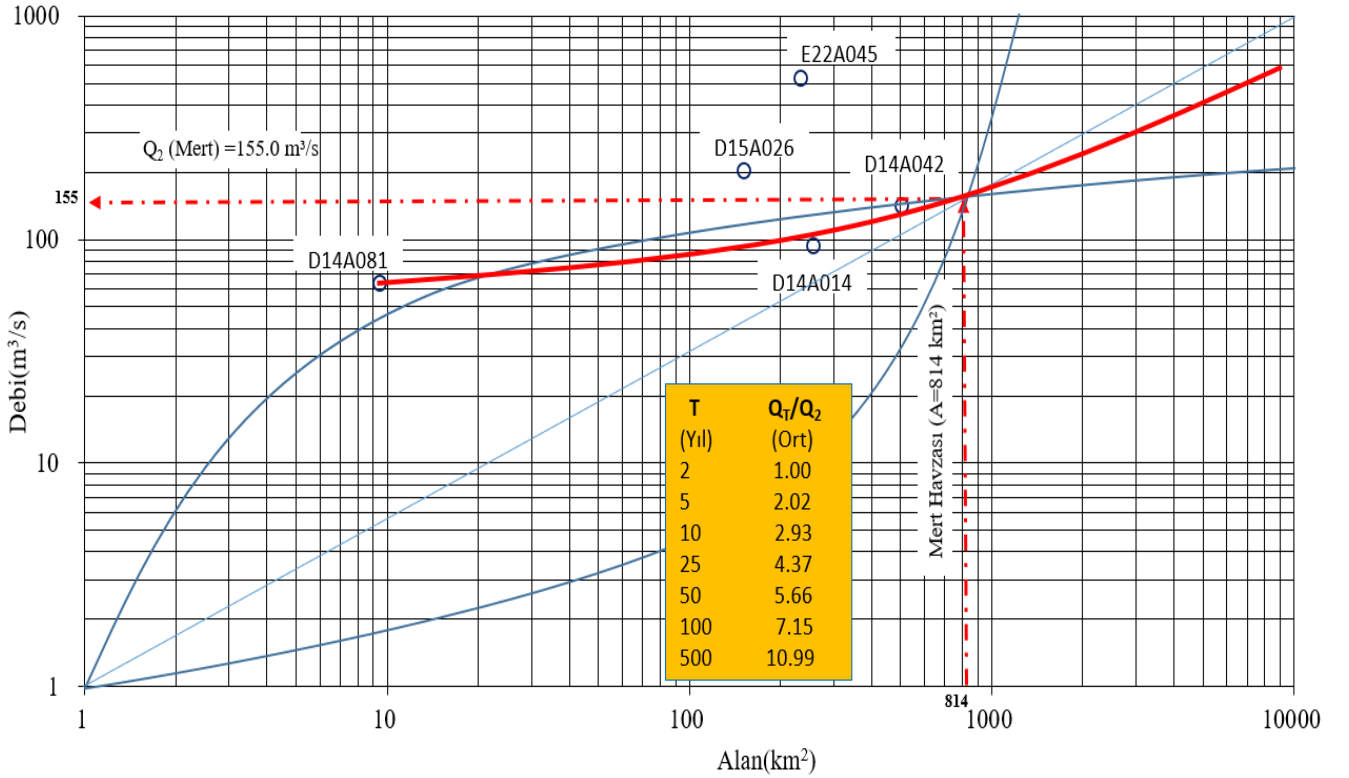
Tablo 5. İstasyonlara ait bilgiler

İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Yükseklik (m)	Yağış Alanı (km^2)	Gözlem Süresi
E22A062	Mert Irmağı	41.24	36.28	44	740	07-15
D15A026	Engiz Deresi	41.48	36.07	15	151.4	65-15
D14A014	Kürtün Çayı	41.23	36.19	140	259	65-15
D14A042	Abdal Irmağı	41.22	36.57	3	502.5	68-91
D14A081	Dereçam Deresi	41.08	35.96	652	9.4	73-15
E22A045	Terme Çayı	41.08	36.83	66	232.8	69-15

Tablo 6. NTFA ile elde edilen Mert Irmağı Tekerrür debileri

No	Yineleme yılları						
	2	5	10	25	50	100	500
D15A026	201.8	392.5	561.6	829.0	1070.2	1351.1	2079.1
D14A014	92.9	204.0	307.4	475.5	629.9	810.3	1287.0
D14A042	143.2	282.9	402.3	584.0	741.7	918.0	1356.9
D14A081	63.7	146.4	224.2	351.4	467.9	603.5	960.6
E22A045	531.4	892.9	1181.9	1604.4	1960.8	2355.6	3308.2

Mert Irmağı Civarında Bölgesel Taşkın Analizinde Kullanılan Akım Gözlem İstasyonlarının (Q_T/Q_2) Bölgesel Taşkın Frekans Grafiği-Taşkın Zarfı



Şekil 5. BTF A Debi-Alan grafiği

Tablo 7. Tekerrür debileri özet tablo

Tekerrür Debisi	Noktasal Taşkın Frekans Analizi						Mockus	DSİ Sentetik	Snyder
	D15A026	D14A014	D14A042	D14A081	E22A045	BTF A			
Q_2	201.8	92.9	143.2	63.7	531.4	155	337	295	312
Q_5	392.5	204	282.9	146.4	892.9	313	502	433	464
Q_{10}	561.6	307.4	402.3	224.2	1181	454	639	548	591
Q_{25}	829	475.5	584	351.4	1604	677	855	729	790
Q_{50}	1070	629.9	741.7	467.9	1960	877	1053	895	973
Q_{100}	1351	810.3	918	603.5	2355	1108	1294	1097	1195
Q_{500}	2079	1287	1356	960.6	3308	1703	1962	1659	1811

4.2. Sentetik Yöntemler

Mert Irmağı'nın havza alanı A:814 km², havza uzunluğu L: 73.09 km, L_c: 35.9 km, eğimi S: 0.01029'dir. Yağış Alanı dağılım katsayısı (YADK) 0,857, CNII ve CNIII 95 olarak DSİ'den görüş alınarak belirlenmiştir. 6 saatlik yağış için Samsun Bölge MGI plüvyograf katsayısı 0.814'tür. 24 saatlik yağışlar plüviyograf katsayılarıyla, YADK ve 1.13 artırım katsayısı ile çarpılarak 6 saatlik yağışa çevrilmiştir. Analizlerde kullanılan günlük maksimum yağış değerleri, günlük (24 saatlik) yağışları temsil edemediği için 1.13 ile çarpılmıştır (Karapınar, 2017). Snyder yönteminde (C_t) ve Havza tutma kapasitesi (C_p) seçilmelidir. Bu seçim yapılırken zemin durumu dikkate alınır (DSİ, 2017). Çalışmada killi veya kayalık zeminlerde kullanılan C_t=1.35 ve C_p=0.69 değerleri kullanılmıştır. Sentetik yöntemlerle, NTFA ile, BTFA ile elde edilen taşkın tekrür debileri Tablo 7'de verilmiştir. 0-1000 km arası Mockus, 10-1000 km² arası DSİ Sentetik ve 1000 km² den büyük drenaj alanları için Snyder yöntemi, düz eğimsiz alanlarda Mc Math Metodu, 5 km² den küçük drenaj alanları için Rational metod yöntemi önerilmektedir (Beden, 2019). Mert ırmağı havza alanını 1000 km²'den küçüktür. Mert Irmağı havza alanı Snyder yöntemlerine göre uygun olmasa da bu yöntemin sonuçları DSİ sentetik yöntemle karşılaştırılması amacıyla verilmiştir.

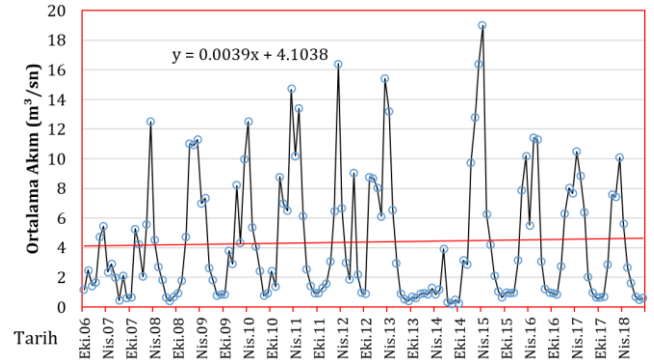
Hidrolik modellemelerde tasarım yapılırken havza drenaj alanı büyüklüğüne göre ve BTFA sonuçlarına yakınlığı sebebiyle, DSİ Sentetik yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu yöntem birçok araştırmacı tarafından taşkın debileri hesaplamaları yapılırken kabul görmüş bir yöntemdir (Beden, 2019; Denizolgun ve ark., 2018; Kumanlioğlu & Ersoy, 2018; Öztürk, Kaya & Aşkan, 2003).

Q₁₀₀₀, Q_{10.000} gibi diğer tekrür yıllarındaki debileri hesaplamak için literatürde Q_T=Q₁₀+Z_T (Q₁₀₀-Q₁₀) formülü kullanılmaktadır (DSİ, 2012; Karapınar, 2017). Q₁₀₀₀ için Z_T=2.98, Q₁₀₀ için Z_T=1.99, Q₅₀₀ için, 1.692'dir (Chow, 1964). Çalışmada ayrıca Q₁₀₀₀ debisini elde etmek için iki farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlardan ilki yukarıda yer alan Q_T eşitliği, ikincisi ise taşkın tekrürlerinin logaritmik eksen takımlarında oluşturduğu eğriye uydurulan en uygun denklemin uzatılması ve ilgili tekrürlerde taşkın debilerinin bulunması şeklindedir. Her iki yöntem ile tahmin edilen pik debiler karşılaştırılmış ve büyük olanı seçilmiştir (DSİ, 2012). DSİ Sentetik yöntemine göre daha büyük debiler, tekrür debileri eğrisinin uzatılmasıyla elde edilen değerler olduğu görülmüş ve modelleme aşamasında bu debilerin kullanılmasına karar verilmiştir. Mert Irmağı'nın DSİ Sentetik yöntemine göre Q₁₀₀₀ debisi **2216.3 m³/s** olarak elde edilmiştir.

4.3. Baz Akım Hesabı

Baz akımı, bir akarsuyun taşkın zamanındaki ortalama sarfiyatını ifade eder. Drenaj alanının durumuna göre ve iklim şartlarına göre baz akımı, yıl boyunca belirli sınırlar arasında değişir. Genellikle kar erimelerinin ve yağışlarının fazla olduğu bölgelerde kış ve ilkbahar aylarında yüksek, yaz ve sonbahar aylarında düşük olur. Çok yağış alan ve kar erimesinin uzun süre

devam ettiği drenaj alanlarında, baz akımın taşkınlara etkisi önemlidir. Bu bakımdan sentetik metotlarla hesap edilen yüzeysel akışın meydana geldiği taşkınlara baz akımın eklenmesi gerekmektedir (Özdemir, 1978). Bu çalışmada baz akım, akım-sürek eğrisinin zamanının %95'inde meydana gelen akımın baz akım olarak alınmıştır. Aylık ortalama akım verilerine ait gidış grafiği Şekil 6'da yer almaktadır.

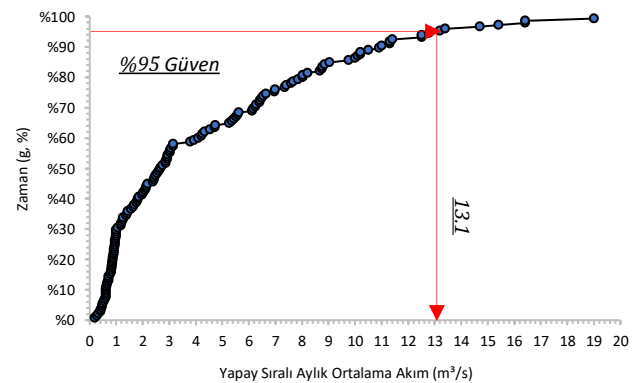


Şekil 6. Aylık ortalama akım verilerinin gidış grafiği

Akım sürek eğrisi ise veri sayısı (n) ve mertebe (m)'ye bağlı olarak güven (g) değerleri yüzdesel olarak hesaplanır. Her bir mertebe için güven değeri Eş. 34 yardımıyla elde edilir (Şen, 2009).

$$g = \frac{m}{n+1} \quad (34)$$

Güven değerleri her bir mertebe için elde edildikten sonra akım-güven veya akım-sürek grafiği çizilir. Mert Irmağına ait 2007-2018 yılları arası akım-sürek eğrisi Şekil 7'de yer almaktadır.



