

GEOmatik

Geomatik Dergisi
Cilt 6 / Sayı 1 - Nisan 2021

ISSN:2564-6761

**Dergi Hakkında**

Geomatik Dergisi bilim ve teknolojiadaki 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. Yayınlanmasına, hakemlerin görüşü doğrultusunda Dergi Editör ve Yayın Kurulu karar verir. Gönderilen makaleler yayımlansın veya yayımlanmasın iade edilmez. Dergimizde yayınlanan yazıların her türlü sorumluluğu (bilimsel, mesleki, hukuki, etik v.b.) yazarlara aittir. Yayınlanan 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 6 / SAYI 1

ARAŞTIRMA MAKALELERİ

** Sürekli gözlem yapan referans istasyonları kullanılarak yapılaşmış ve ağaçlık bölgelerdeki konum belirlemenin doğruluk analizi

Atınç Pırtı, Zümrüt Kurtulgu 1

** Lisans ve lisansüstü düzeyinde verilen taşınmaz değerlendirme eğitiminin değerlendirme lisansı sınavı kapsamında değerlendirilmesi

Zeynel Abidin Polat, Mehmet Alkan 15

** Thornthwaite iklim sınıflandırma yöntemine göre Karadeniz Bölgesi iklim sınır haritasının CBS ile üretilmesi

Hüsniye Ebru Çolak, Tuğba Memişoğlu 31

** Zonguldak ve Ereğli Orman İşletme Müdürlükleri Orman Yangını Risk Alanlarının Belirlenmesi

Semra Dilekçi, Aycan Murat Marangoz, Ayhan Ateşoğlu 44

** Yersel lazer tarama yöntemi ile farklı geometrik yapıdaki özelliklerin modellenmesi

Lütfiye Karasaka, Adin Adnan Rashid Beg 54

** Mozaiklenmiş insansız hava aracı görüntülerinde eksik bölgelerin örnek tabanlı iç boyaması ile elde edilmesi

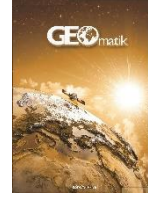
Umut Özkaya, Bilgehan Hasan Makineci, Şaban Öztürk, Osman Orhan 61

** Mersin ilindeki kentsel büyümenin yer yüzey sıcaklığı üzerine etkisinin araştırılması

Osman Orhan 69

** Farklı yazılımlar kullanılarak gerçek zamanlı hassas nokta konum belirleme (RT-PPP) yönteminin performansının incelenmesi

Salih Alçay, Ömer Faruk Atiz 77



Sürekli gözlem yapan referans istasyonları kullanılarak yapılaşmış ve ağaçlık bölgelerdeki konum belirlemenin doğruluk analizi

Atınc Pırtı*¹, Zümrüt Kurtulgu²

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

²Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Muğla, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Gerçek Zamanlı Kinematik
GPS
GLONASS
Z-Blade Teknolojisi
Sanal Referans İstasyonu
Lineer Alan Düzeltme Tekniği
Statik
Elektronik Uzaklık Ölçer
Doğruluk

ÖZ

Günümüzde konum belirleme denilince akla gelen ve uzaydan aktarılan sinyalleri kullanarak işlenmesinde ve analiz edilmesinde yardımcı olan Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) + Küresel Uydu Konumlandırma Sistemi (GLONASS)+GALILEO Konumlandırma Sistemi ve diğer uydu sistemleri sayesinde konumlandırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Uzaydaki uydu tabanlı sistemlerin artması ile daha hassas ve doğruluğu yüksek konumlandırma yapılabilmektedir. Ayrıca sürekli gözlem yapan referans istasyonları (CORS) ile birlikte de konum belirleme işlemleri ekonomik, hızlı, anlık ve cm mertebesinde doğrulukla gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma kapsamında, uygulama bölgesindeki ağaçlık alanda iki nokta, yapılaşmış alanda iki nokta ve diğer bölgede iki nokta (hem ağaçlık alandan hem de yapılaşmış alandan biraz uzaktaki bölgelerde) olmak üzere toplam 6 nokta belirlenmiştir. Sinyal yansıması etkisinin yoğun olduğu hem yapılaşmış hem de ağaçlık alanda sürekli gözlem yapan referans istasyonları kullanılarak gerçekleştirilen gerçek zamanlı kinematik (RTK) konum belirleme uygulamalarının doğrulukları analiz edilmiştir. Altı nokta için 02.11.2017, 03.11.2017, 04.11.2017 ve 05.11.2017 tarihlerinde Sanal Referans İstasyonu (VRS) ve Lineer Alan Düzeltme Teknikleri (FKP) ile ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlere ek olarak 4.11.2017 tarihinde ağaçlık ve yapılaşmış alandaki noktalarda 2'şer saat, diğer noktalarda 1'er saatlik statik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Total Station ile de yatay-düşey açı, yatay mesafe, alet yüksekliği ve işaret yükseklikleri ölçülmüştür. Daha sonra yapılan bu ölçümlerden elde edilen koordinat farkları, mesafe farkları, uydu sayıları ve karesel ortalama hata (RMS) değerlerine göre analiz yapılmıştır. Yapılan bu analiz ve değerlendirmede, tamsayı belirsizliğinin çözülmüş olmasına dikkat edilmiştir. GPS+GLONASS uydularının ve Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi Alıcısının Z-Blade sinyal işleme teknolojisinin etkisiyle yatay koordinatlardaki farkları $\pm (1 \text{ mm} - 4,5 \text{ cm})$ aralığında, yükseklik değerlerindeki farkları ise $\pm (5 \text{ cm} - 30 \text{ cm})$ aralığında elde edilmiştir. Ayrıca da istatistiksel test ile de bu farkların anlamlılıkları incelenmiştir.

Accuracy analysis of location determination by using continuous observation reference stations in urban and forested areas

Keywords

Real Time Kinematic
GPS
GLONASS
Z-Blade Technology
Virtual Reference Station
Flachen Korrektur parameter
Static
Total Station
Accuracy

ABSTRACT

The positioning process is determined by GPS (Global Positioning System)+GLONASS (Global Navigation Satellite System)+GALILEO (Galileo Navigation System) and other satellite systems that help in processing and analysing by using transmitted signals from space and which comes to mind as the positioning system at the present time. More precise and highly accuracy positioning can be achieved with the increase of satellite based systems in the space. Moreover, the positioning operations are taken place economic, fast, real time and cm-level accuracy with continuously operating reference stations and is played an important role in various fields of usage such as civil, scientific and military. Accuracy of real time kinematic positioning applications using reference stations is analysed for both urban and forested areas which are satellite views are not

*Sorumlu Yazar

Kaynak Göster (APA)

*atinc@yildiz.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-9137-3411
(zumrutkurtulgu@mu.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-2192-4264

Pırtı, A., & Kurtulgu, Z. (2021) Sürekli gözlem yapan referans istasyonları kullanılarak yapılaşmış ve ağaçlık bölgelerdeki konum belirlemenin doğruluk analizi. Geomatik, 6(1), 01-14, DOI: 10.29128/geomatik.646674

or less, multipath effect is intense. Six points has assigned in the study area. These points have been determined two points in the built-up areas, other two points in the forestland and others two points are that little far in the built-up areas and forestland. These six points were measured on November 2th 2017, on November 3th 2017, on November 4th 2017 and on November 5th 2017 with VRS (Virtual Reference Station) and FKP (Flächen Korrektur Parameter) techniques. Static measurements were made 2 hours for points in the forestland and built-up area and 1 hour for other points. Horizontal, vertical angle, horizontal distance, tool height and mark height were measured with Total Station. Later, in these measurements coordinate differences, distance differences, satellite numbers and RMS (Root Mean Square) values have analysed and evaluated. It has been noted that the integer ambiguity has been resolved in this evaluation. The obtained horizontal differences between VRS and Static survey are \pm (1 mm-4.5 cm) and the height differences obtained \pm (5-30 cm). And this differences determined that an error can be made with effects of GPS+GLONASS satellites and GNSS receiver's Z-Blade signal processing technology. In addition, the significance of these differences was examined by statistical test.

1. GİRİŞ

RTK tekniğinin 1990'lı yıllarda başlaması ve yapılan uygulamalardaki sonuçlar ve devamında gelen gerçek zamanlı Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemlerinin gelişmesiyle yüksek doğruluk, hassas, sivil, bilimsel ve askeri amaçlı kullanım alanlarıyla hem uluslararası hem de ulusal sistemler ve standartlarla (ITRF, GRS 80, WGS-84 vb.) uyumlu bir ölçme yöntemi olarak geliştirilmiştir. GPS+GLONASS+GALILEO ile diğer uydu sistemleri ise yaşanan eksiklikleri gidermek ve daha da geniş kullanım alanları sunmak için uydu konum belirleme teknikleri güncellenmeye ve yenilenmeye devam etmektedir. Uydu görüşlerinin olmadığı kapalı alanlarda, görüşün az olduğu ağaçlık alanlarda, bina çatı altlarında, yapılaşmış alanlarda, vadilerde, köprülerde vb. elde edilen konum doğrulukları geliştirilen uydu sistemleri (GALILEO ve diğer uydu sistemleri) sayesinde daha fazla uydu görüşleri sağlanmasıyla elde edilecek nokta konum doğruluklarını etkilemektedir. Yapılan bu çalışmanın uygulama alanı olarak (Pırtı 2008, 2015, 2017), (Gümüş 2016), (Pırtı ve ark. 2010), (Dobelis ve ark. 2016) çalışmalarda da yapıldığı gibi ya ağaçlık alan ya da yapılaşmış alan seçilmiş, statik, CORS, Gerçek zamanlı kinematik ve total station ölçümleri yapılarak, uydu yörünge açısı, koordinat farkları, mesafe farkları, uydu sayıları, PDOP (hassasiyet dağılımı) değerleri, karesel ortalama hata değerlerine göre karşılaştırmalar yapılmıştır. CORS ölçüm teknikleri için (Kahveci 2009), (Gordini ve ark. 2006), (Yıldırım 2011) ve (Nami ve ark. 2010) tarafından incelenen çalışmalarda Lineer Alan Düzeltme Tekniği ve Sanal Referans İstasyonu tekniklerinin çalışma prensipleri incelenmiştir. (Mansour 2016) ve (Mekik ve Akçın 1998) çalışmalarında tamsayı belirsizlik çözümü için gereken yöntemler irdelenmiştir (Öcalan ve Soycan 2011). Sürekli gözlem yapan referans istasyonları tüm dünyada ve ülkemizde de sağlıklı hizmet veren, hızlı, ekonomik ve modern bir sistem olmuştur. Baz istasyonundan 50-100 km uzaklığa kadar çözüm sağlayabilen ve geniş kullanım alanları olan sistemlerdir. Ağaçlık ve yapılaşmış alanlar gibi uydu

görüşlerinin zor olduğu ve sinyal yansımalarına maruz kaldığı bölgelerde yapılan küresel uydu sistemi (GPS+GLONASS) ölçümleri klasik ve statik yöntemlere göre doğruluğu yeni teknolojik (Z-Blade Teknolojisi) küresel uydu sistemi alıcıları ile araştırılmıştır. Ayrıca daha önceden yapılan çalışmalar ve kullanılan yöntemlerin benzerliği; bu çalışmada konum doğruluğunun istenilen değerler aralığında elde edildiğini göstermiştir (Spectra Precion 2013, Kahveci 2009).

Klasik RTK tekniğinde ham ölçüler ve düzeltme bilgileri tek bir referans istasyonu ile tek bir gezen alıcı (rover) arasında aktarılmaktadır. Klasik RTK tekniğinin zayıf taraflarını, ortadan kaldırmak ve bu tekniğin daha güvenilir ve doğru sonuçlar vermesini sağlamak için çok sayıda referans istasyonu kurulması düşüncesi ortaya çıkmıştır. Böylece gezen alıcının etrafındaki referans istasyonlarından gelen veriler kullanılarak yörünge hatası, atmosferik etkiler gibi hataların modellenmesi olanaklı hale gelmiştir. Günümüzde ise gelişen teknolojik ilerlemeler sonucunda jeodezik ölçülerde ağ yapısındaki ölçü ve hesap yöntemleri kullanılmaktadır. Ağ yapısındaki ölçülerde çok sayıda noktada, tekrarlı gözlemler yapılmaktadır. Daha sonra hatalardan arındırılmış ölçüler ile dengelenmesi yapılmakta, istatistik analizlerle kaba hatalar ayıklanmakta, sistematik etkiler daha iyi modellenmekte, böylece yüksek doğruluklu ve güvenilir koordinatlar elde edilmektedir. Jeodezik ağların bu üstünlüğü zaman içerisinde küresel uydu sistemi gözlemlerine de yansıtılmıştır (Kahveci 2009).

Gerçek zamanlı kinematik küresel uydu sistemi yönteminde elde edilecek doğruluğu, sabit istasyondan uzaklığa bağlı olarak artan sistematik hatalardan kaynaklanan etkiler sınırlamaktadır. Bu sınırlamalardan kaçınmak için birden çok sayıda istasyon kurulması fikri ortaya atılmıştır. Bu fikrin uygulanması ve elde edilen deneyimlerden yararlanılması sonucunda sabit Küresel Uydu Sistemi Ağları (Ağ-RTK; Net-RTK) kavramı ortaya çıkmıştır (Kahveci 2009). Ağ RTK sisteminde tek bir referans istasyonuna olan bağımlılık ortadan kalkmış, çok sayıda referans istasyonuna ait

verilerden yararlanarak belirli bir bölgeye ait atmosferik modelleme yapılması olanağını da sağlamıştır. Bu modelleme, sonucunda ise küresel uydu sistemi ölçülerini etkileyen ehemmiyetli hata kaynaklarından birisi olan iyonosfer ve troposfer hataları, konum belirleme uygulamaları için en düşük seviyeye indirilmiş olmaktadır. Çağımızda gerçek zamanlı uygulamalar (kadaströ ölçmeleri, makine kontrol sistemleri, araç takip ve navigasyon, tarım vb.) bu ağların aktif olmasını zorunlu hale getirmiştir. Aktif küresel uydu sistemi ağlarında verilerin arşivlenmesi ve hesaplanması yapılmakta, çeşitli uygulama alanlarında konum düzeltme bilgileri de kullanıcılara gerçek zamanlı olarak herhangi bir iletişim aracı vasıtasıyla yayınlanmaktadır. Ağ-RTK tekniğinin en çok uygulanan şekli sabit Küresel Uydu Sistemi (CORS) ağlarıdır. Ülke jeodezik ağları, sürekli ve gerçek zamanlı gözlem yapan Sabit Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi Ağlarından (CORS) oluşmaktadır. Sabit Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi Ağları, yüksek doğruluğu çok amaçlı (jeodezi, jeofizik, jeodinamik, ölçme, navigasyon, CBS, meteoroloji vb.) aktif ve gerçek zamanlı (anlık), uluslararası sistemlerdir.

Böylece Klasik RTK tekniği yerine Earth Global navigasyon uydu sistemleri (Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi)'nin gerçek zamanlı (real-time) uygulamaları birçok değişik disiplin ve kullanıcı tarafından tercih edilen faal sistemler haline gelmiştir. Böylece, Ağ RTK (NRTK/ RTN) prensibinde çalışan Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi/CORS ağları, gerçek zamanlı diferansiyel düzeltme hesap teknikleri (Sanal Referans

İstasyonu, Lineer Alan Düzeltme Tekniği), Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi kullanıcı donanım, yazılımları ile telekomünikasyon teknolojileri, gerçek zamanlı uygulamalar dikkate alındığında ön plana çıkmaktadır. İlk olarak bilimsel çalışmalar olmak üzere, günlük yaşamımızdaki uygulamalar için etkin bir şekilde kullanılan bu sistemler, gelişen ve değişen teknolojiye paralel olarak her geçen gün kullanıcıya yüksek doğrulukta daha elverişli hizmetler sunmaktadırlar. Bugün GPS ve GLONASS sistemlerinin aktif kullanımının yanı sıra yakın bir gelecekte GALILEO ve COMPASS gibi diğer global sistemlerin devreye girmesi, bölgesel sistemler (QZSS, IRNSS vb.) ile kapsama alanı genişletici/augmentation (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN vb.) diğer sistemleri de içeren Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi konseptinin her yerde, her zaman, doğru ve güvenilir olarak etkin kullanımını sağlamak amacıyla uluslararası standartlar oluşturulmuştur. Gerçek zamanlı konum belirleme sistemlerinin, veri iletim mekanizmalarını oluşturan veri formatları (RTCM, NMEA, CMR/CMR+), veri iletim protokollerinin (NTRIP, RTIGS) ve veri iletişim linklerinin (VHF, UHF, GSM, GPRS, EDGE, UMTS) gerçek zamanlı küresel uydu seyrüsefer sistemi veri iletimindeki önemi vurgulanmış ve özellikle NTRIP protokolü ile RTCM veri formatı mesaj yapısı, mesaj türleri ve içerikleri için, farklı sürümler geliştirilmiştir. Küresel uydu seyrüsefer sistemi veri değişimi için geliştirilmiş uluslararası bir diğer standartta gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılan RTCM formatıdır (Tablo 1) (Öcalan ve Soycan 2011).

Tablo 1. RINEX, RTCM, NMEA formatlarının genel özellikleri (Öcalan ve Soycan 2011).

RINEX	Farklı küresel uydu seyrüsefer sistemi alıcısı üreten firmaların, üretici firma tanımlı verilerinin RINEX kombine edilmesi sağlar.
	Özellikle statik verilerin büroda değerlendirilmesi (post-processing) ve arşivlenmesinde kullanılmaktadır.
RTCM	Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi alıcıları arasında veri iletimini sağlar. Örneğin Referans Alıcı (Base) → Gezici Alıcı (Rover)
	"Binary" dosya yapısındadır. Kompakt yapıda olmasına karşın anlaşılması güçtür.
NMEA	Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi alıcıları ile diğer cihaz ve aletler arasındaki veri iletimi için kullanılmaktadır. Örneğin Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi anteni → CBS için ArcPad yazılımlı PDA
	Gerçek zamanlı konum belirleme uygulamaları için kullanılmaktadır.

2. YÖNTEM

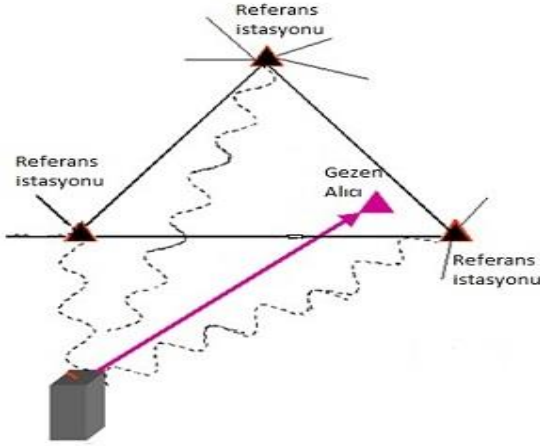
2.1. Lineer Alan Düzeltme Tekniği (FKP)

Lineer Alan Düzeltme Tekniği (Flachen Korrektur Parameter) yöntemi Alman SAPOS (SATellite POSitioning) tarafından geliştirilmiştir.

Temel prensibi Sanal Referans İstasyonu ile benzer olup, farklı olarak gezici alıcının koordinatlarının bilinmesi zorunluluğu yoktur.

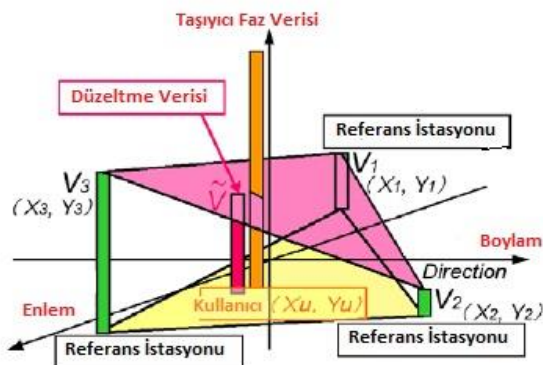
Burada düzeltmeler, gezen alıcının enterpole etmesine imkân tanıyan gradyen (değişim, açısız) yöntemine göre oluşturulmaktadır. Bu durum, RTCM formatında (Mesaj-59) lineer iyonosfer parametreleri ve geometrik düzeltmeleri kapsamaktadır. Lineer Alan Düzeltme Tekniği parametreleri, referans istasyonlarının çevrelediği geniş bir alan için yayınlanmaktadır. Referans istasyonu verileri, ana sistemde toplanır ve analiz edilir. Hesap merkezinden gezici alıcıya tek yönlü bir iletişim vardır. Yayınlanan veriler iyonosferik etki olmak üzere, referans istasyonlarına ait gözlemleri

kapsamaktadır. Gezen alıcı bu parametreler yardımıyla (hızlıca) başlangıç tam sayı belirsizliğini çözer, referans gözlemleri ile klasik gerçek zamanlı kinematik yöntem ile konum belirleme gerçekleştirir. Çok yüksek boyutlarda veri transferi gerekir (Şekil 1), (Kahveci 2009).



Şekil 1. Lineer alan düzeltme tekniği

3 adet referans istasyonundan taşıyıcı faz verisi veri merkezine gönderilmektedir. Gelen veriler, Lineer Kombinasyon Modeli yöntemini kullanarak dönüştürüldükten sonra, alan düzeltme parametreleri (Lineer Alan Düzeltme Tekniği), RTCM++ verisi ve lineer alan düzeltme tekniği veri iletişim hattı aracılığıyla kullanıcı istasyonuna iletilmektedir. Ana referans istasyonu, referans istasyon verisinden taşıyıcı faz ham verisinin kullanımı anlamına gelmektedir. Lineer alan düzeltme tekniği sistemi ana referans istasyonu ile başka referans istasyonları arasında tek faz değişkeni kullanmaktadır. RTCM Tip-59 lineer alan düzeltme tekniği verisinden yakınlardaki kullanıcı istasyonuna en son düzeltme verisini dönüştürmek için, bir kullanıcı istasyonun yaklaşık konumu gerekmektedir.



Şekil 2. Lineer alan düzeltme tekniği çalışma prensibi (Namie ve ark. 2010).

Düzeltilme verisi lineer alan düzeltme tekniği kavramsal diyagram kavramı ile açıklanmıştır. Kavramsal diyagram, 2 boyutlu terimleri açıklamaktadır. Referans istasyonu K (X_k, Y_k)'dan

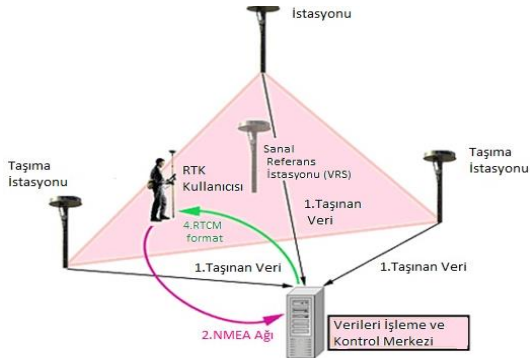
taşıyıcı dalga faz verisi (V_k) lineer kombinasyon uygulayarak ağ dengelemektedir. Eğer kullanıcı istasyon (X_u, Y_u) yakınlarda referans istasyonu kurulmuş ise taşıyıcı faz verisi (V_1, V_2, V_3) düzeltme verisi oluşturabilmek için ölçülmelidir (Şekil 2). FKP yaklaşık konumu bilinen referans istasyonu ile gezici arasındaki uzaklığa bağlı hata terimlerinin hesabına olanak vermektedir. Burada sadece gezicinin koordinatları ve uydu bilgilerine gereksinim bulunduğu konum belirlenmesi, tüm ağ ile ilgili hesaplardan bağımsız olarak gerçekleştirilebilmektedir. Gezici, ağ düzeltmesini sabit istasyonların birinden alır. Çift yönlü haberleşmede bu istasyonu merkez olarak belirler. Tek yönlü haberleşmede kullanıcı, kendisine yakın olan bir istasyonu kendi seçmek durumunda olduğundan, tek yönlü haberleşme hemen hemen kullanılmamaktadır. Yayın formatı RTCM 2.3 dır. (Namie ve ark. 2010).

2.2. Sanal Referans İstasyonu Yöntemi (VRS/VBS)

Sanal referans istasyonu (VRS) tekniği, sanal baz istasyonu (VBS) olarak da bilinmekte olup küresel uydu seyrüsefer sistemi ölçülerinde uzun süredir kullanılan bir kavramdır (Kahveci 2009). VRS, lineer enterpolasyon yöntemi kullanan Trimble Terrasat tarafından geliştirilen bir Ağ-RTK/ CORS yaklaşımıdır (Gordini ve ark. 2006). Ağ RTK konumlamasının bağımlı geometrisi ve konumu nedeniyle RTK ağlarının performansı genel olarak ülkede ya da bölgesel ölçekte test edilmektedir (Yıldırım 2011). Sanal Referans İstasyonu yönteminde prensip, üzerine alet kurulmamış hayali bir istasyon olup, gezen alıcıdan yalnızca birkaç metre uzaklıktadır. Sanal referans istasyonu noktasına ilişkin gözlem verileri, çevredeki referans istasyonlarının verilerinden yararlanılarak ve sanki sanal referans istasyonu noktasında alet kurularak gözlem yapılmış gibi oluşturulmaktadır (Kahveci 2009). Sistem arazide çalışan her bir gezici için çift taraflı haberleşme sonucu, en yakındaki tek bir referans istasyonu yerine, tüm ağdan hesaplanan her tür atmosferik ve yörünge etki hataları yok edilmiş, gezici yakınında sanal bir referans istasyonu oluşturur ve o gezici bu sanal istasyondan düzeltme alır. Bu yöntem ile 10 km'den sonra oluşan hassasiyet azalması ile uzun başlangıç süresi problemleri çözüldüğü için, referans istasyonları arasında mesafe 80-100 km'ye kadar çıkabilmektedir. Sanal referans istasyonu sisteminde merkezde tüm iyonosferik, troposferik ve yörüngesel hatalar modellenerek, bu etkiler minimuma indirgenir. Türkiye'de henüz RTK yönetmeliklerinde Ağ RTK yöntemi için tanımlı bir teknik olmadığından ve genel olarak RTK çalışmalarında baz gezici mesafesi 5 km olduğundan, sanal referans istasyonu yönteminde oluşan sanal baz istasyonu ile gezici arasındaki mesafe mevcut yönetmeliklere uygun olabilmesi için merkezde 5 km ile sınırlandırılmıştır. Yani; gezici ilk sisteme

bağlandığında, bulunduğu konumda bir sanal referans istasyonu (VRS) oluşmakta ve gezici bu konumdan 5 km uzaklaşana kadar bu istasyondan düzeltme almaktadır. Gezici bu mesafeyi aşarsa sistem ona yeni bir sanal istasyon oluşturmaktadır. Bu sistem otomatik olduğundan, arazideki kullanıcıyı etkilememekte, sadece ona yeni bir istasyon oluştuğu bilgisi gelmektedir (Pırtı 2009). Tüm referans alıcı ağlarının verileri ilişkilendirilerek, hata kaynağının kesin modelleri oluşturulmaktadır (Şekil 3). Sanal referans istasyonu yaklaşımında, sanal referans istasyonu farklı fazlarda belirtilmektedir. Aşağıdaki prosedürler uygulanmaktadır.

1. Gerçek zamanlı konumlama modunda yerel alıcı başlatıldıktan sonra kullanıcı mobil telefon aracılığıyla veri iletişim yeteneği için sanal referans istasyon ağ hizmetine dönüşmektedir.
2. İletişim başarılı bir şekilde sağlandıktan sonra, kullanıcı alıcı konumunu hesaplama merkez birimine (NMEA) göndermektedir.
3. Yaklaşık konum tahmini alındıktan sonra, kontrol hesaplama merkezi yaklaşık yeni kullanıcı konumunu sanal referans istasyonu için koordinat oluşturmaktadır. Sonra sanal referans istasyon koordinatlarına ilişkin RTK konumu için taşıyıcı faz ve kod düzeltmeleri gönderilmektedir.
4. Sanal referans istasyonu konumu için oluşturulan referans verisinin devamlı veri çıkışı RTCM formatında kullanıcı alıcıya gönderilmektedir.
5. Bu noktada, küresel uydu seyrüsefer sistemi alıcısı sabitleme prosedürüne başlamakta ve ölçme klasik RTK ile devam etmektedir (Gordini ve ark. 2006).



Şekil 3. Sanal referans istasyonu yöntemi

Ağ içindeki bir geziciyi kullanan bir haritacı GPRS (Genel Paket Radyo Servisi) teknolojisi sayesinde bir kullanıcı adı ve şifresi ile merkez birime (birkaç saniyeden fazla bir dakikadan az zaman içerisinde) bağlanmaktadır. Çabuk bir başlangıç bağlantısı; gezici yakınlarında sanal bir referans istasyonu oluşturarak; klasik RTK uygulamalarına benzer referans istasyonu yakınlarındaki noktaları toplamaktadır. Referans istasyon ağ teknolojisinin yararları çoktur. En önemli yararı donanım maliyetinde önemli bir azalmadır. Radyo iletişim ve baz istasyonuna olan ihtiyacı yok etmek/azaltmak çok önemlidir. Üstelik anlık

yayınlanmış olan alan içindeki proje bölgesinde noktaları kurmak için gerekebilecek çaba ayrıca azaltılabilmektedir. Ayrıca baz istasyonu üzerinde izlemek için verilen personel ihtiyacını kaldırarak proje için gerekli çaba yarıya kadar düşmektedir (Yıldırım 2011).

3. UYGULAMA

Sürekli gözlem yapan referans istasyonlarının CORS (Ağ RTK) sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme tekniği yöntemleri, statik ölçü yöntemi ve total station ile yersel ölçümler ağaçlık ve yapılaşmış alanda yapılarak bu uygulamaların doğrulukları analiz edilmiş ve değerlendirme yapılmıştır. Çalışma alanı; Kayseri ili Kocasinan ilçesi Mimar Sinan Mahallesi'nde hem bitişik nizam şeklinde yapılaşmış alan hem de yaklaşık 2,5 km uzunluğunda ve 150-200 m genişliğinde ağaçlandırılmış alan seçilerek bu bölge de ölçümler yapılmış ve analiz sonuçları değerlendirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Proje bölgesi



Şekil 5. Proje bölgesine ait resimler

Çalışma alanındaki ağaçlık alan 2 ile 3 m sıklıkta ve 5 m 'den fazla yükseklikte iğne yapraklı çam ağaçları ve toprak üzerinde çimlerden ve 1,5-2 m genişliğinde yürüyüş yollarından oluşmaktadır. Yapılmış alan ise 7- 8 katlı bitişik nizam şeklinde binalardan oluşmaktadır. Çalışma alanında 6 nokta belirlenmiştir. Bu noktalardan P1 ve P2 noktaları ağaçlık alanın yoğun olduğu bölgelerde, P3 noktası ağaçlık alanın az olduğu bölgede, P4 noktası yapılaşmış alan ile ağaçlık alandan belli uzaklıktaki bir bölgede, P5 ve P6 noktaları ise yapılaşmış alanın olduğu bina köşelerinde bulunmaktadır. Ayrıca bu noktaların bazıları birbirlerini görmektedir (Şekil 4 ve 5).

Küresel uydu seyrüsefer sisteminin çalışma prensibinde genel olarak açık alanda ölçümlerin yapılmasının tercih edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Fakat çalışma bölgelerinde bu şartların yerine getirilme zorunluluğu oldukça zorlayıcıdır. Bu sistemde ağaçlık bölgelerde, bina çatı altlarında ve bina köşelerinde şebeke sinyal iletimi sorunu yaşanmakta; sinyallerin ağaç gövdesinden, toprak üzerindeki çimlerden, bina çatılarından, bina duvarlarından, bina pencerelerinden ve çevresel etkilerden dolayı yansıması nedeniyle yansıma hatası (multipath) oluşmaktadır.

Ağaç altında ve bina köşelerinde yansıyan sinyallerden dolayı sinyal gücü zayıflamakta, sonuç olarak PDOP (hassasiyet dağılımı) değeri yükselmekte ve bu durumda konum hassasiyeti düşmektedir. Ağaçlık alan azaldıkça elde edilen konum doğruluğu artmasıyla ve taban alanı ile ağaç sayısının istenilen konum doğruluğu için önemli derecede ilişkili olduğu anlaşılmıştır (Kaartinen ve ark. 2015). Ağaç yapraklarından, ağaç dallarından, ağaç gövdelerinden, binalardan ve çevresel etkilerden uydu sinyallerinin engellendiği ve radyo sinyallerinin gücünde azalma meydana gelmesi sonucu ise sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme tekniği ölçümlerinin doğruluk ve hassasiyetlerini düşürdüğü düşünülmektedir. Çalışma alanının, Kayseri ilindeki CORS istasyonuna (KAYS) olan uzaklığı ise yaklaşık 3,5 km'dir. TUSAGA-Aktif istasyonlarının ITRF 1996 2005.0 sistemindeki güncel Kayseri iline ait koordinatları ve bu koordinatlara karşılık Coğrafi UTM Koordinat dönüşümü yaparak Kayseri için 36 derece dilim orta meridyeni (DOM) ve 3 derecelik dilim için koordinat değerleri aşağıda verilmiştir. Bu noktalardaki CORS ve statik ölçümleri, küresel uydu seyrüsefer sistemi (GPS+GLONASS+GALILEO) uydularını görme özelliğine sahip olan Ashtech ProMark 800 Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi Alıcısı ve Spectra Precision ProMark 120 Kontrol Ünitesi kullanılarak yapılmıştır. Ashtech ProMark 800 Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi alıcısı için konum doğruluğu statik ölçümlerde, yatayda 5 mm+0,5 ppm ve düşeyde 10 mm+0,5 ppm olarak verilmiştir. Farklı uydu sisteminde bağımsız çözüm üretebilmekte olan bu cihaz özellikle vadi, şehir içi ve ağaçlık sahalarda

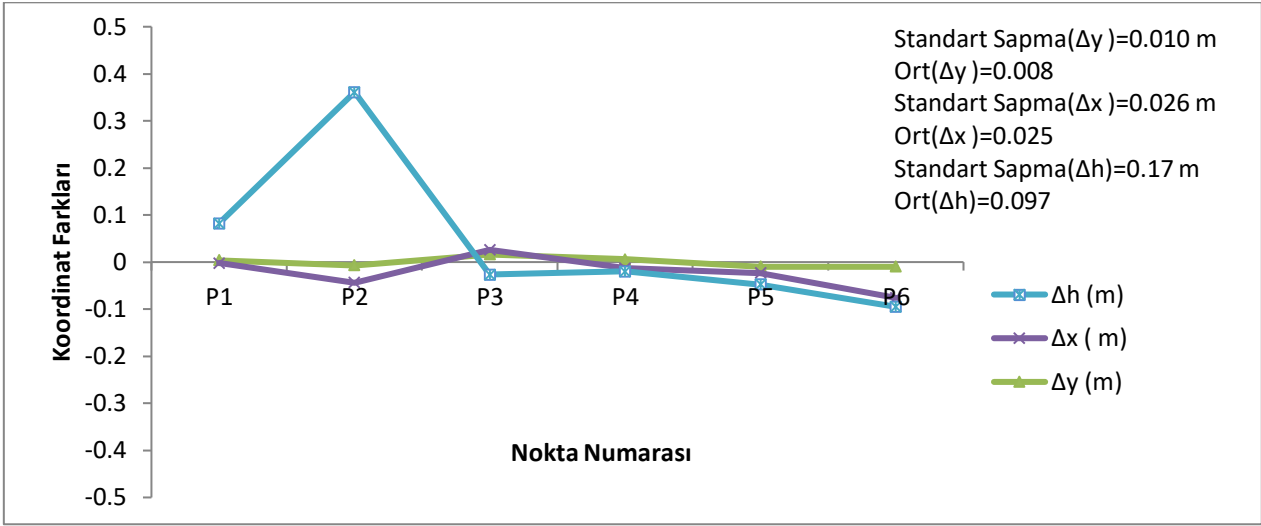
3 GPS+2 GLONASS, 2 GPS+3 GLONASS, 5 GLONASS, 2 GPS+2 GLONASS+2 GALILEO uyduları ile çalışabilmektedir. GPS L1 C/A, L1/ L2 P-kod, L2C, L5 dalga boyu taşıyıcılar, GPS L1/L2/L5 tam dalga boyu taşıyıcılar, GLONASS L1 C/A, L2 C/A, L1/L2 tam dalga boyu taşıyıcılar, GALILEO E1 ve E5 taşıyıcılar ve SBAS kod ve taşıyıcılar özelliklerine sahiptir (Spectra Precision). Ayrıca Z-Blade teknolojisi sayesinde zor koşullarda (yüksek binalar ya da vadiler ve ormanlar) hassas ve hızlı ölçüm yapabilmektedir. Z-Blade teknolojisi destekli konumlandırma sistemi, GLONASS ve diğer uydu sistemlerini en aktif şekilde kullanarak çözüme ulaşmayı sağlayan bir sistemdir. Yani, alıcının fix olması ve hassas bir ölçüm yapılabilmesi için 5 GPS uydusuna zorunlu gözlem olması durumu ortadan kalkmakta ve 5 GLONASS uydusu ile de yeterli hassasiyet durumuna gelerek ölçüm yapabilmektedir. Z Blade Teknolojisi ile GLONASS'ta kullanılan frekans bölümlü çoklu erişimde bulunan parazitleri otomatik olarak ölçmekte ve yok ederek herhangi bir üreticinin sabit ve referans istasyonu ile çalışmasını sağlamaktadır. Bu durumda zor koşullarda bile hassas ölçüm yapılarak; işleri hızlı bir şekilde çözümleyebilmektedir (Şekil 6), (Spectra Precision 2013).



Şekil 6. Ashtech ProMark 800 Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi Alıcısı Çoklu Uydu Sinyalleri (Spectra Precision 2013).

Belirlenen noktalardaki sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme tekniği ölçümleri için 2-3-4 ve 5 Kasım 2017 tarihlerinde ardı ardına ölçümler yapılmıştır. Her iki yöntem için uydu yükseklik açıları 10 derece, gözlem süreleri 10-epok ve 1 saniye kayıt aralığında gerçekleştirilmiştir.

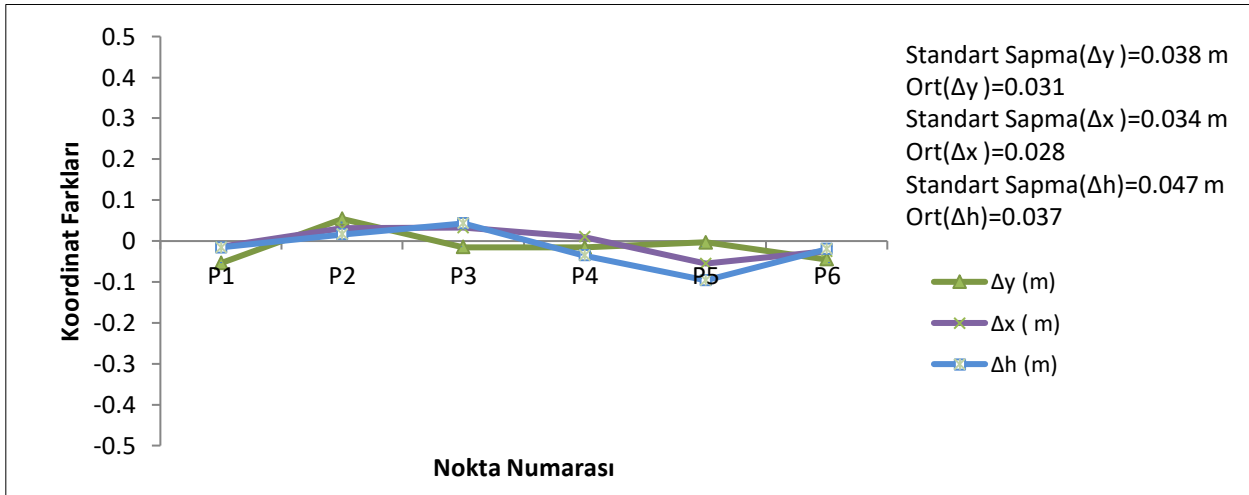
Aşağıda Şekil 7 de sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme tekniği ölçülerine ait 4 gün boyunca yapılan her noktaya ilişkin Δy , Δx ve Δh değerlerine ait grafikler gösterilmiştir.



Şekil 7. Tarih olarak 2 Kasım 2017’de ölçülen sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme tekniği farkları

2 Kasım tarihinde yapılan ölçülerde sağa değer farkları $\Delta y \pm (1-2)$ cm, yukarı değer farkları $\Delta x \pm (1-7)$ cm ve yükseklik değer farkları $\Delta h \pm (7 \text{ mm} - 41 \text{ cm})$ arasında değişim göstermektedir (Şekil 7).