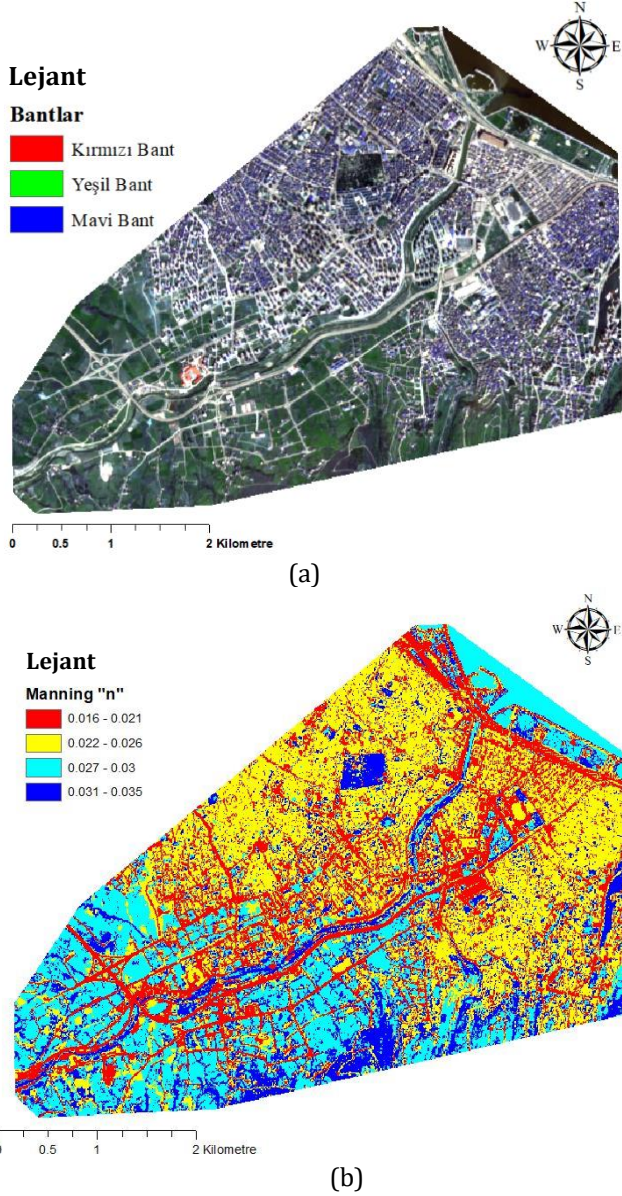
Şekil 7. Baz akım

Elde edilen 13.1 m³/s'lik baz akımı, sentetik metotlarla hesaplanan yüzeysel akıştan meydana gelen hidrograflara, hidrograf tabanı boyunca sabit olarak eklenir (Şen, 2009).

4.4. Manning değerlerinin elde edilmesi

Taşkın debilerinin belirlenmesinden sonra bir modellemenin yapılabilmesi için çalışılan bölgeye ait Manning pürüzlük katsayılarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada uydu görüntüsü-uzaktan algılama teknikleri ve ırmak yatağından alınan numunelerle ve COWAN yöntemine göre Manning değerleri belirlenmiştir. Çalışmanın bu bölümü ayrı bir

makale olarak çalışılmıştır. Ayrıntılar için (Demir & Keskin, 2019) incelenebilir. Elde edilen nihai Manning haritası aşağıda Şekil 8'de yer almaktadır (Demir, 2020).



Şekil 8. Sınıflandırma öncesi uydu görüntüsü (a), Sınıflandırma sonrası elde edilen Manning haritası (b)

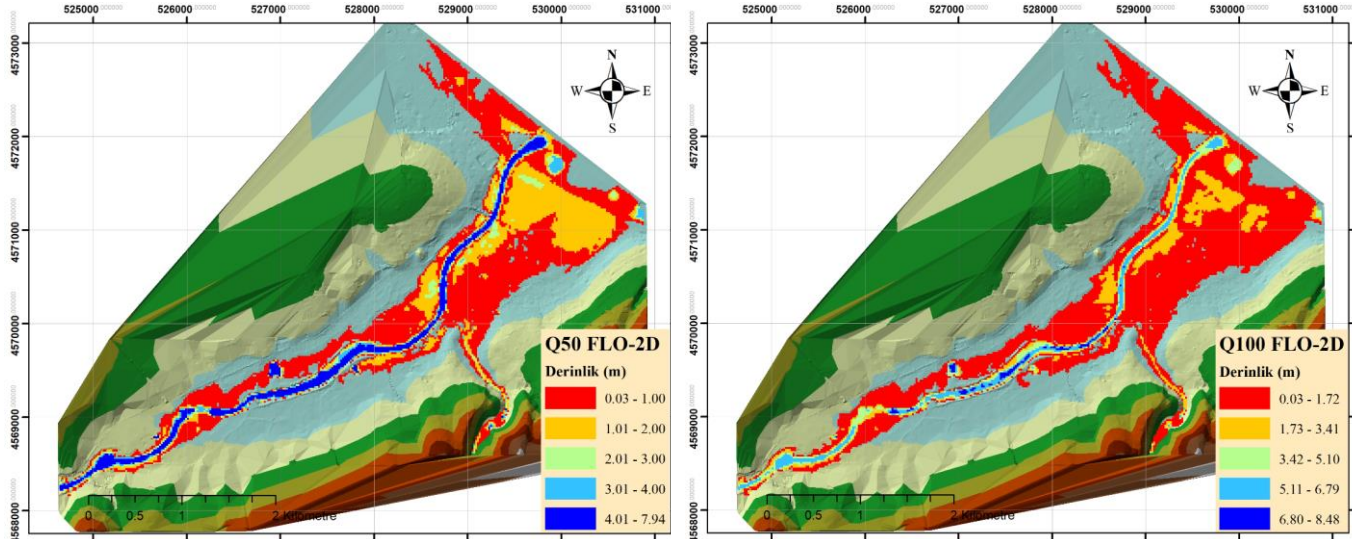
4.5. Taşkın Modellemesi

Tekerrür debilerine ait taşkın değerleri belirlendikten sonra (Tablo 8) haritalama işlemi için veriler FLO-2D Paket programının alt yazılımı olan Mapper++ köprü programları kullanılarak tüm bilgiler ArcGIS'e aktarılmıştır. Böylece belli tekerrürlerdeki taşkın yayılım haritaları veya senaryoları (Şekil 9, 10) elde edilmiştir (Demir & Keskin, 2020).

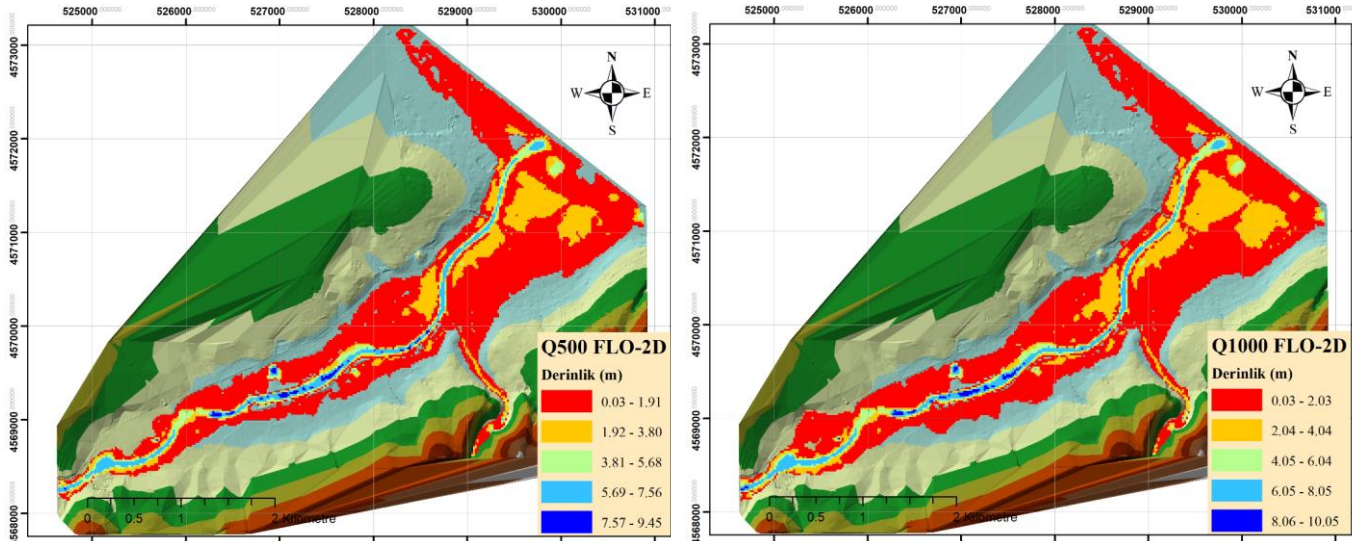
Tablo 8. Taşkın tekerrür debileri

Tekerrür Periyodu	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀
Mert Irmağı (m ³ /s)	895.2	1097.5	1659.3	2216.3

Şekil 9'da 50 yıl tekerrürlü debisinde ırmağın yatağından taşıdığı ve mansap kısmına doğru çalışma alanının sağ kısmında yer alan sanayi bölgesini sular altında bıraktığı açıkça görülmektedir. Şekil 9'da Q₁₀₀ ve sonrasında Q₅₀₀ debilerinde suyun nehir kıvrımlarını takip edemeyip nehir kesitinin sağ ve sol kısımlarında 2 metreye varan yüksekliklere ulaştığı görülmektedir. Şekil 10 incelendiğinde sanayi ve TOKİ bölgesinde su yüksekliklerinin 2-3 metreye kadar yükseldiği Yılanlı dere membasına doğru nehir orta kesitlerinde 20 metreye varan su yükseklikleri görülmektedir. Tüm taşkın senaryolarında taşmalar özellikle nehrin doğusunda kalan bölgede daha fazla görülmektedir. Bunun sebepleri bu bölgenin düşük kotta yerleşmiş olması, nehir kesitinin o bölgelerde yeterli büyüklükte olmamasıdır. Ayrıca taşkın yayılımı 50 ve 100 yıllık taşkın tekerrürlerinde Samsun-Sinop şehirler arası karayolu hattından (mansap bölgesindeki 3. köprü) Karadeniz'e geçememiş ve sanayi bölgesinde havuzlanmaya sebep olmuştur. Q₅₀ debisiyle beraber nehrin Karadeniz'e çıkış yaptığı kısımda yer alan tüm köprülerin kesit alanlarının yetersiz olduğu görülmüştür. Gelen debi seviyesi köprüleri üst kotlarını aşmaktadır. Aşan su seviyeleri köprülerin yıkılmasına sebep olabilmektedir. Bu durumu önlemek için köprü tasarımları mümkün olduğunca asma (ayaksız) olarak tasarlanmalıdır. Bu sonuçlar, 1 ve 2 boyutlu taşkın modellemesi yapan MIKE programını kullanan Ulke ve ark. (2017) benzer ve destekleyici niteliktedir. Modellemeye girilen taşkın tekerrür debilerinin çalışma alanında oluşturduğu alanlar sırasıyla 4.38, 4.59, 5.44, 5.93 km²'dir. Q₅₀ debisinden sonra Mert Irmağının mansap kısmında yer alan bölgenin taşkından önemli ölçüde etkilendiği tespit edilmiştir. Q₁₀₀ debisiyle sanayi bölgesinin yaklaşık %80'i bu taşkından etkilenmiştir. Karadeniz Bölgesi için yapılan çalışmalarda Q₅₀, Q₁₀₀ ve hatta Q₅₀₀ debilerine yakın debilerde taşkınlar gözlemlenmiştir. Bu nedenle özellikle Karadeniz Bölgesi'nde Q₅₀₀ taşkın debilerini taşıyabilecek düzenlemeler kentsel alanlarda yapılmalıdır. Bu nedenle özellikle Mert Irmağı'nın Karadeniz'e çıkış kısımlarında da nehrin sağ ve sol yamaç yüksekliğini artırmak suretiyle kesit düzenlemeleri ve köprü tasarımları yapılmalıdır. Taşkın yayılım haritalarında Samsun-Sinop karayolu ulaşımının sanayi bölgesinde havuzlanmaya sebep olduğunu görülmüş ve bu yol üzerine açılacak kanallar taşkın sırasında gelen suyu Karadeniz'e iletmeye yardımcı olacağı düşünülmekte ve önerilmektedir. Ayrıca Mert ırmağının memba kısmında yer alan regülatör taşkın anında görevini yerine getiremeyip suyun kabarmasına ve taşkın şiddetlenmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle ilgili su yapısının kaldırılması veya taşkın anında kabarmaya sebebiyet vermeyecek kapak tasarımlarının yapılması önerilmektedir.



Şekil 9. 50 ve 100 yıllık tekerrürlere sahip debilerin oluşturduğu taşkın derinlik ve yayılım haritaları



Şekil 10. 500 ve 1000 yıllık tekerrürlere sahip debilerin oluşturduğu taşkın derinlik ve yayılım haritaları

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada yeterince akım ölçümü olmayan Samsun, Mert Irmağı taşkın tekerrür debilerinin elde edilmesi ve belli tekerrürlerdeki taşkın hidrograflarının çalışma alanında oluşturduğu taşkın yayılımı modellenmiştir. Taşkın tekerrür debilerinin belirlenmesinde istatistiksel dağılım yöntemleri, NTFa, BTFA ve yağış-akış modellemesine dayalı sentetik yöntemler (Mockus, Synder ve DSİ Sentetik) kullanılmıştır. Mert Irmağı'nın yeterince akım ölçümü olmadığı için önerilen sentetik yöntemlerin kullanılması gerekliliği karşılaştırma yapılarak tespit edilmiştir. Sentetik yöntemlerde taşkın hidrografları belli tekerrürlerdeki maksimum yağış verilerine en iyi uyum gösteren dağılım istatistiksel dağılımlar kullanılarak belirlenmiştir. Kullanılan istatistiksel dağılımlar; Normal dağılım, Log Normal dağılım, Gumbel dağılımı, Log-Pearson ve Pearson dağılımlarıdır. En uygun dağılım ise Kolmogorov-Smirnov uygunluk testi ile belirlenmiştir. Havza özelliklerine ve BTFA'ne göre en uygun yöntemin DSİ sentetik yöntemi olduğuna karar verilmiştir. Bu yöntemle göre tekerrür debileri sırasıyla Q₅₀: 895.2, Q₁₀₀: 1097.5, Q₅₀₀: 1659.3, Q₁₀₀₀: 2216.3 m³/s olarak elde

edilmiştir. Ayrıca bu debilere baz akım 13.1 m³/s olarak eklenmiştir. Baz akım akım-süreklilik eğrileri yardımıyla elde edilmiştir. Taşkın debileri FLO-2D programı kullanılarak taşkın modellenmiştir. Modellemede Manning sürtünme katsayıları Cowan yöntemi ve uzaktan algılama teknikleriyle elde edilmiş altlıklar kullanılarak belirlenmiştir. Taşkın yayılım alanları ve su yükseklikleri Q₅₀, Q₁₀₀, Q₅₀₀ ve Q₁₀₀₀ gibi farklı tekerrürlerde incelenmiştir. Modellenen debiler çalışma alanının %40-%80'ini sular altında bırakmıştır. Su altında kalan alanlar ise 4.38 km²'den 5.93 km²'ye kadardır. Taşkın yayıldığı bu alanların oluşturabileceği zararı azaltabilmek için ırmak üzerinde yer alan köprüler ve yapılaşmanın olduğu bölgeler için önerilerde bulunulmuştur.

KAYNAKÇA

- Akgül M A (2018). Sentetik açıklıklı radar verilerinin taşkın çalışmalarında kullanılması: Berdan Ovası Taşkını. *Geomatik Dergisi*, 3, 154-162.
- Anlı S A (2006). Giresun Aksu Havzası maksimum akımlarının frekans analizi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 99-106.

- Aslan B (1997). S.C.S. sentetik birim hidrograf yönteminin türkiye şartlarında uygulanabilirliğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aydın M & Bağatur T (2016). Nakayasu sentetik birim hidrograf metodunun Türkiye havzalarında kullanılabilirliğinin incelenmesi: Göksu Nehri Havzası örneği. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 7(3), 377-386.
- Bayazıt M & Önöz B (2008). Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi. Nobel Basımevi. 259 s.
- Bayazıt M (1981). Hidrolojide istatistik yöntemler. İstanbul Teknik Üniversitesi matbaası, 166 s.
- Bayazıt M & Yeğen Oğuz B (2013). Mühendisler için İstatistik. Birsan Yayın Dağıtım Ltd. Şti. 197 s.
- Beden N, Ülke A & Uslu A (2014). İklim değişikliği ve yeni tasarım esasları, IV. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu, 09-11 Ekim 2014, Elazığ, Türkiye.
- Beden N (2019). Çevizlidere Havzasının sayısal modelleme sistemlerine dayalı taşkın analizi ve taşkın zararlarının değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Benson M A (1968). Uniform flood-frequency estimating methods for federal agencies. Water Resources Research, 4(5), 891-908.
- Bircan H, Karagöz Y & Kasapoğlu Y (2003). Ki-Kare ve Kolmogorov Smirnov uygunluk testlerinin simulasyon ile elde edilen veriler üzerinde karşılaştırılması. Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 4(1), 69-80.
- Brien K (2006). Pocket guide. FLO-2D Software, Inc. 50 s.
- Çavdar S K (1996). İstanbul dereleri için taşkın debilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Chow V T (1964). Handbook of applied hydrology. McGraw-Hill. 1495 s.
- Demir V & Kisi O (2016). Flood hazard mapping by using geographic information system and hydraulic model: Mert River, Samsun, Turkey. Advances in Meteorology, 2016. 1-9
- Demir V & Keskin A Ü (2020). Obtaining the manning roughness with terrestrial-remote sensing technique and flood modeling using FLO-2D, a case study Samsun from Turkey, Geofizika, 37(2), 137-156.
- Demir V & Keskin A Ü (2019). Pürüzlülük katsayısının cowan yöntemi ve uzaktan algılama yardımıyla belirlenmesi. Gazi Journal of Engineering Sciences, 5(2), 167-177.
- Demir V (2020). Samsun Mert havzasında bir ve iki boyutlu modeller ile taşkın alanlarının belirlenmesi. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Denizolgun F S, Güçlü Y S & Şen Z (2018). Kuzey Marmara Otoyolunda dere köprüsü tasarımı ve uygulaması: Alemdağ dere köprüsü örneği. Journal of Balıkesir University Institute of Technology, 20(2), 72-88.
- Dikici M & Alhan C M (2018). Alibeyköy havzası için farklı hidrolojik modelleme yöntemleri ile taşkın debilerinin belirlenmesi. DÜMF Mühendislik Dergisi, 9(2), 919-928.
- DSİ (2012). Taşkınlar hidrolojisi tasarım rehberi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü yayınları, 56s.
- DSİ (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü) (2017). Taşkın Yönetimi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü yayınları, 228s.
- Elçi Ş, Tayfur G, Haltas İ & Kocaman B (2017). Baraj yıkılması sonrası iki boyutlu taşkın yayılımının yerleşim bölgeleri için modellenmesi. Teknik Dergi, 28(3), 7955-7976.
- Gamgam H (1998). Parametrik olmayan istatistiksel teknikler. Gazi Üniversitesi Yayını, 289s.
- Hakan M (2008). Kızılırmak Havzasında taşkın frekans analizi. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Haktanir T, Citakoglu H & Seckin N (2016). Regional frequency analyses of successive-duration annual maximum rainfalls by L-moments method. Hydrological Sciences Journal, 61(4), 647-668.
- Hsu S M, Chiou L B, Lin G F, Chao C H, Wen H Y & Ku C Y (2010). Applications of simulation technique on debris-flow hazard zone delineation: A case study in Hualien County, Taiwan. Natural Hazards and Earth System Science, 10(3), 535-545.
- İşler S, Oğuz E & Durmuş O (2016). Antalya kemer ilçesi için sentetik yöntemlerle taşkın analizi. 4. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 21-24 Kasım 2016, Rize, Türkiye.
- Kaleyci H (2004). Değirmendere Havzası'nda taşkın frekans analizi ve taşkın sahalarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karapınar (2017). Bingöl Solhan Arakonak beldesi proje hesap raporu. DSİ 94. Şube Müdürlüğü - Bingöl. 52s.
- Kartal M (1998). Hipotez testleri. Şafak Yayınevi, Erzurum. 247s.
- Keskin T E, Çetiner H İ, Başdağ S, Genç S & Kılıç H Y (2018). Akım gözlem istasyonları bulunmayan nehirlerin DSİ Sentetik yöntemi kullanılarak taşkın debilerinin tahmini : Eskipazar Çayı Örneği (Karabük , Türkiye) 2. International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management, 04-06 May 2019, Sakarya, Türkiye.
- Keskiner A D & Cetin M (2016). Taşkın hesaplarında kullanılan sentetik yöntemlerin küçük ölçekli sulama göletleri alt havzalarına uyarlanması: yaylalık göleti örneği. 4. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 23 - 25 Kasım 2016, Rize, Türkiye.
- Kolmogorov A N (1933). Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. Giornale Dell'Istituto Italiano Degli Attuari, 4, 83-91.
- Kumanlıoğlu A A & Ersoy S B (2018). Akım gözlemi olmayan havzalarda taşkın akımlarının belirlenmesi : Kızıldere Havzası. Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 20(60), 890-904.
- Maidment D (1992). Handbook of hydrology. New York: McGraw-Hill. 1424s.
- Onuşuel Gül G & Gül A (2010). İzmir Bostanlı Havzası için taşkın alanlarının HEC-HMS ve HEC-RAS modelleri ile belirlenmesi. 22-24 Mart 2010, Afyonkarahisar, Türkiye.
- Özdemir H (1978). Uygulamalı taşkın hidrolojisi. DSİ Matbaası. 221s.
- Öztürk M, Kaya N & Aşkan A H (2003). Menfezlerin projelendirmesinde kullanılan taşkın hesap

- metotlarının değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(2), 167–171.
- Şahin M A (2013). Ceyhan Havzası için bölgesel taşkın frekans analizi. Yüksek Lisans Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şahin Ö (2007). Van ili Gevaş-Gürpınar Havzasında çeşitli dağılımların karşılaştırılması ile taşkın frekans analizi. Yüksek Lisans Tezi. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şeçkin N (2002). Ceyhan ve Seyhan Havzalarının bölgesel taşkın frekans analizi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şeçkin N (2009). L-Momentlere dayalı gösterge-sel metodu ile bölgesel taşkın frekans analizi. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şeker M (2015). Antalya Havzası'nın taşkın frekans analizi. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şen Z (2009). Taşkın afet ve modern hesaplama yöntemleri. Su Vakfı Yayınları. 252s.
- Singh K P (1980). Regional and sample skew values in flood-frequency analyses of streams in Illinois. Illinois State Water Survey. 159s.
- Smirnov N V (1939). Estimate of deviation between empirical distribution functions in two independent samples. Bull Moscow University, 2, 3–16.
- Sönmez O, Hırca T & Demir F (2017). Akım ölçümü olmayan nehirlerde farklı yağış akış modelleri ile tekerrürlü taşkın debisi hesabı: Mudurnu Çayı örneği. 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science. 29-30 September 2017. Bakü, Azerbaycan.
- Sönmez O, Öztürk M & Doğan E (2012). İstanbul derelerinin taşkın debilerinin tahmini. Sakarya University Journal of Science, 16(2), 4–9.
- Şorman Ü (2004). Bölgesel frekans analizindeki son gelişmeler ve batı, İMO Teknik Dergi, 212, 3155–3169.
- Tayfur G (2017). Baraj yıkılma sonucu meydana gelen taşkın dalgası simülasyonu gerçekleştirme aşamaları, Su Vakfı, Su Külliyesi, 5, 1–15.
- Ulke A, Beden N, Demir V & Menek N (2017). Numerical modeling of Samsun Mert River floods. EWRA Publications, 57, 27–34.
- Ülke A, Uslu A & Beden N (2013). Samsun şehir taşkınlarının kronolojisi, 2012 yılı Samsun taşkını. 24-26 Ekim 2013, Mersin, Türkiye.
- Ying X, Jorgeson J & Wang S S Y (2009). Modeling dam-break flows using finite volume method on unstructured grid. engineering applications of computational fluid mechanics, 3(2), 184–194.
- Yıldırım N (2013). Normal dağılım için uyum iyiliği testleri ve bir simülasyon çalışması. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yılmaz M (2016). Taşkın Riski ön değerlendirmesinde uzaktan algılama sistemlerinin kullanılabilirliği: Meriç nehrinde uygulanması. Uzmanlık Tezi Orman ve Su İşleri Bakanlığı.