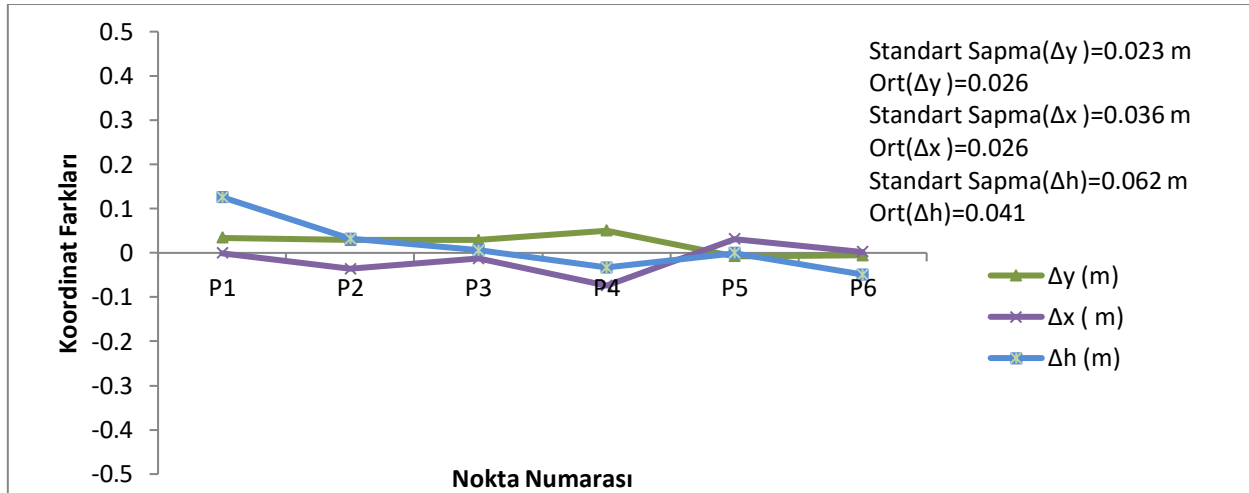
En büyük fark P1 ve P2 noktasının yükseklik değerlerindedir. Bunun nedeninin yoğun ağaçlık bölgede yapılan ölçümden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 8. Tarih olarak 3 Kasım 2017’de ölçülen sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme tekniği farkları

3 Kasım tarihinde yapılan ölçümlerde sağa değer farkları $\Delta y \pm (3-5)$ cm, yukarı değer farkları Δx

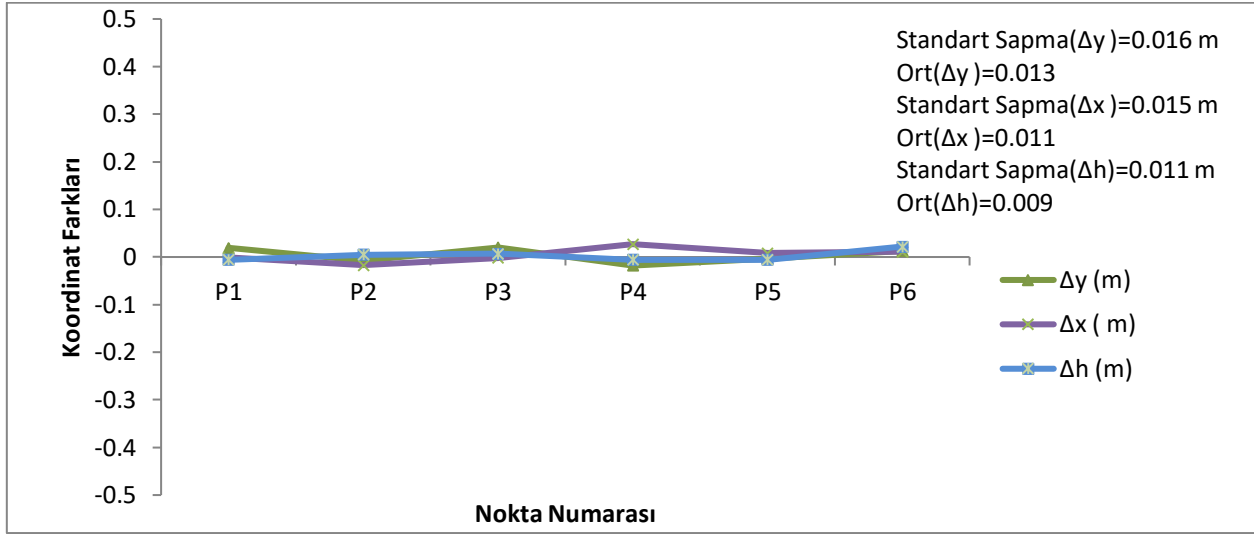
$\pm (1-6)$ cm ve yükseklik değer farkları $\Delta h \pm (2-10)$ cm arasında değişim göstermektedir (Şekil 8).



Şekil 9. Tarih olarak 4 Kasım 2017’de Ölçülen sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme tekniği farkları

4 Kasım tarihinde yapılan ölçülerde sağa değer farkları $\Delta y \pm (1-5)$ cm, yukarı değer farkları $\Delta x \pm (1\text{mm} - 7 \text{ cm})$ ve yükseklik değer farkları $\Delta h \pm (1 \text{ mm} - 12 \text{ cm})$ arasında değişim göstermektedir (Şekil 9).

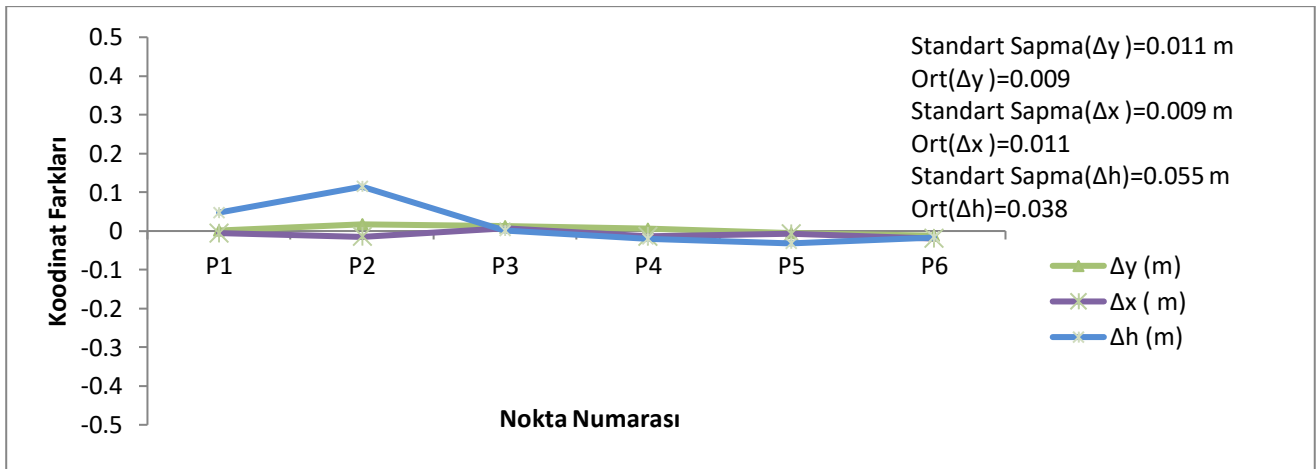
P1 noktasının yatay ve düşey koordinat değerlerindeki yüksek değişimler, bu noktanın ağaçlık alan içinde olduğunun kanıtıdır.



Şekil 10. Tarih olarak 5 Kasım 2017'de ölçülen sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme tekniği farkları

5 Kasım tarihinde yapılan ölçülerde sağa değer farkları $\Delta y \pm (1-2)$ cm, yukarı değer farkları $\Delta x \pm (1 \text{ mm} - 3 \text{ cm})$ ve yükseklik değer farkları $\Delta h \pm (6 \text{ mm} - 2 \text{ cm})$ arasında değişim göstermektedir (Şekil 10). Yapılan CORS ölçümleri arasındaki farklar en uygun olarak bu tarihte gerçekleşmiştir. Elde edilen uydu sayısı ve konfigürasyonu, PDOP değerleri; bu tarihte en uygun değerlerde elde edilmiştir. Bunun sonucunda, sinyal yansımaları ve uydu geometrisi hatalarının ölçümleri daha az etkilediği düşünülebilmektedir. Sinyalin yansımaları ve gücündeki düşmenin temel etkisi, PDOP değerlerinde bir artış ve bozulma olarak gerçekleşmektedir. Uydu sayısının fazlalığı ve uyduların gökyüzünde homojen dağılımı ile düşük PDOP değeri elde edilmektedir. Böylelikle PDOP

uydu geometrisinin kalitesini gösteren birimsiz bir ölçümdür. Yukarıda açıklandığı gibi uydular gökyüzünde homojen bir şekilde yayıldığında, PDOP değeri düşük elde edilir ve hesaplanan konumda istenilen doğrulukta kalmaktadır. Uydular birbirlerine yakın şekilde gruplandırıldığında ise PDOP yüksek ve konumlama en az doğruluktur. PDOP doğrudan konum doğruluğu ile ilişkili olduğu için fazla uydu sayısı ve düşük PDOP değeri; çoğunlukla ağaçların altındaki noktalarda yapılan ölçümlerin daha iyi doğruluğa sahip olduğunu gösterecek bir ölçüttür (Pırtı 2008). Ayrıca sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme teknikleri ile yapılan ölçümlerle, her nokta için karşılaştırma yapılmıştır. Böylece bu yöntemlerden elde edilen farklar Şekillerde gösterilmiştir.



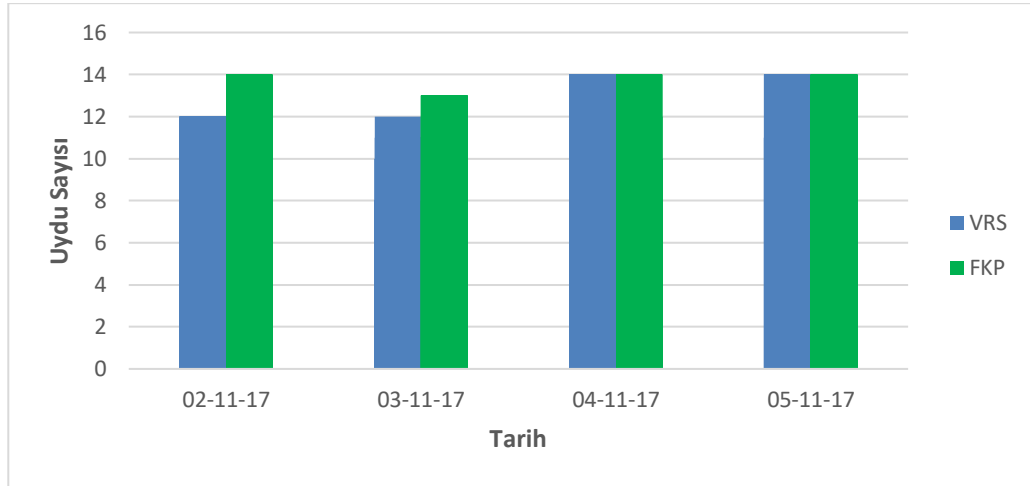
Şekil 11. Ölçülen tüm noktalara ait koordinat farkları

Her nokta için 4 gün üst üste yapılan sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme tekniği ölçümlerinin koordinat farkları arasındaki ortalaması alınarak; her noktaya ait tek

fark elde edilmiş ve buna göre grafikler çizilmiştir. Grafiklerden de anlaşılacağı üzere P1 ve P2 noktalarında yükseklik farkları çok büyük değerlere erişmiştir. P1 noktasında ± 5 cm, P2 noktasında ise \pm

11 cm ye kadar fark hesaplanmıştır. Bu noktalar ağaçlık alanda yer almakta ve neticesinde bu farklar oluşmaktadır. Ayrıca P6 noktası bina köşesinde olmasına rağmen uydu görüşü açısından o zaman aralığında herhangi bir sorun yaşanmadığından dolayı son derece iyi sonuçlar elde edilmiştir. Aynı zamanda sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme teknikleri kullanılarak yapılan ölçümlerde kaç adet uydu sayılarına sahip olduğu aşağıdaki grafikte gösterilmiştir (Şekil 11). Bu uygulamada yapılan ölçümlerden çıkarılan sonuç, çalışma esnasında 5-10 aralığında GPS+GLONASS uyduları

kullanılarak elde edilen koordinatlar yeterli doğrulukta belirlenmiştir. Burada 5 uydu sayısı kritik bir değerdir. Bu çalışmada 5 uydu ile çözüm yapılabilmektedir. Bunun yanında uydu sayısının fazla olması konumlama doğruluğunu artırmakta, tamsayı belirsizliği çözümünün hızlı bir şekilde hesaplanmasını sağlamaktadır (Pırtı ve ark. 2010). Ashtech ProMark 800 küresel uydu seyrüsefer sistemi Alıcısı GPS+GLONASS uydularını görebilmesi ve Z Blade teknolojisi sayesinde tamsayı belirsizliği çözümü ve koordinat değerlerini optimum şekilde elde etme olanaklarımızı etkilemiştir.

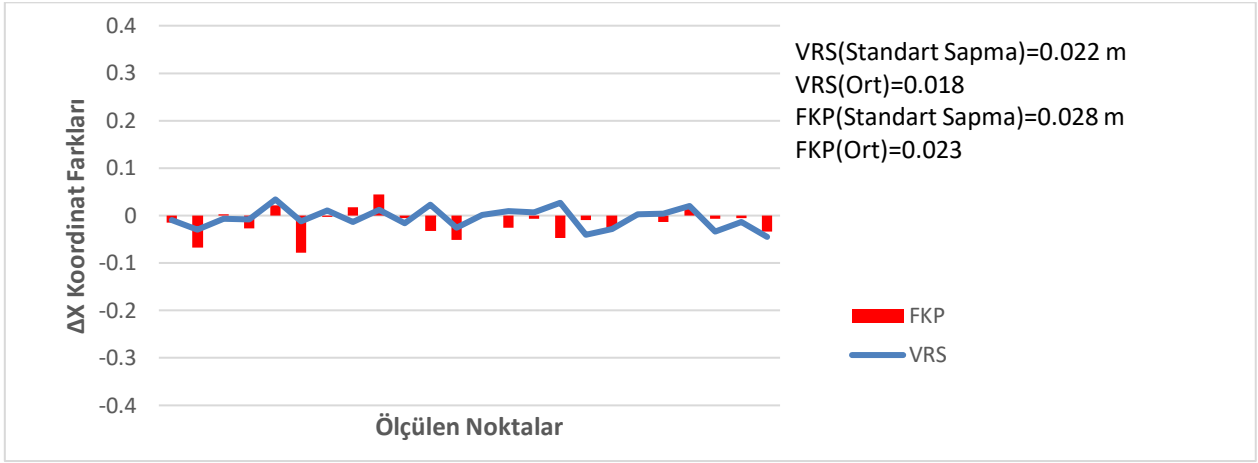


Şekil 12. Ölçüm yapılan tarihlere göre uydu sayıları (GPS/GLONASS) grafiği

Ölçüm yapılan günlere ait P5 ve P6 noktalarından görülen uydu sayılarının ortalaması; diğer noktalara göre daha azdır. Bunun nedeni ise bu noktaların bina köşelerinde olması ve uydu görüşüne engel olmasıdır. Genel olarak ölçüm yapılan günlerden 3 Kasım tarihine ait uydu sayıları, diğer günlere göre daha düşüktür. Bu durum o güne ait ölçüm zamanındaki uydu konfigürasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Statik ölçüm yöntemi uzun süreli ve farklı uydu konfigürasyonlarını içeren en hassas ölçüm yöntemi olarak literatürde yerini almıştır.

Elde edilen bu gözlemler en küçük kareler yaklaşımı ile hesaplanmaktadır. Bu yöntem uzun ölçüm zamanı gerektirir ve neticesinde de yüksek doğruluk sağlamaktadır (Erenoğlu 2015). Statik ölçümde Ashtech ProMark 800 küresel uydu seyrüsefer sistemi alıcısı jalon üzerine monte edilip; tüm noktalarda 2 m anten yüksekliğinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler, 4 Kasım 2017 tarihinde (DOY 308) P1, P2, P5 ve P6 noktalarında 2'şer saat, P3 ve P4 noktalarında ise 1'er saatlik değerlerde yapılmıştır. Daha sonra TUSAGA-Aktif merkezinden Kayseri bölgesi (KAYS noktası) ait 4 Kasım 2017 tarihli 24 saatlik RINEX (ITRF 2005.0 epochunda) verileri alınarak Topcon Maget TOOLS

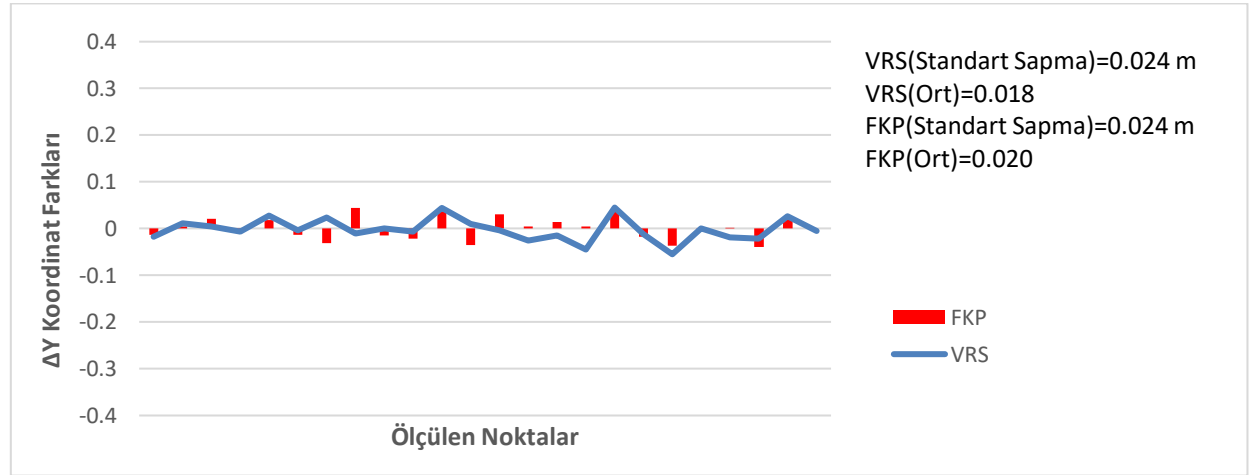
yazılımı ile değerlendirilmiş ve dengelenmiş böylelikle diğer noktalara ait koordinatlar elde edilmiştir. Statik ölçümler 4 gün art arda yapılan sanal referans istasyonu ölçümleri ile karşılaştırıldığında Δx değerlerinin standart sapmaları 1.gün ± 2.1 cm, 2.gün ± 1.9 cm, 3.gün ± 2.5 cm ve 4.gün ise ± 2.4 cm olarak değerler elde edilmiştir. Δy değerlerinin standart sapmaları ise 1.gün ± 1.5 cm, 2.gün ± 2 cm, 3.gün ± 3 cm ve 4.gün ise ± 2.6 cm olarak hesaplanmıştır. Δh değerlerinin standart sapmaları ise 1.gün ± 2 cm, 2.gün ± 2.3 cm, 3. Gün ± 2.5 cm ve 4.gün ise ± 1.3 cm değerleri elde edilmiştir. Yapılan lineer alan düzeltme tekniği ölçümleri ile statik ölçümler karşılaştırıldığında ise Δx değerlerinin standart sapmaları 1.gün ± 3.8 cm, 2.gün ± 3.4 cm, 3.gün ± 1.7 cm ve 4.gün ± 1.7 cm elde edildiği; Δy değerlerinin standart sapmaları 1.gün ± 1.4 cm, 2.gün ± 3.5 cm, 3.gün ± 1.9 cm ve 4.gün ise ± 2.4 cm hesaplandı; Δh değerlerinin standart sapmaları 1.gün ± 3.6 cm, 2.gün ± 4.2 cm, 3.gün ± 4.9 cm ve 4.gün ise ± 1 cm olarak hesaplanmıştır. Elde edilen statik ölçüm ile Sanal referans istasyonu /Lineer Alan Düzeltme Tekniği ölçümlerinin tümünün Δx , Δy ve Δh koordinat değerlerine ait farkları aşağıdaki grafiklerle çizilmiştir.



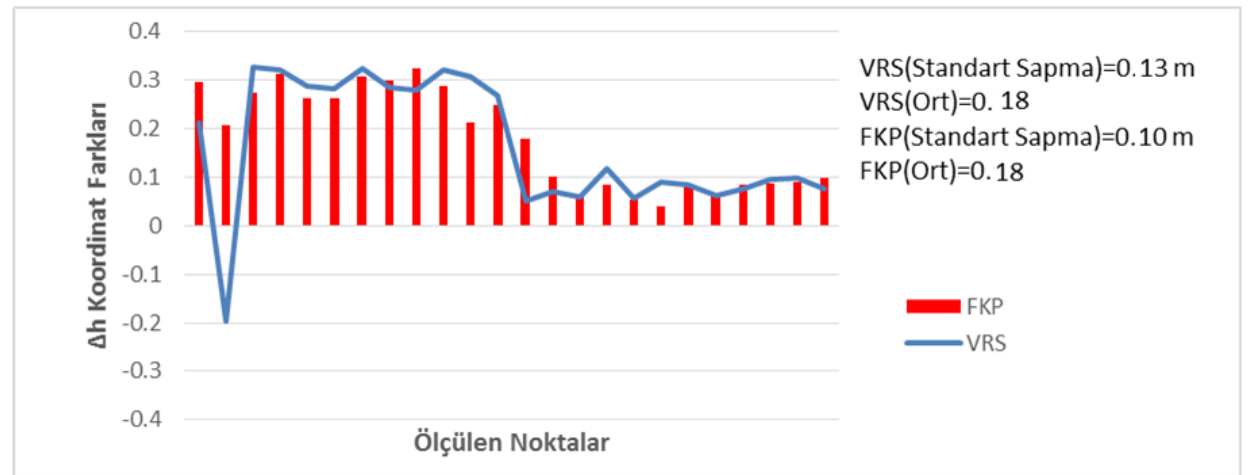
Şekil 13. Sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme tekniği ile statik ölçümler arasındaki δx farklarına ait grafik

Yapılan Sanal Referans İstasyonu/Lineer Alan Düzeltme Tekniği ölçümleri ile statik ölçümler karşılaştırılmış ve elde edilen koordinat farkları

grafiksel olarak gösterilmiştir. Elde edilen Δx koordinat farklarına ait değerlerin standart sapması ± 2.5 cm ve ortalama değeri ise 2 cm dir.



Şekil 14. Sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme tekniği ile statik ölçümler arasındaki δy farklarına ait grafik



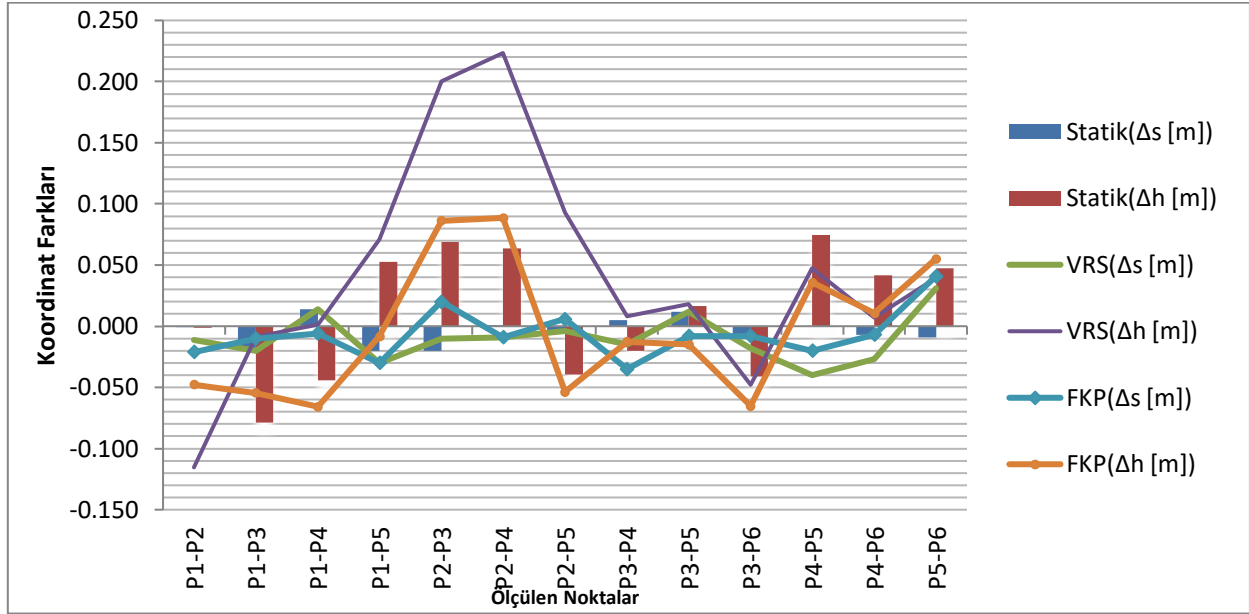
Şekil 15. Sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme tekniği ile statik ölçümler arasındaki δh farklarına ait grafik

Elde edilen Δy koordinat farklarına ait değerlerin standart sapması ± 2.4 cm ve ortalama değeri 1.9 cm dir. Elde edilen Δh koordinat farklarına

ait değerlerin standart sapması ise ± 11 cm ve ortalama değeri 18 cm olduğu görülmektedir. Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi uydu takip

teknolojisi sayesinde zayıf sinyaller ağaçlık altında gözlemlenebilecektir. Buna rağmen, bu sinyaller gürültü, zayıflık ve sinyal yansımaları etkilerine maruz kalmaktadır. Bu durumdan elde edilen sonuçların geçerliliğini denetlemek amacıyla yersel ölçümlerden (Total station) faydalanılarak; Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi sonuçlarının kontrolü sağlanabilmektedir (Pırtı ve ark. 2010). Bu uygulamada elde edilen küresel uydu seyrüsefer sistemi sonuçlarının doğruluğunu incelemek amacıyla total station kullanarak ölçüm yapılmıştır.

P1, P2, P3, P4, P5 ve P6 noktalarında yatay ve dikey açı, yatay mesafe, alet yüksekliği ve işaret yükseklikleri ölçülmüştür. Yapılan bu ölçümlerde LINERTEC LTS-205N (açı hassasiyeti $\pm 5''$), (mesafe ölçüm doğruluğu $3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$) total station kullanılmıştır. Aşağıdaki grafiklerde Total station kullanarak ölçülen yatay mesafeler ve yükseklik farkları ile küresel uydu seyrüsefer sistemi ölçümlerinden elde edilen elipsoid yükseklikler ile hesaplanan yükseklik farkları ve koordinatlardan hesaplanan yatay mesafeler karşılaştırılmıştır.



Şekil 16. Total station ile statik ölçümler, sanal referans istasyonu ölçümleri ve lineer alan düzeltme tekniği ölçümleri arasındaki farklara ait grafik

Total station ile statik küresel uydu seyrüsefer sistemi ölçüm sonuçları arasında elde edilen yatay koordinat farkları $\pm (1-5 \text{ mm})$ arasında, yükseklik farkları ise $\pm (1-79 \text{ mm})$ arasında kalmıştır. Total station ile sanal referans istasyonu ölçümleri arasında hesaplanan yatay farklar için $\pm (4 \text{ mm}-4 \text{ cm})$ arasında, yükseklik farkları ise $\pm (1 \text{ mm}-11 \text{ cm})$ arasında değişiklik göstermektedir. Total station ile lineer alan düzeltme tekniği ölçümleri arasında hesaplanan yatay farklar için $\pm (6 \text{ mm}-4 \text{ cm})$ arasında, yükseklik farkları ise $\pm (8 \text{ mm}-9 \text{ cm})$ arasında değişiklik göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar ağaçlık ve yapılaşmış alanda yapılmıştır.

3.1. İstatistiksel Test

Statik ölçme yöntemi ile elde edilen dengelenmiş koordinatlar ile sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme teknikleri kullanarak elde edilen koordinatların farkları hesaplanmıştır. Bu farklara ilişkin değerler grafikler de gösterilmiştir. Hesaplanan bu farklara (Δx , Δy ve Δh) göre sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı belirlenmek istenmiş ve böylelikle istatistiksel test yapılmıştır.

Tablo 2. Ölçme yöntemlerine göre hesaplanan farklarının istatistiksel değerleri

Yöntem	N	Ortalama	Standart Sapma	Std Hata	%95 Güven Aralığı		Min	Max	
					Alt Sınır	Üst Sınır			
ΔX Farkları	VRS	24	-0.0055	0.0216	0.0044	-0.0146	0.0036	-0.045	0.034
	FKP	24	-0.0145	0.0283	0.0057	-0.0265	-0.0025	-0.078	0.045
	Toplam	48	-0.0100	0.0253	0.0036	-0.0174	-0.0027	-0.078	0.045
ΔY Farkları	VRS	24	-0.0021	0.0242	0.0049	-0.0124	0.0081	-0.055	0.045
	FKP	24	0.0009	0.0246	0.0050	-0.0095	0.0113	-0.039	0.044
	Toplam	48	-0.0063	0.0242	0.0034	-0.0077	0.0064	-0.055	0.045
Δh Farkları	VRS	24	0.1645	0.1347	0.0275	0.1077	0.2214	-0.198	0.328
	FKP	24	0.1801	0.1027	0.0210	0.1368	0.2235	0.041	0.323
	Toplam	48	0.1723	0.1187	0.0171	0.1379	0.2068	-0.198	0.328

Bağımsız değişkenlerin (Sanal Referans İstasyonu ve Lineer Alan Düzeltme Tekniği) bağımlı değişkenler (Δx , Δy ve Δh) üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla varyans analizi gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analiz yaparken varsayımlar oluşturmak ve bu varsayımlara göre yapılacak istatistiksel testi belirlemek gerekmektedir. Bu varsayımlar; değişkenlerin normal dağılması, varyansların eşit olması ve yeterli (>30) örneklem sayısına sahip olması gerekmektedir. İlk olarak; verilerin normal dağılıma uygunluğu “Tek Örneklem Kolmogorov Smirov Testi” kullanılarak belirlenmiştir. Asymp. Sig. (Anlamlılık) satırındaki değerlerin istatistiksel anlamlılık hesaplamalarında sınır değeri kabul edilen 0.05’den büyük olması incelenen ölçülerin dağılımlarının normal olduğunu göstermektedir. İkinci olarak; verilerin homojenliğini “Tek Yönlü ANOVA” testi ile gerçekleştirilmiştir. Sig. (Anlamlılık) değerleri 0.05’den büyük olması yapılan

ölçülerin dağılımlarının homojen olduğunu göstermektedir. Üçüncü olarak; örneklem sayımız (>30) olduğu için bu varsayımlar doğrultusunda parametrik test yöntemlerinden birini kullanarak bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerindeki etkisini anlamamızı sağlayacaktır. Koordinat farkları (Δx , Δy ve Δh) ile ilgili sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme tekniği teknikleri arasında istatistiksel fark olup olmadığını test etmek için “Bağımsız Örneklem T-Testi” kullanılmıştır. Bağımsız örneklem t-testi (Independent-Sample T Test) iki ayrı grubun ortalamalarını test ettiği için ortalama değerlerine göre incelenmektedir. Ancak bu ortalama değerlerin rastlantısal bir fark olup olmadığını incelersek, Sig. (anlamlılık) sütunundaki değerler, 0.05’den büyük olduğu için sanal referans istasyonu ile lineer alan düzeltme tekniği koordinat farkları arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı söylenebilmektedir.

Tablo 3. Ölçme yöntemlerine (Sanal referans istasyonu ve lineer alan düzeltme tekniği) göre ANOVA değerleri

Bağımlı Değişkenler		Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F	Sig.
X Koordinat Farkları	Gruplar Arası	.001	1	.001	1.533	.222
	Gruplar İçinde	.029	46	.001		
	Toplam	.030	47			
Y Koordinat Farkları	Gruplar Arası	.000	1	.000	.181	.672
	Gruplar İçinde	.027	46	.001		
	Toplam	.028	47			
H Koordinat Farkları	Gruplar Arası	.003	1	.003	.203	.654
	Gruplar İçinde	.660	46	.014		
	Toplam	.663	47			

Ölçme yöntemleri (Statik, Sanal Referans İstasyonu, Lineer Alan Düzeltme Tekniği ve Total station) kullanarak elde edilen P1, P2, P3, P4, P5 ve P6 noktalar arasındaki mesafe farkları bulunmuştur. Yani, Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi ölçümler ve yersel ölçümler yapılarak hesaplanan noktalar arasındaki mesafe farkları ile kullanılan ölçme yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı belirlenmek istenmiştir. Bu ölçme yöntemlerine göre hesaplanan mesafe farklarına ait istatistiksel bilgiler verilmiştir. Burada, bağımlı değişkenlerin (mesafe farkları) bağımsız değişkenler

(Statik Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi, Sanal referans İstasyonu, Lineer Alan Düzeltme Tekniği, Total Station) üzerindeki etkisi için normal dağılımlı olup olmadığı ve homojenlik testi yapılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda mesafe farklarının istatistiksel olarak anlamını belirlemek için “Bağımsız Örneklem Tek Yönlü Varyans Analizi” yapılmıştır. Varyans analizi farklı grupların birbirinden farklı olup olmadığını göstermektedir. Farklılıkların hangi gruplar arasında olduğu “Tukey Testi” yaparak belirlenebilmektedir.

Tablo 4. Ölçme yöntemlerine göre karşılaştırmalar (Tukey Testi)

(I) Yöntemler	(J) Yöntemler	Ortalama Fark (I-J)	Std. Hata	Sig.	95% Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
Statik GNSS	CORS-VRS	.00538	6.13039	1.000	-16.3099	16.3206
	CORS-FKP	.00231	6.13039	1.000	-16.3130	16.3176
	Total Station	-.00438	6.13039	1.000	-16.3196	16.3109
CORS-VRS	Statik GNSS	-.00538	6.13039	1.000	-16.3206	16.3099
	CORS-FKP	-.00308	6.13039	1.000	-16.3183	16.3122
	Total Station	-.00977	6.13039	1.000	-16.3250	16.3055
CORS-FKP	Statik GNSS	-.00231	6.13039	1.000	-16.3176	16.3130
	CORS-VRS	.00308	6.13039	1.000	-16.3122	16.3183
	Total Station	-.00669	6.13039	1.000	-16.3220	16.3086
Total Station	Statik GNSS	.00438	6.13039	1.000	-16.3109	16.3196
	CORS-VRS	.00977	6.13039	1.000	-16.3055	16.3250
	CORS-FKP	.00669	6.13039	1.000	-16.3086	16.3220

Her bir grupta ortalama değerler, standart hata değerleri yer almaktadır. Ölçüm teknikleri ortalamalarına bakıldığında bu ortalama değerleri birbirlerine yakındır. İstatistiksel olarak rastlantısal olup olmadığı incelendiğinde Tukey tablosunun sig. (anlamlılık) değeri 1.000 olduğu görülmektedir. $p > 0.05$ olduğu için istatistiksel olarak anlamlı olmadığı söylenebilmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada sürekli gözlem yapan referans istasyonların ağaçlık ve yapılaşmış alanlarda doğruluk analizi için bir uygulama yapılmıştır. Hem ağaçlık bölgede hem de yapılaşmış bölgede 2'şer nokta ve 1 nokta ağaçların az olduğu bir bölgelerde tesis edilmiştir. İlaveten de 1 nokta, yapılaşmış bölgeden belli bir mesafe uzaklıkta oluşturulmuştur. Ölçümler, Ashtech ProMark 800 Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi Alıcısı ile 2 Kasım 2017, 3 Kasım 2017, 4 Kasım 2017 ve 5 Kasım 2017 tarihlerinde Sanal Referans İstasyonu ve Lineer Alan Düzeltme Tekniği teknikleriyle yapılmıştır. 4 Kasım tarihinde aynı zamanda Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi Alıcısı ile statik ölçümler yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Statik ölçümlerin yapılmasındaki ana amaç ölçümlerin karşılaştırmasında doğru bir ölçüt değeri belirlenmesidir. TUSAGA-Aktif merkezinden Kayseri bölgesine (KAYS noktası) ait olan 4 Kasım 2017 tarihli 24 saatlik RINEX (ITRF 2005.0 epogunda) verileri alınarak Topcon Magnet TOOLS yazılımı ile değerlendirilmiş ve dengelenmiş nokta koordinatları hesaplanmıştır. Total station kullanarak da noktaların yatay ve düşey açıları, yatay mesafeleri, alet, işaret yükseklikleri ölçülmüştür. Dört gün boyunca yapılan Sanal Referans İstasyonu-Lineer Alan Düzeltme Tekniği ölçümleri karşılaştırıldığında Δy değerlerinin standart sapmaları 1.gün için ± 1 cm, 2.gün için ± 2.8 cm, 3.gün için ± 2.3 cm ve 4.gün için ± 1.1 cm değeri; Δx değerlerinin standart sapmaları ise 1.gün için ± 2.6 cm, 2.gün için ± 3.4 cm, 3.gün için ± 3.6 cm ve 4.gün için ± 1.5 cm değeri; Δh değerlerinin standart sapmaları ise 1.gün için ± 17 cm, 2.gün için ± 47 cm, 3.gün için ± 62 cm ve 4.gün için ± 11 cm değeri elde edilmiştir. Ölçüm anlarındaki uydu sayıları 8-14 (GPS+GLONASS) arasında değişim göstermektedir.

Yatay ve düşey konum için karesel ortalama hata değerlerinden hesaplanan konum hatası değerleri ise 5 ile 8 mm aralığında elde edilmiştir. Statik ölçümler ile Sanal Referans İstasyonu ölçümleri her bir nokta için karşılaştırıldığında ise Δx değeri P1 noktası için $\pm(1$ mm-1 cm) aralığında; P2 noktası için $\pm(4$ mm-1.3 cm); P3 noktası için $\pm(6$ mm-2 cm); P4 noktası için $\pm(8$ mm-3.4 cm); P5 noktası için $\pm(1.3$ -4.1 cm) ve P6 noktası için de $\pm(1.2$ -4.5 cm) aralığında değerler elde edilmiştir. Ayrıca Δy değeri P1 noktası için $\pm(1$ mm- 5.5 cm), P2 noktası için $\pm(1$ mm- 2.5 cm); P3 noktası için $\pm(5$ mm- 1.9 cm); P4 noktası için $\pm(6$ mm- 4.5 cm); P5 noktası için $\pm(2.8$ cm-4.5 cm); P6 noktası için $\pm(4$ mm-1.2 cm) aralığında değerler elde edilmiştir. İlaveten de Δh

değeri P1 noktası için $\pm(5$ cm-21 cm); P2 noktası için $\pm(6$ cm- 28 cm); P3 noktası için $\pm(5$ cm-32 cm); P4 noktası için $\pm(9$ cm-32 cm); P5 noktası için $\pm(5$ cm-30 cm); P6 noktası için $\pm(7$ cm-28 cm) aralığında değerler elde edilmiştir. Statik ölçümler ile Lineer Alan Düzeltme Tekniği ölçümleri her nokta için karşılaştırıldığında Δx değeri P1 noktası için $\pm(2$ mm- 1.5 cm) ; P2 noktası $\pm(1.3$ cm-6.7 cm); P3 noktası $\pm(3$ mm- 4.5 cm); P4 noktası $\pm(6$ mm- 4.7 cm); P5 noktası $\pm(5$ mm- 3.2 cm); P6 noktası $\pm(2.7$ cm-7.8 cm) aralığında değerler elde edilmiştir. Ayrıca Δy değeri P1 noktası için $\pm(1.3$ cm-3.6 cm); P2 noktası $\pm(4$ mm-4.4 cm); P3 noktası $\pm(1$ mm-2.1 cm); P4 noktası $\pm(1$ mm- 3.9 cm); P5 noktası için $\pm(1.8$ cm- 4.1 cm); P6 noktası için $\pm(8$ mm- 3.5 cm) aralığında değerler elde edilmiştir. Ek olarak da Δh değerleri P1 noktası için $\pm(7$ cm-30 cm); P2 noktası için $\pm(6$ cm-30 cm); P3 noktası için $\pm(6$ cm- 32 cm); P4 noktası için $\pm(8$ cm-31 cm); P5 noktası için $\pm(5$ cm- 26 cm) aralığında ve P6 noktası için de $\pm(4$ cm-26 cm) aralığında değerler elde edilmiştir. Proje bölgesinde ki P1 ve P2 noktaları, ağaçların yoğun olduğu bölgelerde bulunmakta; P3 noktası ağaçların az olduğu bölgede yer almakta; P4 yapılaşmış alanın biraz dışındaki bir bölgede bulunmakta; P5 ve P6 noktaları ise yapılaşmış alan içinde ve de bina çatı altlarında tesis edilmiştir. Statik ölçümler ile Sanal Referans İstasyonu-Lineer Alan Düzeltme Tekniği ölçümleri karşılaştırıldığında ise Δy değerinin standart sapması ± 2.5 cm, Δx değerinin standart sapması ± 2.4 cm ve Δh değerinin standart sapması ise ± 11 cm olduğu hesaplanmıştır. Total station ile statik ölçümler karşılaştırıldığında ise yatay koordinat farkları 1-5 mm aralığında, yükseklik farkları ise 1 mm ile 8 cm arasında değişmektedir. Total station ile Sanal Referans İstasyonu ölçümleri arasında yatay farkları 4 mm-4 cm aralığında, yükseklik farkları ise 1 mm-11 cm aralığında değişmektedir.

Total station ile lineer alan düzeltme tekniği ölçümleri arasındaki yatay koordinat farkları ise 6 mm-4 cm aralığında, yükseklik farkları 8 mm-9 cm aralığında değişmektedir. Statik ölçümler ile Sanal Referans İstasyonu ve Lineer Alan Düzeltme Tekniği düzeltme yöntemleri kullanarak hesaplanan koordinat farkları için yapılan istatistiksel testte (Bağımsız Örneklem T-Testi) bu tekniklerin (Sanal Referans İstasyonu ve Lineer Alan Düzeltme Tekniği) bağımlı değişkenler (Δx , Δy ve Δh) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur. Ölçme yöntemleri kullanarak (Statik, Sanal Referans İstasyonu, Lineer Alan Düzeltme Tekniği, Total station) hesaplanan mesafe farklarına istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için bağımsız örneklem tek yönlü varyans analiz testi uygulanmıştır. Kullanılan ölçme yöntemlerine göre karşılaştırmalar yapılmış ve bağımlı değişkenler (mesafe farkları) üzerinde ölçme yöntemlerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Yani, ölçme yöntemlerinin farklı olmayan sonuçlar gösterdiği söylenebilmektedir. Bu uygulamada elde edilen koordinat farkları daha önce yapılan benzer

çalışmalar ile karşılaştırıldığında; nispeten daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Yukarıda açıklanan olumlu sonuçların elde edilmesindeki ana etmenler; Z-Blade teknolojisi farklı Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi sinyallerinin en uygun kombinasyonu için ve sadece bir uydu grubu (GLONASS) için farklı patentli teknikleri barındırmaktadır. Komple Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi çoklu bant motoru (GPS+GLONASS+GALILEO+SBAS ve diğer Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi sinyalleri, L1&L2 veya diğer bantlar) olarak tasarlanan bu teknoloji ile birlikte GPS+GLONASS uyduları sayesinde konum doğruluğunun arttığı aşikârdır. Gelecekte de GALILEO sisteminin tamamlanması ve diğer uydu sistemlerinin geliştirilmesi ile uydu görüşlerinin az olduğu alanlarda bile konum doğruluğunun iyi bir şekilde gerçekleştirilebileceği umut vaat etmektedir.

BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan cihazlar için Erciyes Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölüm Hocalarına teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

Dobelis D. and Zvirgzds J., (22 September 2016), "Network RTK Performance Analysis: A Case Study in Latvia", *Geodesy and Cartography*.

Erenoğlu R.C., (2015), "A Comprehensive Evaluation of GNSS and CORS-based positioning and terrestrial surveying for cadastral surveys", *Survey Review* 2017, Vol: 49, No: 352.

Gordini, C., Kealy, A.N., Grgich, P.M. and Hale M.J., (2006), "Testing and Evaluation of a GPS CORS Network for Real Time Centimetric Positioning – The Victoria GPSnet™", *International Global Navigation Satellite Society GNSS Symposium Australia*.

Gümüş K., (2016), "A Research on the Effect of Different Measuring Configurations in Network RTK Applications", *Measurement* 78, 334-343.

Kaartinen H., Hyyppä J., Vastaranta M., Kukko A., Jaakkola A., Yu X., Pyörälä J., Liang X., Liu J., Wang Y., Kaijaluoto R., Melkas T., Holopainen M. and Hyyppä Hannu, (2015), "Accuracy of Kinematic Positioning Using Global Satellite Navigation Systems Under Forest Canopies ", *Forests*, 6, 3218-3236.

Kahveci M., (2009), "Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit GNSS (CORS) Ağları ve Düşündürdükleri", *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2009/1, sayı 100.

Kahveci M. (2009). *Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları*, Zerpa Yayınları, 102, Ankara.

Mansour M.A.M., (2016). "A Study on Modeling The Regional Ionosphere Using Multi-Constellation GNSS Observations For Single-Frequency PPP", *Doktora Tezi*.

Mekik Ç.ve Akçın H., (1998), "GPS'te Tamsayı Belirsizliği Çözüm Yöntemleri", *Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Dergisi*, 84.

Name, H., Okamoto, O., Fan, C. and Yasuda A., (2010), "Development of a Network-Based RTK-Positioning System Using FKP Via The Internet", *The Institute of Positioning Navigation and Timing of Japan*.

Öcalan T. ve Soycan M., (2011), "GNSS Verilerinin Gerçek Zamanlı İletimi İçin Uluslararası Standartlar ve Gelişmeler", *13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.

Pırtı A., (2009), *Mühendislik Ölçmelerinde Gerçek Zamanlı Kinematik GPS (GZK GPS) ve CORS Tekniği Ders Notları, YTÜ Ölçme Tekniği Ana Bilim Dalı, İstanbul*.

Pırtı A., (2017), "Ormanlık Alanlarda Kullanılabilecek Alternatif Konum Belirleme Yöntemlerinin İncelenmesi", *16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara*.

Pırtı A., (2016), "The Seasonal Effects of Deciduous Tree Foliage in CORS-GNSS Measurements (VRS/FKP)", *Technicki Vjesnik* 23, 3(2016), 769-774.

Pırtı A., (2008), "Accuracy Analysis of GPS Positioning Near The Forest Environment", *Croat. J. For eng.* 29 (2008) 2.

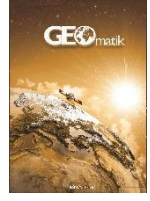
Pırtı A., Gümüş K., Erkaya H. ve Hoşbaş R.G., (2010), "Evaluating Repeatability of RTK GPS/GLONASS Near/Under

Spectra Precision ProMark 800 GNSS Alıcı Broşürü.

Spectra Precision, (March 2013), "Increased Productivity in Harsh Environments with Spectra Precision Z-Blade Technology", *Colorado, USA*.

Yıldırım Ö., (2011), "A Comparative Analysis of the Virtual Reference Stations (VRS)", *Scientific Research and Essays* Vol.6 (27), pp. 5726-5733





Lisans ve lisansüstü düzeyinde verilen taşınmaz değerlendirme eğitiminin değerlendirilmesi

Zeynel Abidin Polat¹, Mehmet Alkan^{*2}

¹İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

²Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Taşınmaz değerlendirme
Lisansüstü eğitim
Değerleme uzmanlığı
SPL

ÖZ

Sermaye Piyasası Lisanslama Sicil ve Eğitim Kuruluşu A.Ş. (SPL) tarafından yapılan gayrimenkul ve konut değerlendirme lisanslama sınavlarında başarı yüzdeleri 2016 yılı için %24.5, 2017 yılı için % 25.5 ve 2018 yılı için %30.4'tür. Başarı yüzdelerinin düşük olması sınav içeriği ile verilen değerlendirme eğitiminin içeriğinin yeterince örtüşmediğini göstermektedir. Bu çalışmada, Türkiye'deki taşınmaz değerlendirme lisans ve lisansüstü eğitimi hakkında genel bir değerlendirme yapılması amaçlanmış ve bu eğitimin SPL lisanslama sınav konularının içeriğini karşılayıp karşılamadığı analiz edilmiştir. Bu bağlamda taşınmaz değerlendirme ile doğrudan ilişkili olan "Gayrimenkul ve Varlık Değerleme" ya da Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi" bölümleri ile en çok ilişkili olan "Harita Mühendisliği Bölümü" eğitim içeriği bakımından araştırılmıştır. Araştırma kapsamında taşınmaz değerlendirme eğitimi veren 28 devlet ve vakıf üniversitesinin web sayfaları 01.01.2019- 01.04.2019 tarihleri arasında incelenmiştir. Bu üniversiteler; ders bazında, lisans ve lisansüstü düzeyinde değerlendirme eğitimi veren üniversiteler şeklinde gruplandırılmıştır. Çalışmanın web siteleri üzerinden yapılması ve bazı bölümlerin bilgilerine ulaşamaması çalışmanın sınırlılığıdır. Araştırmada bölümlerin; lisans ve lisansüstü programlarının müfredatlarında zorunlu/seçmeli dersleri ve akademik kadroları incelenmiştir. Çalışmada ders bazlı taşınmaz değerlendirme eğitimi veren 16 üniversite incelendiğinde zorunlu ve seçmeli olarak verilen ders sayısının birbirine yakın olduğu görülmektedir. Ayrıca bu dersler genellikle olarak 7. Ve 8. Dönem içerisinde verilmektedir. Ders içerikleri ise yoğun olarak SPL lisanslama sınav konu başlıklarından olan "Gayrimenkul Mevzuatı" ile "Gayrimenkul Değerleme Esasları"na yönelik hazırlanmıştır. Diğer sınav konu başlıklarına kısmen değinilmiştir. Lisans düzeyinde eğitim veren 6 üniversite vardır. Bu üniversitelerin lisans eğitim içerikleri incelendiğinde derslerin büyük bir çoğunluğunun zorunlu olarak verildiği görülmüştür. Derslerin dağılımlarına bakıldığında genel olarak "Gayrimenkul Mevzuatı" ile "Gayrimenkul Değerleme Esasları" na yönelik olsa da diğer konu başlıklarını içeren derler de mevcuttur. Lisansüstü eğitim veren üniversite sayısı 5'tir. Verilen eğitimin tamamı "tezsiz yüksek lisans" kapsamındadır. Yüksek lisans programı ders içerikleri ise "Gayrimenkul Mevzuatı" ile "Gayrimenkul Değerleme Esasları" ağırlıklı olsa da diğer SPL lisans sınavı konularına da yer verilmiştir. Araştırma sonunda; taşınmaz değerlemenin lisans düzeyinde eğitim olarak verilmesinin teşvik edilmesi, akademik kadronun harita mühendisliği dışındaki diğer meslek grupları (ör. İnşaat Mühendisliği, Şehir ve Bölge Planlama, İktisat) açısından da zenginleştirilmesi, ders içeriklerinin taşınmaz değerlemenin çok yönlü olduğu göz önünde bulundurularak güncelleştirilmesi, yüksek lisans eğitiminin tezli olarak yaptırılması önerilmiştir.

Evaluation of real estate valuation given in graduate and postgraduate level within the scope of the valuation license exam

Keywords

Real estate valuation
Graduate education
Valuation expertise
SPL

ABSTRACT

In this study, it is aimed to make a general assessment of graduate and postgraduate education of real estate appraisal, and it has been analysed whether this education meets the content of capital market licensing exam topics. The web pages of 28 state and foundation universities that provide real estate valuation training were investigated between 01.01.2019 and 01.04.2019. These universities are grouped as universities providing valuation education courses, at the graduate and postgraduate level. The fact that the study is done through the websites. Also, the information on some departments is not reached is the limitation of the study. In the research; compulsory/elective courses and academic staff are examined in the curricula of graduate and postgraduate programs. In the study, when the 16 universities that provide course-based immovable valuation training are examined, it is seen that the number of courses given as compulsory and elective is close to each other. Besides, these courses are given in the 7th and 8th semester. The course contents are prepared mainly for the subjects of SPL licensing exam subject to the Real Estate Legislation and Real Estate Valuation Principles. Other exam topics are mentioned in part. Six universities provide education at the graduate level. When the graduate educational contents of these universities are examined, it is seen that most of the courses are given as mandatory. When the undergraduate educational contents of these universities are examined, it is seen that most of the courses are given as mandatory. When the distribution of the courses is examined, although there are predominantly subjects related to the Real Estate Legislation and Real Estate Appraisal Principles, there are also some other topics. The number of universities offering postgraduate education is 4. All of the training is covered by "non-thesis master". The other two master's program courses are weighted by the Real Estate Legislation and Real Estate Valuation Principles. At the end of the research; encouraging the provision of real estate valuation as bachelor's degree, enriching the academic staff in terms of other professional groups other than map engineering (e.g. Construction Engineering, City and Regional Planning, Economics), It has been proposed to do with thesis.

1. GİRİŞ

Gayrimenkul, gelişmiş ekonomilerde finansal bazlı alınan kararların büyük bir bölümüne dayanak oluşturmaktadır (Warren-Myers, 2012; Çay ve Boz, 2018; Sakınç ve Coşkun, 2018). Arazi Yönetiminde Taşınmaz Değerleme ve Kadastro Sempozyumu Sonuç Bildirgesinde ise taşınmaz sektörünün Türkiye'deki ekonomik idari faaliyetlerinin %50'sini aşan çok büyük bir ağırlığa sahip olduğu vurgulanmaktadır. Taşınmaz değerlemenin; kamusal uygulamalar (Ör. Vergilendirme, kamulaştırma, devletleştirme, özelleştirme, toprak düzenlemeleri gibi) ile özel sektör uygulamalarında (Ör. Sermaye piyasası, bankacılık, kredilendirme, sigortacılık) yoğun bir şekilde kullanılması (Açlar vd., 2003; Yomraloğlu vd., 2011; Erdem, 2018a) bu iddiayı desteklemektedir.

Taşınmaz değerlendirme birçok faktörün birlikte değerlendirilmesini gerektiren çok boyutlu bir işlemdir (Poon vd., 2011). Bu durum bilirkişinin teknik ve hukuki açıdan karmaşık bir yapıyı analiz etmesini ve elde edilen sonuçlara göre yorumlamasını gerektirir. Bundan dolayı değerlendirme sırasında yapılan sentez ve analizler için gerekli olan yöntem ve teknik bilgilerin kullanılması için bazı uzmanlık bilgilerine ihtiyaç vardır (Yomraloğlu ve Nişancı, 2006). Bu bağlamda taşınmaz değerlendirme konusunda faaliyet gösterecek kişilerin bazı özel

konularda akademik ve profesyonel eğitim olarak gerekli temel bilgilerle donanmış olması gerekmektedir. Yomraloğlu ve Nişancı'ya (2006) göre özellikle bir taşınmaz değerlendirme uzmanının; yoğun bir haritacılık ve istatistik bilgisi yanında taşınmaz değerlendirme mevzuatı, işletme ekonomisi, şehir ve bölge planlama, genel finans ve yerel yönetimler konuları hakkında da temel bilgiye sahip olması gerekmektedir. Üniversitelerde taşınmaz değerlemeye ilişkin ders, lisans ve lisansüstü düzeyinde verilen eğitimle değerlendirme uzmanları gerekli bilgilere sahip olabilmektedir.

Bu çalışmayla Türkiye'deki taşınmaz değerlendirme lisans ve lisansüstü eğitimi hakkında genel bir değerlendirme yapılması amaçlanmış ve bu eğitimin SPL lisanslama sınav konularının içeriğini karşılayıp karşılamadığı analiz edilmiştir. Bunun için taşınmaz değerlendirme ile doğrudan ilişkili olan "Gayrimenkul ve Varlık Değerleme" ya da Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi" bölümleri ile en çok ilişkili olan "Harita Mühendisliği Bölümü" eğitim içeriği incelenmiştir. Araştırma kapsamında taşınmaz değerlendirme eğitimi veren devlet ve vakıf üniversiteleri incelenmiştir. Bu üniversiteler; ders bazında, lisans ve lisansüstü düzeyinde değerlendirme eğitimi veren üniversiteler şeklinde gruplandırılmıştır. Çalışmanın web siteleri üzerinden yapılması ve bazı bölümlerin bilgilerine ulaşılamaması çalışmanın sınırlılığdır. Araştırmada bölümlerin; lisans ve lisansüstü programlarının

müfredatlarında zorunlu (Z)/seçmeli (S) dersleri ve akademik kadroları incelenmiştir.

2. TÜRKİYE'DE TAŞINMAZ DEĞERLEME EĞİTİMİNİN ÖNEMİ ve SPL LİSANSLAMA SINAVI

2.1 Türkiye'de Taşınmaz Değerleme Eğitiminin Önemi

Taşınmazların bilimsel bakış açısı ile güncel ve güvenilir verilere bağlı olarak tespit edilen değerleri, kamulaştırma, vergi hesaplamaları, sermaye piyasası uygulamaları, kentsel dönüşüm ve imar uygulamaları, aynı hak tesisi gibi pek çok faaliyetin dayanağını oluşturmaktadır. Bu bakımdan taşınmazların gerçek değerlerinin tarafsız, doğru ve güvenli biçimde belirlenmesi, güncel tutulması, kamu ekonomisi, toplumsal yapı, kamu yönetimi ve ülkemizin sürdürülebilir gelişimi için büyük önem taşımaktadır (HKMO, 2012; Erdem, 2017). Dolayısıyla taşınmaz değerlendirme için gerekli olan bilgi birikimine ve yaşanan sorunları çözümlenebilecek tecrübeye sahip nitelikli insan gücüne ihtiyaç vardır. Gerek bu ihtiyacın karşılanabilmesi gerekse taşınmaz pazarlarının şeffaflığının sağlanabilmesi için ülkelerin sağlıklı işleyen değerlendirme sistemlerini oluşturması ve sürdürmesi gerekmektedir. Temel amacı bilgi üreten, kullanan, eleştiren ve üretken bir düşünce tarzıyla problem çözebilecek nitelikli insan gücünü yetiştirmek olan lisans ve lisansüstü eğitim ile ihtiyaç duyulan insan kaynağının yetiştirilmesi amaçlanmıştır. Farklı amaçlar için gerekli olan gayrimenkul değerinin tahmin edilmesi için gerekli yeterliğe, yeteneğe ve deneyime sahip olan ve bu tahmini gerçekleştirirken de bağımsız, tarafsız ve objektif davranacağı beklenen kişilere “değerleme uzmanı” adı verilir (Yomraloğlu ve Nişancı, 2006; Köktürk, 2009; Çay ve Boz, 2018). Lisans veya lisansüstü eğitim alan kişilerin “Konut veya Gayrimenkul Değerleme Uzmanı” olabilmesi için Sermaye Piyasası Lisanslama Sicil ve Eğitim Kuruluşu A.Ş. (SPL) tarafından düzenlenen sınavlarda başarılı olması gerekmektedir (Nişancı, 2005; Erdem, 2017; Çay ve Boz, 2018; Ertaş, 2018; URL-4).

Gayrimenkul değerlendirme uzmanının gayrimenkulün değerine ilişkin bir kaniya varabilmesi için gayrimenkulün inşaat tipi, malzemesi, araştırma yöntemleri, mevzuat, finansman, ekonomi, raporlama, müzakere ve ilgili diğer birçok konuda yetenek, tecrübe ve bilgi sahibi olması gerekir (Vandell, 2007; Büyükkaracı vd., 2017; Çay ve Boz, 2018). Değerleme uzmanından beklenen bu yetenek ve bilgi birikimi taşınmaz değerlendirme içeriğine sahip lisans ve lisansüstü eğitimle elde edilmektedir. Bu bağlamda verilen lisans ve lisansüstü eğitimin içeriğinin taşınmaz değerlendirme ve SPL lisanslama sınavına uygun olması oldukça önemlidir. Lisans ve lisansüstü eğitim

içeriğinin zenginliği SPL lisanslama sınavında elde edilecek başarıyı daha da arttıracaktır.

Taşınmaz değerlemenin eğitiminin önemi ülkemizde gün geçtikçe daha çok hissedilmekte ve dolayısıyla bu alanda yapılan bilimsel çalışmalar çoğalmaktadır. Hıdır (2009) çalışmasında Türkiye’de taşınmaz değerlendirme eğitimi ile harita mühendisliğini arasındaki ilişkiyi irdelemiştir. Bu bağlamda değerlendirme uzmanlarının sahip olması gerektiği niteliklerin bir an önce belirlenip ve eğitim içeriğinin buna göre şekillendirilmesi önerilmiştir. Ertaş (2015) çalışmasında Türkiye’deki taşınmaz değerlendirme eğitimi irdelemiştir. Çalışmada taşınmaz değerlemenin birçok farklı disiplini içeren bir meslek olduğu vurgulanmaktadır. Bu bağlamda taşınmaz değerlendirme eğitiminin birçok kurumun ihtiyacına karşılayabilmesi için temel mühendislik, ekonomi, finans ve hukuk bilgilerini içeren yapıya dönüştürülmesi önerilmiştir.

Çay ve Boz (2018) çalışmalarında ülkemizdeki gayrimenkul değerlendirme uzmanlığı için gerekli yeterlilikleri seçtikleri gelişmiş ülkeler ile kıyaslamışlardır. Çalışmada seçilen ülkelerde şart koştukları eğitim, deneyim ve sınav gereksinimleri açısından değerlendirme işinin ne kadar ciddi olduğunu ve uzmanlık gerektirdiğini vurgulamaktadırlar. Buna karşın ülkemizde ise sınavdan elde edilmesi gerekli başarı haricinde sadece herhangi bir bölümden üniversite mezunu olma ön şartının varlığı eleştirilmiştir. Bu bağlamda üniversite düzeyinde taşınmaz değerlendirme eğitiminin, değerlendirme konusunda gerekli bilgi ve becerilerin edinilmesine katkı sunacak düzeye getirilmesi önerilmiştir.

Erdem (2018b) çalışmasında Türkiye’de taşınmaz değerlendirme alanında yapılan lisansüstü tezlerinin içeriklerini analiz etmiştir. Bunun için 2017 yılına kadar taşınmaz değerlendirme alanında tamamlanan 108 adet yüksek lisans ve 18 adet doktora tezi değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirme sonucuna göre değerlemesi yapılacak taşınmazlar sahip olduğu öneminden dolayı değişik disiplinlerin çalışma konusu olmuştur. Bu bağlamda çalışmada taşınmaz değerlendirme faaliyetlerinin bütüncül bir kurumsal yapılanma kapsamında ve uzmanlar marifetiyle gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

2.2. SPL Lisanslama Sınavı

Türkiye’nin Avrupa Birliği ile yapmış olduğu Gümrük Birliği anlaşması neticesinde özellikle 90’lı yılların sonuna doğru ülkemize önemli ölçüde yabancı sermaye girişi başlamıştır (Ertaş, 2015). Sermaye girişi çoğunlukla taşınmazlar üzerinden sağlanmıştır. Bu gelişmelere paralel olarak taşınmazların değer ile ilgili özelliklerinin güvenilir, gerçek zamanlı ve doğru bir şekilde kaydedilmek ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu ihtiyacı karşılayabilmek için yabancı sermaye gruplarının Türkiye Hükümetine yaptığı girişimler sonucu Sermaye Piyasası Kuruluna, ülkemiz için gerekli olan değerlendirme uzmanlarını belirlemek amacıyla

lisanslama sınavları açma yetkisi verilmiştir (Ertaş, 2015). Lisanslama sınavlarıyla bu ihtiyaç kısmen giderilmiştir. Zaman içerisinde Türkiye’de değerlendirme eğitiminin verilmesinin gerekliliği bu lisanslama sınavlarıyla anlaşılmaya başlanmıştır. Değerleme alanında yetkili kurum olan Sermaye Piyasası Kurulu (SPK) yaptığı faaliyetler ve düzenlemeler aracılığı ile Türkiye’de gayrimenkul değerlendirme yönlendirmektedir (Sakıncı ve Coşkun, 2018). Günümüzde Türkiye’deki pek çok üniversitede ön lisans, lisans, lisansüstü düzeyinde değerlendirme eğitimi verilmektedir. Türkiye’de taşınmaz değerlendirme yapabilmek için Konut Değerleme Lisansı veya daha geniş kapsamlı Gayrimenkul Değerleme Lisansı alınması şarttır. Bu lisansları alabilmek için SPL tarafından düzenlenen sınavlarda başarılı olmak gerekmektedir (Nişancı, 2005; Erdem, 2017; Çay ve Boz, 2018; Ertaş, 2018). Konut Değerleme Lisansı alabilmek için gerekli şartlar (URL-1):

- En az 2 yıllık yükseköğretim düzeyinde eğitim almış olmak.
 - SPL tarafından düzenlenen “Konut Değerleme Lisansı” sınavından başarılı olmak.
- Gayrimenkul Değerleme Lisansı alabilmek için ise gerekli (URL-1):
- En az 4 yıllık yükseköğretim düzeyinde eğitim almış olmak.
 - SPL tarafından düzenlenen “Gayrimenkul Değerleme Lisansı” sınavından başarılı olmak.
- Lisanslama sınavları; kağıt ortamında ve elektronik ortamda olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir (URL-2).

3. TÜRKİYE’DE TAŞINMAZ DEĞERLEME LİSANS ve LİSANSÜSTÜ EĞİTİMİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Taşınmaz değerlemeye en çok ilgi gösteren meslek grupları arasında harita mühendisleri, inşaat mühendisleri, şehir plancıları, mimarlar, iktisatçılar, işletmeciler ve finansçılar sayılabilir (Hışır, 2009). Erdem (2018b) çalışmasında 1990-2017 yılları arasında taşınmaz değerlendirme alanında yapılan 108 yüksek lisans ve 18 doktora tezini irdelemiştir. Yapılan tezlerin 37 tanesi (%30) “Geomatik Mühendisliği”, “Harita Mühendisliği” ve Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği” Anabilim dallarında yapılmıştır. Bu veriler dikkate alındığında taşınmaz değerlendirme ile en çok ilişkili olan meslek dalı “Harita Mühendisliğidir”.

Taşınmaz değerlendirme, çoğunlukla mühendislik konularını içermektedir. Taşınmazların değerinin hesaplanmasında gerekli olan konuların belirlenmesi, taşınmaza ait imar, tapu ve kadastro bilgilerinin incelenmesi gibi konular harita mühendisliğinin temel konularıdır. Bundan dolayı taşınmaz değerlendirme ile harita mühendisliği birbirleriyle yoğun ilişki içerisindedir. Bu ilişkiye bağlı olarak özellikle lisans eğitimi kapsamında yoğunlukla taşınmaz değerlendirme ve ilgili

mevzuat derslerine yer veren tek bölüm harita mühendisliğidir (Hışır, 2009). Taşınmaz değerlemenin ilk yaygınlaştığı dönemlerde taşınmaz değerlendirme eğitimi harita mühendisliği eğitimi sırasında verilen taşınmaz değerlendirme dersleri ile karşılanmaktaydı. Son yıllarda taşınmaz değerlemenin öneminin ve kullanım alanlarının artmasıyla birlikte bu alanda lisans ve lisansüstü düzeyinde eğitim veren yeni programlar açılmaya başlamıştır. Bu programlar genellikle “Gayrimenkul ve Varlık Değerleme”, “Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi”, “Gayrimenkul Finansmanı ve Değerleme”, “Taşınmaz Değerleme ve Geliştirme” adları ile açılmaktadır.

“Gayrimenkul Değerleme Lisansı” aynı zamanda “Konut Değerleme Lisansı” konularını da kapsamaktadır. Bu bağlamda ön lisans düzeyinde konut değerlemesine ilişkin ders içerikleri büyük çoğunlukla gayrimenkul değerlemeye ilişkin verilen lisans ders içerikleriyle uyumludur. Dolayısıyla bu çalışma da sadece lisans ve lisansüstü düzeyde verilen ders içerikleri analiz edilmiştir.

3.1 Araştırmanın Amacı

Taşınmaz değerlendirme alanında gerekli bilgilerin verilebilmesi ve lisanslama sınavlarında başarı sağlanabilmesi için verilen eğitimin titizlikle planlanması ve uygulanması gerekmektedir. Üniversitelerden mezun olan öğrencilerin teorik ve pratik alanlara hakim ve taşınmaz sektöründe kolaylıkla iş bulabilecek özelliklere sahip olması oldukça önemlidir (Solmaz vd., 2012). Bundan dolayı, taşınmaz değerlendirme ile ilgili ders içeriklerinin, akademik kadrolarının, uygulama birimlerinin hem lisanslama sınavına yönelik hem de sektörün ihtiyaçlarına göre düzenlenmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Türkiye’deki taşınmaz değerlendirme lisans ve lisansüstü eğitimi hakkında genel bir değerlendirme yapılması amaçlanmış ve bu eğitimin SPL lisanslama sınav konularının içeriğini karşılayıp karşılamadığı analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda eğitimin kalitesinin ve sınav başarı yüzdesinin yükseltilmesine yönelik çözüm önerileri sunulmuştur. Bu çalışmayla taşınmaz değerlendirme eğitimi ve daha sonra yapılacak benzer çalışmalara katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

3.2. Araştırmanın Önemi

Çalışma, Türkiye’deki taşınmaz değerlendirme eğitimiyle ilgili içerik (müfredat), akademik kadro, uygulama birimleri kapsamında genel durum değerlendirmesi sağlayacağı için önemlidir. Bu çalışma ile taşınmaz değerlendirme eğitimi veren bölümlerin akademik kadrosunun yeterliliği ve çeşitliliği, uygulama birimlerinin altyapısı ve ders içeriklerinin sektörün ihtiyaçlarına göre güncellenmesinin öğrencilerin nitelikli bir şekilde mezun olmasına katkı sunacağı düşünülmektedir.

yapılmak istenmektedir. Sektörün ihtiyacını belirleyebilmek için SPL bünyesinde bir eğitim ve sınav komisyonu kurulmalıdır. Bu komisyon, değerlemeyi kullanan kamu kurumları, özel sektör ve üniversiteler ile koordineli bir şekilde çalışarak taşınmaz değerlendirme eğitimi ve sınav içeriğini birlikte oluşturabilir.

3.3. Araştırmanın Yöntemi

Türkiye'deki taşınmaz değerlemeye yönelik lisans ve lisansüstü düzeyde verilen eğitime ilişkin mevcut durum analizi yapabilmek amacıyla, taşınmaz değerlendirme eğitimi veren 28 devlet ve vakıf üniversitesinin web sayfaları 01.01.2019-01.04.2019 tarihleri arasında incelenmiştir. Bu üniversiteler; ders bazında, lisans ve lisansüstü düzeyinde değerlendirme eğitimi veren üniversiteler şeklinde gruplandırılmıştır. Araştırmada bölümlerin; lisans ve lisansüstü programlarının müfredatlarında zorunlu/seçmeli dersleri ve akademik kadroları incelenmiştir. Ayrıca verilen derslerin içerikleri lisanslama sınavı konu içerikleri ile kıyaslanmıştır. Bunun temel amacı verilen derslerin içeriklerinin lisanslama sınav içeriğiyle ne derece uyumlu olduğunu belirlemektir.

3.4. Araştırmanın Kısıtları

Lisans eğitimi kapsamında öğrencilere verilen teorik ve uygulamalı derslerin bir kısmı seçmeli derslerden oluştuğu, bazı programlar seçmeli derslerde uygulama ya da teori dersi sınırlaması belirtmediği için bu programlarda genel bir değerlendirme yapılmıştır. Bazı üniversiteler programlara ait ders içeriklerini dönemlik yayınladıkları, bazılarının sayfalarını güncellemedikleri ve bazılarının da yeni kurulmuş olması nedeniyle 4 yıllık ders içeriklerinin tamamını web sayfalarına koymadıkları tespit edilmiştir. Ders içeriklerinin analizinde zorunlu /seçmeli karşılaştırmasını yapabilmek için bu bilgilere tam erişilebilen bölümler dikkate alınmıştır.

3.5. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Bu araştırmanın evrenini, 28 devlet ve vakıf üniversitesi oluşturmaktadır. Yeni kurulmuş ve henüz öğrenci alımı yapmayan bölümler çalışmanın kapsamı dışında tutularak aktif şekilde taşınmaz değerlendirme eğitimi veren lisans ve lisansüstü programlarının tamamı araştırma kapsamına dahil edilmiştir.

3.6. Araştırmanın Bulguları

Araştırma kapsamında incelenen 28 devlet ve vakıf üniversitesinden 19 tanesi ders bazında taşınmaz eğitimi vermektedir. 6 tanesi lisans programı kapsamında eğitim vermektedir. 5 tanesi lisansüstü programı kapsamında eğitim vermektedir. Okan ve Karadeniz Teknik üniversiteleri hem ders hem de lisansüstü kapsamında taşınmaz eğitimi verdiği için toplam üniversite sayısı hesabında bir kez kullanılmıştır. Ders bazında eğitim veren 19 üniversite Tablo 1'de listelenmiştir. Tablo 1'e göre verilen eğitim örgün ve ikinci öğretim şeklinde gerçekleşmektedir. Yıldız Teknik, İstanbul Teknik, Karadeniz Teknik, Kocaeli, Çanakkale 18 Mart, Hacettepe, Artvin Çoruh ve Okan üniversitelerinde ilgili dersler zorunlu olarak verilmekteyken Bülent Ecevit, Afyon Kocatepe, Konya Teknik, Necmettin Erbakan, Niğde Ömer Halisdemir, Gümüşhane, Osmaniye Korkut Ata ve Cumhuriyet Üniversitelerinde ise ilgili dersler seçmeli olarak verilmektedir. Bunların dışında Harran ve Erciyes üniversitelerinde ise ilgili dersler hem zorunlu hem de seçmeli olarak verilmektedir. Dersler genel olarak 3. (5. ve 6. dönemler) ve 4. Sınıfta (7. ve 8. dönemler) verilmektedir. Derslerin lisans eğitiminin son dönemlerinde verilmesi, temel harita bilgisini almış öğrencilerin anlaması açısından daha faydalı olacaktır. Erciyes üniversitesinde verilen zorunlu ve seçmeli derslerin çokluğu ve içerik olarak lisanslama sınavı konularını içermesi buradan mezun olan öğrenciler için avantaj sağlayacaktır.

Tablo 1. Ders bazlı taşınmaz değerlendirme eğitimi veren üniversiteler

Dersin adı	Dersin verildiği yükseköğretim kurumu	Örgün Öğretim (Ö.Ö)/İkinci Öğretim (İ.Ö.)	Zorunlu /Seçmeli i	Yarıyıl
CBS ile Taşınmaz Değerlemesi	Aksaray Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö.	Seçmeli	8.
Gayrimenkul Değerleme	Çanakkale 18 Mart Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö. ve İ.Ö.	Zorunlu	7.
Gayrimenkul Değerleme	Erciyes Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö. ve İ.Ö.	Zorunlu	7.
Gayrimenkul Değerleme Uygulamaları	Erciyes Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö. ve İ.Ö.	Seçmeli	5., 6., 7. Ve 8.
SPL Gayrimenkul Değerleme Esasları	Erciyes Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö. ve İ.Ö.	Seçmeli	5., 6., 7. Ve 8.
SPL Dar Kapsamlı Sermaye Piyasası Mevzuatı	Erciyes Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö. ve İ.Ö.	Seçmeli	5., 6., 7. Ve 8.

Taşınmaz Geliştirmesi ve Değerlemesi	Okan Ü., Geomatik Müh. Böl.	Ö.Ö.	Zorunlu	4.
Taşınmaz Değerlemesi	Yıldız Teknik Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö. ve İ.Ö.	Zorunlu	7.
Taşınmaz Değerlemesi	Niğde Ömer Halisdemir Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö.	Seçmeli	8.
Taşınmaz Değerlemesi	Necmettin Erbakan Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö.	Seçmeli	5.
Taşınmaz Değerlemesi	Hacettepe Ü., Geomatik Müh. Böl.	Ö.Ö.	Zorunlu	7. veya 8.
Taşınmaz Değerlemesi	Cumhuriyet Ü., Geomatik Müh. Böl.	Ö.Ö.	Seçmeli	7.
Taşınmaz Değerlemesi	Osmaniye Korkut Ata Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö.	Seçmeli	6.
Taşınmaz Değerlemesi	Artvin Çoruh Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö.	Zorunlu	7.
Taşınmaz Değerlemesi	Gümüşhane Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö.	Seçmeli	8.
Taşınmaz Değerlemesi	İstanbul Teknik Ü., Geomatik Müh. Böl.	Ö.Ö.	Zorunlu	6.
Taşınmaz Değerlemesi	Karadeniz Teknik Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö. ve İ.Ö.	Zorunlu	8.
Taşınmaz Değerlemesi	Kocaeli Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö.	Zorunlu	8.
Taşınmaz Değerlemesi	Bülent Ecevit Ü., Geomatik Müh. Böl.	Ö.Ö. ve İ.Ö.	Seçmeli	7.
Taşınmaz Mal Değerlemesi	Harran Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö. ve İ.Ö.	Zorunlu	5.
Taşınmaz Mal Değerlemesi Uygulaması	Harran Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö. ve İ.Ö.	Seçmeli	6.
Taşınmaz Mal Değerlemesi Uygulaması	Afyon Kocatepe Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö.	Seçmeli	7.
Taşınmaz Mal Değerlemesi	Konya Teknik Ü., Harita Müh. Böl.	Ö.Ö.	Seçmeli	7.

Lisans programı olarak eğitim veren üniversiteler Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 2’ye göre 3 devlet ve 3 vakıf üniversitesinde lisans programı bulunmaktadır. Bunlardan Bandırma 17 Eylül Üniversitesi Gayrimenkul ve Varlık Değerleme lisans programı ile Giresun Üniversitesi Gayrimenkul ve Varlık Değerleme lisans programı açılmış olmasına rağmen henüz eğitime başlamamışlardır. Tablodaki tüm üniversitelerde örgün eğitim verilmektedir. Eğitim dili Yeditepe Üniversitesi Gayrimenkul

Geliştirme ve Yönetimi lisans programında İngilizce iken diğer tüm üniversitelerde Türkçedir. Bu programların akademik kadroları incelendiğinde Ankara Üniversitesi Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümünün akademik kadro sayısı ve çeşitliliği dikkat çekmektedir. Yine Ankara Üniversitesi Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümü verilen 56 zorunlu ve 14 seçmeli ders ile dikkat çekmektedir. Diğer üniversitelerde verilen toplam ders sayıları birbirine yakındır.

Tablo 2. Lisans programı kapsamında taşınmaz değerlendirme eğitimi veren üniversiteler

Yükseköğrenim kurumu türü	Lisans programının adı	Bağlı olduğu yükseköğrenim kurumu	Aktif/Pasif	Örgün Öğretim /İkinci Öğretim	Programın Dili (Türkçe/İngilizce)	Ders Sayıları (Toplam/Zorunlu/Seçmeli)	Kontenjan (2018-2019 yılı)	Öğretim üyesi dağılımı (Toplam/Prof.Dr./Doçent Dr./Dr. Öğr. Üy./Öğr. Gör.)
Özel-Vakıf Üniversiteleri	Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümü	Ankara Ü., Uygulamalı Bilimler Fakültesi	Aktif	Örgün Öğretim	Türkçe	70/56/14	80	17/6/3/1/7
	Gayrimenkul ve Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi	Yeditepe Ü., Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu	Aktif	Örgün Öğretim	İngilizce	46/40/6	17	5/1/1/3/-

Devlet Üniversiteleri	Gayrimenkul ve Varlık Değerleme	Kadir Has Ü., Uygulamalı Bilimler Fakültesi	Aktif	Örgün Öğretim	Türkçe	48/39/9	20	6/1/-/5/-
	Gayrimenkul ve Varlık Değerleme	İstanbul Arel Ü., Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu	Aktif	Örgün Öğretim	Türkçe	50/48/2	14	4/-/2/2/-
	Gayrimenkul ve Varlık Değerleme	Bandırma 17 Eylül Ü., Ömer Seyfettin Uygulamalı Bilimler Fakültesi	Pasif	-	-	-	-	-
	Gayrimenkul ve Varlık Değerleme	Giresun Ü., Şebinkarahisar Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu	Pasif	-	-	-	-	-

Lisansüstü programı kapsamında taşınmaz değerlendirme eğitim veren üniversiteler Tablo 3'te verilmiştir. Tablo 3'e göre beş üniversite lisansüstü eğitimi vermektedir. Bunlardan İstanbul Esenyurt Üniversitesi Gayrimenkul Değerleme ve

Finansmanı programında örgün öğretim yapılırken, Karadeniz Teknik Üniversitesi Taşınmaz Değerleme ve Geliştirme programında ikinci öğretim yapılmaktadır. Diğer üç üniversitede ise uzaktan eğitim yapılmaktadır.

Tablo 3. Lisansüstü programı kapsamında taşınmaz değerlendirme eğitim veren üniversiteler

Lisansüstü programının adı	Bağlı olduğu yükseköğretim kurumu	Aktif/Pasif	Örgün Öğretim/İkinci Öğretim/Uzaktan Öğretim	Programın Dili (Türkçe/İngilizce)	Ders Sayıları (Toplam /Zorunlu/Seçmeli)	Kontenjan	Öğretim üyesi dağılımı (Toplam/Prof.Dr./Doçent Dr./Dr. Öğr. Üy./Öğr. Gör.)
Gayrimenkul Değerleme ve Finansmanı (Tezsiz Yüksek Lisans)	İstanbul Esenyurt Ü.	Aktif	Örgün Öğretim	Türkçe	10/5/5	-	6/1/-/5/-
Gayrimenkul Finansmanı ve Değerleme (Tezsiz Yüksek Lisans)	İstanbul Okan Ü.	Aktif	Uzaktan Eğitim	Türkçe	10/7/3	-	5/3/1/-/1
Taşınmaz Değerleme ve Geliştirme (Tezsiz Yüksek Lisans)	19 Mayıs Ü.	Aktif	Uzaktan Eğitim	Türkçe	11/11/-	50	11/7/3/1/-
Taşınmaz Değerleme ve Geliştirme (Tezsiz Yüksek Lisans)	Tekirdağ Namık Kemal Ü.	Aktif	Uzaktan Eğitim	Türkçe	-	80	15/4/1/10/-
Taşınmaz Değerleme Ve Geliştirme (Tezsiz Yüksek Lisans)	Karadeniz Teknik Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü,	Aktif	İkinci Öğretim	Türkçe	10/5/5	60	14/4/6/4/-

Türkiye'de taşınmaz değerlendirme yapabilmesi için Konut Değerleme Lisansı veya daha geniş kapsamlı Gayrimenkul Değerleme Lisansı alınması şarttır. Bu lisansları alabilmek için SPL tarafından düzenlenen sınavlarda başarılı olmak gerekmektedir (Nişancı, 2005; Erdem, 2017; Çay ve Boz, 2018; Ertaş, 2018; URL-4). Gayrimenkul Değerleme (GD) ve Konut Değerleme (KD) Lisansı sınav konuları ve alt konu başlıkları ile ders, lisans ve lisansüstü düzeyde verilen ders içerikleri Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6'da karşılaştırılmıştır. *Dar kapsamlı Sermaye Piyasası Mevzuatı ve Meslek Kuralları ile Gayrimenkul Değerleme Esasları* konu başlıkları her iki lisanslama için ortak konulardır. Tablo 4'te ders düzeyinde taşınmaz değerlendirme eğitimi veren programlardaki

ders içeriklerinin Gayrimenkul Değerleme ve Konut Değerleme Lisansı sınav konuları ve alt konu başlıkları ile ne derecede uyumlu olduğu analiz edilmiştir. Burada, ders adında "Değerleme" ibaresi geçen dersler sadece dikkate alınmıştır. Tek tek incelenen ders içerikleri, lisanslama sınav konularının göre "uyumlu", "kısmen uyumlu" ve "uyumsuz" olarak nitelendirilmiştir. Buna göre tüm lisanslama sınav konularına uyumlu ders içeriği bulunamamıştır. Bunun temel sebebi çok geniş bir kapsamı olan lisanslama sınav konularının tek bir ders içerisinde anlatılmasının mümkün olamamasıdır. Verilen derslerin büyük bir çoğunluğu Gayrimenkul Değerleme Esasları konu başlığıyla uyumludur. Gayrimenkul Mevzuatı konu başlığı

açısından ise bu durum kısmen uyumlu olarak gerçekleşmektedir. Verilen derslerin içeriği, *Dar kapsamlı Sermaye Piyasası Mevzuatı ve Meslek Kuralları* ile *İnşaat ve Gayrimenkul Muhasebesi* konu başlıkları ile birkaç üniversite (Bunlarda kısmen uyumludur) haricinde uyumsuzdur.