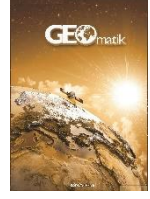
© Author(s) 2022. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



GEOMATİK

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/geomatik>

e-ISSN 2564-6761



Hazine taşınmaz satışlarının emsal satışlarla karşılaştırılması: Trabzon İli örneği

H. Ebru Çolak¹, Tuğba Memişoğlu Baykal², Nihal Genç^{*3}

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

²Hacettepe Üniversitesi-Artvin Çoruh Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Ankara-Artvin, Türkiye

³Giresun Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Giresun, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Hazine
Hazine Taşınmazı
Taşınmaz Değerleme
Emsal
Trabzon

ÖZ

Ülkemizde yaşanan taşınmaz ihtiyacının giderilmesinde hazine taşınmazları önemli bir görev üstlenmektedir. Gerçekleştirilen tasarruf faaliyetleriyle birlikte hazine taşınmazlarından elde edilen gelir, ülke bütçesine destek sağlamaktadır. Bu faaliyetlerin yürütülmesindeki temel adım hazine taşınmazlarının değerlendirilmesidir. Değerleme çalışmalarının doğru ve objektif bir şekilde yapılması, gerçekleştirilecek olan tasarruf faaliyetleri sonucunda hazinenin hak ve menfaatlerinin korunmasını sağlayacaktır. Tüm bu gereklilikleri incelemek üzere gerçekleştirilen bu çalışmada, Trabzon ili Ortahisar ilçesindeki hazine taşınmaz satışları ile bunlara emsal olan taşınmaz satışları, emsal yöntemi esas alınarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda ortaya çıkan bedel farklılıklarının nedenleri, hazine ve taşınmaz değerlendirme kavramlarına dayanılarak her bölge için irdelenmiş ve birbirleriyle kıyaslanarak değerlendirilmelerde bulunulmuştur.

Comparison of treasury real estate sales and precedent real estate sales: The case study of Trabzon Province

Keywords

Treasure
Treasury Real Estate
Real Estate Valuation
Precedent
Trabzon

ABSTRACT

Treasury real estate plays an important role in solving the real estate needs in our country. Together with the economic activities carried out, the income obtained from the treasury real estate provides support to the country budget. The basic step in carrying out these activities is the valuation of treasury real estates. Carrying out valuation studies correctly and objectively will ensure the protection of the treasury's rights and interests in economic activities. In the study conducted to examine all of these, the sales of the treasury real estates in Ortahisar district of Trabzon province and the sales equivalent to them were compared on the basis of the precedent method. As a result of the comparison, the reasons for the price differences for each region were examined based on the concepts of treasury and real estate valuation and the regions were compared with each other.

*Sorumlu Yazar

(ecolak@ktu.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-3000-1704
(tugbamemisoglu@hacettepe.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-3548-6795
(nihal.genc@giresun.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-3344-8173

Kaynak Göster (APA)

Colak H E, Baykal T M & Genc N (2022). Hazine taşınmaz satışlarının emsal satışlarla karşılaştırılması: Trabzon İli örneği. Geomatik, 7(2), 163-173

1. GİRİŞ

Toprak, hayatımızın her alanında fazlasıyla öneme sahip olan ve üretilemeyen kıt bir kaynaktır. Günümüzün birçok üretim ve hizmet faaliyetinin şekillenmesinde kilit taşı görevi görmektedir. Ekonomi üzerinde büyük katkıları olan toprağın, artan toprak kıtlığıyla beraber gün geçtikçe değeri daha da iyi anlaşılmaktadır.

Toprak kıtlığı sorununun giderek büyümesi taşınmaz ihtiyacını da arttırmıştır. Yıllardan beridir ülkemizde yaşanan bu sorunun giderilmesinde hazine taşınmazları büyük rol oynamıştır. Özellikle Osmanlı Devleti zamanında hazine malı olan vakıf malları, devletin güvenlik hizmetleri ve yönetimi dışında kalan birçok durumda ihtiyaçlara cevap vermiştir (Çoruhlu vd. 2014:90). Günümüzde ise Türkiye'nin yüz ölçümünün büyük bir bölümünü oluşturan hazine taşınmazları; konut sorunları, çarpık kentleşme, istihdam teşviki, ekonomik ve sosyal sıkıntıların giderilmesi gibi durumlarda önemli görevler üstlenmektedir.

Devlet, hazine taşınmazlarını kamu hizmetlerine tahsis ederek ve özel mülkiyetindeki taşınmazlardan ise tasarruf faaliyetleriyle gelir elde ederek ekonomiye fayda sağlamaktadır. Bu bağlamda hazine taşınmazları, kamu malları ve hazinenin özel malları olarak iki grupta incelenmektedir. Kamu malları kamu hizmetlerine tahsis edilirken hazinenin özel malları ise getirdiği gelirle ekonomiye destek sağlamaktadır. Hazineye ait bu mallar tasarruf faaliyetleri olan edinim, yönetim ve elden çıkarma işlemleri ile devlet bütçesine gelir olarak dönebilmektedir. Tasarruf faaliyetlerinin ekonomiye en doğru şekilde katkı sağlamasında hazine taşınmazları için belirlenen bedeller büyük önem arz etmektedir.

Hazine taşınmazları için bedel belirlerken uluslararası değerlendirme standartlarından faydalanılarak taşınmaz değerlendirme çalışmaları yürütülmektedir. Alım-satım, kira, ecrimisil, kamulaştırma, irtifak hakkı, trampa vb. faaliyetler için hazine taşınmazlarının değerlendirilmesi yapılmaktadır. Değerleme yapılırken emsal, gelir ve maliyet olmak üzere üç farklı değerlendirme yöntemi kullanılmaktadır. Hazine taşınmazlarının değerlendirilmesinde en çok kullanılan yöntem emsal yöntemidir.

Bu çalışmada hazine taşınmazları ve tasarruf faaliyetleri hakkında bilgi verilmiş ve ardından hazine taşınmazlarının değerlendirme süreci anlatılmıştır. Son olarak uygulama kapsamında hazine taşınmazlarının değerlendirilmesi sonucunda elde edilen bedellerle, anılan taşınmazlara emsal olarak alınan özel mülkiyete konu taşınmazların bedelleri karşılaştırılmış ve hazine hak ve menfaatlerinin nasıl etkilendiği incelenmiştir. Bu kapsamda pilot bölgeye ait 2017-2018 yıllarının İl Millî Emlak Müdürlüğüne yapılan kıymet takdir çalışmaları ve Tapu Müdürlüğüne yapılan alım satım işlemlerine esas rayiç değerleri temin edilmiştir. Elde edilen verilerde gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra bedellerin karşılaştırması yapılmış, ortaya çıkan farklılıkların sebep ve sonuçları irdelenmiştir.

1.1. Hazine Taşınmazı Kavramı ve Kapsamı

Dilimizde hazine kavramı ekonomik açıdan "devlet malının veya parasının saklandığı yer" anlamına

gelirken, mali hukukumuz açısından devletin genel bütçe ile idare edilen kamu kurum ve kuruluşlarına ait olan taşınır ve taşınmaz mallarını, çeşitli haklarını, alacaklarını ve borçlarını ifade eder (Kuşgöz, 2018:2). Aynı zamanda hazine kavramı genel bütçe kapsamındaki kamu idarelerinin tüzel kişiliğini temsil etmektedir (T.C. Resmi Gazete, 2007). Öte yandan taşınmaz kavramı ise hukuki açıdan bakıldığında "bir yerden başka bir yere taşınması olanaksız mal." olarak ifade edilir. 4721 sayılı Türk Medeni Kanunu'nda taşınmaz mülkiyetinin kapsamından bahsedilir ve üç kısma ayrılır. Bunlar; "arazi, tapu kütüğünde ayrı sayfaya kaydedilen bağımsız ve sürekli haklar ve kat mülkiyeti kütüğüne kayıtlı bağımsız bölümler" şeklindedir.

Hazine taşınmazı kavramı ise 327 sıra nolu Millî Emlak Genel Tebliği'ne göre "hazinenin özel mülkiyetindeki taşınmazlar ile devletin hüküm ve tasarrufu altındaki yerleri" kapsamaktadır (T.C. Resmi Gazete, 2010). Bu bağlamda hazinenin özel mülkiyetindeki taşınmazlar tapu sicilinde hazine adına tescil edilirken, devletin hüküm ve tasarrufu altındaki yerler ise mülkiyeti devlete ait olup hazine adına tapu sicilinde tescil edilmezler.

Hazine malları, merkezî yönetim kapsamındaki genel bütçeli idarelerin sahip oldukları mallar ile devletin hüküm ve tasarrufu altındaki malları kapsamaktadır. Bunlar sınıflandırmaya tabi tutulduğunda kamu malları ve hazinenin özel malları olarak iki kategori altında incelenirler (Söyler, 2005:12).

Kamu malları ve hazinenin özel malları farklı niteliklere sahiptirler. Kamu mallarının bir kısmı kamu hizmetlerine tahsis edilirken bir kısmı da kamunun doğrudan kullanımına bırakılmaktadır. Dolayısıyla hazine malları, kamu hizmetlerine kamu malı vasfıyla direkt katkı sağlamaktadır. Öte yandan hazinenin özel malları ise kamu hizmetlerine tahsis edilmez ve kamunun kullanımına bırakılmazlar. Ancak gelir getirmesi amacıyla kullanılıp kamuya dolaylı yollardan katkı sağlarlar (Söyler, 2005:14).

3402 sayılı Kadastro Kanunu Madde 16'da kamu malları "Kamunun ortak kullanılmasına veya bir kamu hizmetinin görülmesine ayrılan yerlerle devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan sahihsiz yerler." olarak tanımlanmaktadır (T.C. Resmi Gazete, 1987). Bu bağlamda kamu malları, hizmet malları, orta mallar ve sahihsiz yerler olmak üzere üç alt sınıfa ayrılır.

Hizmet malları, kamu hizmetlerine tahsis edilip tapu siciline ilgili idareler adına tescil edilen mallardır. 3402 sayılı Kadastro Kanunu'nun 16. Maddesinin (a) bendinde "Kamu hizmetinde kullanılan...resmî bina ve tesisler..." olarak hizmet mallarından bahsedilmiş ve ayrıntılı olarak tanımlanmıştır (T.C. Resmi Gazete, 1987).

Orta mallarından 3402 sayılı Kadastro Kanunu'nun 16. Maddesinin (b) bendinde, "Mera, yaylak, kışlak, otlak, harman ve panayır yerleri gibi paralı veya parasız kamunun yararlanmasına tahsis edildiği veya kamunun kadimden beri yararlandığı belgelerle veya bilirkişi veya tanık beyanı ile ispat edilen..." şeklinde söz edilmiş ve kapsamlı olarak açıklanmıştır (T.C. Resmi Gazete, 1987).

3402 sayılı Kadastro Kanunu'nun 16. Maddesinin (c) ve (d) bendinde sahihsiz mallar detaylı bir şekilde belirtilmiştir. Maddenin (c) bendinde "Devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan kayalar, tepeler, dağlar

(bunlardan çıkan kaynaklar) gibi tarıma elverişli olmayan sahipsiz yerler ile deniz, göl, nehir gibi genel sular... “ ve (d) bendinde “Devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan ormanlar...” şeklinde sahipsiz malların kapsamı ifade edilmiştir (T.C. Resmi Gazete, 1987).

3402 sayılı Kadastro Kanunu'nun haricinde kamu malları kavramını tanımlayan birçok kanun bulunmaktadır. 5018 sayılı Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu'nun 3. Maddesi, 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'nun 5. Maddesi ve 4721 sayılı Türk Medeni Kanununun 715. Maddesinde de kamu mallarından bahsedilmiştir. Bu kanunlarda yapılan açıklamalar birbiriyle farklılık göstermektedir. Fakat genel bir açıklama ile özetlenirse, kamu mallarının kamu kurum ve kuruluşları tarafından yönetilen ve denetlenen tüm taşınmazlar olduğu söylenebilir (Aliefendioğlu vd. 2018:118).

Hazinenin özel malları, kamu malları gibi kamu hizmetine ve kamunun yararlanmasına tahsis edilmemiş olan, kamu mallarının fonksiyonlarını barındırmayan, getirmiş olduğu gelirlerle birlikte kamuya dolaylı olarak yarar sağlayan devletin tüzel kişiliğine ait mallardır.

Hazinenin özel mallarından kamunun serbest bir şekilde yararlanma hakkı ya da yetkisi yoktur. Devlet, hazinenin özel malları üzerinde bir mülkiyet hakkı sahibinin elinde bulundurduğu haklara sahiptir. Bu sebeple hazinenin özel malları özel hukuk hükümlerine tabidir (Atılğan, 2010:48).

1.2. Hazine Taşınmazlarının Tasarruf Şekilleri

Hazine taşınmazlarının tasarruf şekilleri; edinim, yönetim ve elden çıkarma olarak üç başlıkta incelenmektedir. Tüm bu işlemler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Millî Emlak Genel Müdürlüğü tarafından ilgili mevzuatlar çerçevesinde yürütülmektedir.

Devlet, hazine adına kamuya karşı görev ve hizmetlerini yerine getirebilmek için ihtiyaç hâlinde taşınır ve taşınmaz mal edinebilmektedir. Edinim işlemleri; satın alma, kamulaştırma, trampa, arsa-kat karşılığı inşaat, bağış, protokol kapsamında yaptırılan işler vb. faaliyetlerdir. Yönetim işlemleri kapsamında; hazineye ait taşınmazların tespiti, tahsis, kiraya verme, ecrimisil, irtifak hakkı tesis edilmesi, kullanma izni ve ön izin çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Hazine taşınmazlarının elden çıkarılması işlemlerinde ise satış, devir ve terk faaliyetleri yürütülmektedir. Tablo 1'de gerçekleştirilen tasarruf faaliyetleri ve bunlarla ilgili mevzuatlar görülmektedir.

2. YÖNTEM

2.1. Hazine Taşınmazlarının Değerlemesi

Taşınmaz değerlendirme; taşınmazın fiziki koşullarının, sağladığı faydanın, taşınmaza ait arz-talep dengesinin, taşınmazı etkileyen ekonomik ve sosyal faktörlerin, taşınmazın niteliğinin ve diğer içsel-dışsal faktörlerin objektif bir şekilde teknik olarak incelenerek söz konusu taşınmaz bedelinin takdir edilmesi işlemidir. Resmî, gerçek, özel, tüzel kişi ve kamu kurum ve kuruluşlarına ait taşınmazların, gerektiğinde uzman kişiler tarafından uluslararası değerlendirme standartları gözetilerek objektif bir şekilde değerleri belirlenebilmektedir. Bu bağlamda

hazineye ait taşınmazların da hazinenin edinim, yönetim ve elden çıkarma işlemlerinde yürütmüş olduğu faaliyetler uyarınca bedel tespitlerinin yapılması gerekmektedir. Bedel tespitleri yapılırken taşınmaz değerlendirme yöntemleri kullanılmaktadır. Genel olarak kullanılan yöntemler emsal, gelir ve maliyet yöntemleridir. Bu yöntemlerden hangisinin kullanılacağı taşınmazın niteliğine bağlı olarak değişmektedir.

Tablo1. Tasarruf faaliyetlerinin gerçekleştirilmesinde yararlanılan mevzuatlar

Tasarruf Faaliyetleri ve Mevzuatlar	
Edinim İşlemleri	
Satın Alma	• 6183 sayılı Amme Alacaklarının Tahsil Usulü Hakkında Kanun
Kamulaştırma	• 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu
Trampa	• 2886 sayılı Devlet İhale Kanunu
	• 4706 sayılı Hazineye Ait Taşınmaz Malların Değerlendirilmesi ve Katma Değer Vergisi Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun
	• 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu
	• 2942 Sayılı Kamulaştırma Kanun
Arsa-Kat Karşılığı İnşaat	• 298 sıra sayılı Millî Emlak Genel Tebliği
	• Hazine Taşınmazlarının İdaresi Hakkında Yönetmelik
	• 2886 sayılı Devlet İhale Kanunu
Bağış	• 327 sıra nolu Millî Emlak Genel Tebliği
Yönetim İşlemleri	
Tahsis	• Kamu İdarelerine Ait Taşınmazların Tahsis ve Devri Hakkında Yönetmelik
Kira	• 2886 sayılı Devlet İhale Kanunu
	• 6098 sayılı Borçlar Kanunu
	• 300, 358, 372, 379, 387, 393 sıra nolu Millî Emlak Genel Tebliği
	• Hazine Taşınmazlarının İdaresi Hakkında Yönetmelik
Ecrimisil	• Hazine Taşınmazları İdaresi Hakkında Yönetmelik
	• 336 Sıra Sayılı Millî Emlak Genel Tebliği
Ön izin, Kullanma izni ve İrtifak Hakkı Tesis	• 4721 sayılı Türk Medeni Kanunu
	• 324 sıra nolu Millî Emlak Genel Tebliği
	• Hazine Taşınmazlarının İdaresi Hakkında Yönetmelik
	• Özel kanunlar
Elden Çıkarma İşlemleri	
Satış	• 2886 sayılı Devlet İhale Kanunu
	• Hazine Taşınmazlarının İdaresi Hakkında Yönetmelik
	• 313 sayılı Millî Emlak Genel Tebliği
	• 4562, 4721, 5279, 3385,3646, 189, 1164, 5393 ve 2942 sayılı bazı özel kanun hükümleri
Devir	• Kamu İdarelerine Ait Taşınmazların Tahsis ve Devri Hakkında Yönetmelik
Terk	• 203 sıra nolu Millî Emlak Genel Tebliği

Kaynak: Faaliyet Raporu, 2019; Faaliyet Raporu, 2018; Hazine Taşınmazlarının Kiraya Verilmesi İşlemleri El Rehberi, 2018; T.C. Resmi Gazete, 2006

Hazine malları ile ilgili faaliyetlerden Çevre ve Şehircilik Bakanlığı alt birimi olan Millî Emlak Genel Müdürlüğü sorumludur. Bu kapsamda, en yakın tarihte hazırlanmış olan 2019 yılı faaliyet raporlarına göre hazineye ait 281.980.634.406 m² yüzölçümlü toplamda 4.241.173 adet taşınmaz Millî Emlak Genel Müdürlüğü mesuliyeti altındadır.

Millî Emlak Genel Müdürlüğü; hazine taşınmazlarının tasarruf işlemleri kapsamında yapılan satış, kamulaştırma, kira, ecrimisil, trampa, arsa-kat karşılığı inşaat, ön izin, kullanım izni ve irtifak hakkı tesisi gibi işlemlere esas olacak bedelleri taşınmaz değerlendirme faaliyetleri ile belirlemektedir. Değerleme faaliyetleri kapsamında bedel tespit sürecinin yürütülmesi için Millî Emlak Genel Müdürlüğü tarafından Çevre ve Şehircilik Uzmanları görevlendirilmektedir (Faaliyet Raporu, 2019:98).

Hazine taşınmazlarının bedel belirleme çalışmaları için yapılacak tüm faaliyetlerde 2014/1 sıra nolu Hazine Taşınmazlarının Değerleme İşlemleri konulu genelge esas alınmaktadır (Millî Emlak Genel Müdürlüğü, 2014). Bu genelgeden yararlanılarak değerlendirme sürecinde yapılması gereken çalışmalar gerçekleştirilmekte ve bir taşınmazın değerlendirme günündeki güncel alım-satım bedeli olan rayiç bedel belirlenmektedir.

Hazine Taşınmazlarının Değerleme İşlemleri konulu genelgeye göre değerlendirme süreci dört adımdan oluşmaktadır. Bunlar; ön hazırlık, saha çalışması, en etkili ve verimli kullanım analizi ve değerlendirme yöntemlerinin seçimi ve uygulanmasıdır. Tüm bu adımlar tamamlandıktan sonra elde edilen verilerin analizi ve değerlendirilmesiyle taşınmaz bedeli elde edilmektedir. Ön hazırlık sürecinde kapsamlı bir araştırma yapılarak taşınmaza ait veri ve bilgiler temin edilmektedir. Saha çalışması sürecinde ise taşınmaz mahalline gidilerek taşınmaza ait tüm özellikler detaylı bir şekilde belirlenmektedir. En etkin ve verimli kullanım analizinde; taşınmazın fiili durumu, tapu kütüğü ve imar durumuna ait bilgiler detaylı bir şekilde analiz edilerek bedeli etkileyen durumlar tespit edilmektedir. Ardından elde edilen tüm bu bilgiler işlenmekte ve son haline getirilerek değerlendirme raporu olarak sunulmaktadır.

2.2. Değerleme Yöntemlerinin Seçimi ve Uygulanması

Uluslararası değerlendirme standartlarına göre emsal, gelir ve maliyet yöntemi olmak üzere üç ana değerlendirme yöntemi bulunmaktadır. Hazine taşınmazlarının değerlendirilip rayiç bedellerinin bulunması için yapılan çalışmalarda da bu yöntemler kullanılmakta ve genellikle emsal yöntemi tercih edilmektedir.

2.2.1. Emsal (Karşılaştırma) Yöntemi

Emsal yöntemi hazine taşınmazlarının değerlendirmesinde en çok kullanılan yöntemdir. Karşılaştırma yöntemi olarak da adlandırılan bu yöntemle, değerlendirme yapılacak olan taşınmaza emsal teşkil edebilecek taşınmazların satış bedelleri göz önüne alınarak bedel tespiti ve takdiri yapılmaktadır. Bu bağlamda, değerlemeye konu olan taşınmazla benzer özelliklere sahip taşınmazlar bulunur ve bu taşınmazlar arasında her yönden karşılaştırma yapılır.

Karşılaştırmanın sonunda elde edilen farklılıklardan yola çıkılarak yapılan gerekli düzeltmelerle birlikte değerlemeye konu taşınmazın bedel tespiti yapılmaktadır.

Yöntemin uygulanmasında ilk olarak değerlendirme yapılacak olan taşınmaza emsal olabilecek taşınmazlar belirlenir. Bu belirleme yapılırken değerlemeye konu taşınmazla konum olarak aynı bölgede olması, fiziksel ve ekonomik özellikler açısından benzer olması ve mülkiyet hakları ile imar verileri yönünden karşılaştırılabilir olmasına dikkat edilir. Emsal taşınmazlar belirlendikten sonra bunlar hakkında bilgiler toplanır, muvazaalı durumların yaşanmaması adına doğruluğu kontrol edilir. Bilgi elde etme sürecinde yararlanılabilecek kaynaklar; tapu idaresi, millî emlak satışları, bilirkişiler, bilirkişi raporları, internet ilanları, icra satışları, gayrimenkul değerlendirme raporları, değerlendirme yapmış olan idarelerin çalışmaları olabilmektedir.

Değerlemeye konu taşınmaza bulunduğu konumun çevresinden emsal bulunamaması halinde, en yakın konumdan emsal satış verileri temin edilebilmektedir. Veriler temin edildikten sonra değerlendirme konusu taşınmaza; konum olarak yakın olan ya da yakın değilse değerleri arasında görece bir bağ kurulan, nitelik yönünden eş, yapılaşma koşulları aynı ya da görece olarak bağ kurulabilecek, tarım arazisi vasıflı taşınmazlar için de olanakların benzer olduğu emsaller seçilmektedir.