Tablo 5'te *Gayrimenkul Değerleme ve Konut Değerleme Lisansı* Sınav konuları ve alt konu başlıkları içeriğine göre hazırlanmış; lisans düzeyinde eğitim veren programlardaki zorunlu ve seçmeli ders sayıları verilmiştir. Lisans sınav alt konu başlıklarını içeren zorunlu ve seçmeli ders sayısı ile ilgili programların sınav konu başlıklarını ne derece kapsadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Tablo 5'e göre tüm üniversitelerin lisans programlarında *Gayrimenkul Değerleme ve Konut Değerleme Lisansı* sınav konuları ve alt konu başlıkları ile ilişkili yeterli sayıda ders verilmektedir. *Gayrimenkul Mevzuatı* ile *Gayrimenkul Değerleme Esasları* konuları ve alt konu başlıkları ile ilişkili verilen ders sayısı diğer iki konu başlığına göre çok daha fazladır. "*İnşaat ve Gayrimenkul Muhasebesi*" ve "*Dar kapsamlı Sermaye Piyasası Mevzuatı ve Meslek Kuralları*" konu başlıklarına ilişkin seçmeli ve zorunlu derslerin sayılarının artırılması bu konuları içeren sınavlardaki başarıyı daha da arttıracaktır.

Tablo 6'da *Gayrimenkul Değerleme ve Konut Değerleme Lisansı* Sınav konuları ve alt konu başlıkları içeriğine göre hazırlanmış lisansüstü eğitim veren programlardaki zorunlu ve seçmeli ders sayıları verilmiştir. Tablo 6'ya göre tüm üniversitelerin lisansüstü programlarında *Gayrimenkul Değerleme Esasları* ile *Gayrimenkul Mevzuatı* konu başlıkları ile ilişkili yeterli sayıda ders verilmektedir. Diğer yandan *Dar kapsamlı Sermaye Piyasası Mevzuatı ve Meslek Kuralları* konu başlığı ile ilişkili dersler sadece üç üniversitede verilmektedir.

Bunlar Okan Üniversitesi, Esenyurt Üniversitesi ve Karadeniz Teknik Üniversitesidir. *İnşaat ve Gayrimenkul Muhasebesi* konu başlığı ile ilişkili olarak Okan üniversitesi hariç diğer dört üniversitede dersler verilmektedir. Bu lisansüstü programların özellikle *Dar kapsamlı Sermaye Piyasası Mevzuatı ve İnşaat ve Gayrimenkul Muhasebesi* sınav konu başlıklarında daha fazla seçmeli ve zorunlu ders açmaları nitelikli değerlendirme uzmanı yetiştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Lisanslama sınavları; kâğıt ortamında ve elektronik ortamda olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir (URL-2). Tablo 7 2016 ile 2018 yılları arasında yapılan lisanslama sınavı ile ilişkili istatistiki bilgiler içermektedir (SPL, 2018). Tablo 7'de verilen istatistiki veriler kullanılarak, yıllar bazında konu başlıklarını göre başarı yüzdesi grafiği oluşturulmuştur. Şekil 1'deki grafiğe göre *Gayrimenkul Değerleme Esasları* ile *İnşaat ve Gayrimenkul Muhasebesi* sınav oturumlarında elde edilen başarı sürekli artarken *Dar kapsamlı Sermaye Piyasası Mevzuatı ve Meslek Kuralları* ile *Gayrimenkul Mevzuatı* sınav oturumlarında elde edilen başarı yüzdesi değişkenlik göstermektedir. 2018 yılında elektronik ortamda yapılan sınavda tüm oturumlarda elde edilen başarı yüzdesi % 40'ın üzerine çıkmıştır. Kâğıt ortamında yapılan SPL sınavına giren adaylar sınavın tamamına ücret yatırdığı için genellikle 4 oturumu da çözmeye çalışmaktadır. Bu durum sınav esnasında strese neden olarak adayların başarısını düşürebilmektedir. Elektronik ortamda yapılan sınavda ise adaylar isterse tek oturuma da girip soruları çözebilmektedir. Tek oturuma hazırlanıp sınava girmek daha kolay olduğu için sınavdaki başarı yüzdesi de buna paralel olarak artmaktadır.

Tablo 4. Ders bazlı taşınmaz değerlendirme eğitiminin sermaye piyasası lisansı sınav kapsamına göre karşılaştırılması

Dersin adı (Z: Zorunlu, S: Seçmeli)	Dersin verildiği kurum	yükseköğretim	Gayrimenkul Değerleme (GD) ve Konut Değerleme (KD) Lisansı Sınav Konuları			
			Dar kapsamlı Sermaye Piyasası Mevzuatı ve Meslek Kuralları (GD ve KD için)	Gayrimenkul Değerleme Esasları (GD ve KD için)	İnşaat ve Gayrimenkul Muhasebesi (GD için)	Gayrimenkul 1 Mevzuatı (GD için)
CBS ile Taşınmaz Değerlemesi (S)	Aksaray Ü., Harita Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Kısmen uyumlu
Gayrimenkul Değerleme (Z)	Çanakkale 18 Mart Ü., Harita Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Uyumlu
Gayrimenkul Değerleme (Z)	Erciyes Ü., Harita Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Kısmen uyumlu
Gayrimenkul Değerleme Uygulamaları (S)	Erciyes Ü., Harita Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	- Uyumsuz	- Uyumsuz
SPL Dar Kapsamlı Sermaye Piyasası Mevzuatı (S)	Erciyes Ü., Harita Müh. Böl.		- Uyumsuz	- Uyumsuz	- Uyumsuz	-Uyumlu
SPL Gayrimenkul Değerleme Esasları (S)	Erciyes Ü., Harita Müh. Böl.		- Kısmen uyumlu	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Kısmen uyumlu
Taşınmaz Geliştirmesi ve Değerlemesi (Z)	Okan Ü., Geomatik Müh. Böl.		- Kısmen uyumlu	-Uyumlu	-Kısmen uyumlu	-Kısmen uyumlu
Taşınmazların Değerlendirilmesi (S)	Gümüşhane Ü., Harita Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Uyumlu
Taşınmaz Değerlemesi (S)	Necmettin Erbakan Ü., Harita Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Kısmen uyumlu
Taşınmaz Değerlemesi (S)	Niğde Ömer Halisdemir Ü., Harita Müh. Böl.		- Kısmen uyumlu	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Kısmen uyumlu
Taşınmaz Değerlemesi (Z)	Hacettepe Ü., Geomatik Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Kısmen uyumlu
Taşınmaz Değerlemesi (S)	Cumhuriyet Ü., Geomatik Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Uyumlu
Taşınmaz Değerlemesi (S)	Osmaniye Korkut Ata Ü., Harita Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Uyumlu
Taşınmaz Değerlemesi (Z)	Artvin Çoruh Ü., Harita Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Uyumlu
Taşınmaz Değerlemesi (Z)	Yıldız Teknik Ü., Harita Müh. Böl.		- Kısmen uyumlu	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Kısmen uyumlu
Taşınmaz Değerlemesi (Z)	İstanbul Teknik Ü. Geomatik Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Kısmen uyumlu
Taşınmaz Değerlemesi (Z)	Karadeniz Teknik Ü., Harita Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Uyumlu
Taşınmaz Değerlemesi (Z)	Kocaeli Ü., Harita Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Kısmen uyumlu
Taşınmaz Değerlemesi (S)	Bülent Ecevit Ü., Geomatik Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Kısmen uyumlu
Taşınmaz Mal Değerlemesi (Z)	Harran Ü., Harita Müh. Böl.		- Kısmen uyumlu	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Kısmen uyumlu
Taşınmaz Mal Değerlemesi (S)	Konya Teknik Ü., Harita Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	- Uyumsuz	-Kısmen uyumlu
Taşınmaz Mal Değerlemesi Uygulaması (S)	Harran Ü., Harita Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	-Kısmen uyumlu	- Uyumsuz
Taşınmaz Mal Değerlemesi Uygulaması (S)	Afyon Kocatepe Ü., Harita Müh. Böl.		- Uyumsuz	-Uyumlu	-Kısmen uyumlu	-Kısmen uyumlu

Tablo 5. Lisans düzeyinde taşınmaz değerlendirme eğitiminin sermaye piyasası lisansı sınav kapsamına göre karşılaştırılması

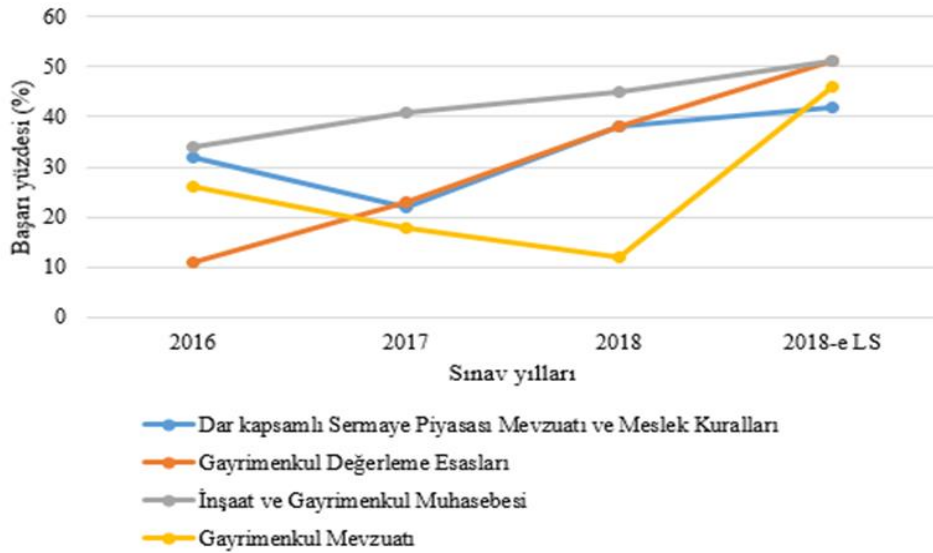
Lisans düzeyinde eğitim veren üniversiteler ve program adları		Gayrimenkul ve Yarıklı Değerleme (İstanbul Arel Üniversitesi)	Gayrimenkul ve Yarıklı Değerleme (Kadir Has Üniversitesi)	Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi (Yeditepe Üniversitesi)	Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi (Aukara Üniversitesi)
		Sınav alt konu başlıkları ile ilişkili zorunlu (Z) ve seçmeli (S) ders sayısı			
Gayrimenkul Değerleme (GD) ve Konut Değerleme (KD)					
Lisans Sınav Konuları ve Alt Konu Başlıkları					
Dar kapsamlı Sermaye Piyasası Mevzuatı ve Meslek Kuralları (GD ve KD için)	Sermaye Piyasası (SP) Kanunu	1 (Z)	2 (Z)	1 (Z)	1 (Z), 1 (S)
	SP ile İlgili Diğer Düzenlemeler ve Kavramlar	2 (Z)	3 (Z)	1 (Z)	1 (Z), 1 (S)
	Ozel Durumlar Tebliği	1 (Z)	-	-	-
	Kurumsal Yönetim Tebliği	-	-	-	-
	Yatırım Fonlarına İlişkin Esaslar Tebliği	1 (Z)	4 (Z)	1 (Z)	2 se(S)
	Türkiye Sermaye Piyasaları Birliği (TSPB) Üyelerinin Meslek Kuralları ve SP Çalışanlarının Etik İlkeleri	1 (Z)	2 (Z)	1 (Z)	2 (S)
	TSPB Üyelerinin SP Faaliyetlerini Yürütürken Uyacakları Meslek Kuralları	1 (Z)	1 (Z)	-	1 (S)
	SP Çalışanları Etik İlkeleri ve Davranış Kuralları	1 (Z)	1 (Z)	1 (Z)	1 (Z), 1 (S)
Gayrimenkul Değerleme Esasları (GD ve KD için)	Değerleme Bilimi ve Değerleme Uzmanlığına İlişkin Temel Kavramlar ve Çerçeve	3 (Z), 2 (S)	6 (Z)	4 (Z)	5 (Z), 1 (S)
	Değerleme Konusu Olan Malların Sınıflandırılması	3 (Z), 1 (S)	4 (Z)	3 (Z)	5 (Z), 2 (S)
	Değerleme Süreci ve Yöntemleri	5 (Z), 1 (S)	6 (Z)	3 (Z)	5 (Z), 2 (S)
	Değerleme Matematiği ve Uygulamaları	9 (Z)	5 (Z)	4 (Z)	5 (Z), 2 (S)
	Gayrimenkul Piyasaları ve Kurumları	2 (Z), 1 (S)	7 (Z)	6 (Z)	6 (Z), 9 (S)
	Gayrimenkul Finansmanı ve Araçları	1 (Z), 3 (S)	5 (Z)	6 (Z)	6 (Z), 5 (S)
	Değerlemeye İlişkin Düzenlemeler ve Örgütler	3 (Z), 1 (S)	3 (Z)	4 (Z)	3 (Z)
İnşaat ve Gayrimenkul Muhasebesi (GD için)	Muhasebenin Tanımı, Fonksiyonları ve Temel Kavramları	2 (Z)	3 (Z)	3 (Z), 1 (S)	4 (Z)
	İnşaat ve Gayrimenkullere (İG) İlişkin Temel Kavramlar	10 (Z)	4 (Z)	4 (Z), 1 (S)	6 (Z), 4 (S)
	İnşaat İşletmelerinde Maliyet Hesaplamaları, Muhasebe ve Vergi Uygulamaları	3 (Z)	5 (Z)	4 (Z), 1 (S)	6 (Z), 5 (S)
	İnşaat İşlerinde Asgari İşçilik Uygulamaları	1 (Z)	1 (Z)	2 (Z), 1 (S)	6 (Z), 4 (S)
	İG İlişkin Türkiye Muhasebe Standartları	1 (Z)	3 (Z)	3 (Z), 1 (S)	2(Z), 3 (S)
Gayrimenkul Mevzuatı (GD için)	SP Mevzuatı Çerçevesinde Gayrimenkul Değerleme Hizmeti Verecek Şirketler ile Bu Şirketlerin Kurulca Listeye Alınmalarına İlişkin Esaslar Hakkında Tebliğ	1 (Z)	1 (Z)	1 (Z)	1 (Z) 2 (S)
	Türk Medeni Kanunu'nun Taşınmaz Mülkiyetine, Sınırlı Aynı Haklara, Zilyetlik ve Tapu Siciline İlişkin Hükümleri	10 (Z)	3 (Z)	2 (Z)	6 (Z), 4 (S)
	İmar Kanunu	8 (Z)	4 (Z)	3 (Z)	8 (Z), 1 (S)
	İskân Kanunu	8 (Z)	4 (Z)	3 (Z)	8 (Z), 1 (S)
	Kat Mülkiyeti Kanunu	8 (Z)	4 (Z), 3 (Z)	3 (Z)	6 (Z), 1 (S)
	Belediye Kanunu	8 (Z)	4 (Z)	3 (Z)	8 (Z), 1 (S)
	Büyükşehir Belediyesi Kanunu	8 (Z)	4 (Z)	3 (Z)	8 (Z), 1 (S)
	Kamulaştırma Kanunu	8 (Z)	4 (Z)	3 (Z)	3 (Z), 1 (S)
	Tapu Kanunu ve İlgili Mevzuat	8 (Z)	4 (Z)	3 (Z)	3 (Z), 2 (S)
	Kadastro Kanunu	8 (Z)	4 (Z)	3 (Z)	5 (Z), 1 (S)
	Yapı Denetimi Hakkında Kanun	8 (Z)	4 (Z)	3 (Z)	7 (Z), 2 (S)
	Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun	8 (Z)	5 (Z)	2 (Z)	8 (Z), 2 (S)
	Taşınmaz Kiralarına İlişkin Mevzuat	6 (Z)	4 (Z)	4 (Z)	6 (Z), 1 (S)
	Emlak Vergisi Kanunu	6 (Z)	5 (Z)	4 (Z)	7 (Z), 2 (S)
	Gayrimenkul Alım-Satım ve İnşa Kazançlarının Vergilendirilmesi	6 (Z)	6 (Z)	4 (Z)	6 (Z), 2 (S)
	Gayrimenkullerin Kiraya Verilmesinden Elde Edilen Kazançların Vergilendirilmesi	6 (Z)	6 (Z)	4 (Z)	6 (Z), 2 (S)
	Türkiye Değerleme Uzmanları Birliği Statüsü	6 (Z)	-	-	1 (Z)

Tablo 6. Lisansüstü taşınmaz değerlendirme eğitiminin sermaye piyasası lisansı sınav kapsamına göre karşılaştırılması

Lisansüstü eğitim veren üniversiteler ve program adları		Gayrimenkul Finansmanı ve Değerleme (Tezsis Yüksek Lisans) (Okan Üni.)	Gayrimenkul Değerlemesi ve Finansmanı (Tezsis Yüksek Lisans) (Esenyurt Üni.)	Taşınmaz Değerleme ve Geliştirme (Tezsis Yüksek Lisans) (19 Mayıs Üni.)	Taşınmaz Değerleme ve Geliştirme (Tezsis Yüksek Lisans) (Namiik Kemal Üni.)	Taşınmaz Değerleme Ve Geliştirme (Tezsis Yüksek Lisans) (Karadeniz Teknik Üni.)	Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi (Tezsis Yüksek Lisans) (Ankara Üni.)
		Sınav alt konu başlıkları ile ilişkili zorunlu (Z) ve seçmeli (S) ders sayısı					
Dar kapsamlı Sermaye Piyasası Mevzuatı ve Meslek Kuralları (GD ve KD için)	Sermaye Piyasası (SP) Kanunu	1 (Z)	1 (Z)	-	-	1 (Z)	1 (Z)
	SP ile İlgili Diğer Düzenlemeler ve Kavramlar	1 (Z)	1 (Z)	-	-	1 (Z)	1 (Z)
	Ozel Durumlar Tebliği	1 (Z)	-	-	-	1 (Z)	-
	Kurumsal Yönetim Tebliği	-	-	-	-	1 (Z)	-
	Yatırım Fonlarına İlişkin Esaslar Tebliği	1 (Z)	1 (Z)	-	-	1 (Z)	-
	Türkiye Sermaye Piyasaları Birliği (TSPB) Uyelerinin Meslek Kuralları ve SP Çalışanlarının Etik İlkeleri	1 (Z)	1 (Z)	-	-	1 (Z)	1 (Z)
	TSPB Uyelerinin SP Faaliyetlerini Yürütürken Uyacakları Meslek Kuralları	1 (Z)	1 (Z)	-	-	1 (Z)	1 (Z)
	SP Çalışanları Etik İlkeleri ve Davranış Kuralları	-	1 (Z)	-	-	1 (Z)	1 (Z), 1(S)
Gayrimenkul Değerleme Esasları (GD ve KD için)	Değerleme Bilimi ve Değerleme Uzmanlığına İlişkin Temel Kavramlar ve Çerçeve	1 (Z)	1 (Z)	1 (Z)	1 (Z)	4 (Z)	1(S)
	Değerleme Konusu Olan Malların Sınıflandırılması	1 (Z)	3 (Z)	2 (Z)	3 (Z)	3 (Z)	-
	Değerleme Süreci ve Yöntemleri	1 (Z)	3 (Z)	2 (Z)	3 (Z)	3 (Z)	1 (Z), 1(S)
	Değerleme Matematiği ve Uygulamaları	1 (Z)	3 (Z)	2 (Z)	3 (Z)	3 (Z)	1 (Z), 1(S)
	Gayrimenkul Piyasaları ve Kurumları	1 (Z)	4 (Z)	3 (Z)	3 (Z)	2 (Z)	1(S)
	Gayrimenkul Finansmanı ve Araçları	1 (Z)	4 (Z)	3 (Z)	3 (Z)	2 (Z)	1 (Z), 2(S)
	Değerlemeye İlişkin Düzenlemeler ve Örgütler	1 (Z)	1 (Z)	1 (Z)	3 (Z)	3 (Z)	1(S)
İnşaat ve Gayrimenkul Muhasebesi (GD için)	Muhasebenin Tanımı, Fonksiyonları ve Temel Kavramları	-	1 (Z)	1 (Z)	1 (Z)	1 (Z)	1(S)
	İnşaat ve Gayrimenkullere (İG) İlişkin Temel Kavramlar	-	3 (Z)	1 (Z)	1 (Z)	4 (Z)	2(S)
	İnşaat İşletmelerinde Maliyet Hesaplamaları, Muhasebe ve Vergi Uygulamaları	-	3 (Z)	2 (Z)	1 (Z)	2 (Z)	2(S)
	İnşaat İşlerinde Asgari İşçilik Uygulamaları	-	2 (Z)	1 (Z)	1 (Z)	2 (Z)	1(S)
	İG İlişkin Türkiye Muhasebe Standartları	-	2 (Z)	1 (Z)	1 (Z)	1 (Z)	-
Gayrimenkul Mevzuatı (GD için)	SP Mevzuatı Çerçevesinde Gayrimenkul Değerleme Hizmeti Verecek Şirketler ile Bu Şirketlerin Kurulca Listeye Alınmalarına İlişkin Esaslar Hakkında Tebliğ	-	1 (Z)	1 (Z)	-	-	-
	Türk Medeni Kanunu'nun Taşınmaz Mülkiyetine, Sınırlı Aynı Haklara, Zilyetlik ve Tapu Siciline İlişkin Hükümleri	2 (Z)	2 (Z)	1 (Z)	2 (Z)	2 (Z)	1 (Z)
	İmar Kanunu	3 (Z)	5 (Z)	2 (Z)	2 (Z)	5 (Z)	1 (Z), 1(S)
	İşkan Kanunu	3 (Z)	5 (Z)	2 (Z)	2 (Z)	4 (Z)	2 (Z)
	Kat Mülkiyeti Kanunu	3 (Z)	4 (Z)	1 (Z)	2 (Z)	2 (Z)	2 (Z), 1(S)
	Belediye Kanunu	3 (Z)	5 (Z)	2 (Z)	2 (Z)	4 (Z)	2 (Z)
	Büyükşehir Belediyesi Kanunu	3 (Z)	5 (Z)	2 (Z)	2 (Z)	4 (Z)	2 (Z)
	Kamulaştırma Kanunu	3 (Z)	4 (Z)	2 (Z)	2 (Z)	3 (Z)	2 (Z)
	Tapu Kanunu ve İlgili Mevzuat	2 (Z)	4 (Z)	1 (Z)	2 (Z)	1 (Z)	2 (Z)
	Kadastro Kanunu	3 (Z)	4 (Z)	1 (Z)	2 (Z)	1 (Z)	3 (Z)
	Yapı Denetimi Hakkında Kanun	3 (Z)	4 (Z)	1 (Z)	2 (Z)	2 (Z)	3 (Z)
	Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun	4 (Z)	3 (Z)	1 (Z)	2 (Z)	2 (Z)	2 (Z)
	Taşınmaz Kiralarına İlişkin Mevzuat	3 (Z)	3 (Z)	1 (Z)	2 (Z)	1 (Z)	2 (Z)
	Emlak Vergisi Kanunu	2 (Z)	4 (Z)	1 (Z)	3 (Z)	2 (Z)	2 (Z)
	Gayrimenkul Alım-Satım ve İnşaa Kazançlarının Vergilendirilmesi	2 (Z)	4 (Z)	1 (Z)	2 (Z)	2 (Z)	1 (Z)
	Gayrimenkullerin Kiraya Verilmesinden Elde Edilen Kazançların Vergilendirilmesi	2 (Z)	4 (Z)	1 (Z)	2 (Z)	2 (Z)	1 (Z)
	Türkiye Değerleme Uzmanları Birliği Statüsü	-	1 (Z)	-	-	1 (Z)	-

Tablo 7. 2016 yılından itibaren yapılan sermaye piyasası lisanslama (SPL) sınavına ilişkin istatistik bilgileri

Gayrimenkul Değerleme (GD) ve Konut Değerleme (KD) Lisansı Sınav Konuları	Sermaye Piyasası Lisanslama (SPL) Sınav Yılları											
	2016			2017			2018			2018 e-LS		
	Katılım Sayısı	50 ve 50+ Puan Alan Kişi Sayısı	Başarı Oranı (%)	Katılım Sayısı	50 ve 50+ Puan Alan Kişi Sayısı	Başarı Oranı (%)	Katılım Sayısı	50 ve 50+ Puan Alan Kişi Sayısı	Başarı Oranı (%)	Katılım Sayısı	50 ve 50+ Puan Alan Kişi Sayısı	Başarı Oranı (%)
Dar kapsamlı Sermaye Piyasası Mevzuatı ve Meslek Kuralları (GD ve KD için)	32.647	10.564	%32	33.033	6.606	%20	11.274	4.284	%38	4.691	1970	%42
Gayrimenkul Değerleme Esasları (GD ve KD için)	10.912	1.182	%11	16.735	3.849	%23	4.318	1.641	%38	3.203	1602	%51
İnşaat ve Gayrimenkul Muhasebesi (GD için)	7.226	2.426	%34	13.716	5.624	%41	3.736	1.681	%45	2.302	1.151	%51
Gayrimenkul Mevzuatı (GD için)	9.545	1.976	%26	15.361	2.765	%18	4.427	531	%12	3.811	1.753	%46

**Şekil 1.** Yıllara göre sermaye piyasası lisanslama (SPL) sınavı başarı yüzdesi

4. TARTIŞMA

Sürdürülebilir bir taşınmaz değerlendirme yapısı oluşturabilmek için gerekli olan en önemli aktörlerden biri taşınmaz değerlendirme uzmanıdır. Taşınmaz değerlendirme uzmanının yetişmesinde güncel, sektörün ihtiyaçlarını dikkate alan, uluslararası gelişme ve standartlara uygun olarak hazırlanan taşınmaz değerlendirme eğitiminin katkısı

oldukça büyüktür (McParland vd., 2002). Taşınmaz değerlemenin kullanılmaya başlandığı dönemlerde bu alanda ihtiyaç duyulan eğitim daha çok harita mühendisliği bölümü bünyesinde verilen taşınmaz değerlendirme dersi ile karşılanmaktaydı. Ders bazında verilen taşınmaz değerlendirme eğitimi oldukça yetersiz kalmaktadır. Bunun temel sebebi taşınmaz değerlemenin tek bir derste anlatılamayacak kadar çok geniş bir içeriğe sahip olmasıdır. Ders bazında

eğitim alan kişiler taşınmaz değerlendirme sektörünün ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalmıştır. Taşınmaz değerlemenin öneminin ve kullanım alanının artmasıyla birlikte son yıllarda üniversitelerde lisans ve lisansüstü düzeyde eğitim veren yeni programlar açılmaya başlamıştır. Bu programlar kapsamında verilen derslerin içeriğinin, SPL lisansı sınavına ve sektörün beklentilerine daha uygun olduğu gözlemlenmiştir. Fakat sektörün sürekli gelişmesiyle birlikte yeni ders içeriklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda bu ihtiyacı dikkate alarak ders içerikleri sürekli güncellenmesi sektörün ihtiyacı olan donanım ve eğitime sahip olan mezunların yetiştirilmesinde oldukça önemlidir. Güncel ve sektörün ihtiyacına cevap veren ders içerikleri ancak nitelikli akademik kadro tarafından verilebilir. Taşınmaz değerlendirme yoğun olarak harita mühendisliği, inşaat harita mühendisliği, mimarlık, şehir ve bölge planlama, ekonomi ve finans alanları ile ilişkilidir. Bu nedenle ideal bir taşınmaz değerlendirme eğitimi verebilmek için bu alanlarda uzman akademik kadronun oluşturulması gerekmektedir. Lisans ve lisansüstü düzeyde eğitim veren üniversitelerin akademik kadroları incelendiğinde genel olarak yetersiz olduğu söylenebilir. Bazı lisans programların akademik kadrosunda taşınmaz sektörü ile alakası olmayan alanda uzmanlaşmış kişiler bulunmaktadır. Örneğin kimya mühendisliği, tekstil mühendisliği, bilgi yönetim sistemi gibi alanlarda uzman kişiler değerlendirme eğitimi vermektedir. Bu durum verilen taşınmaz değerlendirme eğitimi olumsuz etkilemektedir. Taşınmaz değerlendirme eğitimi için asıl ihtiyaç duyulan *Harita Mühendisliği, İnşaat Mühendisliği, Şehir ve Bölge Planlama, İktisat* gibi bölümlerde ise öğretim üyesi eksikliği bulunmaktadır. Taşınmaz değerlemeye uzmanı adayının, ya da lisans almış uzmanın eğitimi açısından konulmuş koşul bulunmamaktadır (Köktürk, 2009). Sınavdan yeterli puanı almak ve gerekli mesleki tecrübe şartını yerine getirmek şuan ki yerine getirilmesi gereken şartlardır. Bu açıdan bakıldığında 4 yıllık yüksekokul mezunu herkes için lisans alma yolu açıktır. Dünyadaki uygulamalarda ise taşınmaz değerlendirmeyle ilişkili 4 yıllık okul mezunu olma şartı aranmaktadır (Köktürk, 2009). Bu nedenle ülkemizde lisans almak için taşınmaz değerlendirme konusunda alınmış bir eğitim koşulu yerinde olacaktır.

SPL sınavının kâğıt ortamına ek olarak elektronik ortamda ve sıklıkla yapılması olumlu bir gelişmedir. Böylelikle lisans alma süreci daha da kısaltacaktır. Lisans alma başarısı gösteren kişilerin bu hakkını kullanabilmesi için tecrübe şartı gereklidir. Bu süre Konut Değerleme Uzmanları için en az 1 yıl, Gayrimenkul Değerleme Uzmanları için en az 3 yıldır (URL-3). Bu kişiler Uzman Yardımcısı sıfatıyla değerlendirme şirketlerinde imza yetkisi olmaksızın istenilen sürelerde değerlendirme çalışmaları yaparak asgari tecrübe şartını yerine getirmiş olurlar.

Konut değerlemede sadece konutların değeri belirlenmektedir. Gayrimenkul değerlendirme de ise konut değerlemeye ek olarak ilgili konuta ilişkin hak ve faydalarda değerlendirilmektedir. Dolayısıyla gayrimenkul değerlendirme sınav konuları konut değerlendirme sınav konularını da içine alan bir yapıda hazırlanmıştır. 2018 yılında yapılan toplam değerlendirme raporları içinde konut nitelikli taşınmazlara ait raporlar % 67'lik bir paya sahiptir (TDUB, 2019). Bu veri konut değerlemenin gayrimenkul değerlendirme içerisinde önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir.

2017 yılında 1.159.568 adet gayrimenkul değerlendirme raporu hazırlanmışken, 2018 yılında 867.546 adet rapor hazırlanmıştır. 2018 yılındaki Toplam 867.546 raporda 1.843.253 bağımsız taşınmaz değerlendirme yapılmıştır. Bu taşınmazların 921.582 adedi konuttur. Konutun toplam taşınmazlar içindeki oranı % 50'dir. Konutu %9 ile dükkan, % 7 ile tarla, % 6 ile arsa ve % 5 ile ofis, % 1 ile fabrika ve % 1 ile imalathane nitelikli taşınmazlar takip etmektedir (TDUB, 2019). Bunların dışındaki diğer taşınmazların oranı ise % 21'dir. Konut içerikli değerlendirme raporunun önemli bir yüzdeye sahiptir. Bu nedenle "Gayrimenkul Değerleme Esasları" ve "Gayrimenkul Mevzuatı" sınav alt konuları bu değerlendirme türü için oldukça önemlidir. Herhangi bir 4 yıllık Yükseköğretim programı mezunu olan kişi sınavda başarılı olması durumunda gayrimenkul değerlendirme lisansı almaya hak kazanabilmektedir. Benzer şekilde 2 yıllık Yükseköğretim programı mezunu olan kişide sınavda başarılı olması durumunda konut değerlendirme lisansı almaya hak kazanabilmektedir.

Sınavda başarılı olma kriteri her bir sınav oturumu için 50 puan ve toplamda 4 oturumun ortalaması olarak en az 60 puan almaktır. Dolayısıyla bazı oturumlarda alınan 90, 100 puan gibi yüksek puanlar sayesinde diğer oturumlardan daha düşük (en az 50 puan) olsa da aday başarılı sayılmaktadır. Bu durum adayın düşük aldığı sınav oturum konularına yeterince hakim olmadan lisans verilmesine sebep olmaktadır. Bu şekilde lisans almaya hak kazanmış adaylar değerlendirme raporu hazırlarken zorlanabilmektedir. Gayrimenkul ve varlık değerlendirme bölümünden mezun olmayan mühendislik, şehir bölge planlama, İİBF mezunu lisans sahibi kişiler genelde bu gruba girmektedir. Bu kişilere ek kriterler getirilmesi veya ilgili alanda yüksek lisans yaptırılması daha nitelikli değerlendirme uzmanı yetiştirilmesine katkı sunacaktır.

Gayrimenkul Değerleme ve Konut Değerleme Lisansı sınavlarının alt konu başlıklarına göre elde edilen başarı yüzdesi % 50 ve daha altı şeklinde gerçekleşmiştir (Bakınız Şekil 1). Bu durum sınav konuları ile üniversitelerde verilen değerlendirme eğitiminin birbiriyle tam uyumunu göstermektedir. Bu nedenle sınav konuları ile değerlendirme eğitimi içeriğinin birlikte oluşturulması gerekmektedir. Özellikle gayrimenkul mevzuatı ile ilgili bölümde sorulan soruların adayların

cevaplayabileceği düzeyde hazırlanması bu bölümdeki başarı yüzdesini artıracaktır.

6754 sayılı Bilirkişilik Kanununun 39'uncu maddesi ile 2942 sayılı Kanunun 15'inci maddesinde yapılan değişikliğe göre Kamulaştırma davalarında SPL lisanslı değerlendirme uzmanı haricinde taşınmaz değerlendirme ve geliştirme alanında yüksek lisans veya doktora yapmış kişiler bilirkişi olarak atanabilmektedir. Bu yasal ifadeye göre taşınmaz değerlendirme ve geliştirme alanında yüksek lisans veya doktora yapmış kişiler değerlendirme lisansına sahip kişiler ile eş tutulmuştur. Bu bakımdan oldukça faydalı bir değişiklik olmuştur. Benzer şekilde, diğer yasalarda ve değerlemeye ilişkin mevzuatta da değişik yapılmalı ve bu gibi kişilerin bilgi birikimlerinden faydalanmalıdır.

90'lı yılların sonuna doğru ülkemize sermaye girişi öncelikli olarak taşınmazlar üzerinden sağlanmıştır (Ertaş, 2015). Bu gelişmenin etkisiyle taşınmazların değer ile ilgili özelliklerinin güvenilir, gerçek zamanlı ve doğru bir şekilde kaydedilme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu ihtiyacı gidermek için tüm 4 yıllık lisans mezunu kişilerin sınavda başarılı olmak kaydı ile değerlendirme lisansı almasının önü açılmıştır. O dönemde ihtiyaç giderilse de lisans eğitimi ilgili alanda olmayan bu kişilerin değerlendirme konusunda yetersiz kaldığı görülmüştür. Günümüzde ise gayrimenkul değerlendirme ve geliştirme alanında verilen lisans eğitimi ile alanında daha nitelikli değerlendirme uzmanı yetiştirilmesi mümkün olmuştur. Bu bakımdan değerlendirme lisansı almak için gerekli şartlardan biri olan 4 yıllık yükseköğrenim mezunu kriterine bir sınırlama getirilmesi uygun olacaktır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Taşınmaz değerlemesi, bilimsel yöntemlere dayalı, doğru ve tarafsız olarak yapılması gereken bir alandır. Ayrıca, içerdiği hukuki, ekonomik, yapı bilgisi gibi konular bakımından birçok meslek ile iç içedir. Bu nedenle karşılaştırma, hesaplama yapabilme, rapor hazırlama bilgi ve becerilere sahip olunmasını gerektiren bir meslek dalıdır. Bu yeterliliklerin taşınmaz değerlendirme sektöründe faaliyet gösterecek kişilere kazandırılabilmesi için güncel, yeterli, ulusal ve uluslararası akreditasyon ilkeleri ve ölçütleri ile uyumlu bir eğitim verilmesi şarttır. Taşınmaz değerlendirme uzmanının; yoğun bir haritacılık ve istatistik bilgisi yanında taşınmaz değerlendirme mevzuatı, işletme ekonomisi, şehir ve bölge planlama, genel finans ve yerel yönetimler konuları hakkında da temel bilgiye sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle disiplinler arası bir yüksek lisans eğitimi ile gerekli bilgi ve beceriler ilgili kişilere aktarılabilir. Taşınmaz değerlendirme uzmanlığı, sadece kağıt üzerinde öğrenilebilecek bir meslek değil, saha tecrübesi gerektiren, çok sayıda faktörlerin dikkate alınmasını zorunlu kılan özel bir uzmanlık alanıdır. Fakat gayrimenkul ve varlık değerlendirme kapsamında verilen eğitim herhangi bir mühendislik eğitimine karşılık gelmemekle birlikte

mezunlarına doğrudan bir uzmanlıkta sağlamamaktadır. Bu bağlamda lisansüstü düzeyde uzaktan ve tezsiz eğitim şeklinde verilen eğitim içerikleri revize edilmelidir. Bu çerçevede aşağıda taşınmaz değerlendirme eğitimi ile SPL lisanslama sınavına ilişkin çeşitli önerilerde bulunulmuştur:

- Şekil 1'deki grafiğe göre 2018 yılında yapılmaya başlanan elektronik sınav ile başarı yüzdesi daha da artmıştır. Zaman içerisinde kağıt formatında yapılan sınavların tamamen kaldırılıp yerine e-sınav yapılması faydalı olacaktır.
- Son yıllarda yapılan sınavlarda başarı yüzdesi en fazla % 51 (Bakınız Şekil 1) olarak gerçekleşmiştir. Ders, lisans ve lisansüstü düzeyde eğitim veren programların SPL lisans sınavıyla yeterince uyumlu olmaması (Bakınız Tablo 4, 5 ve 6) bu başarı yüzdesinin yükselmesine engel olmuştur. Başarı yüzdesinin daha da artırılması için sınav içeriğine uygun olarak dersler revize edilmelidir.
- Lisans almaya hak kazanmış değerlendirme uzmanlarının değerlendirme faaliyetlerinde daha başarılı olabilmesi için sektörün ihtiyacına yönelik belirlenecek yeni dersler lisans programlarına eklenmelidir.
- Bazı bölümlerde taşınmaz değerlemeye ilişkin dersler verilmektedir. Verilen derslerin sayısı taşınmaz değerlemenin geniş kapsamlı bir olmasından dolayı yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle özellikle ders bazında taşınmaz değerlendirme eğitimi veren bölümlerde ders sayısı artırılmalıdır.
- Taşınmaz değerlendirme tek bir ders kapsamında anlatılamayacak kadar geniş kapsamlı bir alandır. Bu bağlamda taşınmaz değerlemenin bütün boyutlarını ile ilgili eğitimin verildiği lisans düzeyinde programlara ihtiyaç duyulmaktadır. Var olan lisans programlarına ek olarak lisans programları açılmalıdır.
- Faal olarak taşınmaz değerlendirme eğitimi veren bölümlerin akademik kadro sayısı ve çeşitliliği yetersiz kalmaktadır. Özellikle Harita Mühendisliği, İnşaat Mühendisliği, Şehir ve Bölge Planlama, İktisat gibi bölümlerde yetişmiş öğretim üyelerine ihtiyaç vardır. Bu bağlamda taşınmaz değerlendirme konusunda uzman ve tecrübesi olan akademik kadro oluşturulmalıdır.
- Türkiye genelinde 5 üniversitede (Bakınız Tablo 3) taşınmaz değerlemeye ilişkin tezsiz yüksek lisans yapılmaktadır. Taşınmaz değerlendirme eğitimi henüz bir doktor programı açılmamıştır. Ancak amacı bu okullara akademisyen yetiştirmek olan lisansüstü programların halen sayıca az olması taşınmaz değerlendirme eğitimi kadrolarındaki yetersizliğini açıklayan bir

göstergedir. Ayrıca akademik kadro yetiştirilebilmesi için tezli lisansüstü eğitim verilmesi şarttır. Bu bağlamda özellikle tezsiz yüksek lisans programları tezli yüksek lisans programlarına dönüştürülmeli ve doktora programları açılmalıdır.