Elde edilen tüm veriler ışığında yöntem uygulamaya koyulur ve değerlemeye konu taşınmaz ile emsal taşınmazlar arasında karşılaştırma yapılır. Taşınmazlar karşılaştırılırken imar durumları, nitelikleri, imar planındaki konumları ve kullanım türleri, inşaat izni bilgileri, üzerlerinde yapı olup olmaması, sokak-bulvar-cadde cephelerinin özellikleri, jeolojik ve topoğrafik yapısı, ulaşım olanakları, sosyal ve kültürel alanlara olan uzaklıkları, merkeze uzaklıkları, alt yapı olanakları, üzerlerinde değeri etkileyebilecek irtifak vb. takyidatların olup olmadığı, tercih edilen bir bölgede olup olmamaları, emlak rayiç değerleri gibi durumlara ait bilgiler analiz edilir. Analiz neticesinde benzerlikler ve farklılıklar detaylı bir biçimde ortaya koyulur. Belirlenen farklılıkların değer üzerindeki etkisini gösterebilmek amacıyla ağırlıklandırma yoluna gidilir ve bedele dönüştürülmesi sağlanır. Tüm bu çalışmaların neticesinde güncel piyasa koşulları da dikkate alınarak emsal satışların bedelleri değerlendirme tarihine uyarlanmakta ve temin edilen diğer tüm veriler göz önüne alınarak değerlendirme konusu taşınmazın bedel takdiri yapılmaktadır.

Bu yöntemde elde edilen sonuçların güvenilir olabilmesi için değerlemeye konu taşınmaz ile emsal taşınmazların özelliklerinin olabildiğince benzer olması gereklidir. Tamamen farklı özelliklere sahip olan taşınmazlar karşılaştırılmamalıdır (Yomralıoğlu vd. 2011:12). Değerlenecek taşınmazın türü ne olursa olsun yöntemi kullanabilmek için yeterli veriye ulaşılabildiği takdirde bu yöntem en elverişli yaklaşımdır (Karaca, 2008:43). Fakat gerekli verilerin az olması veya farklılık arz eden bilgilerin çok olması gibi durumlarda bu yöntemin kullanımı kısıtlanabilir (Yılmaz, 2019:89). Ek olarak değerlemeyi yapacak olan değerlendirme uzmanının bilgi ve tecrübesi de sonuçları etkileyecektir. Doğru sonuçlar için güvenilir verinin yanında değerlendirme yapan

kişinin bu konuda uzman olması büyük önem arz etmektedir.

2.2.2. Gelir Yöntemi

Gelir yönteminde değerlendirilecek taşınmazın net gelirinin değerlendirilme gününe biriktirilmesi temel alınmaktadır (Tanrıvermiş, 2017:179). Belirlenen net gelir, kapitalizasyon faiz oranı ile indirgenerek bedel takdiri yapılmaktadır. Bu yöntem genellikle sürekli olarak gelir getiren taşınmazların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

2.2.3. Maliyet Yöntemi

Maliyet yöntemi genellikle üzerinde yapı ya da muhdesat olan taşınmazların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Yöntem kullanılırken her sene resmi gazetede yayımlanan Yapı Yaklaşık Maliyetleri tablolarından faydalanılır. Değerleme yapılırken yapının özellikleri ve yıpranma payı göz önüne alınarak yapı bedelleri bulunmaktadır. Bulunan bedel, zemin bedeline eklenerek taşınmaz bedeli elde edilmektedir.

3. YAPILAN ÇALIŞMA

Bu çalışmanın amacı, hazine taşınmazlarının bedelleri ile emsal taşınmaz bedellerinin karşılaştırılarak hazinenin hak ve menfaatlerinin nasıl etkilendiğini irdelemektir. Trabzon ili Ortahisar ilçesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. İncelenmek üzere Trabzon İl Millî Emlak Müdürlüğünden üç adet hazine taşınmazına ait bedel tespit raporları ile satış bedelleri temin edilmiştir. Trabzon Ortahisar Tapu Müdürlüğünden de seçilen 3 emsal taşınmaza ait satış bilgileri elde edilmiştir.

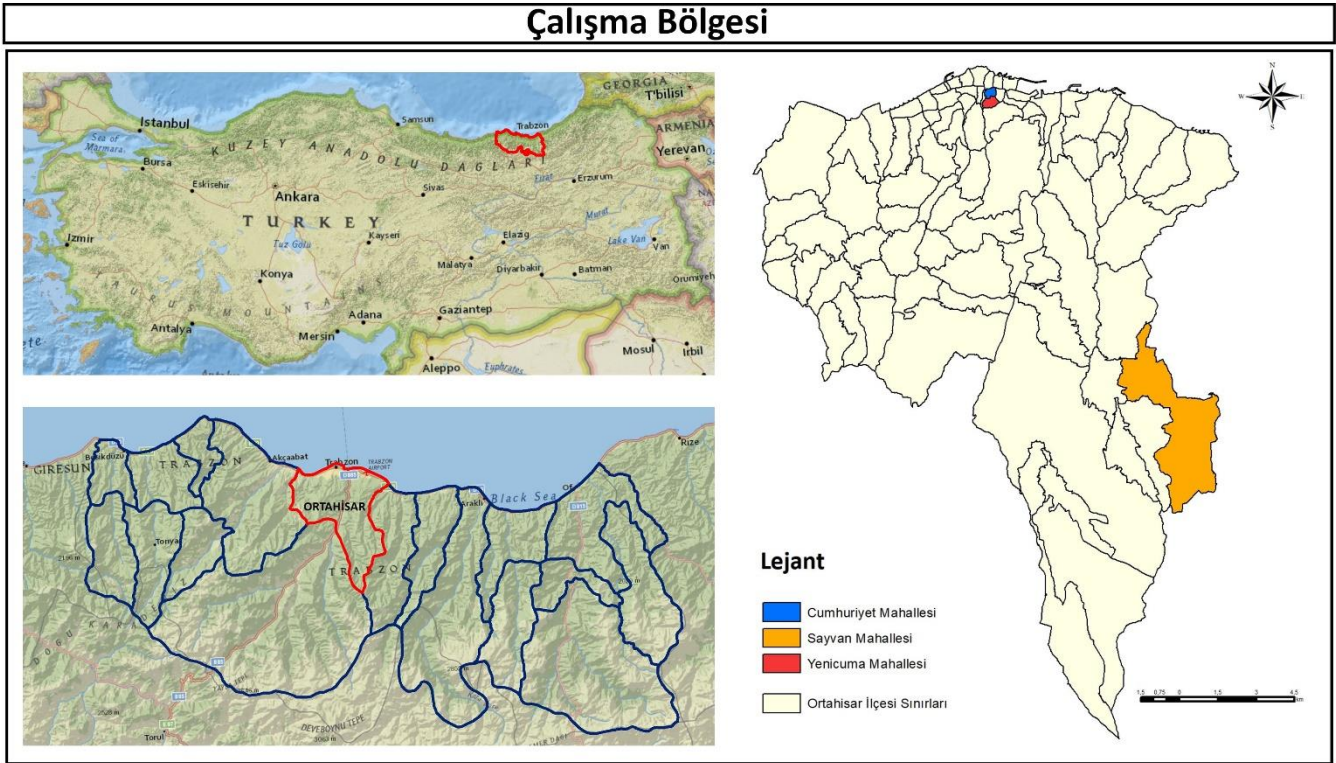
Birinci inceleme bölgesi olan Sayvan Mahallesi, kent merkezine uzak bir mesafede olup şehrin güneydoğu kısmında ve ilçe sınırındadır. Kent merkezine olan uzaklığa bağlı olarak buradaki taşınmazların sosyokültürel olanaklara erişimi kısıtlıdır.

İkinci inceleme bölgesi olan Cumhuriyet Mahallesi kent merkezindedir. Hem sosyokültürel hem de ulaşım ve alt yapı olanaklarına sahip bir bölgedir. Burada incelenen taşınmazlar ana yol üzerinde olmakla beraber şehrin en merkezi konumundadırlar.

Üçüncü inceleme bölgesi olan Yenicuma Mahallesi, kent merkezindedir. Sosyokültürel olanaklarla birlikte ulaşım ve alt yapı olanaklarına sahip bir bölgedir. İncelenen hazine taşınmazının ana yola, emsal taşınmazın da tali yola cephesi bulunmaktadır. Çalışma alanı ve inceleme yapılan mahalleler Şekil 1'de görülmektedir.

3.1.1. Sayvan Mahallesinde Yapılan İnceleme

İlk olarak Sayvan Mahallesiindeki mülkiyetinin tamamı hazineye ait olan 338,94 m² yüzölçümlü 111 nolu ada 25 nolu parsel incelenmiştir (Şekil 2 ve Şekil 4). Parsel üzerinde sağlık evi lojmanının bulunduğu tespit edilmiştir. Tahmin edilen bedel tespit raporuna göre hazine taşınmazının bedelinin 61.593 TL olarak tespit edildiği, m² bedelinin 40 TL olduğu anlaşılmıştır. Bu verilere göre zemin bedeli 13.557,60 TL, muhdesat bedeli ise 48.035,40 TL olmaktadır. Arsa bedeli taşınmaz bedelinin %22,01'ine denktir. Bedel belirlemelerinden sonra taşınmazın 26.12.2017 tarihinde açık ihale ile satış yoluyla 98.000 TL'ye satıldığı belirlenmiştir.



Şekil 1. Çalışma bölgesi



Şekil 2. 111/25 nolu hazine taşınmazının uydu görüntüsü

Kaynak: <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr>



Şekil 3. 111/9 nolu emsal taşınmazın uydu görüntüsü

Kaynak: <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr>

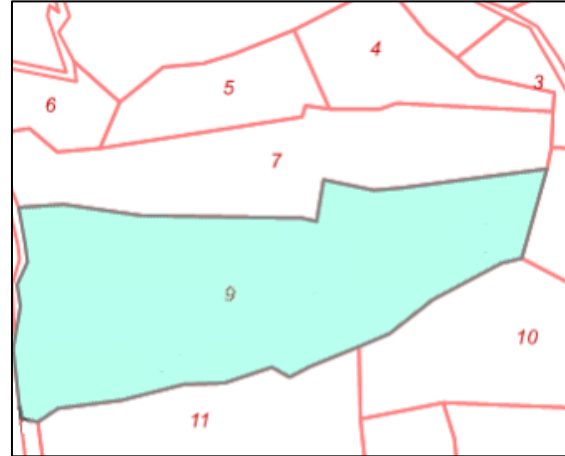
Bu taşınmaza yine aynı mahallede 6.561,57 m² yüz ölçümlü 111 nolu ada 9 nolu parselin 2018 yılında yapılan 1/3 hisse satışı (2.187,19 m²) emsal olarak alınmıştır (Şekil 3 ve Şekil 5). Emsal taşınmaz m² bedeli 22,86 TL olmak üzere 50.000 TL'ye satılmıştır.

Karşılaştırmanın yapılabilmesi için 2017 yılında açık ihale yoluyla satılan hazine taşınmazının 2018 yılı için fiyatı 2018 yılı yeniden değerlendirme oranı (%14,47) kullanılarak hesaplanmıştır. Hesap sonucunda hazine taşınmazının 2018 yılı satış bedeli 112.180,60 TL olarak bulunmuştur. Hazine taşınmazının arsa bedelinin taşınmaz bedelinin %22,01'i olduğu hesabına dayanılarak hazine taşınmazının 2018 yılı arsa bedelinin 24.690,95 TL, m² bedelinin ise 72,85 TL olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 4. 111/25 nolu hazine taşınmazının imar planı kesiti

Kaynak: <https://kbs.trabzonortahisar.bel.tr/imardurumu/>



Şekil 5. 111/9 nolu emsal taşınmazın imar planı kesiti

Kaynak: <https://kbs.trabzonortahisar.bel.tr/imardurumu/>

Eldeki verilerden hareketle hazine taşınmazının 72,85 TL olan 2018 yılı m² satış bedelinin, 2018 yılında satılan emsal taşınmazın 22,86 TL olan m² satış bedelinden %218,68 fazla olduğu belirlenmiştir. Tablo 2'de incelenen hazine ve emsal taşınmazlarına ait bilgiler görülmektedir.