- Ders, lisans ve lisansüstü düzeyde taşınmaz değerlendirme eğitim-öğretim veren programların, mesleki odalar, ulusal ve uluslararası kurumlarla ilişkisi kurulmalı ve bu kurumların tecrübelerinden faydalanması sağlanmalıdır.
- Taşınmaz değerlendirme sektörü sürekli gelişen ve kendini güncelleyen bir alandır. Bu alanda faaliyet gösteren uzman kişilerin bu değişim takip etmeleri oldukça önemlidir. Bu nedenle, hizmet içi eğitim, ileri seviye eğitim, güncelleme eğitimleri lisansın sürmesinin koşulları olarak zorunlu tutulmalıdır.
- Taşınmaz değerlendirme eğitiminde kalite ve uluslararası akreditasyon kavramları önem kazanmaktadır. Bu bağlamda uluslararası değerlendirme kurumları ile uyumlu ulusal akreditasyon ilkeleri ve ölçütleri belirlenmelidir. Bu duruma bağlı olarak var olan bölümlerin eğitim-öğretim kaliteleri ölçülerek eksiklikleri ve ihtiyaçları belirlenmeli ve bunların giderilmesi sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

- Açlar, A., Demir, H., ve Çağdaş, V. (2003). Taşınmaz değerlendirme uzmanlığı ve jeodezi ve fotogrametri (harita) mühendisliği, *HKMO Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 88, 15-20.
- Büyükkaracığan, N., Altınışık, İ., ve Uzun, H. (2017). Türkiye’de Gayrimenkul Değerleme Çalışmalarında Karşılaşılan Sorunlar Ve Çözüm Önerileri, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, 14,77-91.
- Çay, T., ve Boz, Y. (2018). Gayrimenkul Değerleme Uzmanlığı Yeterlikleri Açısından Gelişmiş Ülkeler ile Türkiye’nin Karşılaştırılması, *AKÜ FEMÜBİD* 18, 959-971.
- Erdem, N. (2017). Türkiye İçin Bir Taşınmaz Değerleme Sistemi Yaklaşımı, *Geomatik Dergisi*, 2(3), p.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*, Cilt 7, Sayı 1, 159-170.
- Erdem, N., (2018b). Türkiye’de Taşınmaz Değerleme Alanında Yapılan Lisansüstü Tezlerinin İçerik Analizi, *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, Cilt 6, Sayı 1,112-126.
- Ertaş, M. (2015). Real Estate Valuation Training In Turkey, *Proceedings of the World Cadastre Summit 2015*, Istanbul, p. 523-533.
- Hışır, M. (2009). Türkiye’de Taşınmaz Değerleme ve Harita Mühendisliği, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı* 11-15 Mayıs 2009, Ankara
- HKMO, (2012). Arazi Yönetiminde Taşınmaz Değerleme ve Kadastro Sempozyumu Sonuç Bildirgesi.
- Köktürk, E. (2009). Taşınmaz Değerleme: Durum Saptaması Ve Yönelimler, *12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Köktürk, E., Çelik, R.N., Özlüdemir, M.T., ve Kılıç, G. (2005). Harita Sektöründe Eğitim-Öğretim Sorununun Boyutları ve Çözüm Önerileri, *10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- McParland, C., Adair, A., ve McGreal, S. (2002) "Valuation standards: A comparison of four European countries", *Journal of Property Investment & Finance*, Vol. 20 Issue: 2, pp.127-141, <https://doi.org/10.1108/14635780210420025>
- Nişancı, R. (2005). CBS ile Nominal Değerleme Yöntemine Dayalı Piksel Tabanlı Kentsel Taşınmaz Değer Haritalarının Üretilmesi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Trabzon, 230 s.
- Poon, J., Hoxley, M., ve Fuchs, W. (2011). Real estate education: an investigation of multiple stakeholder. *Property Management*, Vol. 29 Issue: 5, pp.468-487, <https://doi.org/10.1108/02637471111178146>
- SPL, (2018), Özet Veriler, 2018 Ocak-Haziran Dönemi, <https://www.spl.com.tr/spl/eep/Specific/OEP/Upload/Kurumsal/%C4%B0statistikiRaporlar/2018/TR/1/mobile/index.html#p=1>
- URL-1 <https://www.spl.com.tr/spl/eep/kurumportal/Content/lisans-turleri/40/>
- URL-2 <https://www.spl.com.tr/spl/eep/kurumportal>

/Content/lisanslama-sinavlarina-nasil-basvurulur/535/

URL-3

<https://www.spl.com.tr/spl/eep/kurumportal/Content/tecrube-surelerine-iliskin-lisans-gorev-tablosu/39/>

URL-4 <https://www.spl.com.tr/icerik/lisans-alma-sartlari>

Sakınç, S.Ö., ve Coşkun, S. (2018). Gayrimenkul Değerlemesinin Önemi ve Çorum Merkezde Bir Uygulama, Strategic Researches III: Forum Local to Global (Edited By: Silvius Stanciu, Ali Rıza Gökbnar, Turan Gündüz) p 32-48.

Solmaz, B., Arslan, A., Aydın, B. O., Duğan, Ö. (2012). Türkiye’de Halkla İlişkiler Lisans Eğitimi Üzerine Bir Değerlendirme, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 27, p. 253-269.

TDUB, (2019), 2018 Yılı Değerleme Sektörü Analizi, [https://www.tdub.org.tr/Images/Uploads/TG-BM%20rapor%202018_4%20%C3%87EYREK\(12AY\)%20revize%20v5_AKT_01_03_2019.pdf](https://www.tdub.org.tr/Images/Uploads/TG-BM%20rapor%202018_4%20%C3%87EYREK(12AY)%20revize%20v5_AKT_01_03_2019.pdf)

Vandell, K.D. (2007). Expanding the academic discipline of real estate valuation: A historical perspective with implications for the future. *Journal of Property Investment & Finance*, Vol. 25 Issue: 5, pp.427-443, <https://doi.org/10.1108/14635780710776657>

Warren-Myers, G. (2012). The value of sustainability in real estate: a review from a valuation perspective. *Journal of Property Investment & Finance*, Vol. 30 Issue: 2, pp.115-144, <https://doi.org/10.1108/14635781211206887>

Yomralıoğlu, T., ve Nişancı, R. (2006). Türkiye’de Harita Mühendisliğinin Taşınmaz Değerlemesindeki Rolü, Rapor 1.0, p 1-21.

Yomralıoğlu, T., Nişancı, R., Çete, M., ve Candaş, E. (2011). “Dünya’da ve Türkiye’de taşınmaz değerlemesi”, Türkiye’de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı, 26-27 Mayıs 2011, Okan Üniversitesi, İstanbul.



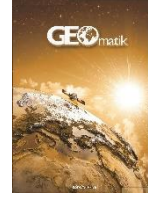
© Author(s) 2021. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



GEOMATİK

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

e-ISSN 2564-6761



Thornthwaite iklim sınıflandırma yöntemine göre Karadeniz Bölgesi iklim sınır haritasının CBS ile üretilmesi

Hüsnüye Ebru Çolak¹, Tuğba Memişoğlu^{*1}

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

Anahtar Kelimeler

İklim sınır haritası
Thornthwaite iklim sınıflama yöntemi
CBS
Kriging enterpolasyon yöntemi
Karadeniz Bölgesi

ÖZ

İklim karakterlerinin bilinmesi, farklı iklim tiplerine sahip sınırların tespitine olanak sağlamakta; bu durum bölge kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının sağlanması ve arazi kullanım planlarına yön verilmesi açısından önem arz etmektedir. İklimsel sınırların tespiti ayrıca iklimin mülkiyet üzerindeki etkilerinin belirlenerek önlenmesine ve mülkiyet üzerindeki kullanımın daha planlı ve kontrollü çerçevede ele alınmasına altlık oluşturabilmektedir. Bu bağlamda iklimsel sınırların tespiti noktasında iklim sınıflama yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler, iklim tiplerinin bölgesel farklılığının tespit edilmesi, yıllara bağlı olarak değişiminin incelenmesi ve iklim tiplerine uygun olacak şekilde farklı sınırların oluşturulmasına imkân sağlamaktadır. Bu çalışmada iklimin mülkiyet kullanımında etkili rol oynaması ve dolayısıyla da planlama noktasında altlık oluşturacak olması gereksinimlerinden yola çıkarak, Karadeniz Bölgesi (Artvin, Ordu, Rize, Rize-Pazar, Trabzon, Şebinkarahisar, Akçaabat, Ünye, Bafra, Hopa, Giresun ve Samsun'da yer alan meteorolojik istasyon noktaları) iklim sınır haritasının oluşturulması esas alınmıştır. Bölgeye ait meteorolojik istasyon noktalarında 1988-2018 yılları arasında ölçümü yapılmış son 30 yıllık hava durumu parametreleri temin edilerek, konumla ilişkilendirilmiş ve Coğrafi Bilgi Sisteminde (CBS) bir veritabanında düzenlenmiştir. Ardından meteorolojik veriler Thornthwaite iklim sınıflaması yöntemine göre değerlendirilerek meteorolojik istasyon noktalarının iklim tipleri sınıflandırılmıştır. Son olarak iklim tipi belirlenmiş meteorolojik noktalar esas alınarak, Kriging enterpolasyon yöntemi ile tüm bölgeyi yansıtan iklim sınır haritaları üretilmiştir. Elde edilen sonuç ürünün başta iklim sınırlarını yansıtmayı, ayrıca mülkiyetin iklim yönünden kullanım vasfının etkilendiği ve değişim gösterdiği alanların tespit edilmesi; böylece yapılacak planlama ve koruma odaklı mülkiyet çalışmalarına altlık oluşturması hedeflenmektedir. Ayrıca bu çalışma ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM, 2017) iklim sınıflandırması konusunda gerçekleştirdiği çalışmasına, ilçe sınırlarından bağımsız raster tabanlı grid ağ şeklinde iklim sınırlarının elde edilmesi yönüyle farklı açıdan yaklaşılabileceğinden MGM'nin ileriki çalışmalarına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Production climate border maps with GIS of Black Sea Region of Turkey according to Thornthwaite climate classification method

Keywords

Climate boundary map
Thornthwaite climate classification method
GIS
Kriging interpolation method
Black Sea Region

ABSTRACT

To know the climate characteristics allows the determination of borders with different climate types; this is important in terms of ensuring the sustainable use of regional resources and direction of land use plans. The determination of climatic boundaries may also serve as a basis for determining and preventing the effects of climate on property and addressing the use of property on a more planned and controlled framework. In this context, climatic classification methods have been developed to determine climatic boundaries. These methods allow the determination of the regional differences of climate types, the examination of the changes over the years and the establishment of different boundaries to suit the climate types. In this study,

*Sorumlu Yazar

Kaynak Göster (APA)

{ecolak@ktu.edu.tr} ORCID ID 0000-0002-3000-1704
{tugbamemisoglu@gmail.com} ORCID ID 0000-0003-3548-6795

Colak, H. E., & Memisoglu, T. (2021) Thornthwaite iklim sınıflandırma yöntemine göre Karadeniz Bölgesi iklim sınır haritasının CBS ile üretilmesi. Geomatik, 6(1), 31-43, DOI: 10.29128/geomatik.651702

requirements that an effective role of climate in property use and establish a foundation at the planning point, the formation of the climate border map of the Black Sea Region (meteorological stations in Artvin, Ordu, Rize, Rize-Pazar, Trabzon, Sebinkarahisar, Akcaabat, Unye, Bafra, Hopa, Giresun and Samsun) was taken as basis. The last 30 years of weather parameters measured at the meteorological station points of the region between 1988 and 2018 were obtained, related to the location and arranged in a database in the Geographical Information System (GIS). Then, meteorological data were evaluated according to Thornthwaite climate classification method and climatic types of meteorological station points were classified. Finally, meteorological points with climate type were subjected to Kriging interpolation method and climate boundary maps reflecting the whole region were produced. The resultant product will reflect the climatic boundaries, and the areas where the property's use in terms of climate will be affected and changed; thus, it will serve as a basis for planning and conservation-oriented property works. In addition, this study will make significant contributions to the future studies of the General Directorate of Meteorology (MGM, 2017) as it is approached from different perspectives in terms of obtaining climate boundaries in the form of raster-based grid network independent of district boundaries.

1. GİRİŞ

1.1. Problemin Tanımı

Coğrafya üzerinde iklim değişikliğinden kaynaklı iklim karakterlerinin bilinmesi oldukça önemlidir (IPCC 2014). İklim karakterlerinin bilinmesi, farklı iklim tiplerine sahip sınırların tespit edilmesine olanak sağlarken; bölge kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının devam ettirilebilmesi, arazi kullanım planlarının ve mülkiyet üzerindeki kullanımın daha planlı ve kontrollü çerçevede etkin bir şekilde ele alınmasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır.

Günümüzde iklimsel karakterlerin tanımlanarak dikkate alınması gerekliliği Türkiye İklim Stratejisi 2013-2023 vizyonunda belirtilen "Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi"nde ele alınmıştır (TİDS 2010). Bu vizyonda iklimden kaynaklı sorunların tespit edilerek stratejiler geliştirilmesi ve iklim değişikliğinin izlenmesinin gerekliliği vurgulanmaktadır. Bu stratejinin yanında özellikle mülkiyet kullanımının sürdürülebilir bir şekilde devam ettirilebilmesine önemli ölçüde vurgu yapan Uluslararası Haritacılar Federasyonu (FIG) tarafından 1998 yılında yayınlanan, geleceğin kadastrosu ile de ilgili öngörülerini bünyesinde barındıran Kadaströ 2014 vizyon çalışması sonuç bildirgesi raporunda, iklimsel değişikliklerin insan ırkına ve mülkiyet haklarına olan yararının belirlenmesi ve irdelenmesi gerekliliği üzerinde önemle durulmuştur (FIG 2014; Kaufmann and Steudler 1998).

İklim karakterleri tespiti, iklim sınıflarının tanımlanmasıyla gerçekleştirilmektedir. İklim sınıflandırma, iklim tiplerini ayırt etmek, iklim açısından birbiriyle benzeyen ya da benzemeyen alanları belirleyerek iklim sınırlarının çizilmesini sağlamaktadır (MGM 2017). İklim konusunda çalışan birçok bilim adamı yürüttükleri çalışmalar doğrultusunda çok sayıda iklim sınıflama yöntemi ortaya çıkarmış ve kullanmıştır. Bu yöntemler ilk olarak Köppen (1918) tarafından yapılan

sınıflandırmalar ile ortaya çıkmış daha sonra farklı bilim insanları tarafından geliştirilmiştir (Köppen 1918). Farklı iklim sınıflama yöntemlerinin mevcut olması, genellikle kullanılan algoritmaların farklılık arz etmesinden ileri gelmektedir. Dolayısıyla aynı bölgeyi farklı iklim tipleriyle ifade etmek mümkün olmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları; Köppen (1918), Thornthwaite (1948), Trewartha (1968), Aydeniz (Aydeniz 1985), Erinç (1949), De Martonne (1942), Köppen-Geiger (1954) yöntemleri şeklindedir. Bu yöntemler kullanılarak gerek bölgesel gerekse lokal bazlı iklim sınıflandırma çalışmaları yürütülebilmektedir. Bugüne kadar hem akademik araştırmalarda hem de uluslararası alanda doğan gereksinimler doğrultusunda, iklim sınıflamasının farklı yöntemler kullanılarak yapılması ve bölgesel karşılaştırmalarla iklim etkilerinin incelenmesi üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan bazıları iklimsel farklılıkları (Fovell and Fovell 1993; Çiçek 1996; Tayanç ve Toros 1997; Tayanç vd. 1997; Demircan ve Şensoy 2010; Apaydın vd. 2011; Bayramoğlu 2013; Birdal vd. 2018 ve sıcaklığın diğer etkenler üzerindeki etkilerini ele alırken (Khorrami vd. 2019; Nacef vd. 2016), bazıları ise iklim sınıflama yöntemlerini kullanarak analizler gerçekleştirmiştir (Birsoy ve Ölgün 1992, Verep vd. 2002, Wang and Overland 2004, Akın vd. 2011, Chen and Chen 2013, Feddema 2013, Kafalı ve Yılmaz 2013, Belda et al. 2014, Yılmaz ve Çiçek 2016, Rolim et al. 2016, Aparecido vd. 2016; Yılmaz ve Çiçek 2018; Acheson vd. 2019; Zeroual vd. 2019, Rahimi vd., 2019).

Diğer bir yandan ülkemizde Meteoroloji Genel Müdürlüğü 1981-2010 yılları arasındaki 30 yıllık verilerini kullanarak, iklim sınıflama yöntemlerine göre iklim sınırları haritasını Türkiye il geneli için üretmiştir ve 2016 yılında raporlayarak kurumun internet sayfası üzerinden sunmuştur (MGM 2016; MGM 2017). Ancak bu çalışmalar 2010 yılına kadarki son 30 yıllık verilerden üretilmiş statik yapıdaki haritalardır; yani yöntemler kullanılarak bir defaya mahsus olacak şekilde üretilmiş ve rapor şeklinde sunulmuştur. Ayrıca, bu yöntemler kullanılarak elde

edilen sonuç haritaların istasyon bazlı elde edilip ilçe sınırlarına bağlı kalınarak genelleştirilmesi önemli bir sorun teşkil etmektedir. Çünkü iklim sınırları, birebir ilçe sınırlarıyla örtüşen sınırları temsil etmemekte; dolayısıyla iklim sınırların coğrafya üzerinde tam anlamıyla belirlenmesi gerekmektedir. Tüm bu ihtiyaçlar, çalışmanın gerçekleştirilmesinde dikkate alınan önemli çıkış noktalarıdır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada gerek ülkenin iklim üzerine öngördüğü stratejisi gerek mülkiyet bağlamındaki öngörüsü gerekse de ilçe bazlı iklim sınırlarını yansıtan haritalar üretilmesi gibi gereksinimlerden yola çıkarak iklim sınırlarının tespiti gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda pilot bölge olarak seçilen illere ait meteorolojik istasyon verileri, 1988-2018 yıllarını kapsayacak şekilde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiş, elde edilen veriler düzenlenerek ve konumla ilişkisi sağlanarak Thornthwaite iklim sınıflaması yöntemine göre iklim tipleri belirlenmiştir. Son olarak iklim tipleri

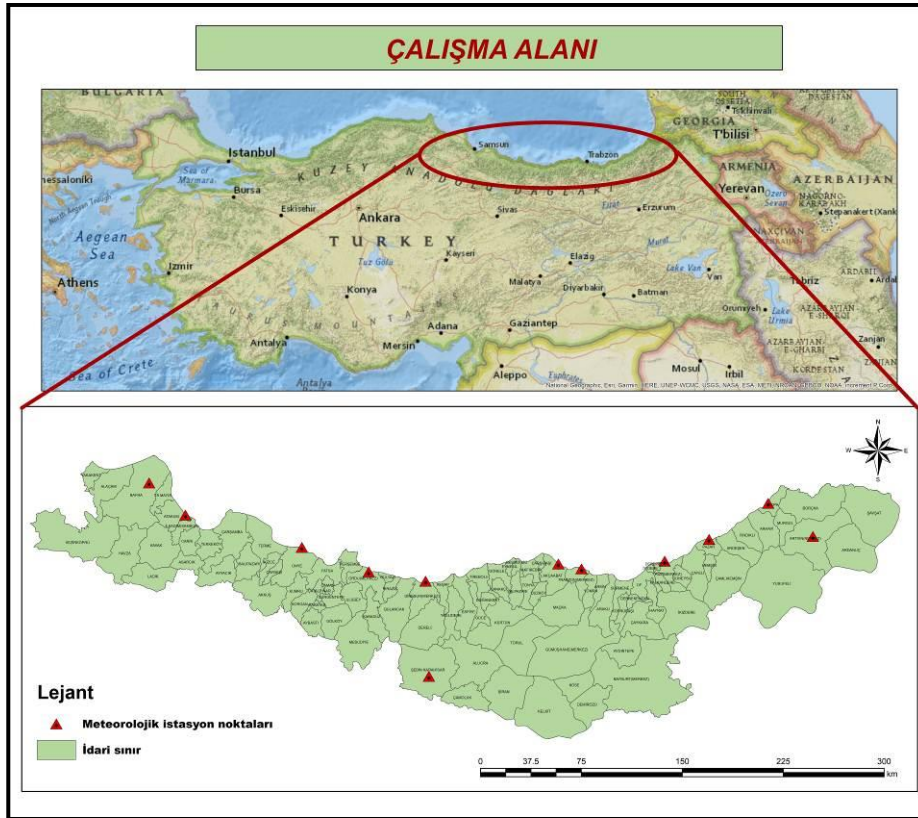
belirlenen istasyon noktalarından yararlanılarak, Kriging enterpolasyon yöntemi uygulanmıştır ve CBS tabanlı tüm bölgeyi yansıtan iklim sınırları yüzey haritası üretilmiştir.

2. YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmanın ilk aşaması olarak pilot bölge seçimi yapılmıştır. Bu bağlamda, Karadeniz Bölgesinde yer alan Artvin, Ordu, Rize, Rize-Pazar, Trabzon, Şebinkarahisar, Akçaabat, Ünye, Bafra, Hopa, Giresun ve Samsun'daki istasyon noktalarını barındıran bölge çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bunun sebebi, özellikle 30 yıllık süreçte ölçüm alınmış istasyon verilerini kapsayan bölgelerin seçilmesi öncelikli olmuştur. Çalışma bölgesi kıyı ile iç kesim arasında farklılığın en fazla olduğu alanları ve ayrıca ülkenin en fazla yağış alan bölümünü bünyesinde barındırmaktadır.

Çalışma alanı Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı

2.2. Thornthwaite iklim sınıflandırması yöntemi

Çalışmanın ikinci aşamasında iklim sınırlarının tespiti noktasında kullanılması gereken yöntem seçilmiştir. Bu çalışma için yöntem olarak Thornthwaite iklim sınıflandırma yöntemi esas alınmıştır. Thornthwaite iklim sınıflandırması yöntemi, Amerikalı iklim bilimci C. Warren Thornthwaite tarafından ortaya çıkarılan ve Potansiyel Evapotranspirasyon (ETP) kavramına

dayanan bir yöntemdir (Thornthwaite 1948). Potansiyel evapotranspirasyon kavramı, sıcaklığın artmasıyla birlikte artan ve nemin artmasıyla birlikte azalan teorik bir değerdir.

Potansiyel evapotranspirasyon aşağıdaki formüller kullanılarak tespit edilir (Thornthwaite 1948). Bu formülde (t) aylık ortalama sıcaklık, (I) yıllık sıcaklık indeksi, (G) ise enlem düzeltme katsayısını ifade etmektedir.

$$ETP = 16 * \left(\frac{10*t}{I}\right)^a * G \quad (1)$$

$$a = 6.7510 * 10^{-7} * I^3 - 7,7110 * 10^{-5} * I^2 + 1,791210 * 10^{-2} * I + 0,49239$$

$$I = \sum_1^{12} i \quad (2)$$

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514} \quad (3)$$

Thornthwaite iklim sınıflandırma yönteminde, iklim sınıflaması yapılabilmesi için öncelikle su bilançosu tablosu oluşturulmak zorundadır. Bu tablo, aylık ortalama yağış, ortalama sıcaklık ve evapotranspirasyon değerleri kullanılarak oluşturulur ve bu değerlere bağlı olarak gerçek potansiyel evapotranspirasyon, su fazlası, su noksanı, akış, nemlilik gibi değerler elde edilir (Thornthwaite 1948).

Oluşturulan su bilançosu tablosundaki değerlerden potansiyel evapotranspirasyon, su fazlası ve su noksanı kullanılarak, iklim tiplerini yansıtan harflerin belirlenmesi için yağış etkinlik indeksi, sıcaklık etkinlik indeksi, yağış rejim indeksi ve ETP'nin üç yaz oranına olan indeksi hesabı gerçekleştirilir. Her bir işlem adımı iklim tipinin bir harfini temsil etmektedir. Toplamda Thornthwaite iklim sınıflandırması dört işlem adımında gerçekleştirilir (Thornthwaite 1948):

Thornthwaite iklim sınıflandırması yönteminin ilk aşaması, yağış etkinlik indeksinin hesap edilmesidir. Bu indeks değeri, kurak iklimler ve nemli iklimler şeklinde iki büyük grupta toplanmıştır, sonuçta en nemliden en kurağa doğru sıralayarak sınıflanmıştır. Thornthwaite iklim sınıflandırmasında birinci harf, yağış etkinlik indeksi değeridir ve (Im) formülü kullanılarak elde edilir (Thornthwaite 1948) (Tablo 1). Bu formülde (s) yıllık su fazlasını, (d) yıllık su noksanını ifade etmektedir.

$$Im=(100*s-60*d)/ETP \quad (4)$$

Tablo 1. Thornthwaite yağış etkinlik indeksi ve iklim özelliği

Im	Harf	İklim özelliği
>100	A	Çok nemli
100-80	B4	Nemli
80-60	B3	Nemli
60-40	B2	Nemli
40-20	B1	Nemli
20-0	C2	Yarı Nemli
0-(-20)	C1	Yarı Kurak-Az Nemli
-20-(-40)	D	Yarı Kurak
-40-(-60)	E	Tam Kurak-Çöl

Thornthwaite iklim sınıflandırmasındaki ikinci harf, Thornthwaite sıcaklık etkinlik indeksini oluşturur. Bu değer, Yıllık ETP değerleri esas alınarak tespit edilir (Thornthwaite 1948) (Tablo 2).

Tablo 2. Thornthwaite sıcaklık etkinlik indeksi ve iklim özelliği

Yıllık ETP (mm)	Harf	İklim Özelliği
1141 ve fazlası	A'	Megatermal
998-1140	B'4	4.Derece Mezotermal
856-997	B'3	3.Derece Mezotermal
713-855	B'2	2.Derece Mezotermal
571-712	B'1	2.Derece Mezotermal
428-570	C'2	2.Derece Mikrotermal
286-427	C'1	1.Derece Mikrotermal
143-285	D'	Tundra
142 ve daha az	E'	Don

Thornthwaite sınıflandırmasındaki üçüncü harf, yağış rejimi indekslerini oluşturur. Bu sınıflandırmada, yıllık ETP değeri, su fazlası ve su eksikliği kullanılır. Yağış rejimi indeksleri yağışlı iklimler için kuraklık indeksi (Ia), kurak iklimler için nemlilik indeksi (Ih) olarak iki şekildedir. Yağışlı iklimler için kuraklık indeksi için (5), kurak iklimler için nemlilik indeksi ise (6) formülleri hesap edilerek iklim özellikleri belirlenir (Tablo 3-4) (Thornthwaite 1948).

$$Ia=(100*d)/ETP \quad (5)$$

$$Ih=(100*s)/ETP \quad (6)$$

Tablo 3. Thornthwaite kuraklık indeksi ve iklim özelliği

Kuraklık İndeksi (Ia)	Sembol	İklim Özelliği
0-16,7	r	Su noksanı olmayan veya pek az olan
16,8-33,3	s	Su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan
16,8-33,3	w	Su noksanı kış mevsiminde ve orta derecede olan
33,4 ve fazlası	s2	Su noksanı yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan
33,4 ve fazlası	w2	Su noksanı kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan

Tablo 4. Thornthwaite nemlilik indeksi ve iklim özelliği

Nemlilik İndeksi (Ih)	Sembol	İklim Özelliği
0-10	r	Su fazlası olmayan veya pek az olan
11-20	s	Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede olan
11-20	w	Su fazlası yaz mevsiminde ve orta derecede olan
21 ve fazlası	s2	Su fazlası kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan
21 ve fazlası	w2	Su fazlası yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan

Thornthwaite sınıflandırmasındaki iklim tiplerinin dördüncü harfi ise yaz aylardaki Potansiyel Evapotranspirasyonun, yıllık Potansiyel Evapotranspirasyona oranlanarak tespit edilmesidir. Buradaki üç yaz ayı haziran, temmuz, ağustos aylarına ait yıllık sıcaklık oranlarını ifade etmektedir (Thornthwaite 1948) (Tablo 5).

Sonuçta, bu dört işlem adımı birleştirilerek meteorolojik istasyon noktasına dair Thornthwaite iklim sınıflaması tespit edilmiş olur.

Tablo 5. Thornthwaite ETP'nin üç yaz ayına oranı indeksi ETP'nin 3 yaz ayına oranı

ETP'nin 3 yaz ayına oranı	Harf
48 ve daha az	a'
48,1-51,9	b'4
52,0-56,3	b'3
56,4-61,6	b'2
61,7-68,0	b'1
68,1-76,3	c'2
76,4-88,0	c'1
88,1 ve daha fazla	d'

2.3. Kriging Enterpolasyon Yöntemi

Yeni noktaların değerlerinin, bilinen yakın noktaların değerlerinin ağırlıklı ortalaması alınarak tahmin edilmesine yarayan yöntemdir (Yaprak ve Arslan 2008; Uyan 2019). Kriging enterpolasyon yöntemi, her bir tahmin edilecek nokta için bir varyans değeri hesabı yaparak değeri bilinmeyen noktaların değerini tayin eder. Bu şekilde tahmin edilen değerlerin güven derecesinin varyans ile ölçümü sağlanması nedeniyle diğer enterpolasyon yöntemlerinden ayrılır. Kriging yönteminin uygulanmasında şu formül kullanılır; (Yaprak ve Arslan 2008; Çolak, 2010; Akar 2017).

$$N_p = \sum_{i=1}^n P_i \times N_i \quad (7)$$

Bu formülde n nokta sayısı, Ni NP in hesap edilmesinde kullanılan geoit ondülasyonu, NP

Aranılan ondülasyon değeri, Pi N'nin hesabında kullanılan her Ni değerine karşılık gelen ağırlık değerini göstermektedir.

Kriging enterpolasyon yöntemi diğer enterpolasyon tekniklerine nazaran daha tarafsız sonuçlar elde eder; en düşük varyans değeri ve gerçekleştirilen tahmine ait standart sapma hesaplaması ile de kestirimin doğruluğunu araştırır (Yaprak ve Arslan 2008).

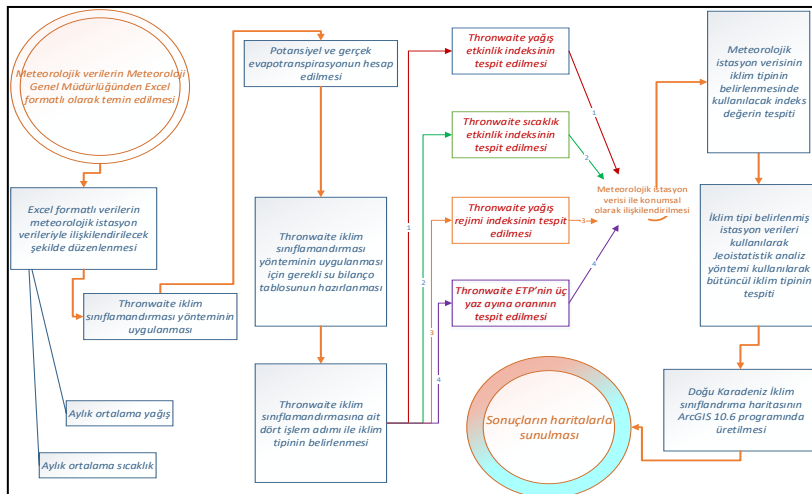
Bu çalışmada Kriging enterpolasyon yöntemi, çalışma bölgesi içerisinde iklim tipi belirlenmiş meteorolojik istasyon noktalarından bütüncül iklim sınır haritasının elde edilmesinde kullanılmıştır. Öncelikle Thornthwaite iklim sınıflandırması ile istasyon noktalarında iklim tipleri belirlenmiş ve ardından bu örneklem noktaları esas alınarak diğer bilinmeyen noktalardaki iklim tiplerinin kestirimi kriging enterpolasyon yöntemi analiz kullanılarak elde edilmiş ve Karadeniz Bölgesi'ne ait iklim sınır haritası üretilmiştir.

2.4. Uygulama için Verilerin Temini ve Coğrafi Veri Tabanının (CVT) Oluşturulması

Çalışmanın üçüncü aşamasında, çalışma bölgesine ait yaklaşık 30 yıllık iklim verilerinin kaydedildiği istasyon noktalarının hangileri olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında Karadeniz Bölgesi illerinden Artvin, Ordu, Rize, Rize-Pazar, Trabzon, Şebinkarahisar, Akçaabat, Ünye, Bafra, Hopa, Giresun ve Samsun'da yer alan meteorolojik istasyon noktaları seçilmiş olup, bunlar toplamda 12 addettir.

Çalışmada kullanılacak veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden kurum yazıları ile Excel formatlı olarak temin edilmiştir. Elde edilen veriler konumla ilişkilendirmek üzere her bir istasyon noktası için ayrı ayrı düzenlenmiştir. Daha sonra her bir ilin konum bilgileri ile MGM'den alınarak düzenlenmiş excel formatlı veriler ilişkilendirilerek coğrafi veritabanına aktarılmış ve analize hazır hale getirilmiştir.

Çalışmanın iş akış şeması Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Çalışmanın iş akış şeması

3. BULGULAR

3.1. Doğu Karadeniz Bölgesi İllerine Ait Meteorolojik Verilere Dayalı Su Bilanço Tablosunun Oluşturulması

Çalışmanın bu aşamasında CVT’de düzenlenen veritabanındaki veriler kullanılarak Thornthwaite iklim sınıflaması su bilançosu tablosu hazırlanmıştır. Tabloya öncelikle yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama yağış değerleri girilmiştir. Ardından öncelikle her bir istasyon noktası için sıcaklık indis değerleri ve ayrı ayrı potansiyel evapotranspirasyon değeri formüller yardımıyla tespit edilerek, tablolardaki ilgili alana yazılmıştır.

Potansiyel evapotranspirasyon değerinden sonra gerçek evapotranspirasyon değeri, zemin rezervi, zemin rezerv değişimi, yıllık su fazlası, yıllık su noksanı, akış ve nemlilik gibi Thornthwaite iklim sınıflaması için gerekli tüm değerler sorgulamalar aracılığıyla tespit edilmiştir. Bu aşamada gerçek evapotranspirasyon tespiti için sorgulamalar yapılmış ve excel ortamında yazılan kodlamalar ile birlikte hesaplanmıştır.

İlk sorgulama herhangi bir ayın yağış miktarının (P), potansiyel evapotranspirasyondan (ETP) fazla olması durumudur. İkinci sorgulama ise herhangi bir ayın yağış miktarının (P), potansiyel

evapotranspirasyondan (ETP) az olması durumudur (Thornthwaite, 1948, MGM, 2017). İstasyon noktalarına dair hesaplanan potansiyel ETP ile yağış miktarı kıyaslanır ve iki sorgulamadan birisi seçilerek hesaplamalar yapılır. Su bilançosu tablosunun oluşturulmasındaki hesaplamalarda genel olarak zemin rezervinin artmaya başladığı aylar dikkate alınır. Ekim ayı ya da Ocak ayı zemin rezervinin artış gösterdiği aylar olduğundan, hesaplama yapılırken herhangi birinden itibaren su bilançosu hesaplarına başlanabilmektedir (Thornthwaite, 1948, MGM, 2017). Bu çalışma için zemin rezervi başlangıcı olarak Ocak ayı alınmıştır ve tüm hesaplamalara bu şekilde devam edilmiştir.

Tüm hesaplamalar sonucunda tüm illeri yansıtan meteorolojik istasyon verilerinin su bilanço tabloları oluşturularak gerekli bilgiler temin edilmiştir. Artvin, Rize, Trabzon, Giresun, Ordu, Samsun illeri ile Trabzon-Akçaabat İlçesi, Samsun-Bafra İlçesi, Giresun-Şebinkarahisar İlçesi, Artvin-Hopa İlçesi, Rize-Pazar İlçesi, Ordu-Ünye İlçesine ait su bilançoları hesaplanarak, her bir istasyon noktası için ayrı ayrı olmak üzere toplamda 12 adet tablo oluşturulmuştur. Bu makalede örnek olarak bu tablolardan Artvin İli ve Trabzon Akçaabat İlçesi için oluşturulan su bilanço tabloları örnek olarak sunulmuştur (Tablo 6a ve 6b).

Tablo 6a. Artvin ili su bilanço tablosu

ARTVİN İLİ SU BİLANÇO TABLOSU													
AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	YILLIK
Sıcaklık	2.4	3.7	7.1	11.8	15.7	18.8	21.1	21.6	18.5	14.3	8.5	4.1	12.29
Sıcaklık indisi	0.4	0.7	1.7	3.7	5.6	7.4	8.8	9.2	7.2	4.9	2.3	0.8	52.84
G	0.8	0.8	1.0	1.1	1.3	1.3	1.3	1.2	1.0	1.0	0.8	0.8	
Potansiyel ETP	4.5	8.0	23.5	51.1	87.9	111.7	129.7	123.5	83.7	59.6	24.1	9.2	716.49
Gerçek ETP	4.5	8.0	23.5	51.1	87.9	119.6	36.0	33.6	39.7	59.6	24.1	9.2	496.67
Yağış	99.9	70.0	66.9	52.7	55.5	52.0	36.0	33.6	39.7	69.5	86.7	87.8	750.09
Zemin rezervi	100.0	100.0	100.0	100.0	67.6	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	72.4	151.0	
Zemin rezerv değişimi	0.0	0.0	0.0	0.0	-32.4	-67.6	0.0	0.0	0.0	9.9	62.5	78.6	
Su fazlası	95.4	62.0	43.4	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	202.44
Su eksigi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	93.8	90.0	44.0	0.0	0.0	0.0	235.69
Akış	47.7	54.9	37.2	11.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	151.83
Nemlilik	21.1	7.8	1.8	0.0	-0.4	-0.5	-0.7	-0.7	-0.5	0.2	2.6	8.5	4.7

Tablo 6b. Trabzon-Akçaabat ilçesi su bilanço tablosu

AKÇAABAT İLÇESİ SU BİLANÇO TABLOSU													
AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	YILLIK
Sıcaklık	7.0	7.0	8.5	11.4	15.9	20.6	23.7	24.3	20.8	16.9	12.1	8.9	14.8
Sıcaklık indisi	1.5	1.6	2.2	3.5	5.7	8.5	10.1	10.6	8.3	6.1	3.7	2.4	64.2
G	0.8	0.8	1.0	1.1	1.3	1.3	1.3	1.2	1.0	1.0	0.8	0.8	
Potansiyel ETP	14.7	14.6	24.3	41.7	80.9	119.8	147.8	142.2	93.4	68.3	33.4	21.1	802.3
Gerçek ETP	14.7	14.6	24.3	41.7	80.9	177.3	25.6	35.4	67.3	68.3	33.4	21.1	604.7
Yağış	78.7	66.0	54.6	48.7	43.7	40.1	25.6	35.4	67.3	107.1	89.6	76.1	732.8
Zemin rezervi	100.0	100.0	100.0	100.0	137.2	0.0	0.0	0.0	0.0	38.8	95.0	150.0	
Zemin rezerv değişimi	0.0	0.0	0.0	0.0	-37.2	-137.2	0.0	0.0	0.0	38.8	56.2	55.0	
Su fazlası	63.9	51.4	30.3	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	152.5
Su eksigi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.5	122.2	106.8	26.2	0.0	0.0	0.0	312.6
Akış	32.0	41.7	28.0	11.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	114.4
Nemlilik	4.3	3.5	1.2	0.2	-0.5	-0.7	-0.8	-0.8	-0.3	0.6	1.7	2.6	-8.7

3.2. Thornthwaite yağış etkinlik indeksinin hesaplanması

Bu aşamada, oluşturulan su bilançosu tablosu ile elde edilen yıllık su noksanı, yıllık su fazlası ve yıllık potansiyel evapotranspirasyon değerleri kullanılarak her bir istasyon için yağış etkinlik indeksi hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak yağış etkinlik indeksi hesabına karşılık gelen iklim özelliği belirlenmiştir. Yağış etkinlik indeksi formülü kullanılarak elde edilen değer Thornthwaite

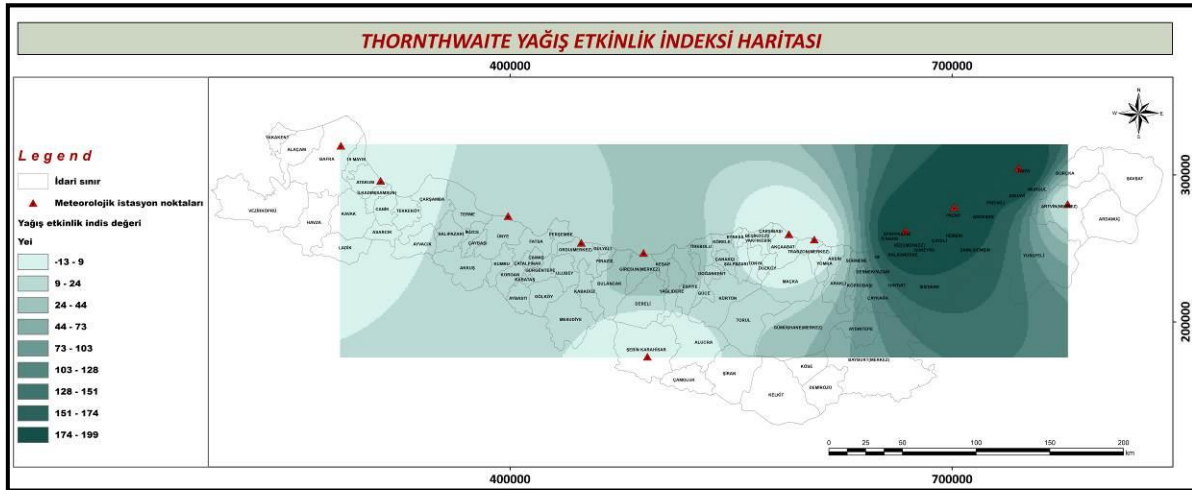
sınıflandırmasındaki iklim tiplerinin birinci harfini yansıtabilecek şekilde tanımlanmıştır ve meteorolojik istasyon noktalarının iklim özellikleri belirlenmiştir (Tablo 7).

Ardından tüm bölgeyi yansıtabilecek iklim haritasının üretilmesi için, elde edilen sonuç değerler ArcGIS 10.6 yazılımında Kriging Enterpolasyon yöntemi uygulanarak analiz edilmiş ve sonuçlar iklim sınır haritasının ilk harfini yansıtabilecek yağış etkinlik indeksi haritaları ile sunulmuştur (Şekil 3).

Tablo 7. Karadeniz Bölgesi meteorolojik istasyon noktalarının Thornthwaite yağış etkinlik indeksi (Im) değeri ve iklim özellikleri

İSTASYON ADI	Y (ENLEM)	X (BOYLAM)	YİLSUFAZL	YİLSUEKS	YİLETP	Im	İKLİM ÖZELLİĞİ
Akçaabat	41.0325	39.5615	152.5	312.6	604.7	-5.8	C1
Artvin	41.1752	41.8187	202.4	235.7	496.7	12.3	C2
Bafra	41.5515	35.9247	152.9	290.1	596.8	-3.5	C1
Giresun	40.9227	38.3878	290.1	55.1	733.0	35.1	B1
Hopa	41.4065	41.433	1577.3	0.0	792.2	199.1	A
Ordu	40.9838	37.8858	243.9	211.0	654.4	17.9	C2
Rize Pazar	41.1777	40.8993	1409.2	0.0	754.7	186.7	A
Rize	41.04	40.5013	1528.5	0.0	797.6	191.6	A
Samsun	41.3435	36.3878	147.3	300.1	606.0	-5.4	C1
Şebinkarahisar	40.2872	38.4193	155.8	368.1	491.6	-13.2	C1
Trabzon	40.9985	39.7649	171.9	276.7	643.6	12.3	C2
Ünye	41.143	37.293	280.7	174.9	736.4	23.9	B1

(YİLSUFAZL: Yıllık su fazlası, YİLSUEKS: Yıllık su eksiği, YİLETP: Yıllık ETP değeri)



Şekil 3. Kriging yöntemi ile tespit edilmiş Karadeniz Bölgesi Thornthwaite yağış etkinlik indeksi haritası

3.3. Thornthwaite sıcaklık etkinlik indeksinin hesap edilmesi

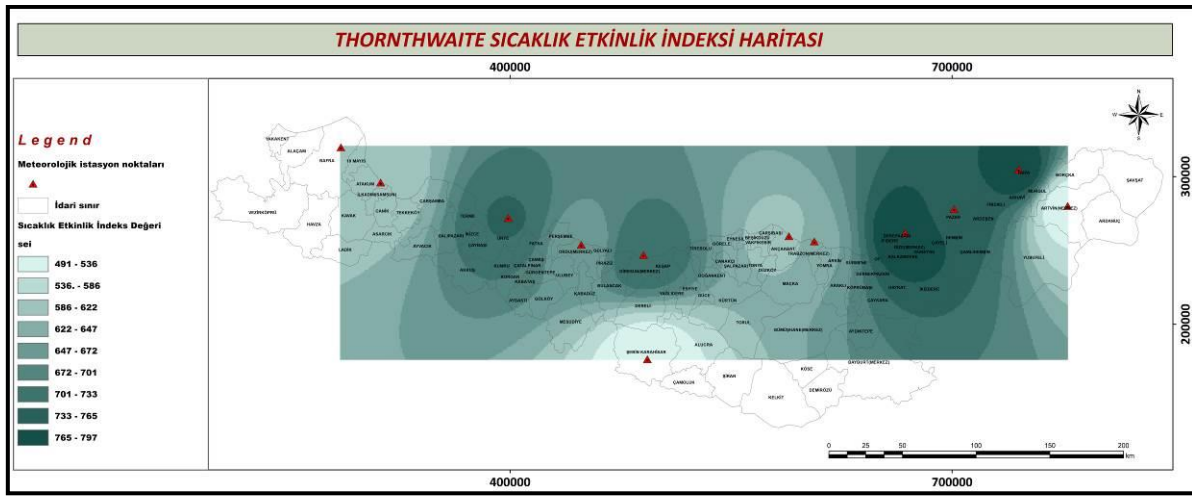
Bu aşamada, Thornthwaite sıcaklık etkinlik indeksi hesabı yapılmıştır. Yöntemde belirtilen formüller kullanılarak her bir istasyon için yıllık ETP değerleri kıyaslanmış ve sıcaklık etkinlik indeksi tespit edilmiştir. Böylece sıcaklık etkinlik indeksine karşılık gelen iklim özelliği belirlenmiştir. Sıcaklık etkinlik indeksi kıyaslanarak elde edilen değer Thornthwaite sınıflandırmasındaki iklim tiplerinin

ikinci harfini yansıtabilecek şekilde tanımlanmıştır ve meteorolojik istasyon noktalarının iklim özellikleri belirlenmiştir (Tablo 8).

Ardından tüm bölgeyi yansıtabilecek iklim sınıflandırma haritasının üretilmesi için yine iklim özelliği belirlenmiş istasyon verileri kullanılarak ArcGIS 10.6 yazılımında Kriging Enterpolasyon yöntemi uygulanarak analiz edilmiş ve sonuçlar iklim sınır haritasının ikinci harfini yansıtabilecek sıcaklık etkinlik indeksi haritaları ile sunulmuştur (Şekil 4).

Tablo 8. Karadeniz Bölgesi meteorolojik istasyon noktalarının Thornthwaite sıcaklık etkinlik indeksi değeri ve iklim özellikleri

İSTASYON ADI	Y(ENLEM)	X (BOYLAM)	YILLIK ETP	İKLİM ÖZELLİĞİ
Akçaabat	41.0325	39.5615	604.7	B'1
Artvin	41.1752	41.8187	496.7	C'2
Bafra	41.5515	35.9247	596.8	B'1
Giresun	40.9227	38.3878	733.0	B'2
Hopa	41.4065	41.433	792.2	B'2
Ordu	40.9838	37.8858	654.4	B'1
Rize Pazar	41.1777	40.8993	754.7	B'2
Rize	41.04	40.5013	797.6	B'2
Samsun	41.3435	36.3878	606.0	B'1
Şebinkarahisar	40.2872	38.4193	491.6	C'2
Trabzon	40.9985	39.7649	643.6	B'1
Ünye	41.143	37.293	736.4	B'2

**Şekil 4.** Kriging yöntemi ile tespit edilmiş Karadeniz Bölgesi Thornthwaite sıcaklık etkinlik indeksi haritası

3.4. Thornthwaite yağış rejimi indekslerinin hesap edilmesi

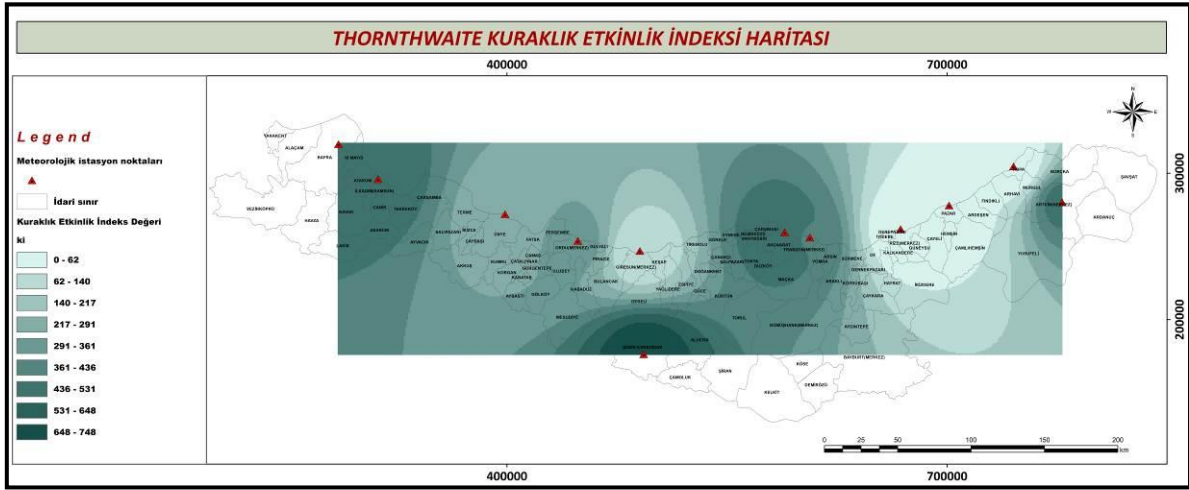
Çalışmanın bu aşamasında yağışın mevsimlere bağlı olarak değişen tipleri tespit edilmiştir. Bunun için su bilançolarında hazırlanmış yıllık ETP değeri, su fazlası ve su noksanı değerleri kullanılarak ilgili formüller yardımıyla hesaplamalar yapılmıştır. Meteorolojik istasyonların tümü yağışlı iklimlere denk geldiğinden bu çalışmada nemli alanlar için kuraklık indeksi değerleri hesaplanmıştır (Tablo 9). Sonuçta bulunan değerler ile meteorolojik

istasyonların nemlilik indeksine karşılık gelen değerler Thornthwaite sınıflandırmasındaki iklim özelliğinin üçüncü harfini yansıtabilecek şekilde tanımlanmıştır.

Ardından tüm bölgeyi yansıtabilecek iklim sınıflandırma haritasının üretilmesi için yine iklim özelliği belirlenmiş istasyon verileri kullanılarak ArcGIS 10.6 yazılımında Kriging enterpolasyon yöntemi uygulanarak analiz edilmiş ve sonuçlar iklim sınır haritasının üçüncü harfini yansıtabilecek kuraklık indeks haritaları ile sunulmuştur (Şekil 5).

Tablo 9. Karadeniz Bölgesi meteorolojik istasyon noktalarının Thornthwaite kuraklık indeksi değeri ve iklim özelliği

İSTASYON ADI	Y(ENLEM)	X(BOYLAM)	YİLSUEKS	YİLETP	Ia	İKLİM ÖZELLİĞİ
Akçaabat	41.0325	39.5615	312.6	604.7	51.7	s2
Artvin	41.1752	41.8187	235.7	496.7	47.5	s2
Bafra	41.5515	35.9247	290.1	596.8	48.6	s2
Giresun	40.9227	38.3878	55.1	733.0	7.5	r
Hopa	41.4065	41.433	0.0	792.2	0.0	r
Ordu	40.9838	37.8858	211.0	654.4	32.2	s
Rize Pazar	41.1777	40.8993	0.0	754.7	0.0	r
Rize	41.04	40.5013	0.0	797.6	0.0	r
Samsun	41.3435	36.3878	300.1	606.0	49.5	s2
Şebinkarahisar	40.2872	38.4193	368.1	491.6	74.9	s2
Trabzon	40.9985	39.7649	276.7	643.6	43.0	s2
Ünye	41.143	37.293	174.9	736.4	23.8	s



Şekil 5. Kriging yöntemi ile tespit edilmiş Karadeniz Bölgesi Thornthwaite kuraklık indeksi haritası

3.5. Thornthwaite ETP'nin üç yaz oranına olan indeksinin hesap edilmesi

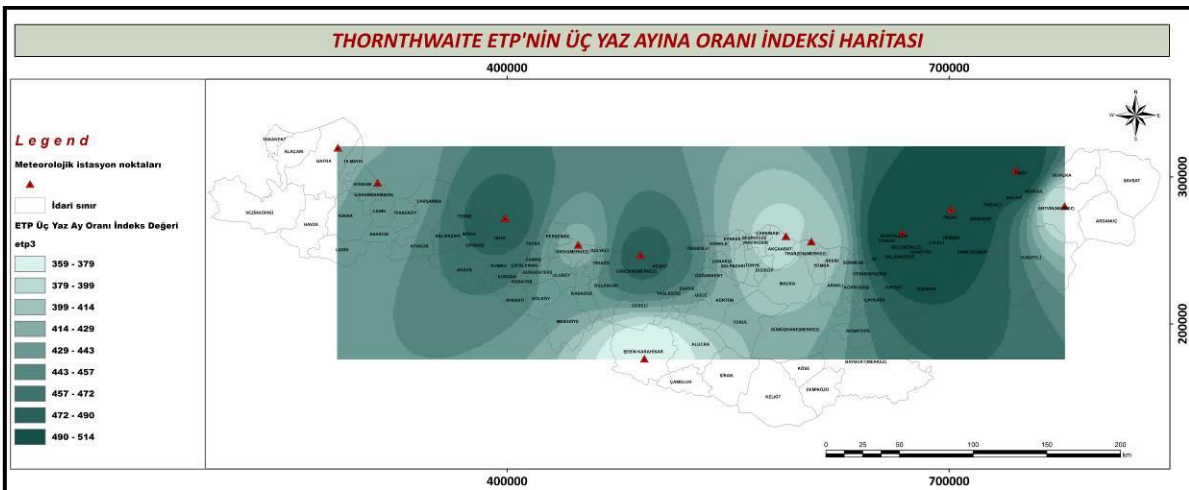
Bu aşamada, Thornthwaite ETP'nin üç yaz oranına olan indeksi hesap edilmiştir. Burada üç yaz ayı olarak haziran, temmuz ve ağustos aylarındaki ETP değerlerinin oranları dikkate alınmıştır. Elde edilen değerler ile meteorolojik istasyon verilerinin iklim özellikleri belirlenmiş, sonuçlar Thornthwaite

sınıflandırmasındaki iklim özelliğinin dördüncü harfini yansıtabilecek şekilde tanımlanmıştır (Tablo 10).

Ardından tüm bölgeyi yansıtabilecek iklim sınıflandırma haritasının üretilmesi için yine iklim tipi belirlenmiş istasyon verileri kullanılarak ArcGIS 10.6 yazılımında Kriging enterpolasyon yöntemi uygulanarak analiz edilmiş ve sonuçlar iklim sınır haritasının dördüncü harfini yansıtabilecek haritalar ile sunulmuştur (Şekil 6).

Tablo 10. Karadeniz Bölgesi meteorolojik istasyon noktalarının Thornthwaite oran indisine göre (Denizellik-karasallık) tanımlamalar

İSTASYON ADI	Y(ENLEM)	X(BOYLAM)	YILLIK ETP	ÜÇ YAZ AYI	ORANI	HARF
Akçaabat	41.0325	39.5615	604.7	300.08	39.4	a'
Artvin	41.1752	41.8187	496.7	314.74	38.1	a'
Bafra	41.5515	35.9247	596.8	315.77	42.3	a'
Giresun	40.9227	38.3878	733.0	304.75	47.7	a'
Hopa	41.4065	41.433	792.2	317.08	50.6	b'4
Ordu	40.9838	37.8858	654.4	316.08	42.7	a'
Rize Pazar	41.1777	40.8993	754.7	312.47	50.3	b'4
Rize	41.04	40.5013	797.6	314.12	51.5	b'4
Samsun	41.3435	36.3878	606.0	310.90	43.2	a'
Şebinkarahisar	40.2872	38.4193	491.6	310.52	35.9	a'
Trabzon	40.9985	39.7649	643.6	317.08	40.2	a'
Ünye	41.143	37.293	736.4	343.97	47.9	a'



Şekil 6. Kriging yöntemi ile tespit edilmiş Karadeniz Bölgesi Thornthwaite ETP'nin üç yaz ayına oranı indeksi haritası

3.6. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Thornthwaite İklim Sınıflama Yöntemine Göre İklim Sınıflarının Belirlenmesi

Çalışmanın son aşamasında tüm uygulama adımlarından elde edilen sonuç değerler, kullanılan istasyon noktaları bazında bütünleştirilmiştir. İklim sınıflandırması tespiti için gerçekleştirilen yağış

etkinlik indeksi, sıcaklık etkinlik indeksi, yağış rejim indeksi ve ETP'nin üç yaz oranına olan indeksi hesabı tüm analiz sonuçları birleştirilerek Doğu Karadeniz Bölgesi için seçilen pilot istasyonların iklim sınıfları Thornthwaite iklim sınıflama yöntemine göre tespit edilmiş ve tek bir tabloda özet bilgi şeklinde sunulmuştur (Tablo 11).

Tablo 11. Karadeniz Bölgesi meteorolojik istasyon noktalarının Thornthwaite iklim sınıflandırma yöntemine göre iklim indeks değerleri ve iklim özellikleri

THORNTHWAİTE İKLİM İNDEKSLERİ						THORNTHWAİTE İKLİM ÖZELLİKLERİ		
Akçaabat	C1	B'1	s2	a'	Kurak-Yarı Nemli	1.Dereceden Mezotermal	Yazın Şiddetli Su Noksanı	Tam Denizel
Artvin	C2	C'2	s2	a'	Yarı Nemli	2.Dereceden Mikrotermal	Yazın Şiddetli Su Noksanı	Tam Denizel
Bafra	C1	B'1	s2	a'	Kurak-Yarı Nemli	1.Dereceden Mezotermal	Yazın Şiddetli Su Noksanı	Tam Denizel
Giresun	B1	B'2	r	a'	Nemli	2.Dereceden Mezotermal	Su Noksanı Yok veya Az	Tam Denizel
Hopa	A	B'2	r	b'4	Çok Nemli	2.Dereceden Mezotermal	Su Noksanı Yok veya Az	Denizel
Ordu	C2	B'1	s	a'	Yarı Nemli	2.Dereceden Mezotermal	Yazın Orta Derecede Su Noksanı	Tam Denizel
Rize Pazar	A	B'2	r	b'4	Çok Nemli	2.Dereceden Mezotermal	Su Noksanı Yok veya Az	Denizel
Rize	A	B'2	r	b'4	Çok Nemli	2.Dereceden Mezotermal	Su Noksanı Yok veya Az	Denizel
Samsun	C1	B'1	s2	a'	Kurak-Yarı Nemli	1.Dereceden Mezotermal	Yazın Şiddetli Su Noksanı	Tam Denizel
Şebinkarahisar	C1	C'2	s2	a'	Kurak-Yarı Nemli	2.Dereceden Mikrotermal	Yazın Şiddetli Su Noksanı	Tam Denizel
Trabzon	C2	B'1	s2	a'	Yarı Nemli	1.Dereceden Mezotermal	Yazın Şiddetli Su Noksanı	Tam Denizel
Ünye	B1	B'2	s	a'	Nemli	2.Dereceden Mezotermal	Yazın Orta Derecede Su Noksanı	Tam Denizel

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada Artvin, Ordu, Rize, Rize-Pazar, Trabzon, Şebinkarahisar, Akçaabat, Ünye, Bafra, Hopa, Giresun ve Samsun'da yer alan meteorolojik istasyon noktalarını kapsayan Karadeniz Bölgesi için Ulusal İklim Değişikliği Stratejisinin amaçlarına ve FIG'in iklimden kaynaklı sorunlarına cevap verecek yönde, iklim sınırlarının tespiti gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla iklim sınıflandırma yöntemlerinden Thornthwaite iklim sınıflaması yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle Karadeniz Bölgesinde seçilen meteorolojik istasyon noktalarının son 30 yıllık dönemine (1988-2018) denk gelen ölçüm verileri temin edilmiş; elde edilen veriler konumla ilişkilendirilmiş ve Thornthwaite iklim sınıflama yöntemi kullanılarak her bir istasyonun iklim tipi tespit edilmiştir. Meteorolojik istasyon noktalarının iklim tipi sonuçlarına bakıldığında bölgenin özellikle çok fazla yağış alan kısımları yani Rize, Pazar ve Hopa'da iklim tipinin çok nemli olduğu; diğer istasyon noktalarının ise yarı nemli, nemli, kurak-yarı nemli şeklinde iklim tipine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yine Thornthwaite iklim özelliklerine

bakıldığında bölgedeki iller 1. Dereceden Mezotermal, 2. Dereceden Mezotermal ve 2. Dereceden Mikrotermal özelliklere sahip iklim türlerine denk geldiği belirlenmiştir. Ayrıca iklim özelliği olarak çok fazla yağış alan bölgelerde su noksanı neredeyse hiç yok ya da az miktarda, diğer istasyon noktalarında ise su noksasının yaz aylarında orta ya da şiddetli olduğu tespit edilmiştir. Son olarak istasyon noktalarının tam denizel ve denizel özellikte iklim özelliklerine sahip oldukları da görülmüştür.

Meteorolojik istasyon noktalarının iklim tipleri belirlendikten sonra, bu istasyon noktalarının sonuç değerleri kullanılarak Kriging enterpolasyon yöntemi ile bir analiz daha gerçekleştirilmiştir ve tüm bölgeyi temsil edecek şekilde ara noktalarında iklim tiplerini yansıtan iklim sınır haritaları elde edilmiştir. Böylece meteorolojik istasyon noktaları dışında kalan bölgelere iklim tahmini gerçekleştirilmiştir. İklim özelliklerinin ilçe ya da il bazlı olarak değerlendirilmesinin dışında bu çalışmada raster tabanlı haritalar üretildiğinden konumsal anlamda iklim sınırlarının daha doğru bir şekilde tanımlanması hedeflenmiştir.

Daha önceden MGM tarafından gerçekleştirilen Thornthwaite iklim sınıflama çalışması incelendiğinde (MGM, 2017) bu çalışmada elde edilen sonuçların farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bunun sebebi MGM'nin bu analizleri 2010 yılına kadar gerçekleştirmesi ve 2010 yılından 2018 yılına kadarki süreçte ülkemizde iklimin her geçen gün daha da farklılaşmasından ileri geldiği düşünülmektedir. Ayrıca MGM'nin yaptığı çalışmada iklim tipleri ilçe sınırlarına dayandırılarak sunulmuştur; oysaki ilçe yüzölçümlerine bağlı olarak tamamında aynı iklim tipi görülmeyebilir. Bu sebeple bu çalışmada MGM'nin gerçekleştirmiş olduğu çalışmadan farklı olarak istasyon noktaları esas alınarak, aradaki diğer noktalara konumsal tahmin yapılarak iklim sınıfı sınırları idari sınırlardan bağımsız olarak raster tabanlı grid ağı şeklinde tanımlanmış ve akabinde sınırlarla çakıştırılmıştır. Böylece aynı il ya da ilçe sınırları içerisine düşen farklı iklim tipleri var ise belirlenebilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, özellikle iklimin değiştiği bölgeleri mümkün olduğunca tanımlayacağından iklime bağlı gerçekleştirilecek planlamalara yardımcı olacak niteliğe sahiptir. Ayrıca Karadeniz Bölgesi için iklim sınırlarının çizilmiş olması ile bu bölgelerde iklimle ilişkili olabilecek sonraki planlama çalışmalarına katkı sağlayacaktır. İklim sınırlarının tespiti ile birlikte iklimden kaynaklı mülkiyet ve arazi kullanımının değişikliğinin sebepleri irdelenebilecek, iklimden kaynaklı göç problemlerinin sorgulanabileceği ve önlem alınabileceği çalışmalara altlık olabilecek çözüm stratejileri geliştirilebilecektir. Ayrıca Ulusal İklim Değişikliği Stratejisinin ve FIG'in yayınladığı bildirgenin gereksinimlerine doğrultusunda ve mülkiyet kullanımının kısıtlanmasına yönelik tedbirlerin alınmasına, devlet politikalarının geliştirilmesine katkı sağlayacak bir çalışma olması hedeflenmiştir. İklim sınırlarının haritalandırılması yoluyla iklim değişikliklerinin zaman içerisinde izlenmesi; değişimin yönü ve hızının tespit edilmesine olanak sağlayacaktır. Bu bağlamda ulusal ve küresel ölçekte iklim değişikliğine yönelik politikalar geliştirilebilecektir.

KAYNAKÇA

Acheson E. S., Galanis, E., Bartlett, K. and Klinkenberg, B. (2019). Climate Classification System-Based Determination of Temperate Climate Detection of *Cryptococcus gattii* sensu lato. *Emerg Infect Dis.*, 25(9): 1723-1726. doi: 10.3201/eid2509.181884.

Akar, A. (2017). Evaluation Of Accuracy Of Dems Obtained From Uav-Point Clouds For Different Topographical Areas, *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2(3), 110-117.

Akın, H. S., Dalfez, H. N., Önel, B. ve Şen, L. (2011). Türkiye ve Bölgesinde İklimin Geleceğine Köppen-Geiger İklim Sınıflandırması Dayalı Bir Bakış. *Paper presented at the Uluslararası Katılımlı Coğrafya Kongresi (70. Yıl anısına)*, İstanbul.

Aparecido, L. E. D., Rolim, G. D., Richetti, J., de Souza, P. S. and Johann, J. A. (2016). Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Parana, Brazil. *Ciencia E Agrotecnologia*, 40(4), 405-417.

Apaydin, H., Anli, A.S. and Ozturk, F. (2011) Evaluation of topographical and geographical effects on some climatic parameters in the Central Anatolia Region of Turkey. *International Journal of Climatology*, 31(9), 1264-1279.

Aydeniz, A. (1985). Toprak Amenajmanı. Ankara: Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No:928.

Bayramoğlu, E. (2013). Trabzon İlinde İklim Değişikliğinin Mevsimsel Bitki Su Tüketimine Etkisi: Penman-Monteith Yöntemi. *Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2), 300-306.

Belda, M., Holtanova, E., Halenka, T. and Kalvova, J. (2014). Climate classification revisited: from Köppen to Trewartha. *Clim Res*, 59, 1-13.

Birdal, A. C., Korkmaz, E., Erşen, G., Türk, T. and Atun, R. (2018). Monitoring Climate Changes by Geographical Information Systems: A Case Study of Izmir City. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Doğ Afet Çev Derg*, 4(1), 45-55, Doi: 10.21324/dacd.363694.

Birsoy, Y ve Ölgün, M. K. (1992). Thornthwaite yöntemi ile su bilançosunun ve iklim tipinin belirlenmesinde bilgisayar kullanımı. *Ege Coğrafya Dergisi*, 6(1), 153-178.

Chen, D. and Chen, H. W. (2013). Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901-2010. *Environmental Development*, 6, 69-79.

Çiçek, İ. (1996). Thornthwaite Metoduna Göre Türkiye'de İklim Tipleri. *Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Araştırmaları Dergisi*, 12, 33-71.

Çolak, H. E. (2010). Coğrafi bilgi sistemleri ile Doğu Karadeniz bölgesindeki kanser vakalarının konumsal analizleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.

- Demircan, M. ve Sensoy, S. (2010). Climatological Applications in Turkey. Republic of Turkey Ministry of Environment and Forestry Turkish State Meteorological Service, May, Ankara.
- De Martonne, E. (1942). Nouvelle carte mondial de l'indice d'aridité, *Annales de Géographie*, 241-250.
- Erinç, S. (1949). The climates of Turkey according to Thornthwaite's classifications, *Annals of the Association of American Geographers*, 39(1), 26-46.
- Feddema, J. J. (2013). A Revised Thornthwaite-Type Global Climate Classification. *Physical Geography*, 26(6), 442-466.
- FIG (2014). Kadastro 2014 – Gelecekteki Kadastral Sistem için bir vizyon. <https://www.fig.net/resources/publications/figpub/cadastre2014/translation/c2014-turkish.pdf>
- Fovell, R. G. and Fovell, M. C. (1993). Climate zones of the Conterminous United States Defined Using Cluster Analysis. *Journal of Climate*, 6, 2103-2135.
- IPCC. (2014) In: Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Meyer, L.A.(Eds.)Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC.151 pp.
- Kafalı Yılmaz F. ve Yılmaz, Ö. (2013). Rize and Ardahan Cases in Respect of Thornthwaite Climate Classification. 3rd International Geography Symposium- GEOMED 2013, Symposium Proceedings, ISBN: 978-605-62253-8-3.
- Kaufmann J. and Steudler, D. (1998). Cadastre 2014 – a vision for a future cadastral system, FIG Publication, Rüdlingen and Bern, Switzerland, 38ss.
- Khorrami, B., Gunduz, O., Patel, N., Ghouzlane, S. and Najari, M. (2016). Land Surface Temperature Anomalies In Response To Changes In Forest Cover, *International Journal of Engineering and Geosciences*, 4(3), 149-156.
- Köppen, W. (1918). Klassifikation der Klimada nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 64,193-203.
- Köppen, W. and Geiger, R. (1954). Klima der erde (Climate of the earth). Wall Map 1:16 Mill. Klett-Perthes, Gotha.
- MGM (2016). Meteoroloji Genel Müdürlüğü Resmi internet sayfası, İklim Sınıflandırmaları,<https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx>, 24.06.2019.
- MGM (2017). İklim Sınıflandırmaları, http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari.pdf. Son Erişim 18.11.2018.
- Nacef, L., Bachari, N.E.I., Bouda, A. and Boubnia, R. (2016). Variability and Decadal Evolution Of Temperature and Salinity In The Mediterranean Sea Surface, *International Journal of Engineering and Geosciences*, 1(1),24-33.
- Rahimi, J., Khalili, A. and Butterbach-Bahl, K. (2019). Projected changes in modified Thornthwaite climate zones over Southwest Asia using a CMIP5 multi-model ensemble. *International Journal of Climatology*, 39:4575-4594.
- Rolim, G. S., Lucas E. and Aparecido, O. (2016). Camargo, Köppen and Thornthwaite climate classification systems in defining climatical regions of the state of São Paulo, Brazil. *International Journal of Climatology*, 36, 636-643.
- Tayanç, M. and Toros, M. (1997). Urbanization effects on regional climate change in the case of four large cities in Turkey. *Climatic Change*, 35, 501-524.
- Tayanç, M., Karaca, M. and Yenigün, O. (1997) Annual and seasonal air temperature trend paterns of climate change and urbanization effects in relation with air pollutants in Turkey. *Journal of Geophysical Research* 102 D2, 1909-1919.
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification. *Geographical Review*, 38(1), 55-94.
- TİDS (2010). T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi 2010-2023.
- Trewartha, G. T. (1968). An introduction to climate. New York: McGraw-Hill.
- Uyan, M. (2019). Comparison Of Different Interpolation Techniques In Determining Of Agricultural Soil Index On Land Consolidation Projects, *International Journal of Engineering and Geosciences*, 4(1), 28-35.
- Verep, B., Şahin, C., Çiloğlu, E. ve İmamoğlu, H. O. (2002). Uzungöl'ün İklimi ve Çevresel Sorunları

Üzerine Bir Çalışma. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 33(4), 353-358.

Wang, M. and Overland, J. E. (2004). Detecting Arctic Climate Change Using Koppen Climate Classification. *Climatic Change*, 67(1), 43–62.

Yaprak, S. ve Arslan, E. (2008). Kriging Yöntemi ve Geoit Yüksekliklerinin Enterpolasyonu. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2008/1, 98.

Yılmaz, E. ve Çiçek, İ. (2016). Türkiye Thornthwaite iklim sınıflandırması. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 3973–3994.

Yılmaz, E. ve Çiçek, İ. (2018). Türkiye'nin detaylandırılmış Köppen-Geiger iklim bölgeleri. *Journal of Human Sciences*, 15(1), 225-242. doi:10.14687/jhs.v15i1.5040.

Zeroual, A., Assani, A. A., Meddi, M. and Alkama, R. (2019). Assessment of climate change in Algeria from 1951 to 2098 using the Köppen–Geiger climate classification scheme. *Climate Dynamics*, 52(1–2), 227–243.



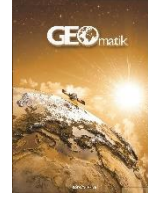
© Author(s) 2021. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



GEOMATİK

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

e-ISSN 2564-6761



Zonguldak ve Ereğli Orman İşletme Müdürlükleri Orman Yangını Risk Alanlarının Belirlenmesi

Semra Dilekçi¹, Aycan Murat Marangoz^{*2}, Ayhan Ateşoğlu³

¹Türkiye Elektrik İletim A.Ş., Ankara, Türkiye

²Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye

³Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Orman yangını
Uzaktan algılama
CBS
AHP
Orman yangını risk haritası
SPSS

ÖZ

Günümüzde doğal ve beşeri nedenlerle artan orman yangınlarının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri teknikleriyle belirlenmesi, yapılacak müdahale ve planlama için oldukça önemli hale gelmiştir. Orman yangını risk alanlarını haritalamak yangına müdahale anlamında işgücü, zaman ve maliyet bakımından oldukça yararlı olacaktır. Orman yangını risk haritaları yangın oluşumuna ve davranışına etki eden unsurları kısmen ortaya koymaktadır. Ülkemiz koşullarında, orman yangını risk haritaları yardımıyla özellikle arazi sınıflarındaki insan faktörüne ilişkin kullanımların yangın riskini değerlendirmelerdeki önemi net olarak anlaşılmaktadır. Bu çalışmada test alanı olarak Zonguldak ve Ereğli Orman İşletme Müdürlükleri seçilmiştir. Bu işletmelerde, 2008-2019 yılları arasında meydana gelen 126 adet orman yangınının, yangın sicil formu incelenmiştir. Yangın çıkan alanlarda yangına neden olan insan faktörü, topoğrafik faktörler ve arazi kullanım sınıfları belirlenmiştir. Yerleşim ve yol ağlarına ilişkin vektörel çıkarımlar Google Earth üzerinden yapılmıştır. Topoğrafik veriler için Sayısal Yükseklik Modeli verisi kullanılmıştır. Arazi kullanım verileri için Landsat 8 uydu verisi üzerinden sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmiş, yangına konu olan sınıflar belirlenmiştir. Değerlendirmeye alınan her bir faktör için Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemiyle uygunluk puanları belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında orman yangını risk haritası oluşturulmuştur. Bu harita; düşük, orta ve yüksek risk grubu olmak üzere sınıflandırılmıştır. Toplam alanın %18'inin düşük, %43'ünün orta, %39'unun yüksek risk sınıfında olduğu görülmüştür. Sınıflandırılan haritanın doğruluk kontrolü için diskriminant analizi yapılmıştır. Analize göre çalışmada elde edilen yangın tehlike indeksi değerlerinin, çalışma alanını yangın risk gruplarına ayırmadaki önemi %86 olarak çıkmıştır. Orman yangınlarına müdahalede ilgili bölge için önemli bir altlık oluşturacak bu araştırma, yangına hassas diğer bölgeler için de geliştirilebilecektir.

Detection of Forest Fire Risk Areas of Zonguldak and Ereğli Regional Forest Directorate

Keywords

Forest fire
Remote sensing
GIS
AHP
forest fire risk map
SPSS

ABSTRACT

Nowadays, detecting the recent increase in naturally caused or human induced forest fires by using the techniques of Remote Sensing and Geographic Information Systems has become quite crucial for fire management and planning. Mapping the risk areas of forest fires for fighting will be very beneficial in terms of labour, time and cost. In relation with the fighting forest fire, the forest fire risk maps partially reveal the factors that affect the fire outbreak and its course. Under the conditions of our country, the crucial use and help of these maps, particularly the ones related with the human factors in the land categories for evaluating the forest fire risk, have been clearly comprehended. In this study, a total of 126 forest fires that occur within the Zonguldak and Ereğli regional forest directorate between 2008 to 2019 were investigated using forest fire information form. Human factors, topographic factors and land use categories that caused fire in outbreak area

*Sorumlu Yazar

Kaynak Göster (APA)

{semra.dilekci@teias.gov.tr} ORCID ID 0000 - 0002 - 0296 - 3957
{aycanmarangoz@hotmail.com} ORCID ID 0000 - 0003 - 4409 - 6000
{aatesoglu@bartin.edu.tr} ORCID ID 0000 - 0002 - 4030 - 7782

Dilekci, S., Marangoz, A. M., & Atesoglu, A. (2021). Zonguldak ve Ereğli Orman İşletme Müdürlükleri Orman Yangını Risk Alanlarının Belirlenmesi. Geomatik, 6(1), 44-53, DOI: 10.29128/geomatik.660623

were identified. The vector illustrations related to the settlements and road networks were made on Google Earth. For the topographic data, Digital Elevation Model input was used. The classification processes were carried out through Landsat 8 satellite data for the land usage data and the classes that had been subjected to the fires were identified, respectively. The congruity scores evaluated for corresponding factors were determined by Analytical Hierarchy Process method. The forest fire risk map was produced in Geographic Information Systems according to these results. Additionally, the low, medium and high risk groups were classified on it. It has been seen that 18% of the area was in low, 43% was in medium and %39 of it was in high forest fire risk group. For the accuracy validation of classified map, the discriminant analysis was performed. It has been observed that the importance of classifying fire risk groups of study area was 86% in relation with the assessment of fire risk index values obtained by the analysis that was conducted in this study. Being a significant base for interception of forest fires and fire management, this research might also be improved for other fire sensitive regions.

1. GİRİŞ

Afetler oluş zamanı belli olmayan durumlar olduğu için afetlere karşı sürekli hazır olmak gerekmektedir. Afet anında ve sonrasındaki hızlı müdahaleler insan hayatını kurtarmak ve oluşabilecek felaketlerin önüne geçebilmek adına oldukça önemlidir. Olayın gerçekleştiği andan itibaren her türlü yardıma hazır olunmalıdır ve bu da ancak iyi bir planlama ile mümkündür.

Ormanlar en önemli doğal kaynaklarımızdan biridir. Ancak ormanlar; nüfusun artması, kentleşme, sanayileşme, tarım arazilerinin genişlemesi gibi nedenlerden dolayı yoğun bir baskı altındadır. Bu baskının nedenlerinden biri de orman yangınlarıdır. Orman yangınları birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de çok büyük can ve mal kaybına yol açan doğal afetlerin başında gelmektedir (Çepel, 1995). Orman yangınlarının oluşumu ve yangın yayılma oranı, yanıcı madde tüketimi, yangın şiddeti gibi yangın davranış özelliklerini önceden tahmin etmek, yangınla mücadele açısından önemli bir adımdır (Yavuz ve Sağlam 2011; Yavuz vd. 2018).

Ülkemizin Akdeniz iklimi etkisi altında bulunan coğrafi konumu nedeniyle orman yangınları tamamen önlenemeyebilir (Doğanay ve Doğanay 2004). Türkiye’de orman yangınlarının genellikle Ege ve Akdeniz bölgesi kıyı bandı kesimindeki ibrelili ormanlık alanlarda yoğunlaştığı görülmektedir (OGM, 2012). Genel olarak Akdeniz kıyı bandı Türkiye’deki orman yangınları için en büyük risk grubunu oluşturmaktadırlar (Cömert vd 2019). Bu bölgeler için yangın risk alanları oldukça yüksek gruplarda yer almaktadır. Fakat son yıllardaki küresel ısınma ve sonrasında yaşanan ani iklim değişiklikleri, Dünya’da olduğu gibi ülkemizde de orman yangını risk alanların güncellenmesini gündeme getirmiştir (URL 1). Küresel ısınmaya bağlı olarak iklim ve arazi kullanımının değişmesi orman yangını tehditlerini arttırmaktadır (Öztürk vd 2010).

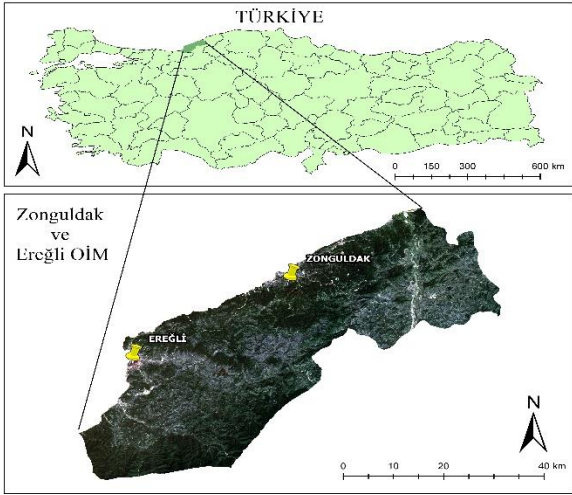
Küresel ısınma nedeniyle orman yangınlarına birinci derece riskli alanların yanında diğer alanlarının risk dereceleri her geçen gün hızla yer değiştirmektedir. Bu nedenle günümüzde orman yangını risk alanlarının, yangını etkileyen ana

faktörlere göre tüm bölgeler için belirlenmesi, gelecekteki planlamalar için önem arz etmektedir. Bu amaçla, orman yangınlarının tespiti ve gözetilmesi; doğru, erken, hızlı bir şekilde yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda, uydu bazı uzaktan algılama teknolojileri önemli bir araç olarak düşünülmektedir. Benzer olarak orman yangınlarıyla mücadelede başarı sağlanabilmesi için gerekli tedbirlerin alınması, gelişen teknolojinin etkin ve ekonomik bir şekilde kullanılması gerekmektedir (Erten vd. 2005; Dong vd. 2005; Malik vd. 2013; Matin vd. 2017; Karakuş vd. 2017). Yangın amenajmanında kullanılan önemli teknolojilerden bir diğeri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)’dir (Pradhan vd. 2007; Bingöl, 2017). CBS sayesinde istenilen bilgilere ulaşmak daha hızlı, kolay ve ekonomik olmaktadır. Böylece, sadece yangın sırasında değil, yangın öncesi ve sonrasında yapılacak çalışmalar için de oldukça yararlı veriler elde edilebilmektedir (Küçük ve Bilgili 2006; Adıgüzel vd. 2016; Ahmad ve Goparaju, 2019).

Bu çalışmanın amacı, Batı Karadeniz bölgesinde yer alan Zonguldak ve Ereğli Orman İşletme Müdürlükleri (OİM) sınırları içerisinde küresel ısınma neticesinde gelecekte muhtemel orman yangını tehditlerine yönelik, risk alanlarının tespit edilerek planlamalara altlık olarak kullanılacak orman yangını risk haritasının oluşturulmasıdır. Çalışma geçmiş yıllardaki orman yangınlarını esas alarak salt arazi faktörlerine göre gerçekleştirilmiştir. Uzun yıllar iklim ve meteorolojik veriler ışığında orman yangınları risk alanlarının oluşturulmasına entegre edilerek katkı sunabilecek orman yangını risk harita verisi hazırlanmıştır. Çalışmada uydu görüntü verilerinden yararlanılarak AHP (Analytic Hierarchy Process/Analitik Hiyerarşi Süreci) tekniğine göre CBS ortamında yangın risk haritası oluşturulmuştur.

1.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri

Zonguldak ve Ereğli OİM, 31° 17' 33" ve 32° 17' 25" Doğu boylamları ile 41° 03' 21" ve 41° 35' 29" Kuzey paralelleri arasında kalan yaklaşık 215000 ha büyüklüğünde bir bölgedir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Alanı (URL 2)

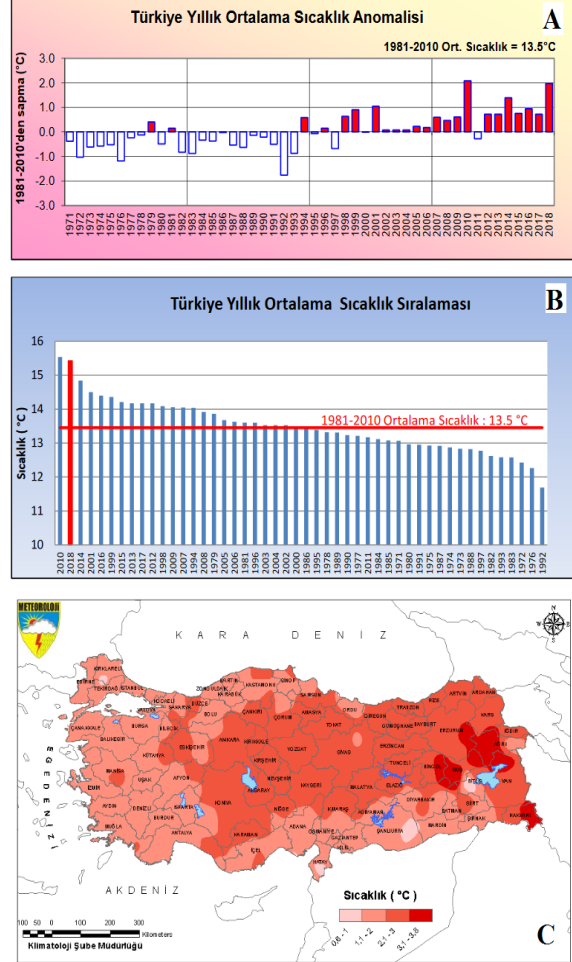
Zonguldak, Perşembe, Göldağı, Yayla, Çaycuma, Kozlu şeflikleri; Zonguldak OİM'ye bağlıdır. Ereğli, Cuma, Alaplı, Çaylıoğlu, Suludere, Yalnızçam, Kocaman, Bendere şeflikleri ise Ereğli OİM'ye bağlıdır.