Tablo 2. Sayvan Mahallesiindeki Hazine ve Emsal Taşınmazın Satış Bilgileri

Bilgiler	Hazine Taşınmazı	Emsal Taşınmaz
Mahalle	Sayvan	Sayvan
Ada No	111	111
Parsel No	25	9
Toplam Yüz ölçüm (m ²)	338,94	6561,57
Satılan Hisse	Tamamı	1/3
Satılan Yüzölçüm	338,94	2187,19
Emlak Rayiç Değeri (TL)	10	10
Satış Yılı	2017	2018
Satış Usulü	Açık İhale	Tapu Satış
Yeniden Değerleme (%)	14,47	
2018 yılı m ² Birim Bedeli (TL)	72,85	22,86

Yapılan değerlendirmeler sonucunda hazine ve emsal taşınmaza ait bilgiler incelenmiştir. Hazine taşınmazının tamamı, emsal taşınmazın ise üçte bir hissesi satışa konu olmuştur. Hem hazine taşınmazı hem de emsal taşınmaz kent merkezinden uzaktır. Buldukları mahallede ise hazine taşınmazı mahalle merkezine yakınken emsal taşınmaz uzak kalmaktadır. Her iki taşınmaz mücavir alan sınırları içinde fakat imar planı dışındadır. Ulaşım olanaklarına erişimleri mevcuttur fakat sosyokültürel olanaklara erişimleri kısıtlıdır. Aynı zamanda belediye hizmetlerine erişimleri sınırlıdır. Hazine taşınmazının üzerinde yapı (sağlık evi lojmanı) mevcutken, emsal taşınmaz üzerinde yapı bulunmamaktadır. Emlak rayiç değerleri aynı yola cephelerinin olması ve aynı lokasyonda olmalarından ötürü eşit ve 10 TL'dir.

Tüm bu bilgiler ışığında karşılaştırma yapıldığında hazine taşınmazının m² bedelinin emsal taşınmazın m² bedelinden yüksek olmasının nedeninin, hazine taşınmazının mahalle merkezine daha yakın olmasından kaynaklanabileceği ve buna ek olarak üzerinde yapı olmasından ötürü yapı bedeli de satış bedeline eklendiğinde hazine taşınmazının fiyatının arttığı sonuçlarına varılmıştır. Aynı zamanda hazine taşınmazının açık ihale yoluyla satılmış olması da rekabetten ötürü fiyatı arttırmıştır. Bu çıkarımlar fiyat artışına neden olan temel unsurlardır. Taşınmazların diğer özellikleri kıyaslandığında her iki taşınmaza da eşit derecede etki ettiklerinden ötürü bedele de eşit derecede katkı sağladıkları sonucuna varılmıştır. Hazine taşınmazının 2017 yılında satılmış olması ve 2018 yılında satılan emsal taşınmazla karşılaştırılırken fiyatının güncellenmesi gerekliliği de hazine taşınmazının m² bedelini arttıran diğer bir unsurdur. Öte yandan taşınmazın tamamının veya belli bir miktar hissesinin satışa konu olması da fiyatı etkileyen bir unsur olabilir. Son olarak emsal taşınmazın değerinin bir uzman kişi tarafından belirlenmemesi de bedeller arasındaki büyük farkın nedeni olabilir.

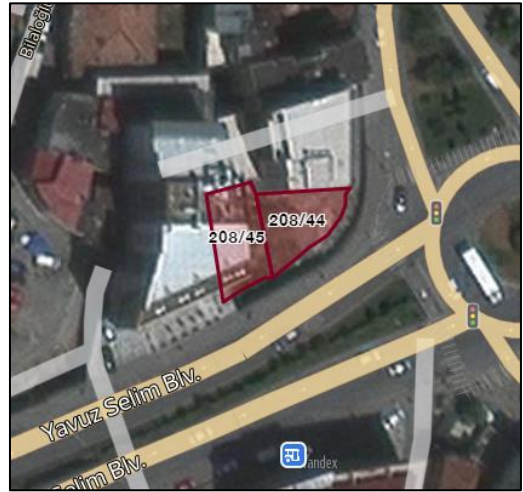
3.1.2. Cumhuriyet Mahallesi'nde Yapılan İnceleme

Cumhuriyet Mahallesi'nde 2123/9216 hissesi (39,64 m²) hazineye ait olan 208 ada 45 nolu parsel incelenmiştir (Şekil 6 ve Şekil 7). Bu taşınmazın 07.03.2017 tarihindeki tahmin edilen bedel tespit raporuna göre taşınmaz bedeli (39,64 m²) 523.248 TL ve m² bedeli 13.200 TL olarak belirlenmiştir.

Taşınmaz üzerinde muhdesat bulunmamaktadır. Hissedarı bu hazine taşınmazını doğrudan satış yoluyla 2017 yılında edinmiştir.

Hazine taşınmaz satışı ile emsal taşınmaz satışının karşılaştırılabilmesi için hazine taşınmazının 2017 yılına ait bedeli 2018 yılı yeniden değerlendirme oranı (%14,47) ile hesaplanarak 2018 yılına ait taşınmaz bedeli 598.961,99 TL, m² bedeli ise 15.110,04 TL olarak bulunmuştur.

Hazine taşınmazına hemen yanında bulunan 208 nolu ada 44 nolu parselin 2018 yılında yapılan 1/2 hisse satışı (83,47 m²) emsal olarak alınmıştır (Şekil 6 ve Şekil 8). Eldeki verilerden hareketle hazine taşınmazının 15.110,04 TL olan 2018 yılı m² satış bedelinin, 2018 yılında satılan emsal taşınmazın 9.584,28 TL olan m² satış bedelinden %57,65 fazla olduğu belirlenmiştir. İncelenen hazine ve emsal taşınmazlarına ait bilgiler Tablo 3'te görülmektedir.



Şekil 6. 208/45 nolu hazine ve 208/44 nolu emsal taşınmazlarının uydu görüntüsü

Kaynak: <https://parselorgu.tkgm.gov.tr>



Şekil 7. 208/45 nolu hazine taşınmazının imar planı kesiti

Kaynak: <https://kbs.trabzonortahisar.bel.tr/imardurumu/>



Şekil 8. 208/44 nolu emsal taşınmazının imar planı kesiti

Kaynak: <https://kbs.trabzonortahisar.bel.tr/imardurumu/>

Tablo 3. Sayvan Mahallesiindeki Hazine ve Emsal Taşınmazın Satış Bilgileri

Bilgiler	Hazine Taşınmazı	Emsal Taşınmaz
Mahalle	Cumhuriyet	Cumhuriyet
Ada No	208	208
Parsel No	45	44
Toplam Yüz ölçüm (m²)	172,078	166,94
Satılan Hisse	2123/9216	1/2
Satılan Yüzölçüm	39,64	83,47
Emlak Rayiç Değeri (TL)	3.479	3.479
Satış Yılı	2017	2018
Satış Usulü	Hissedara Doğrudan Satış	Tapu Satış
Yeniden Değerleme (%)	14,47	
2018 yılı m² Birim Bedeli (TL)	15.110,04	9.584,28

Yapılan belirlemeler sonucunda hazine ve emsal taşınmaza ait bilgiler incelenmiştir. Hazine taşınmazının 2123/9216 hissesi, emsal taşınmazın ise 1/2 hissesi satışa konu olmuştur. Her iki taşınmazda kent merkezinde olmakla birlikte şehrin en merkezi konumundadır. Taşınmazlar yan yanadır. İmar planında her iki taşınmazda aynı amaçla ayrılmıştır ve ticaret sahasındadırlar. Bitişik nizam 6 kat inşaat izinleri mevcuttur. Belediye hizmetlerine erişimleri, ulaşım imkânları ve sosyokültürel olanakları şehrin en merkezi konumunda olmalarından ötürü üst seviyededir. Her ikisinin üzerinde yapı bulunmamaktadır. Aynı caddeye cephelediğinden ötürü emlak rayiç değerleri eşit ve 3.479 TL'dir. Ek olarak emsal taşınmazın ana yola cephesinin olmasının yanında tali yola da cephesi bulunmaktadır.

Taşınmazlara ait bilgiler göz önüne alınarak karşılaştırma yapıp hazine taşınmazının m² bedelinin emsal taşınmazın m² bedelinden yüksek olmasının sebepleri irdelenmiştir. Aynı konumda ve yan yana olmaları, imar planında aynı amaca ayrılmış olmaları ve inşaat izin durumlarının da eşit olması, alt yapı hizmetlerine erişimleriyle birlikte ulaşım ve sosyokültürel olanaklardan da eşit derecede faydalanabiliyor olmaları taşınmaz bedellerini de eşit derecede etkilemektedir. Öte yandan emlak rayiç değerleri de eşittir. Ortaya çıkan m² bedelleri arasındaki farkın hazine taşınmazının bir değerlendirme uzmanı tarafından bedel tespiti yapılırken, emsal taşınmazın ise gerçek kişilere ait olmasından ötürü bedel tespitinin doğru bir şekilde yapılamamasından kaynaklandığı kanısına varılmıştır. Son olarak hazine taşınmazının 2017 yılında satılmış olması ve 2018 yılında satılan emsal taşınmazla karşılaştırılırken fiyatının güncellenmesi gerekliliği de hazine taşınmazının m² bedelini arttıran bir diğer unsurdur.

3.1.3. Yenicuma Mahallesiinde Yapılan İnceleme

Yenicuma Mahallesiinde mülkiyetinin tamamı hazineye ait olan 94,05 m² yüz ölçümlü 226 ada 6 nolu parsel incelenmiştir (Şekil 9 ve Şekil 10). Bu taşınmazın 03.12.2018 tarihindeki tahmin edilen bedel tespit raporuna göre taşınmaz bedeli 188.100,00 TL iken m²

bedeli 2.000 TL olarak belirlenmiştir. Taşınmaz üzerinde muhdesat bulunmamaktadır.

226/6 nolu hazine taşınmazına emsal olarak Ortahisar Tapu Müdürlüğünden temin edilen bilgilerle Yenicuma Mahallesiinde 178,25 m² yüz ölçümlü 226 ada 33 nolu parselin 2018 yılındaki 1/2 hisselik (89,125 m²) satışı belirlenmiştir (Şekil 9 ve Şekil 11). Emsal taşınmaz m² fiyatı 544,18 TL olmak üzere 48.500 TL bedel ile satılmıştır.

Mevcut bilgiler ışığında hazine taşınmazının 2.000 TL olan m² satış bedelinin emsal taşınmazın 544,18 TL olan m² satış bedelinden %267,53 daha fazla olduğu anlaşılmıştır. Gerçekleştirilen incelemeler sonucunda hazine ve emsal taşınmazlarına ait elde edilen bilgilere Tablo 4'te yer verilmiştir.