Zonguldak ili bol yağışlı bir iklime sahiptir ve yerüstü su kaynakları bakımından zengindir. İlde çok sayıda akarsu bulunmakla birlikte Filyos Çayı dışında büyük akarsu yoktur. Buradaki akarsular, Zonguldak ili alanını sık bir vadi ağı ile parçalamıştır. Yeryüzü şekilleri genel olarak dağlıktır. Dağlar; kuzey kesimlerde 1000 metreyi bulmaz iken orta kesimlerde 1200 metreyi aşmaktadır. Dağların, güneyde 2000 metreye kadar ulaştığı yerler mevcuttur. Dağlar kıyıya paralel üç sıra oluşturduğundan kıyı ve iç kesimler arasında ulaşım zordur. Kıyıya yakın yükseltilerin oluşturduğu dağ sırasının altında zengin taşkömürü madeni yatakları bulunmaktadır (URL 3).

Batı Karadeniz, bitki coğrafyası bakımından Avrupa-Sibirya flora alanının Öksin alt flora alanında bulunmaktadır (Ateşoğlu ve Melemez 2015). Zonguldak ili topraklarının %56'sı ormanlık alan olup %88'i koru %12'si bataklık orman niteliğindedir. Kayın, meşe, gürgen, kestane, çınar, ıhlamur ve kızılgaç başta olmak üzere %70'i geniş yapraklı; karaçam, sarıçam, kızılçam ve sahil çamı olmak üzere %30'u iğne (ibrelî) yapraklı ormanlar mevcuttur (URL 3).

Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan 2018 yılı iklim değerlendirmesi raporuna göre Türkiye yıllık ortalama sıcaklık anomalisi özellikle 2000'li yıllardan bu yana artış göstermektedir (URL 4). Ayrıca yıllık ortalama sıcaklık sıralamasına bakıldığında 1981-2010 yılı ortalama sıcaklık değerine göre her yıl artış gösteren sıcaklık değerleri göze çarpmaktadır. Bu bağlamda çalışma alanı içerisinde orman ve fundalık alanlarının yanıcı madde olarak fazlaca yer alması, iğneli türlerin de bulunması ve ayrıca yukarıda belirtilen anomalilere uygun olarak Türkiye'de gelecekte potansiyel orman yangını sahalarının Batı Karadeniz bölgesini

kapsayabileceği gerçeği göz önünde bulundurularak çalışma alanı seçimi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Türkiye 2018 yılı ortalama sıcaklık farklarının coğrafi dağılımına bakıldığında da Zonguldak ve civarının 1.1-2 °C artması ve muhtemel bu sürecin devam edeceği varsayımı kuvvetlenmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Türkiye Yıllık Sıcaklık Anomalisi (A), Türkiye Yıllık Ortalama Sıcaklık Sıralaması (B), Türkiye 2018 Yılı Ortalama 1981-2010'a Göre Sıcaklık Farklarının Coğrafi Dağılımı (C) (URL 4).

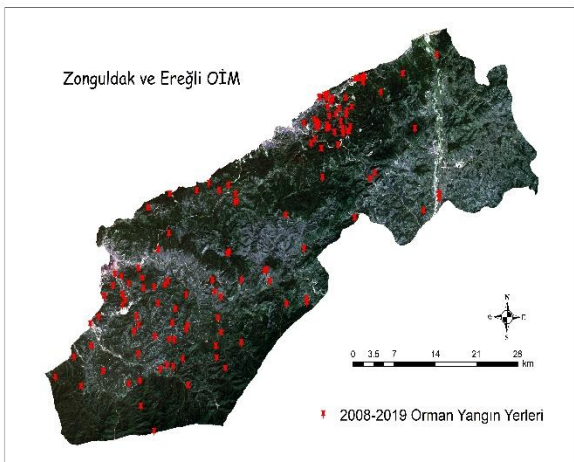
2. YÖNTEM

Çalışma alanının belirlenmesinden çalışma alanının risk haritasının doğruluk kontrolüne kadar olan süreç Tablo 1'de verilmiştir.

Zonguldak ve Ereğli OİM'de yangına neden olan faktörlerin tespiti ve yangının daha çok nerelerde çıktığını belirlemek için çalışma alanına ait 2008-2019 yılları içerisindeki yangın sicil fişlerine, arşiv araştırması sonucunda ulaşılmıştır. Bunun için Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü (OBM), Zonguldak ve Ereğli OİM arşivlerindeki yangın sicil fişleri incelenerek toplam 126 adet orman yangını sicil fişine ulaşılmıştır. Bu yangınlardan 25 adedi yangın risk haritasında doğruluk değerlendirmesi yapmak üzere ayrılmıştır.

Tablo 1. Çalışmanın İş-Akış Şeması

Ateşoğlu (2014), Batı Karadeniz sınırları dahilinde Bartın ili ve çevresi için yaptığı çalışmada orman yangınlarında etkili altı önemli faktör tespit etmiştir. Bu faktörler tespit edilirken yangın sicil fişleri, ilgili işletme şeflerinin görüşleri ve literatürdeki diğer çalışmalardan faydalanılmıştır. Benzer olarak Zonguldak ve Ereğli OİM için toplam 126 yangın sicil fişlerinin incelenmesi ile benzer sonuçlara ulaşılmıştır. 2008-2019 yılları içerisindeki yangın yerleri, yangın sicil fişlerindeki koordinatlar yardımıyla 15.08.2015 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsü (Landsat_Scene_ID:LC81780312018227LGN00;Landsat_Product_ID:LC08_L1TP_178031_20180815_20180828_01_T1; File Date: 2018-08-28) (URL 5) üzerinde işaretlenmiştir. Aynı uydu görüntü verisi arazi örtü/kullanım sınıflandırılması için de kullanılmıştır (Şekil 3). Sınıflandırma işleminde kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden olan Maksimum Benzerlik Yöntemi seçilmiştir.

**Şekil 3.** 2008-2019 Yılları İçerisindeki Orman Yangınları

Bir bölgenin topografik durumu yangınları etkileyen önemli faktörlerdendir. Özellikle yangın davranışı hakkında bilgi vermektedir. Ayrıca arazinin değişik tipleri, iklim ve günlük hava halleri koşullarında değişikliklere neden olur (Goldammer ve Nikolov; 2009; Mahdavi vd. 2012; Özşahin 2014; Gıgovic vd. 2018).

Bu nedenle topografyanın yangınlarla olan ilişkisi arazinin çeşitli durumuna (eğim, bakı, yükseklik) göre incelenmelidir. Tüm topoğrafik şartların belirlenmesi amacıyla ASTER Global Dijital Yükseklik Modeli (GDEM) 30m verisi (URL 6) kullanılmıştır.

Yangın formları incelenerek yangın başlama noktaları ve bölme numaraları ilişkilendirildiğinde, yangının nasıl ve nerede oluşabileceğine ilişkin fikirler elde edilebilmektedir. Çalışma alanında genel olarak yangın başlama noktasına göre yangın görülen yerlerin % 90'dan fazlası yol kenarı, tarla kenarı ve yerleşim yeri kenarlarında olduğu gözlemlenmiştir. Uydu görüntü verisinin arazi kullanım sınıflarının oluşturulmasında yangının en çok görüldüğü doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanları ve çevresi başta olmak üzere orman alanları ve diğer sınıflar (yerleşim, yol, kayalık vb.) arazi sınıfları oluşturulmuştur. Çünkü insan ve araçların hareketliliğinde rol oynayan yollar, insan kaynaklı orman yangınlarının meydana gelişinde önemli rol oynarlar. Çalışma alanı içerisinde birçok kırsal yerleşim alanları da mevcuttur.

Bölgedeki yangınların genelde insan kaynaklı olması nedeniyle insan hareketliliğine neden olan yerleşim ve yol verilerinin vektörleştirilmesinden sonra, CBS ortamında buffer analizi ile yangın sicil fişi verilerinin dağılımına ve yoğunluklarına uygun olacak şekilde yerleşim ve yol koridorları oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan verilerin alana göre kesilmesi, sınıflandırma, eğim, bakı, yükseklik haritalarının oluşturulması, sınıflandırma işleminin doğruluk analizi, yerleşim ve yol koridorlarının oluşturulması, ArcGIS 10.5 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tüm faktörlerin haritaları CBS ortamında hazırlanmış ve 30m x 30m piksel boyutlu raster veri formatına çevrilerek analize hazır hale getirilmiştir.

Tüm faktörlerin belirlenmesinden sonra, çalışma alanında yangın risk alanlarının belirlenmesi amacıyla her bir faktöre ilişkin ağırlık katsayıları AHP yöntemiyle hesaplanmıştır. Kriterlerin belirlenmesinden sonra değerlendirmeye alınan her bir kriter için uygunluk puanları saptanmıştır. Puanların saptanmasında yine AHP kullanılmıştır. AHP yöntemi, 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen çok ölçütlü karar verme tekniklerinden biridir. Karar alırken grup ya da bireyin önceliklerini de dikkate alan, nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendirebilen matematiksel bir yöntemdir. Hiyerarşik yapının oluşturulması, ikili karşılaştırmaların yapılması ve sentez aşamalarından oluşmaktadır (Kadak, 2006).

AHP, karar verme sürecinde kararı oluşturan faktörlerin bir bütün içerisinde ve birbirleriyle

ilişkili olarak değerlendirilmesini kapsayan bir yöntemdir. Faktörlerin değerlendirilmesinin yanında bunların karar noktaları üzerinde de etkileri bu yöntem sayesinde ortaya konulabilmektedir. Bu süreçte kararı etkileyen faktörlerin önem dereceleri karar vericiler tarafından belirlenir ve bu kapsamda önceden tanımlanmış olan puanlama (1-9) yapılır. Bu yöntem sayesinde karar vericilerin vermiş oldukları puanlamaların tutarlılıkları kontrol edilir ve tekrar düzenlemeler yapılabilir. Çalışmada Ateşoğlu (2014)'in Batı Karadeniz'de yer alan çalışma alanından elde etmiş olduğu AHP önem derecelendirmeleri ve ağırlık değerleri kullanılmıştır. Her bir kriterin önem dereceleri, Bartın Orman Fakültesi Orman Mühendisliği öğretim üyeleri ve Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü, Bartın Orman İşletme Müdürlüğü ilgili teknik uzmanlara sorularak 1-9 arasında oluşturulmuş değerlerdir. Bu kapsamda her bir kriter için yangın sicil fişlerinin analiz ve değerlendirilmesi neticesinde ilgili sınıflandırma, koridor değerleri belirlenmiş ve uzman kişilerce birlikte puanlamalar yapılmıştır.

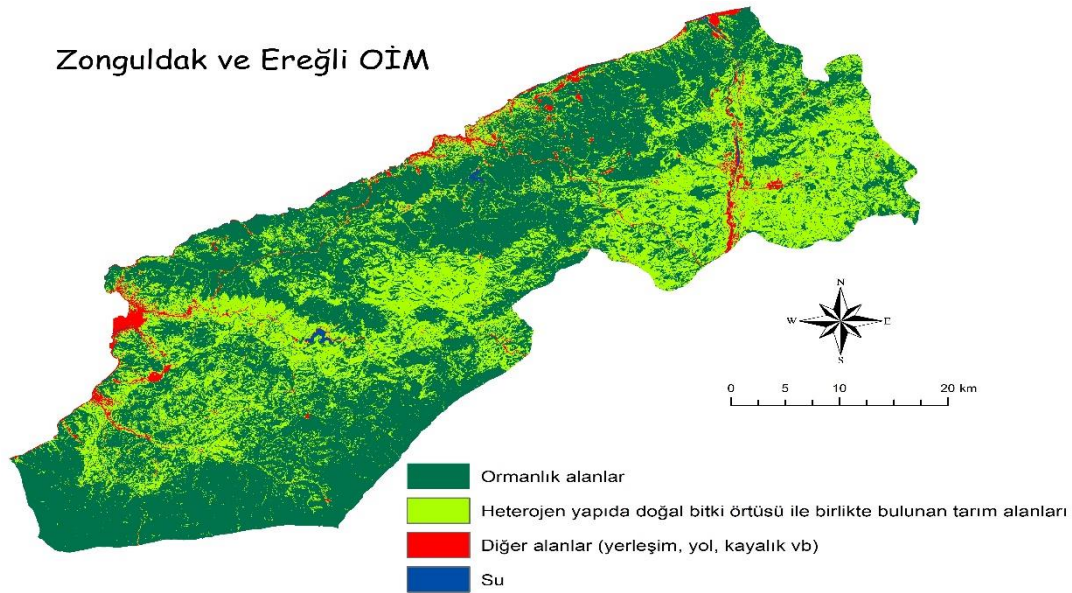
Analize dahil edilmeyen 25 orman yangınının, bu risk gruplarından hangisine düştüğüne bakılmıştır. Daha sonra SPSS programı kullanılarak diskriminant analizi yapılmıştır. Diğer bir adı ayırma analizi olan Diskriminant analizi, veri setinde bulunan verilerin değişken gruplarına atanırken taşıdığı özelliklere göre ayırım yapar. Diskriminant analizi bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri etkilemelerine göre ya aynı ya da farklı gruplara göre

sınıflandırılmasını sağlar. Bu analizin başlıca amaçları; verilerin sınıflanıp sınıflanamayacağını test etmek, değişkenleri sınıflamak, gruplar arasındaki farklılıkları incelenmek, bağımlı değişkende bağımsız değişkenlerce açıklanan varyansı göstermek, bağımlı değişkene göre yapılan sınıflandırmada bağımsız değişkenlerin öncelik sırasını irdelemek, grupları ayırırken önemi düşük olan değişkenleri elemektir.

Sonuç olarak, çalışma alanı için oluşturulan orman yangını risk haritası yardımıyla orman yangını risk alanları, en basit anlamda üç sınıfta düşük, orta ve yüksek olarak gruplandırılarak sınıflandırılmıştır.

3. BULGULAR

Arazi örtü tipini belirleyebilmek amacıyla 2018 yılı Ağustos ayına ait Landsat 8 uydu görüntüsü sınıflandırılmıştır. Temel amaç yanıcı madde miktarı ve bu maddelerin bulunduğu alanların çıkarılması olduğu için, orman ve orman alanı içeren alanların tespiti oldukça önemlidir. Bölgenin arazi kullanımını düşünüldüğünde salt ormanlık alan ve ormanlık alanları da kapsayan heterojen tarım alanları yanıcı madde barındıran iki ana sınıf olarak belirlenmiştir. Bölgedeki su varlığı ve diğer alanlar ise sınıflandırmanın diğer iki sınıfını oluşturmak üzere dört ana arazi örtü/kullanım sınıfı oluşturulmuştur (Şekil 4). Diğer alanlar; yol, kırsal-kentsel yerleşim alanları, açık alanlar vb. sınıflardan oluşmaktadır.



Şekil 4. Arazi Örtü/Kullanım Sınıfları Haritası

Landsat 8 uydu görüntü verisine, literatürde yoğun olarak kullanılan piksel tabanlı sınıflandırma algoritmalarından Maksimum Benzerlik Yöntemi uygulanmıştır. Gerçekleştirilen sınıflandırmanın genel doğruluğu %94 olarak hesaplanmıştır. Sınıflandırma sonucunda birbirine karışan ve

sınıflandırma doğruluğunu düşüren sınıflar diğer alanlar ve tarım alanlarıdır. Bu yüzden bu sınıflarda kullanıcı ve üretici doğruluğunun düşük olduğu görülmüştür (Tablo 2).

Eğim (°)	0-5 (Düz)	2	Düşük
	5-10 (Orta eğimli)	5	Orta
	10-20 (Çok eğimli)	7	Yüksek
	20-30 (çok dik)	3	Orta
	>30 (Çok dik ve Sarp)	1	Düşük
Bakı	Kuzey	5	Orta
	Kuzeydoğu	2	Düşük
	Kuzeybatı	2	Düşük
	Güney	9	Yüksek
	Güneydoğu	5	Orta
	Güneybatı	5	Orta
	Batı	7	Yüksek
Doğu	5	Orta	
Yükseklik (m)	<200	5	Yüksek
	200-400	3	Orta
	>400	1	Düşük
Yerleşim e olan uzaklık (m)	<500	2	Düşük
	500-1500	7	Yüksek
	>1500	3-	Orta
Yola olan uzaklık (m)	<300	7	Yüksek
	300-600	5	Orta
	>600	2	Düşük

Her bir kriterin etki durumu göz önünde bulundurularak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur ve her bir kritere ilişkin ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Zonguldak ve Ereğli OİM için hesaplanan ağırlık puanlarına göre ağırlık değeri en fazla olan %41 değeri ile arazi örtü tipi olmuştur. Bunu %18 ağırlık değeri ile eğim ve yola mesafe takip etmektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Orman Yangınına Etki Eden Kriterlerin İkili Karşılaştırmaları, Ağırlık Değerleri ve Tutarlılık Oranı

Değişken	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Ağırlık
C1	1	3	5	4	5	3	0.41
C2	1/3	1	3	2	3	1	0.18
C3	1/5	1/3	1	1/2	1	1/3	0.06
C4	1/4	1/2	2	1	2	1/2	0.11
C5	1/5	1/3	1	1/2	1	1/3	0.06
C6	1/3	1	3	2	3	1	0.18

*Tutarlılık oranı: 0.011
 C1: Arazi örtü tipi; C2: Eğim; C3: Bakı; C4: Yükseklik; C5: Yerleşim durumu; C6: Yol durumu

Sonuçta her bir piksel için yangın tehlike indeksi değeri; ArcGIS 10.5 programında Mekansal Analiz Raster Veri Düzenleme aracı yardımıyla Denklem 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$S = \sum_{i=1}^n (w_i x_i) \quad (1)$$

S; Toplam yangın tehlike puanı

w_i; Kriterlerin ağırlık değeri

x_i; Kriter puanları

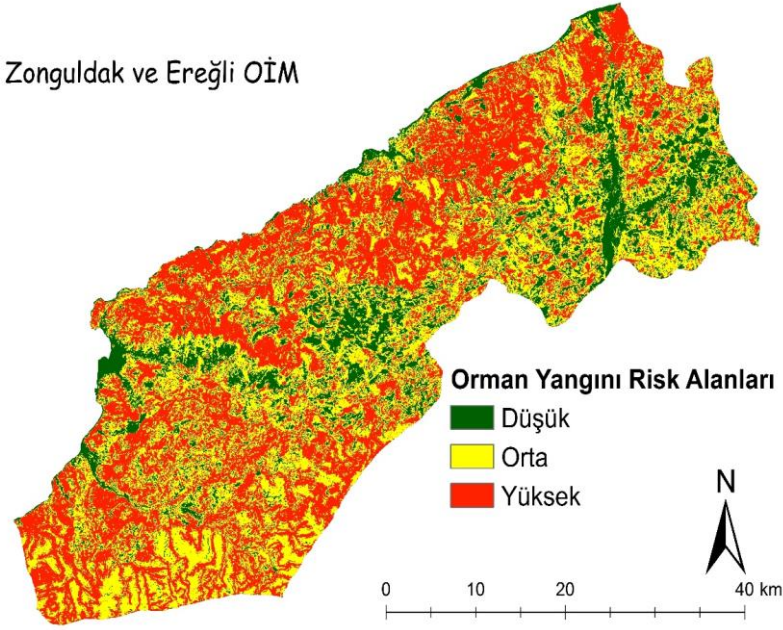
n; Toplam kriter sayısı

Analizlerin sonuçları ve her bir değişken için hesaplanan ağırlık değerleri kullanılarak yangın tehlike indeksi formülü oluşturulmuştur (Denklem 2).

$$\text{Yangın Risk indeksi} = 0.41C1 + 0.18C2 + 0.06C3 + 0.11C4 + 0.06C5 + 0.18C6 \quad (2)$$

Denklem 2'ye göre orman yangını risk haritası oluşturulmuştur (Şekil 7).

Zonguldak ve Ereğli OİM



Şekil 7. Zonguldak ve Ereğli Orman Yangını Risk Alanları

Oluşturulan orman yangını risk haritası analiz edilmiştir ve toplam alanın %18'inin düşük, %43'ünün orta, %39'unun ise yangına en hassas olan yüksek risk sınıfında olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Tablo 5. Yangın risk sınıflarının tanımlanması ve alansal dağılımı

Yangın Tehlike Sınıfı	Yangın risk alanları tanımları	Alan (ha)
Düşük	Salt tarım, yerleşim, endüstriyel ve ticari alanlar vd. Karışık ve yapraklı ormanlık alanlar, düz ve düze yakın alanlar, sarp ve çok dik yüksek alanlar	38885.3 (%18)
Orta	Doğal bitki örtüsü ile bulunan tarım alanları birlikte, orman alt sınır alanları, orta eğimli ve kısmen dik eğimli ve orta yükseklikteki alanlar	91229.8 (%43)
Yüksek	Doğal bitki örtüsü ile bulunan tarım alanları, seyrek bitki alanları, bozuk meşcere alanları, çok eğimli ve yüksekliği düşük alanlar	83119.7 (%39)
Toplam Alan: 213234.8 ha		

Arşiv araştırması sonucu elde edilen 126 adet orman yangınından 25 adedi yangın risk haritasında istatistiksel analiz yapmak için ayrılmıştır. Şekil 7'de oluşturulan orman yangını risk haritası üzerinde, 25 adet orman yangınına ait yangın tehlike indeks değerlerine bakılarak bu yangınların hangi risk grubunda çıktığı belirlenmiştir (Tablo 6).

Yangın tehlike indeksi değerleri ile risk grupları arasında SPSS programında diskriminant analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucuna göre çalışmada elde edilen yangın tehlike indeksi analizi ile değerlerinin,

çalışma alanını düşük, orta, yüksek şeklindeki sınıflandırmadaki önemi %86 olarak çıkmıştır.

Tablo 6. Kontrol için atılan koordinatların yangın tehlike sınıfları

NN	Y (°)	X (°)	YTi değeri	YT sınıfı
1	31.676944	41.352778	4.78	Orta
2	31.859167	41.481667	5.52	Yüksek
3	31.863056	41.454722	5.30	Yüksek
4	31.957778	41.393611	5.00	Yüksek
5	32.012500	41.528611	4.87	Orta
6	31.928611	41.522222	4.17	Orta
7	32.088333	41.360556	4.17	Orta
8	31.915278	41.520278	5.40	Yüksek
9	32.088333	41.367222	2.22	Düşük
10	32.012500	41.528611	4.87	Orta
11	31.735278	41.258889	4.07	Orta
12	31.481389	41.183056	4.00	Orta
13	31.595833	41.366111	5.47	Yüksek
14	31.533611	41.237778	4.98	Yüksek
15	31.490556	41.233056	4.01	Orta
16	31.620000	41.376667	5.29	Yüksek
17	31.641389	41.366944	5.41	Yüksek
18	31.539167	41.242778	5.40	Yüksek
19	31.460278	41.238889	5.76	Yüksek
20	31.641944	41.194722	4.78	Orta
21	31.931667	41.516111	4.86	Orta

22	31.844167	41.495833	5.22	Yüksek
23	31.906111	41.456389	4.54	Orta
24	31.520000	41.212778	4.00	Orta
25	31.850556	41.387222	5.30	Yüksek

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Zonguldak ve Ereğli OİM’de bazı doğal ve beşeri faktörlerin orman yangını dağılımına etkisi incelenmiştir. Bunun için Uzaktan Algılama, CBS teknikleri ve AHP yöntemi kullanılmıştır. Çalışma alanı için orman yangın riskini etkileyen faktörler arazi örtü tipi, eğim, bakı, yükseklik, yerleşim ve yol durumu olarak belirlenip analizler bu faktörler üzerinden yapılmıştır. AHP yöntemiyle hesaplanan ağırlıklara göre en baskın faktör arazi örtü tipi olmuştur. Bunu, eğim ve yol hatlarına mesafe takip etmiştir. Üretilen yangın risk haritasına göre toplam alanın %39’u yangına en hassas olan yüksek risk sınıfında, %43’ü orta risk sınıfında ve %18’i düşük risk sınıfında yer almaktadır. Toplam 213234.8 ha alanın 174349.5 ha alanının yangın riski açısından yüksek ve orta kısımda yer aldığı görülmüştür.

Yapılan diskriminant analizi sonucunda; elde edilen yangın risk haritasındaki yangın tehlike indeksi değerlerinin, risk gruplarına ayırmadaki öneminin %86 olduğu görülmüştür.

Orman yangınları ile müdahale ve yapılacak olan planlamalar için, uydu görüntüleri kullanılarak CBS tabanlı yazılımlar yardımıyla yangın tehlike haritalarının oluşturulması ve belirli aralıklarla tekrarlanması faydalı olacaktır. Çalışmada elde edilen bulgular ve sonuçların; OBM, OİM ve orman işletme şeflikleri de dahil olmak üzere Türkiye genelinde yapılacak planlamalara zemin hazırlayacağı düşünülmektedir. Bunun yanında Zonguldak ve Ereğli OİM’nin sınırları içerisinde olması muhtemel orman yangınlarının önlenmesi için katkıda bulunulacağı öngörülmektedir.

Küresel ısınmanın etkisiyle değişen iklimler orman yangınlarını arttırmaktadır. Yangına hassas alanlardaki tehlike bir kat daha artmakta ve yangına hassas yeni coğrafi bölgelerin oluşmasına neden olmaktadır. İnsan hareketliliği nedeniyle ekolojik dengenin bozulması ve arazi kullanımlarındaki olumsuzluklar bu süreci hızlandırmaktadır. Yapılacak planlamalarda bu alanların tespiti ve önlemlerin alınması gelecek planlamaları için oldukça yararlı olacaktır. Bu nedenle gerçekleştirilen çalışmada kullanılan faktörlere ek olarak iklim, günlük yağış miktarı, ortalama yıllık hava sıcaklığı, rüzgar hızı vb meteorolojik faktörlerinde dahil edilerek daha farklı yöntem ve modeller geliştirilmesi yangın risk haritalarının doğruluğunu bir üst seviyeye taşıyacak nitelikte olacaktır.

BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Bu çalışma, X.Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) Teknik

Sempozyumu - 2019’da sözlü bildiri olarak sunulmuş ve Geomatik Dergisi’nde araştırma makalesi olarak basılması üzere kabul edilmiştir.

Çalışma alanı ile ilgili harita ve diğer verilerin temini, ilgili görüşlerin paylaşımından dolayı Orman Genel Müdürlüğü, Zonguldak OBM, Zonguldak ve Ereğli OİM teknik personel ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Adıgüzel, F., Kaya, E., ve Çerçioğlu, M. (2016). Orman Yangınlarının Topografik Özelliklere Bağlı Olarak CBS ve Uzaktan Algılama Verileriyle Analiz Edilmesi: İbecik Orman İşletme Şefliği Örneği. *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 13-14 Ekim 2016, Ankara, Türkiye.
- Ahmad, F., Goparaju, L. (2019). Geospatial Assessment of Forest Fires in Jharkhand (India). *Indian Journal of Science and Technology*. 10(21):DOI: 10.17485/ijst/2017/v10i21/113215
- Ateşoğlu, A. (2014). Forest Fire Hazard Identifying. Mapping Using Satellite Imagery-Geographic Information System and Analytic Hierarchy Process: Bartın, Turkey. In *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 15 (2), 715-725.
- Ateşoğlu, A., Melemez, K., ve Uğur B. (2015). Orman Yangınına Hassas Bölgelerde Arazöz ile Müdahale Oranının Belirlenmesi (Bartın Orman İşletmesi Örneği). *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16 (2), 132-143.
- Bingöl, B. (2017). Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Burdur İli Orman Yangını Risk Alanlarının Belirlenmesi. *Turkish Journal of Forest Science*, 1(2), 169-182.
- Cömert, R., Matçı, D.K., ve Avdan U. (2019), Object Based Burned Area Mapping With Random Forest Algorithm *International Journal of Engineering and Geosciences (IJEG)*, Vol; 4, Issue; 2, pp. 078-087, June, 2019, ISSN 2548-0960, Turkey
- Çepel, N., (1995). Orman Ekolojisi, 4.Baskı, İ.Ü. Basımevi, İstanbul.
- Doğanay, H., ve Doğanay, S. (2004). Türkiye’de Orman Yangınları ve Alınması Gereken Önlemler. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 9(11), 31-48.
- Dong, X., Li-min, D., Guo-fan, S., Lei, T., and Hui, W. (2005). Forest Fire Risk Zone Mapping From Satellite Images and GIS For Baihe Forestry Bureau, Jilin, China. In *Journal of Forestry Research*, 16(3), 169-174.

- Erten, E., Kurgun, V., ve Musaoğlu, N. (2005). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Orman Yangını Bilgi Sisteminin Kurulması. *10.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 28 Mart-1 Nisan 2005, Ankara, Türkiye.
- Gigovic, L., Jakovljevic, G., Sekulovic, D., and Regodic, M. (2018). GIS Multi-Criteria Analysis for Identifying and Mapping Forest Fire Hazard: Nevesinje, Bosnia and Herzegovina. *Tehnicki Vjesnik*, 25(3), 891-897.
- Goldammer, J.G., Nikolov, N. (2009). Climate Change and Forest Fires Risk, European and Mediterranean. In: *Workshop Climate Change Impact on Water-Related and Marine Risks*, October 2009, Murcia, Spain.
- Kadak, E.G. (2006). Türkiye’de AHP Tekniğinin Performans Değerlendirmedeki Yeri ve İlaç Dağıtım Sektöründe Uygulanması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. *Yüksek Lisans Tezi*, Adana.
- Karakuş, P., Karabörk, H., Kaya, Ş. (2017), A Comparison Of The Classification Accuracies In Determining The Land Cover Of Kadirli Region Of Turkey By Using The Pixel Based And Object Based Classification Algorithms, *International Journal of Engineering and Geosciences (IJEG)*, Vol; 2; , Issue; 02, pp. 52-60, June, 2017, ISSN 2548-0960, Turkey
- Küçük, Ö., ve Bilgili, E. (2006). Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Yangın Davranışının Uygulamaya Aktarılması. *Kastamonu Örneği. Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 6(2), 262-273.
- Mahdavi, A., Shamsi, S.R.F., ve Nazari, R. (2012). Forest and rangelands’ wildfire risk zoning using GIS and AHP techniques. In *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 10(1), 43-52.
- Malik, T., Rabbani, G., and Farooq, M. (2013). Forest Fire Risk Zonation Using Remote Sensing and GIS Technology in Kansrao Forest Range of Rajaji National Park, Uttarakhand, India. In *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 2(1), 86-95.
- Matin, M. A. et al. (2017). Understanding forest fire patterns and risk in Nepal using remote sensing, geographic information system and historical fire data. *International Journal of Wildland Fire* 26, 276-286.
- OGM, (2012) .Ministry of Environment and Forestry General Directorate of Forestry. Forest Fire in Turkey. <http://www.ogm.gov.tr/> (15.12.2012).
- Özşahin, E. (2014). CBS ve AHS kullanılarak Orman Yangını Duyarlılık Analizi: Antakya Orman İşletme Müdürlüğü Örneği. In *Route Educational and Social Science Journal*, 3(1), 50-71.
- Öztürk, M., Gücel, S., Küçük, M., ve Sakcalı, S. (2010). Forest Diversity, Climate Change and Forest Fires in the Mediterranean Region of Turkey. *Journal of Environmental Biology* 31 (1).
- Pradhan, B., Suliman, M., and Avang, M. (2007). Forest Fire Susceptibility and Risk Mapping Using Remote Sensing and Geographical Information Systems (GIS). *Disaster Prevention and Management*, 16(3), 344-352.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, ISBN 0-07-054371-2, USA.
- Yavuz, M, Sağlam, B, Küçük, Ö, Tüfekçioğlu, A. (2018). Assessing forest fire behavior simulation using FlamMap software and remote sensing techniques in Western Black Sea Region, Turkey. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 18 (2), 171-188. DOI: 10.17475/kastorman.459698
- Yavuz, M., ve Sağlam, B., (2011) Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Orman Yangınlarında Kullanılması. *1.Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş, Türkiye.

- URL 1
https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108974/jrc108974_final.pdf
- URL 2:
https://gadm.org/download_country_v3.html
- URL 3:
<http://www.zonguldak.gov.tr/cografya>
- URL 4:
<https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2018-iklim-raporu.pdf>
- URL 5:
<https://earthexplorer.usgs.gov/>
- URL 6:
<https://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>



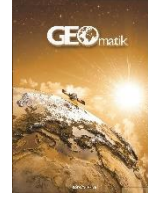
© Author(s) 2021. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



GEOMATİK

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

e-ISSN 2564-6761



Yersel lazer tarama yöntemi ile farklı geometrik yapıdaki özelliklerin modellenmesi

Lütfiye Karasaka ^{*1}, Adin Adnan Rashid Beg ²

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

²Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Yersel lazer tarama
Ölçme
Modelleme
Nokta bulutu

ÖZ

Lazer tarama teknolojisi optik-mekanik bir ölçme tekniğidir. Lazer tarama ile obje ve yakın çevresinin çok kısa sürede üç boyutlu konum bilgileri elde edilir. Alıcı ile nesne arasındaki mesafe ise bir elektromanyetik enerji olan lazer ışının seyahat süresi ile belirlenmektedir. Lidar teknolojisi olarak ifade edilen bu ölçme yöntemi günümüzde farklı platformlarda yersel lazer tarama, mobil lazer tarama ve havadan lazer tarama olarak karşımıza çıkarak mekâna veya nesnelere ait 3B veri ediniminde hızlı ve doğru çözümler sunmaktadır. Günümüzde yersel lazer tarama teknolojisinin; mimari belgeleme, arkeolojik çalışmalar, 3B modelleme, madencilik çalışmaları, deformasyon analizleri, orman envanterlerinin çıkarılması gibi çeşitli mühendislik uygulamalarında kullanılması ile farklı mühendislik problemleri daha kolay çözüme ulaşabilmektedir. Ayrıca lazer tarama teknolojisi karmaşık sahnelerin yoğun nokta bulutları yoluyla hızlı bir şekilde yeniden oluşturulmasını sağlar. Bu anlamda kazaların veya adli suçların meydana geldiği karmaşık sahnelerin hızlı bir şekilde belgelenmesi, olay sonrası analizler için delil teşkil eden bilgilerin tespiti ve bunların sayısal arşivi içinde yersel lazer tarama bu görevi gerçekleştirebilen önemli bir araçtır. Bu çalışmada yersel lazer tarama ile farklı uygulamalar içinde yer alan farklı geometrik özellikteki yapılar modellenmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde SCENE, 3DReshaper, JRC 3D Reconstructor yazılımları kullanılmıştır.

Modeling of different geometrical properties by terrestrial laser scanning

Keywords

Terrestrial laser scanning
Measurement
Modeling
Point cloud

ABSTRACT

Laser scanning technology is an optical-mechanical measuring technique. By means of laser scanning, three-dimensional position information of the object and its immediate surroundings is obtained in a very short time. The distance between the receiver and the object is determined by the travel time of the laser beam, an electromagnetic energy. This measurement method, which is referred to as lidar technology, provides fast and accurate solutions for 3D data acquisition of space or objects by appearing as terrestrial laser scanning, mobile laser scanning and aerial laser scanning on different platforms. Today, terrestrial laser scanning technology; architectural documentation, archaeological studies, 3D modeling, mining studies, deformation analysis, forest inventories, such as the use of various engineering applications can be solved more easily with different engineering problems. In addition, laser scanning technology allows rapid reconstruction of complex scenes through dense point clouds. In this sense, the rapid documentation of complex scenes in which accidents or judicial offenses occur, the identification of evidence that constitutes evidence for post-incident analysis, and terrestrial laser scanning within their digital archive is an important tool to accomplish this task. In this study different geometric structures are modeled in different applications with terrestrial laser scanning. SCENE, 3DReshaper, JRC 3D Reconstructor software were used to evaluate the data.

*Sorumlu Yazar

(lkarasaka@ktun.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-2804-3219
(aydin.adnan87@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-1383-6988

Kaynak Göster (APA)

Karasaka, L., & Beg A. A. R. (2021). Yersel lazer tarama yöntemi ile farklı geometrik yapıdaki özelliklerin modellenmesi, Geomatik, 6(1), 54-60, DOI: 10.29128/geomatik.664728

1. GİRİŞ

1970'li yıllarda geliştirilen havadan ve yerden lazer tarama, LiDAR tekniği temelinde dayanmaktadır. Açılımı "**Light Detection and Ranging**" olan LiDAR, lazer darbeleri kullanarak bir nesne veya bir yüzeyin uzaklığını anlamaya yarayan bir teknolojidir. Bu tekniğin jeodezik aletlerde reflektörsüz mesafe ölçme yöntemi olarak kabul görmesi 1990'lı yıllara dayanmaktadır. İlk reflektörsüz total station, 1994 yılında Almanya'nın Ruhr Üniversitesinde geliştirilmiştir (Reshetyuk, 2006; Scherer, 2004). İlk ticari ve çalıştırılabilir yersel lazer tarayıcılar 1990 yılların sonlarına doğru geliştirilmiştir. Yersel lazer tarama geleneksel ölçme teknikleri ile kıyaslandığında 3B nokta bilgilerin çok yüksek hızla elde edilebildiği bir ölçme tekniğidir. Nokta bulutlarının; kaydedilmesi, farklı yöntemler kullanılarak birleştirilmesi ve fazla nokta verilerinin silinebilmesi ile objelerin 3B modelleri oluşturulmaktadır. Yersel lazer tarayıcılarla elde edilen 3 boyutlu (3B) bilgi günümüzde pek çok mühendislik uygulamalarında farklı disiplinler tarafından kullanılmaktadır. Söz konusu uygulama alanlarını 3B şehir modelleme çalışmaları, endüstriyel ortamların, mega fabrikaların modellenmesi deformasyon izleme çalışmaları, kesit, alan ve hacim hesaplamaları, mimari yapıları ve arkeolojik eserleri belgeleme çalışmalar olarak örneklendirilebilir (Ergün, 2011; Gümüş, 2007).

Özellikle Son yıllarda ülkemizde tarihi ve kültürel varlıkların 3 boyutlu modellenmesi çalışmalarında yersel lazer tarama sistemlerinin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Yersel lazer tarama teknolojisi ile taranması düşünülen objeler küçük yapılar olabildiği gibi geniş, büyük ve karmaşık geometri yapılar da olabilirler. Yersel lazer tarama verilerinin sivil mühendislik ve haritalama projelerinde yaygın olarak kullanıldığı pek çok uygulama vardır (Kushwaha ve ark. 2020; Perc, M. ve Topolšek, D.; 2020; Wiczorek, T. ve ark. 2018).

2. YÖNTEM

Lazer tarama, bir yüzeyin LiDAR (Light Detection and Ranging) teknolojisi kullanılarak örneklendiği veya tarandığı bir yöntemdir. Lazer ışını olarak ifade edilen optik kaynak aracılığı ile lazer tarama cihazı ve obje arasındaki mesafe belirlenebilmektedir. Lazer ışınını normal ışıktan ayıran özellikleri (tek renklilik, uyumluluk, ıraksama, yönlendirilebilirlik, yansıma, yoğunluk) sayesinde gerçek dünya veya nesnelerin şekli ve boyutu ile ilgili veriler kolaylıkla toplanıp analiz edilebilmektedir. Lazer tarayıcılar tarama mekanizması olarak da bilinen optik aynalar aracılığı ile lazer ışınının yatay ve düşey yönlerde yönlendirilmesi ile ilgili objenin veya yüzeyin taramasını yapar. Bir lazer tarayıcının lazer ışınını yatay ve düşey yönlerde saptırma kapasitesi teknik bilgilerinde görüş açısı olarak verilir. Bir objenin üç

boyutlu modelini oluşturabilmek için farklı görüş açıları ile birden fazla tarama istasyonunun kullanılması gerekebilir. Tarama sonucunda elde edilen nihai ürün ölçme mesafesi ile orantılı olarak değişen milyonlarca noktadan oluşan nokta bulutudur. Nokta bulutu verisi, konum bilgisi, yoğunluk bilgisi (intensity), RGB değeri, tarama açısı, yansıma sayısı, yansıma boyu gibi bilgiler içerir. Lazer taramanın en önemli avantajı oldukça kısa bir sürede yoğun nokta konum bilgisini yüksek doğrulukla kaydedebilmesidir. Lazer tarama teknolojisi ile toplanan veriler çeşitli uygulamalar için kullanışlı olan sayısal, iki boyutlu çizimler veya üç boyutlu modeller oluşturmak için kullanılabilir (Van Genechten 2008; Karasaka 2012).

Lidar (Light Detection and Ranging) teknolojisi hava ve yersel Lidar olmak üzere ikiye ayrılan geniş bir uygulama alanına sahiptir. Farklı uygulama alanları verilerin amacına, taranan alanın büyüklüğüne, istenilen ölçüm aralığına ve ekipmanın maliyetine dayalı olarak değişen özellikleri olan tarayıcılar gerektirirler (Vosselman ve Maas 2010). Sabit yersel tarama, gerçek bir zamanda sistematik bir sıklık içerisinde belirli bir bölgedeki bir obje yüzeyinin otomatik olarak 3 boyutlu koordinatlarını ölçen yer bazlı bir cihazın kullanımınıdır.

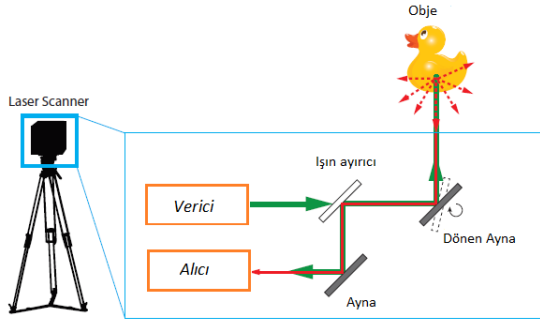
Yersel Lidar teknolojisi birçok alanda kullanılmaktadır. Örneğin: mimarlık, arkeoloji, tarihi ve kültürel mirasın korunması, ormancılık ve çevresel uygulamalar, endüstri ve madencilik, adli tip ve sanal simülasyon gibi alanlardaki uygulamaları örnek olarak verilebilir (Yılmaz ve Yakar 2006).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada yersel lazer tarama teknolojisinin farklı uygulamaları ve elde edilen verilerin farklı yazılımlarda değerlendirilmesi ele alınmıştır.