Tablo 4. Yenicuma Mahallesiindeki Hazine ve Emsal Taşınmazın Satış Bilgileri

Bilgiler	Hazine Taşınmazı	Emsal Taşınmaz
Mahalle	Yenicuma	Yenicuma
Ada No	226	226
Parsel No	6	33
Toplam Yüz ölçüm (m²)	94,05	178,25
Satılan Hisse	Tamamı	1/2
Satılan Yüzölçüm	94,05	89,125
Emlak Rayiç Değeri (TL)	844	404
Satış Yılı	2018	2018
Satış Usulü	Açık İhale	Tapu Satış
Yeniden Değerleme (%)	2.000	544,18
2018 yılı m² Birim Bedeli (TL)	Yenicuma	Yenicuma

**Şekil 9.** 226/33 nolu hazine taşınmazının ve 226/6 nolu emsal taşınmazın uydu görüntüsü

Kaynak: <https://parselorgu.tkgm.gov.tr>

Yapılan belirlemeler sonucunda hazine ve emsal taşınmazla ait bilgiler incelenmiştir. Hazine taşınmazının tamamı, emsal taşınmazın ise 1/2 hissesi satışa konu olmuştur. Hem hazine taşınmazı hem de emsal taşınmaz kent merkezindedir. Taşınmazlar aynı adada olup imar planında iskân sahası içindedirler. Her iki taşınmaz bitişik nizam 4 kat inşaat iznine sahiptir. Belediye hizmetlerine erişimleri, ulaşım imkânları ve sosyokültürel olanakları şehrin merkezi konumunda olmalarından ötürü mevcuttur. Hazine taşınmazının ana yola, emsal taşınmazın tali yola cephesi bulunmaktadır. Hazine taşınmazının 2018 yılı emlak rayiç değeri 844 TL, emsal taşınmazın ise 404 TL olarak tespit edilmiştir. Ek olarak hazine taşınmazının açık ihale satışına çıkarıldığı fakat ihaleye katılım olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 10. 226/33 nolu hazine taşınmazının imar planı kesiti

Kaynak: <https://kbs.trabzonortahisar.bel.tr/imardurumu/>



Şekil 11. 226/6 nolu emsal taşınmazın imar planı kesiti

Kaynak: <https://kbs.trabzonortahisar.bel.tr/imardurumu/>

Taşınmazlara ait veriler dikkate alınarak karşılaştırma yapılmış ve hazine taşınmazının m² bedelinin emsal taşınmazın m² bedelinden yüksek olmasının sebepleri irdelenmiştir. Aynı konumda ve aynı adada olmaları, şehir merkezinde olmaları, imar planında aynı amaca ayrılmaları, her iki taşınmazında 4 kat inşaat izninin olması, alt yapı hizmeti olanaklarıyla beraber ulaşım ve sosyokültürel imkânlardan eşit derecede faydalanıyor olmaları taşınmaz bedellerinde eşit derecede etkiye sahiptir. Öte yandan hazine taşınmazının emlak rayiç değerinin emsal taşınmazın emlak rayiç değerinden %108,91 fazla olduğu anlaşılmıştır. Bu farkın hazine taşınmazının ana yola, emsal taşınmazın ise tali yola cephesi olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Bu cephe farkları taşınmazların m² bedellerine de yansımış ve hazine taşınmazını daha değerli kılmıştır. Diğer taraftan hazine taşınmazının tamamının, emsal taşınmazın ise yarı hissesinin satışa konu olması da fiyatı etkileyen bir unsur olabilir. Son olarak ortaya çıkan m² bedelleri arasındaki farkın, hazine taşınmazının bir değerlendirme uzmanı tarafından bedel tespiti yapılırken emsal taşınmazın ise özel kişilere ait olmasından ötürü bedel tespitinin doğru bir şekilde yapılamamasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

4. SONUÇLAR

Hazine taşınmazları, ülkemizdeki kamu hizmetlerinin yönetilmesi ve bütçeye kaynak sağlaması için yıllardır başvurulmuş olan temel kaynaklardır. Kamu malları ve hazinenin özel malları olarak iki başlıkta incelenmektedirler. Kamu mallarının kamu hizmetine tahsis edilmesiyle kamu hizmetleri yürütülürken hazinenin özel malları getirmiş olduğu gelirle kamuya yarar sağlamaktadır. Hazine taşınmazları, özellikle değişen ekonomik şartlarda ortaya çıkan taşınmaz ihtiyacının giderilmesinde bir hayli önem kazanmıştır. Bu taşınmazlarının ekonomiye kazandırılması sürecinde bir takım tasarruf faaliyetleri yürütülmektedir. Alım-satım, kira, ecrimisil, trampa, irtifak hakkı ve diğer tasarruf faaliyetleri kapsamında hazine taşınmazları değerlendirme işlemlerine tabi tutulmaktadır. Değerleme işlemlerinin doğru ve objektif bir şekilde yapılması tasarruf faaliyetlerinin verimli bir şekilde yürütülmesini ve hazinenin hak ve menfaatlerinin korunmasını sağlayacaktır.

Ülkemizin yüz ölçümünün yarısından fazlası hazine taşınmazlarından oluşmaktadır. Hazine taşınmazlarının tasarruf faaliyetleri kapsamında yapılan değerlendirme çalışmalarının güvenilir ve objektif olması, bu taşınmazların ülke ekonomisine kazanç olarak geri dönmesini mümkün kılacaktır. Aksi hâlde doğru rayiç bedelden uzaklaşılmasıyla devlet kazancı düşecektir. Taşınmaz değerlendirme sürecinde değerlendirme yapılacak taşınmazlar farklı özelliklere sahip olsalar dâhi bu süreçte kullanılan yöntemler belirli bir uluslararası standart çerçevesinde yürütüldüğü takdirde objektif sonuçlara ulaşılabilir. Değerleme sürecinde standartlara uymanın yanında değerlemeyi yapan kişilerin bilgi birikimi ve tecrübeleri de bir o kadar önemlidir. Bu bağlamda doğru bir rayiç bedele

ulaşılabilmesi için değerlemenin uzman kişiler tarafından yapılması daha uygun olacaktır.

Yapılan çalışma ile taşınmaz değerlendirme yöntemlerinden biri olan emsal yöntemi temel alınarak hazine taşınmazlarının satışları ile bunlara emsal olan satışlar karşılaştırılmış ve bedele etki eden faktörler irdelenmiştir. Bu bağlamda ele alınan üç bölgenin her biri farklı özelliklere sahiptir. İncelenen ilk bölge olan Sayvan Mahallesi, diğer iki bölgeye kıyasla kent merkezinden uzaktır. Cumhuriyet ve Yenicuma mahalleleri şehir merkezinde olduğundan ötürü belediye ve alt yapı hizmetlerinden, ulaşım imkânlarından ve sosyokültürel olanaklardan yararlanırken, Sayvan Mahallesi'nde bu faktörler kısıtlıdır. Tüm bu sebepler, Sayvan Mahallesinde incelenmiş olan taşınmazların bedellerine yansımış ve diğer iki inceleme bölgesine kıyasla satış bedellerine yansıyan değer düşüklüğü gözlemlenmiştir.

İkinci bölge olan Cumhuriyet Mahallesi'yle üçüncü bölge olan Yenicuma Mahallesi ise şehir merkezinde olup, belediye ve alt yapı hizmetlerinden, ulaşım imkânlarından ve sosyokültürel olanaklardan eşit derecede yararlanmaktadır. Ancak Cumhuriyet Mahallesi, Yenicuma Mahallesi'ne kıyasla şehrin en merkezi konumunda olmasından ötürü taşınmaz bedelleri daha yüksektir. Bu durum incelenen taşınmazlardaki satış bedellerine yansımıştır. Ek olarak imar durumları kıyaslandığında Cumhuriyet Mahallesi'nde incelenen taşınmazların bitişik nizam 6 kat inşaat iznine sahipken Yenicuma Mahallesinde incelenen taşınmazların bitişik nizam 4 kat izne tabi tutulması sonucunda oluşan farklılık, Cumhuriyet Mahallesi'nde incelenen taşınmazların bedellerine olumlu katkı sağlamıştır. Bu farklar emlak vergi değerlerine de etki etmiş ve Cumhuriyet Mahallesi'ndeki taşınmazları daha değerli kılmıştır. Öte yandan Cumhuriyet Mahallesi'nde incelenen taşınmazların imar planında ticaret sahasında olmaları, iskân sahasında olan Yenicuma Mahallesindeki taşınmazlara göre daha avantajlı olmuş ve bu da bedellerde fark yaratmıştır.

Satışların açık ihale usulüyle yapılmasının da bedel arttıran durumlardan biri olduğu kanısına varılmıştır. Açık ihale usulü yapılan satışlarda rekabetten ötürü taşınmaz bedellerinde yüksek miktarda artışlarla karşılaşabilmektedir.

Tüm bu bedel farklılıklarında değerlemenin uzman kişiler tarafından yapıp yapılmadığı da büyük bir önem taşımaktadır. Bu alanda uzman olan kişilerin değerlendirme standartlarını da gözetenek değerlendirme çalışmalarını yürütmesi, güvenilir sonuçlar alabilmek için en doğru yaklaşımdır. Yapılan çalışmadan da anlaşıldığı üzere her bölgede incelenen taşınmazlar aynı kriterlere eşit ya da yakın derecede sahip olsalar dâhi, emsal taşınmazların özel kişilere ait olup değerlerinin uzman kişiler tarafından belirlenmemiş olması, hazine taşınmazlarının satış bedelleriyle arasında büyük farklar meydana getirmiştir. Bu farklar da hazine taşınmaz bedelleri ile emsal taşınmaz bedelleri arasındaki en belirgin değer farkını göz önüne sermektedir. Dolayısıyla verilere ulaşmak önemli olduğu kadar bu verilerden doğru bir şekilde yararlanabilmek ve bedele yansıtılabilmek de çok mühimdir.

Hazine taşınmazları ile emsal taşınmaz bedellerinin daha objektif bir şekilde belirlenebilmesi adına farklı

kurum ve kuruluşlardan, gayrimenkul değerlendirme uzmanlarından ve internet ortamından alınan verilerin bir araya toplanıp birbiriyle entegre olabildiği dinamik bir veri bankası oluşturulması ve bu sistemin değerlendirme çalışmalarına temel olması, değerlendirme çalışmalarının doğruluğu ve objektifliği açısından önerilmektedir. Hazine taşınmazlarının değerlemesi kapsamında yapılacak olan tüm iyileştirmeler, bu taşınmazların ülke ekonomisine kazandırılmasında güçlü adımlar olacaktır.

KAYNAKÇA

- Aliefendioğlu Y & Aksu N (2017). Hazine Taşınmazlarının Ekonomiye Kazandırılma Yöntemleri Ve Uygulamalarının Değerlendirilmesi. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17, (3).
- Aliefendioğlu Y & Turgut C (2018). Vakıf Taşınmazların Kira Bedellerinin Tespitinde Karşılaşılan Sorunların Analizi. *Vakıflar Dergisi*, 116–129.
- Atılgan Y (2010). *Hazine Taşınmaz Mallarının Değerlemesi ve Türkiye Ekonomisine Etkileri*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi İstanbul.
- Çoruhlu Y & Demir O (2014). Trabzon Ayasofya Camii ' nin "Mülkiyet Hakkı" Üzerine Bir İnceleme. *Vakıflar Dergisi*, 42, 89–98.
- Karaca H (2008). *Taşınmaz Mal Değerlemesi Yöntemleri ve Karşılaştırılması*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kuşgöz C (2018). *Hazine Taşınmazlarının Yönetim Şekilleri ve Değerlemesi*. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Milli Emlak Genel Müdürlüğü (2014). *Hazine Taşınmazlarının Değerleme İşlemleri*. Genelge, Ankara.
- Milli Emlak Genel Müdürlüğü (2018). 2018 Faaliyet Raporu. Ankara.
- Milli Emlak Genel Müdürlüğü (2018). Hazine Taşınmazlarının Kiraya Verilmesi İşlemleri El Rehberi. Ankara.
- Milli Emlak Genel Müdürlüğü (2019). 2019 Faaliyet Raporu. Ankara.
- Söyler İ (2005). *Devlet Mallarının Kamu Finansmanı Açısından Değerlendirilmesi*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- T.C. Resmi Gazete. (1987). *Kadastro Kanunu*. <https://www.resmigazete.gov.tr/> Erişim Tarihi: 25.08.2020.
- T.C. Resmi Gazete. (2006). *Kamu İdarelerine Ait Taşınmazların Tahsis ve Devri Hakkında Yönetmelik*. <https://www.resmigazete.gov.tr/> Erişim Tarihi: 26.08.2020.
- T.C. Resmi Gazete. (2007). *Hazine Taşınmazlarının İdaresi Hakkında Yönetmelik*. <https://www.resmigazete.gov.tr/> Erişim Tarihi: 26.08.2020.
- T.C. Resmi Gazete. (2010). *327 sıra nolu Milli Emlak Genel Tebliği*. <https://www.resmigazete.gov.tr/> Erişim Tarihi: 01.09.2020.

Tanrıvermiş H (2017). *Gayrimenkul Değerleme Esasları*. Ankara: Lisanslama Sınavları Çalışma Kitapları.
Yılmaz M (2019). *Gayrimenkul Değerleme Yöntemleri ve Bir Uygulama*. Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Yomralıoğlu T, Nişancı R, Çete M & Candaş E (2011). *Dünya'da ve Türkiye'de Taşınmaz Değerlemesi, Türkiye'de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı, 26-27 Mayıs, Okan Üniversitesi, İstanbul*.



© Author(s) 2022. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>