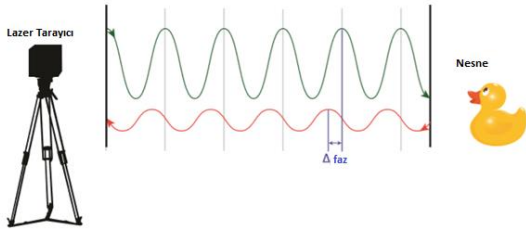
3.1. FaroFocus 3D X 330 Yersel Lazer Tarayıcısı

Çalışmada kullanılan FaroFocus 3D X 330, ayrıntılı ölçme ve belgeleme için kullanılan yüksek hızlı üç boyutlu bir lazer tarayıcıdır. Kompleks ortamların ve geometrilerin sadece birkaç dakika içinde son derece ayrıntılı üç boyutlu görüntülerini üretmek için lazer teknolojisini kullanmaktadır. Ortaya çıkan görüntüler milyonlarca 3B görüntü noktasının birleştirilmesidir. Prensipte Focus 3D, döner aynanın merkezine kızılötesi lazer ışını göndermek suretiyle çalışmaktadır. Bu aletin döner aynası, lazer ışınını taranan çevrede saptırmaktadır. Çevredeki nesnelere yayılan ışık daha sonra tarayıcıya geri yansıtılır (Şekil 1).



Şekil 1. Lazer ışınının sapıtılması

Focus3D, mesafe ölçme yöntemi olarak, faz karşılaştırma yöntemi kullanmaktadır. Tarayıcı ile obje arasındaki mesafe lazer sinyalleri arasında faz farkları ölçülerek suretiyle belirlenmektedir. Faz farkı tabanlı tarayıcılar sürekli genlik modülasyonlu bir dalga yayır, bu modülasyon genellikle birkaç dalga boyunun kombinasyonu şeklindedir. Şekil 2.'de gösterildiği gibi bir nesneye olan mesafe yayılan sinyal ile alınan sinyal arasındaki faz kaymasının ölçülmesiyle belirlenir.



Şekil 2. Faz farkı mesafe ölçme yöntemi

$$\Delta t = t_r - t_e \quad (1)$$

$$\rho_{\text{sinyal}} = c \frac{t_r - t_e}{2} \quad (2)$$

Yayılan sinyalin basit bir modülasyondan, yani bir dalga boyunu kullanan bir sinüzoidal sinyalden oluştuğunu varsayarsak, zaman farkı Δt , yayılan ve alınan sinyal arasındaki faz farkı $\Delta\phi$ ve sinyal periyodu arasındaki faz farkı λ / c ile ilişkilidir.

$$\Delta t = \frac{\Delta\phi}{2\pi} \frac{\lambda}{c} \quad (3)$$

R_{faz} mesafesi (2.8) denkleminden elde edilir ve faz bazlı lazer tarayıcılar için (2.10) denklemi olarak tanımlanmıştır.

$$R_{\text{faz}} = \frac{\Delta\phi}{4\pi} \lambda \quad (4)$$

Sinyal sinüzoidal olduğundan, faz farkının ölçümü belirsiz olabilir, yani ölçülen periyot sayısında bir belirsizlik olabileceği anlamına gelir. Bu belirsizliği önlemek için, genlik modülasyonu için çoklu dalga boyları kullanılır.

3.2. Kullanılan Yazılımlar

Scene; 3B Belgeleme yazılımı FARO Focus3D ve Freestyle3D için özel olarak tasarlanmıştır. SCENE otomatik nesne tanıma, tarama kayıtlama ve konumlandırma gibi özellikleri ile tarama verisini etkin ve basit bir şekilde işler ve yönetir.

3DReshaper; farklı uygulamalar için nokta bulutu işlemeye yarayan ve çok yönlü bir yazılımdır. Bu yazılım birçok 3B modelleme veya inceleme ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Kolayca Mesh oluşturma, hacim hesaplama ve CAD uygulamaları özellikleri sayesinde 3B modelleme çalışmaları için vazgeçilmez bir yazılım haline gelmektedir (URL8).

JRC 3D Reconstructor; farklı kaynaklardan gelen nokta bulutlarını ve görüntülerini yöneten çok platformlu ve yüksek çözünürlüklü bir yazılımdır. JRC teknolojileri, güçlü LineUp aracı sayesinde otomatik hedefsiz (target-less) taramalar ve coğrafi referanslama için en iyi sonuçları verir (URL5).

4. UYGULAMALAR

Çalışmanın bu bölümünde Faro Focus 3D yersel lazer tarama cihazı ile gerçekleştirilen uygulamalar örneklendirilmiştir.

4.1 YLT Endüstriyel Uygulama Örneği

Lazer tarayıcılar, günümüzde endüstriyel uygulamalarda kullanılan en önemli ölçme aletleri arasında yerini almıştır. Diğer klasik ölçme ve fotogrametrik yöntemlerle kıyaslandığında, veri elde edilmesi ve değerlendirilmesinde hız ve maliyet açısından üstünlükleri vardır. Lazer taramalar sonucu elde edilen, taranan objeye ait gerçeğe yakın gösterimini sunan 3 boyutlu nokta bulutlarından CAD yazılımlarında, 3 boyutlu modeller elde edilmektedir. Bu modeller üzerinden istenen bilgilere anında ulaşılabilen, böylece üretim sırasında ortaya çıkacak hatalara müdahale edilerek hatalar yok edilebilmektedir.

Endüstriyel uygulamaya kapsamında Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi'nde bulunan bir havalandırma makinesi seçilmiştir. Detaylı bir obje olduğu için taramalar 11 farklı istasyondan gerçekleştirilmiştir.



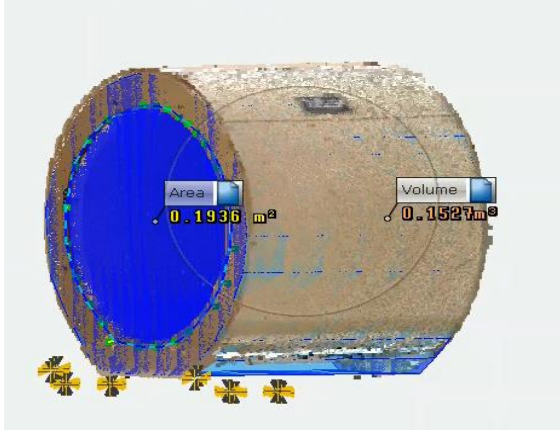
Şekil 3. Havalandırma makinesi

Farklı oturumlardan elde edilen verilerin işlenmesi ve birleştirilmesi için Faro Scene

yazılımının veri işleme (Process) aşamasına geçilmiştir. Bu adımda taramaları renklendirilme, yansıtma eşiği (reflectance threshold), mesafe filtresi (distance filter), hedef levhaları belirleme vb. seçenekleri kullanarak her bir oturum için taranan nokta bulutu elde edilmiştir.

Fotogrametri ve lazer tarama teknolojisi, düzgün geometrik şekli olmayan objelerin hacminin ve alanının hesaplanmasında tercih edilen yöntemlerdendir. 3B modeller üzerinden objeye ait matematiksel bilgiler kolaylıkla elde edilebilmektedir.

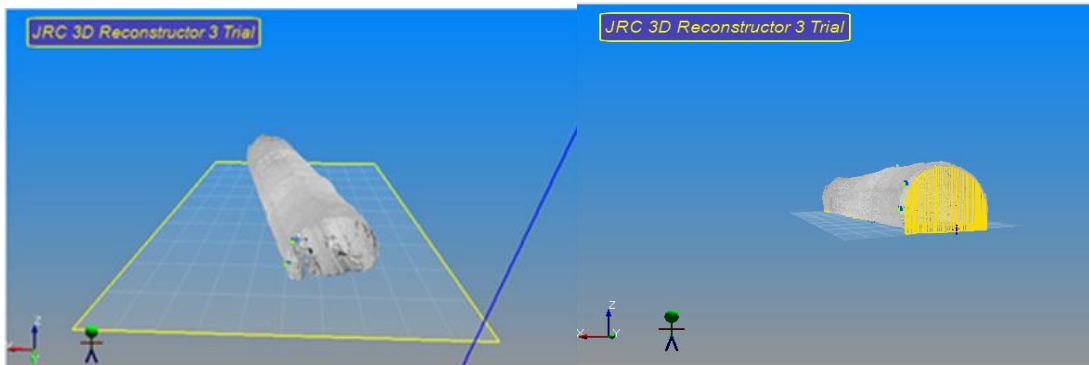
Havalandırma borusunun lazer tarama verileri Faro Scene 3D yazılımı ile veri işleme adımına geçilerek; birleştirme (registration), nokta bulutu oluşturma ve mesh aşamasından sonra seçilen kesitin alan ve hacmi hesaplanmıştır. Şekil 4 de havalandırma makinesinden alınan kesitin alanı 0.1936 m^2 , hacmi 0.1527 m^3 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. Mesh oluşturma, alan ve hacim hesaplama

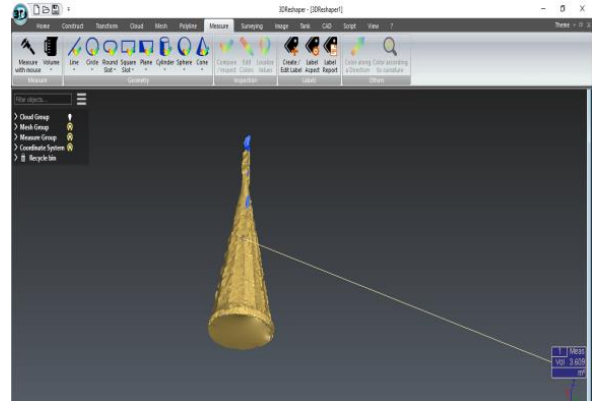
4.2. YLT Cami Minaresi Uygulama Örneği

Yersel lazer tarayıcılar, lazer ışını istenilen doğrultularda yatay ve düşey yönlere saptırılabilmesi yeteneği ile farklı geometrik özellikteki objelerin ölçülmesinde büyük kolaylık sağlamaktadır. Nokta bulutu verisinden koni, küre gibi geometrik objelerin hacmini hesaplamak için cami minaresi yersel lazer tarayıcı ile taranmıştır.



Şekil 6. Mesh oluşturma ve hacim hesabı için kesit alma

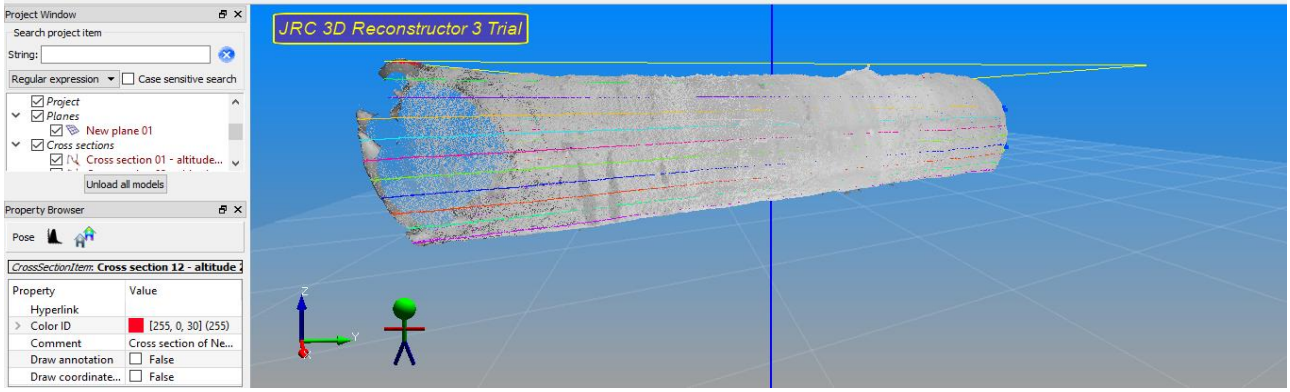
Değerlendirme aşamasında Scene yazılımının koni veya küre gibi objelerin hacimlerini hesaplama konusunda yetersiz kalmasından dolayı minarenin koni şeklinde olan üst kısmının hacmini 3DReshaper yazılımı ile hesaplanmıştır. Minarenin koni şekilli bölümünün hacmi 3.609 m^3 olarak ölçülmüştür.



Şekil 5. Mesh ve hacim hesaplama

4.3. YLT Madencilik Örneği

Tünel veya madencilik uygulamalarında güvenlik önemli bir unsurdur. Yersel lazer tarama teknolojisi olası riskleri asgari düzeye indirmek, tehlike oluşturabilecek çatlakları, periyodik ölçümler ile belirlenen deformasyonları tespit etmek için kullanılabilir. Verilerin 3B dokümantasyonu ile gerekli güvenlik önlemleri önceden alınarak olası maden çökmesi gibi ciddi kazalar önenebilir. Ayrıca lazer tarayıcılar sundukları veri potansiyeli ile hacim ve şekil gibi kritik geometrik bilgileri yakalarken gereksiz kazı çalışmalarının önüne geçerek iş maliyetini azaltmaya yardımcı olur. Bu uygulamada, tünelin hacmini ve kesitlerini elde etmek için Gexcel JRC 3D Reconstructor yazılımını kullandık. Şekil 6 da gösterildiği gibi tünelin hacmini belirleyebilmek için mesh oluşturduktan sonra istenilen mesafede ve sayıda için yatay ve düşey kesitler çıkardık. $1.767.306$ adet üçgenden oluşturduğumuz mesh göre tünelin alanı 2090.232 m^2 olarak, belirlediğimiz kesite göre hacmini ise 5911.383 m^3 olarak hesapladık.



Şekil 7. Hacim hesaplama

4.4. Tarihi Yapıların Modellenmesi-doğal Kaya Oluşumlu Sarnıç Örneği

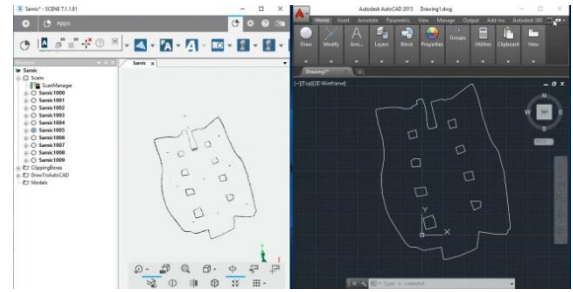
Yersel lazer tarama son yıllarda tarihi ve kültürel mirasın korunması ve belgelenmesine yönelik araştırma ve çalışmalarda sıklıkla kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Ayrıca eserin üç boyutlu modelinin diğer CAD yazılımlarına ve VRML gibi doku kaplama özelliğine sahip 3 boyutlu farklı veri formatlarına export edilebilmesi ile fotogrametrik teknikler farklı disiplinlere de hizmet etmektedir. Kilistra'nın kuzeybatısında yer alan Başpınar Sarnıcı, bölgedeki en büyük sarnıçtır. Düz olmayan dikdörtgen planlı sarnıç, zeminin seviyesi altında bir ana kaya oyularak yapılmıştır (Beg, 2018).



Şekil 8. Başpınar Sarnıcı ve nokta bulutu görseli

3B modeller elde edildikten sonra Faro Scene yazılımının DrawToAutoCAD uygulaması aracılığı ile ürettiğimiz 3B modellerin 2B çizimleri yapılmıştır. Elde edilen 2B çizimlerin üzerinden yapıların alanları ve çevreleri AutoCAD yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Sarnıcın alanı 230.209 m², çevresi

63.67 m olarak bulunmuştur. Başpınar Sarnıcının su depolama kapasitesi 163.074 m³ olarak hesaplanmıştır. Ayrıca sarnıcın kubbe hacmi 3DReasaper ile 1.993 m³ bulunmuştur (Beg, 2018).

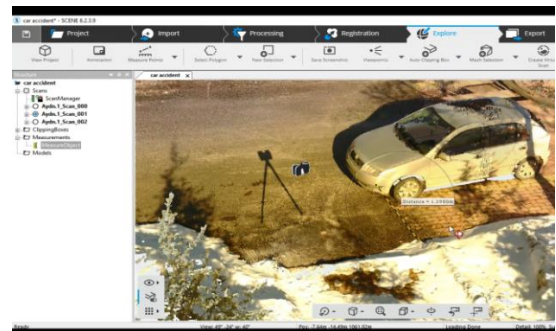


Şekil 9. Başpınar Sarnıcının AutoCAD ile çizimi

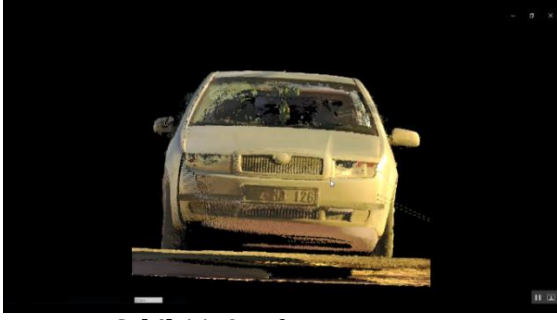
4.5. Trafik Kazası Örneği- Hasarlı Araç Modelleme

Yersel lazer tarayıcılar olay yerinin kaza sonrasında ait yüksek doğrulukta ayrıntılarını, oluşturulan 3B model üzerinden elde edilen metrik çözümler ile trafik kazaları araştırmaları için taşınabilir bir çözüm sunar. 3B lazer tarayıcılar ile toplanan yoğun veri farklı görüş açılarından analiz edilerek araç deformasyonu analizleri yapılabilir, gerçek olayın simüle edilebilmesi için kaza animasyonu hazırlanabilir.

Bu uygulamada kuramsal trafik kazası sahnesini arızalı bir araba kullanarak gerçekleştirdik. Oluşturulan 3B model üzerinde aracın kaza sonrası darbe aldığı yüzey ile çarptığı yüzey arasındaki mesafe değeri 1.3980 m olarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler ile FaroSCENE yazılımı ile oluşturulan aracın ortofoto görünümü şekil 11 de verilmiştir.



Şekil 10. Trafik kazası sahnesi



Şekil 11. Ortofoto görünümü

4.6. Adli Vaka Sahnesi Örneği

Bir suç işlendikten sonra olay yerinin bozulmaması ve delillerin kaybolmaması için çok kısa bir süre içerisinde acil adımlar atılması gerekir. Yersel lazer tarayıcılar sayesinde renkli görüntülerle birlikte ayrıntılı bir 3B nokta bulutu kaydederek olay yerini hızlı şekilde taramak suretiyle bu risk azaltılabilir. 3B adli tıp dokümantasyon sayesinde tüm olay yeri kayıt altına alınabilir. Bu belgeleme yöntemi olay yerinin istenilen perspektiflerden farklı görüş açılarının incelenmesine yardımcı olarak, mermi yolu ve sıçrayan kan analizleri vb. delillerin dijital kayıtlar altında tutulmasında yardımcı olmaktadır. Değerlendirme yapan adli tıp uzmanları için zaman tasarrufu sağlamanın yanı sıra daha doğru ve kaliteli sonuçlar elde etmesine yardımcı olur.

Bu uygulamada adli bir vakayı örnekleyen bir suç sahnesi yaratmak amacıyla 6*12 m² alanlı bir odada 4 farklı istasyondan lazer tarama gerçekleştirdik. Taramadan sonra nokta bulutları ve uygulamanın 3B modeli oluşturmak için FaroSCENE yazılımını kullandık. Her bir taramayı ayrı ayrı process yaptıktan sonra 4 tarama verisini birleştirerek olay yerinin sahne görünümünü nokta bulutu olarak elde ettik (Şekil 13). Manüel birleştirme sonuçlarına göre; en az % 81.9 bindirme oranı ve 0.6 mm doğruluk hatası ile tek bir nokta bulutu verisi oluşturduk.



Şekil 12. Nokta bulutu sahne görünümü

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Son yıllarda hızla gelişen lazer tarama teknolojisinin güçlü, pratik, doğru, güvenilir çözümler sunması yönüyle birçok uygulama için kabul edilebilir ve kullanılabilir bir değerlendirme aracı olmuştur. Tarama işlemi sonucunda mesafe ve 3B nokta konum bilgisinin yanı sıra, tarama verilerinin yazılımlarla birleştirilmesi ile sahne görünümünü veren 3B modellerde elde edilmektedir. Veri boyutunun çok büyük olduğu detaylı objelerin veya karmaşık sahnelerin daha hızlı modellenerek doğru ve güvenilir geometrik ve metrik bilgilere ulaşılmasında yersel lazer tarama tekniğini klasik ölçme yöntemlerine göre büyük avantaj sağlamaktadır. Özellikle mühendislik alanında zaman, maliyet ve emek açısından önemli bir yer tutan lazer tarama yönteminin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Çalışma kapsamında farklı boyutlarda farklı geometriye sahip nesnelerin modellenmesi, metrik bilgilerinin çıkartılmasının yanı sıra vaka olaylarının yeniden canlandırılmasında yersel lazer tarama verilerinin kullanılabilirliği farklı yazılımlar kullanılarak araştırılmıştır. Uygulamada elde edilen veriler SCENE, 3DReshaper, JRC 3D Reconstructor yazılımları kullanılarak değerlendirilmiştir.

FARO Focus3D lazer tarayıcısı için özel geliştirilen SCENE yazılımı tarama verisini etkin ve basit bir şekilde işler ve yönetmesi ile dikkat çekmektedir. Faro Scene yazılımının DrawToAutoCAD aracılığı ile 2B çizimler yapabilmesi yani AutoCAD yazılımı ile eş zamanlı çalışabilmesi aynı zamanda alan, çevre uzunluğu gibi bilgileri kolaylıkla çıkarılabilmesi ise bu yazılımın üstün yanlarını ortaya koymaktadır. Ancak sadece düzgün geometrik yapıların (dikdörtgenler prizması, silindir, vb.) hacimlerini hesaplayabilmekte ve bozuk geometrideki objelere ait hesaplamaları yapamamaktadır. Değerlendirme aşamasında SCENE yazılımının koni veya küre gibi objelerin hacimlerini hesaplama konusunda yetersiz kalmasından dolayı minare gibi koni şekline sahip geometrik yapılarda 3DReshaper yazılımı kullanılmıştır. Başpınar Sarnıcının kubbesinin hacim hesaplaması için 3DReashaper, su depolama kapasitesini hesaplamak için de JRC 3D Reconstructor yazılımları kullanılmıştır. Kubbenin 3B modeli 3DReashaper yazılımına aktarıldıktan sonra 3B bir mesh oluşturularak kubbenin hacmi bulunmuştur.

Tarama verilerinin birleştirildiği diğer bir yazılım JRC 3D Reconstructor yazılımıdır. Bu yazılım hem düzgün hem de bozuk objelerin hacim hesabını yapabilmektedir. JRC 3D Reconstructor yazılımı, Faro Scene yazılımına kıyasla daha fazla nokta bulutu, mesh üçgeni ve mesh tepe noktası (vertex) oluşturabilmekte bu özellikleri ile tünel gibi büyük boyutlu objelerin hacim hesaplamaları daha sağlıklı yapılabilmektedir.

Yüksek çözünürlüklü yoğun verilerden oluşan lazer tarama verilerinin işlenmesi, birleştirilmesi,

yönetilmesi için geliştirilen birçok ticari yazılım mevcuttur. Ancak karmaşık problemlerin çözümü için tek bir yazılım yeterli olmayabilir. Ayrıca tez kapsamında ele alınan yersel lazer tarama verilerini değerlendirme yazılımları ile ilgili olarak FaroScene yazılımı JRC yazılımına kıyasla daha kolay ve hızlı veri işlemektedir. Bu özellikler deneyimsiz kullanıcılar için oldukça avantaj sağlamaktadır. JRC 3D Reconstructor yazılımının ise daha profesyonel kullanıcılara hitap etmektedir. Bu yazılım Faro Scene'in aksine çok daha fazla parametre içermesi, sayı sınırı olmadan nokta bulutu ve mesh üçgenleri oluşturması, oldukça çeşitli nokta bulutu ve mesh üretme ve düzenleme komutlarını karşılaması ve birçok geometrik uygulamaları desteklemesi bu yazılımın en güçlü 3B modelleme yazılımları arasında yer almasını sağlamaktadır. Çalışma kapsamında farklı uygulamaları değerlendirmek için ele alınan veri işleme ve değerlendirme yazılımları 3B modellerde sınırlanmamakta, bu modellerden CAD ve CBS yazılımları ile hem vektör hem de raster verileri çıkarılabilmektedir.

KAYNAKÇA

Beg, R. A. (2018). Kiliştra (Gökyurt) Antik Kenti yapılarının yersel lazer tarama ve insansız hava aracı tekniği ile modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Karasaka, L. (2012). Mobil Yersel Lazer Tarama Sistemlerinin Fotogrametrik Rölöve Projelerinde Kullanılabilirliği Üzerine Bir Çalışma, *Publisher.Pages*.

Kushwaha, S. K. P., Dayal, K. R., Raghavendra, S., Pande, H., Tiwari, P. S., Agrawal, S., & Srivastava, S. K. (2020). 3D Digital Documentation of a Cultural Heritage Site Using Terrestrial Laser Scanner—A Case Study. In *Applications of Geomatics in Civil Engineering* (pp. 49-58). Springer, Singapore.

Perc, M. N., & Topolšek, D. (2020). Using the scanners and drone for comparison of point cloud accuracy at traffic accident analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 135, 105391.

Reshetyuk, Y., 2006, Investigation and calibration of pulsed time-of-flight terrestrial laser scanners, PhD Thesis, *Royal Institute of Technology (KTH)*, Stockholm, 1-55

Scherer, M., (2004). Intelligent tacheometry with integrated image processing instead of 3D laser scanning? In Proceedings of INGENO 2004 and FIG Regional Central and Eastern European Conference on Engineering Surveying, Bratislava, Slovakia, November 11 – 13.

Van Genechten, B. (2008). "Theory and Practice on Terrestrial Laser Scanning: Training Material Based on Practical Applications."

Vosselman, G. ve Maas, H.-G. (2010). Airborne and Terrestrial Laser Scanning. *CRC*.

Yılmaz, H. M. ve Yakar, M. (2006). "Yersel Lazer Tarama Teknolojisi." *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2(2): 43-48.

Yakar, M. (2011). Using close range photogrammetry to measure the position of inaccessible geological features. In *Experimental Techniques*, 35 (1), 54-59.

Wieczorek, T., Przyłucki, R., Lisok, J., & Smagór, A. (2018). Analysis of the Accuracy of Crime Scene Mapping Using 3D Laser Scanners. In *International Workshop on Modeling Social Media* (pp. 406-415). Springer, Cham.

URL5:http://www.gexcel.homeip.net/Reconstructor/R_Manual/R_Manual_EN.pdf.

URL8:http://www.3dreshaper.com/images/brochures/BeginnersGuide_EN.pdf



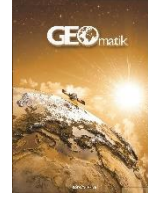
© Author(s) 2021. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



GEOMATİK

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

e-ISSN 2564-6761



Mozaiklenmiş insansız hava aracı görüntülerinde eksik bölgelerin örnek tabanlı iç boyaması ile elde edilmesi

Umut Özkaya ^{*1}, Bilgehan Hasan Makineci ², Şaban Öztürk ³, Osman Orhan ⁴

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

²ÜKonya teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

³Amasya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Amasya, Türkiye

⁴Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

Anahtar Kelimeler

İnsansız Hava Aracı
Mozaikleme
İç Boyama
Örnek Tabanlı

ÖZ

Bu makalede İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanılarak elde edilen hava görüntüleri ile sayısal yükseklik modelinde kullanılmak üzere mozaikleme işlemi uygulanmıştır. Görüntüler kompakt kameralı, döner kanatlı, endüstriyel bir İHA ile 120 m uçuş yüksekliğinde (~3.3 cm/piksel Yer Örnekleme Aralığında) %80 boyuna ve %50 enine bindirmeli olarak çekilmiştir. Konya Selçuk Üniversitesi Kampüs Alanı'ndaki test bölgesinde kurulan 50 Yer Kontrol Noktası (YKN) kullanılarak görüntülerin birleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Görüntülerden elde edilen ortomozaik Pix4D yazılımından üretilmiştir. Mozaikleme işlemi için toplamda 173 adet İHA görüntüsü kullanılmıştır. Önerilen örnek tabanlı iç boyama yönteminin performansı, 173 adet İHA görüntüsünden elde edilen 256×256 boyutlarında 6228 adet görüntü üzerinde ve 173 adet İHA görüntüsü ile elde edilen ortomozaik görüntü üzerinde test edilmiştir. Önerilen yöntemde iç boyama işlemi için 5×5, 7×7 ve 9×9 boyutlarında farklı görüntü yama boyutları kullanılmıştır. Farklı yama boyutlarına göre önerilen yöntemin performansı değerlendirilmiştir. Yapısal Benzerlik İndeksi (YBİ), 5×5 yama boyutu için 0.9824, 7×7 yama boyutu için 0.9840 ve 9×9 yama boyutu için 0.9843 elde edilmiştir. Sinyal Gürültü Oranı (SGO), 5×5 yama boyutu için 22.1010 dB, 7×7 yama boyutu için 22.5148 dB ve 9×9 yama boyutu için 22.6927 dB elde edilmiştir. Tepe Sinyal Gürültü Oranı (TSGO), 5×5 yama boyutu için 21.7303 dB, 7×7 yama boyutu için 21.3184 dB ve 9×9 yama boyutu için 21.1420 dB elde edilmiştir. Son olarak ise önerilen yöntem kullanılarak ortomozaik görüntü içerisindeki eksik bölgelere iç boyama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Obtaining missing areas with exemplar inpainting in mosaic unmanned aerial vehicle images

Keywords

Unmanned Aerial Vehicle
Mosaicking
Inpainting
Exemplar

ABSTRACT

In this article, mosaic process was applied to use in digital elevation model of terrestrial images by using Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Images acquired with an industrial UAV with a compact camera, rotary-wing, at 120 m flight height (~ 3.3 cm/pixel Ground Sampling Range -GSD-) 80% frontal overlap and 50% side overlap. The images were combined using 50 Ground Control Points (GCP) established in the test area at Konya Selçuk University Campus Area. The orthomosaic obtained from the images produced by Pix4D software. A total of 173 UAV images used for the mosaicking process. The performance of the proposed exemplar inpainting method was tested on 6228 images in size of 256 × 256 which generated from 173 UAV images and the orthomosaic image generated with 173 UAV images. In the proposed method, different image patch sizes of 5 × 5, 7 × 7 and 9 × 9 are used for inpainting process. The performance of the proposed method according to different patch sizes was evaluated. Structural Similarity Index (SSIM) was obtained as 0.9824 for 5 × 5 patch size, 0.9840 for 7 × 7 patch size and 0.9843 for 9 × 9 patch size. Signal to Noise Ratio (SNR) was obtained as 22.1010 dB for 5 × 5 patch size, 22.5148 dB for 7 × 7 patch size and 22.6927 dB for 9 × 9 patch size. Peak Signal Noise Ratio (PSNR) was 21.7303 dB for the 5 × 5 patch size, 21.3184 dB for the 7 × 7 patch size and 21.1420 dB for the 9 × 9 patch size. Finally, inpainting was performed on missing areas in the orthomosaic image by using proposed method.

1. GİRİŞ

Uzaktan algılama ve mozaikleme uygulamalarında ortak sorun olarak belirli alanların tamamen kapsanmaması veya eksik bölgelerin oluşması gösterilebilir. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration-NASA), 2000'li yıllarla beraber başlatmış olduğu Shuttle Radar Topografya görevi ile dünyanın büyük bir kısmında Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturmaya çalışmıştır. Bununla birlikte, dağlık ve yüksek eğimli bölgelerde eksik veri sorunu ortaya çıkmıştır. Yükseklik farkı ve engebenin fazla olduğu arazilerde görüntü yakalamanın doğru bir şekilde yapılamadığı tespit edilmiştir (Luedeling vd. 2007). Stereo fotogrametri alanında iki farklı uydu görüntüsünden SYM oluşturulmasında görüntü özelliklerinin farklılığından kaynaklanan hatalar oluşabilmektedir. Aynı zamanda uydu görüntülerinden SYM oluşturulmasında bulutlanma nedeniyle de eksik veriler ortaya çıkabilmektedir. Eksik bölgelerin tekrardan yapılandırılması için literatürde farklı teknikler sunulmuştur. Bu yöntemler veri değiştirme ilkesi ve zamansal tahmin stratejileri olmak üzere farklı metotlar içermektedir (Skytt vd. 2015, Reuter vd. 2007, Shepard 1968).

İç boyama, görüntüde bilgi içermeyen alanları arka plan özelliklerini kullanarak doldurma işlemidir. Diğer bir ifadeyle görüntüdeki kayıp veya bozuk alanların çevre piksel bilgileri yardımıyla tekrardan yapılandırılmasıdır. İç boyamanın amacı eksik alanların makul bir şekilde elde etmektir. Dijital görüntü içerisindeki eksik bölgelerin doldurulmasını amaçlayan farklı iç boyama teknikleri de mevcuttur. Eksik ve çakışan bölgelerin doldurulması için kullanılan geleneksel yöntemler arasında spline yüzeyleri (Skytt vd. 2015), kriging (Reuter vd. 2007), Ters Mesafe Ağırlıklandırma (TMA) (Shepard 1968) ve üçgen düzensiz ağlar (Luedeling vd. 2007) enterpolasyon teknikleri bulunur. Bu iç boyama yöntemleri kullanıldıkları görüntüye göre performansında farklılıklar gösterir.

Görüntüde iç boyama işlemi son yıllarda birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir. Literatürde iç boyama işlemi için farklı teknikler uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygın kullanılan tekniklerden biri Piksel Tabanlı İç Boyamadır (PTİB) (Bertalmio vd. 2000). PTİB işlemi piksel düzeyinde çalışarak küçük alanların doldurulmasında etkilidir. Daha büyük alanların doldurulmasında bu yöntem görüntüde bulanıklığa yol açar. Diğer bir yöntem olarak ise örnek tabanlı iç boyama tekniği önerilir. Bu yöntem görüntü içerisindeki eksik bölgeleri, bilgi içeren bölgeler ışığında doldurur. Örnek tabanlı iç boyama yöntemi piksel (Komodakis ve Tziritas 2007) ve yama (Rares vd. 2005) tabanlı olmak üzere iki çeşidi mevcuttur. Bu iç boyama işleminde her adımda bir piksel veya yama doldurulur. Görüntü iç boyama işleminde gerçekleştirileceği alanlarda sınır geometrisinden bağımsız olarak boyama işlemi yapılır. Hâlbuki örnek ya da yama tabanlı iç

boyamada görüntüden çıkarılan nesne veya eksik alanlar doldurma işleminde süresizliğe yol açabilir. Örnek tabanlı iç boyama yöntemlerinin bir dezavantajı da görsel tutarsızlıklara neden olmasıdır. Bu problem çözümünde eksik bölge çevresindeki belirli boyutlarda en uygun yamalar seçilerek bilinen bölgelerden eksik bölgelere doğru doldurma işlemi gerçekleştirilir (Chen vd. 2005). Örnek tabanlı iç boyama yöntemlerinde eksik bölgelerin doldurulmasında doldurulacak piksellerin sırası ve düzeyi oldukça önemli bir yer tutar. Görüntü içerisindeki gürültüler ve doğrusal özellik göstermeyen örüntüler iç boyama için gereken hesaplama süresini artırmaktadır.

Literatürde iç boyama ile ilgili farklı türde çalışmalar yer almaktadır. Efros ve Freeman yapmış oldukları çalışmada hızlı ve yama tabanlı bir iç boyama algoritması önermişlerdir. Eksik bölgeler uygun bir şekilde farklı bölgelerden yamalar ile doldurulmuştur (Efros ve Freeman 2001). Criminisi çalışmasında iç boyama işlemi yakınlık ölçüsüne göre görüntü kenarlarından başlayarak merkeze doğru gerçekleştirmişlerdir (Criminisi 2004). Fang önerdiği yöntemde vektör niceleme ve temel bileşen analizi tabanlı bir iç boyama tekniği sunmuşlardır (Fang 1990). Fawzi görüntü içerisindeki çok büyük eksik bölgeleri tamamlamak için ön eğitilmiş Yapay Sinir Ağı (YSA) modellerini kullanmışlardır (Fawzi 2016). Kaiming ve Sun yapmış oldukları çalışmada görüntü içerisindeki istenmeyen bölgelerin görüntünün genel çerçevesine göre doldurulmasını sağlamışlardır (Kaiming ve Sun 2012). Bertalmio önerdiği yöntemde görüntü içindeki eksik bölgeleri, dolu bölgelerin yapısal ve dokusal niteliklerine uygun bir şekilde iç boyama işlemi gerçekleştirmişlerdir (Bertalmio 2003). Bu çalışmanın amacı, örnek tabanlı iç boyama yönteminin çok sayıda görüntü ve ortomozaik görüntü üzerindeki performansının karşılaştırmalı olarak analiz etmektir. Bu çalışmada 2. Bölüm kullanılan veri seti özelliklerini ve yöntem hakkında detayları içermektedir. 3. Bölümde ise elde edilen bulgular ve karşılaştırmalı analizler mevcuttur. 4. Bölümde ise elde edilen sonuçları ifade etmektedir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

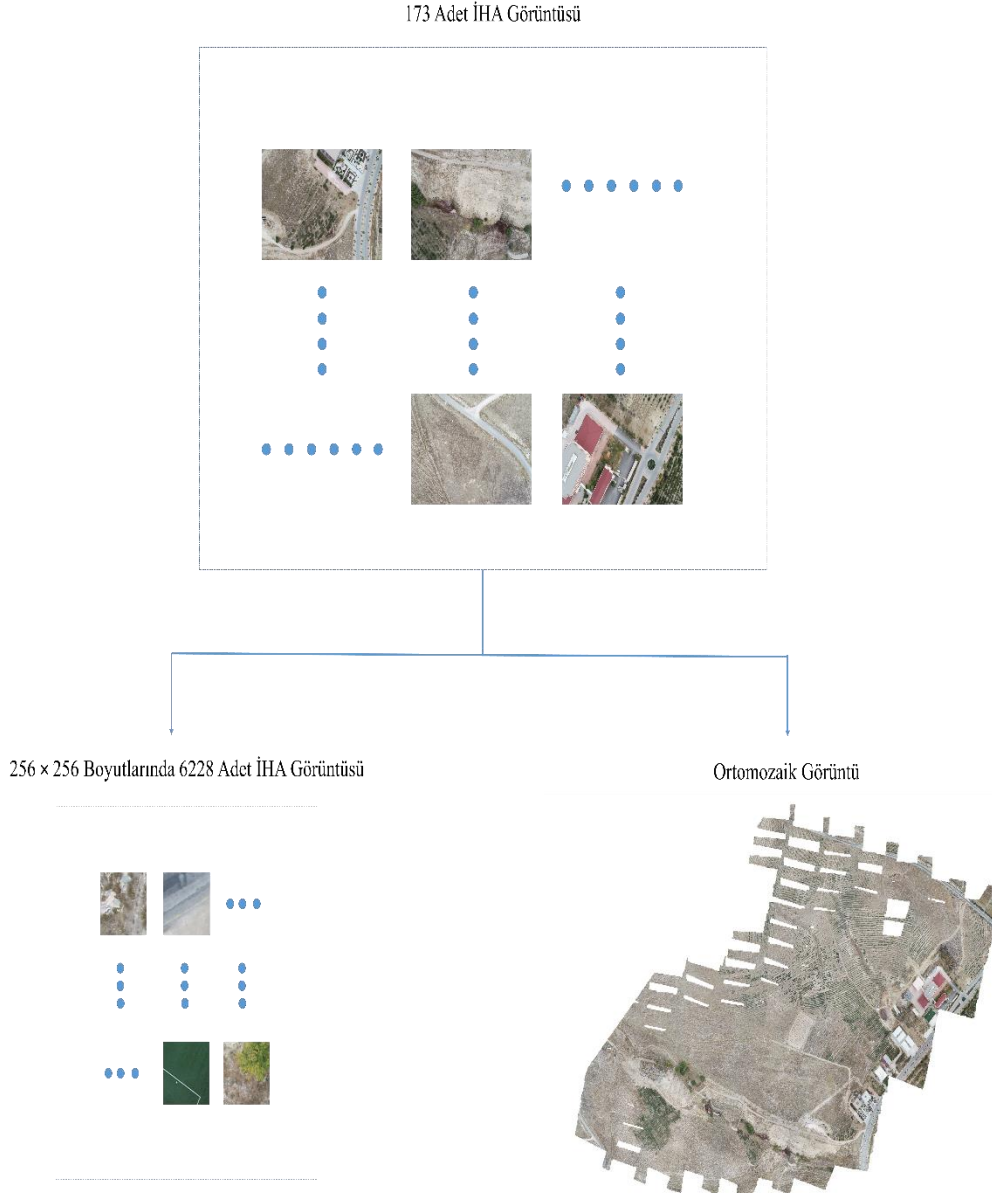
2.1. Veri Seti Tanımlaması

Veri setinin oluşturulması için Ekim Ayı içerisinde DJI Phantom 4 Pro marka döner kanatlı bir İHA kullanılmıştır. Selçuk Üniversitesi Alaaddin Keykubat Kampüs Alanı sınırlarındaki özel test bölgesi 50 kadar YKN içermektedir. Bu YKN'lerden bir kısmı araziye işaretlenmiş noktalar olup BÖHHBÜY yönergesine uygun olarak 3 kanatlı merkezi $3 \times YÖA$ çember biçiminde kanatların boyutları da $4.5 \times YÖA$ olacak şekilde işaretlenmiştir. YKN'lerin bir kısmı ise arazide önceki yıllarda kurulmuş olan pilye ağına dayandırılmıştır. İHA'nın kamera özellikleri olarak görüntünün genişliği ve yüksekliği 5472×3648 piksel, odak uzunluğu 8.8

mm ve sensör boyutları da $13.2 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ olarak bilinmektedir.

Görüntülerden üretilen mozaik Pix4D yazılımı tarafından otomatik olarak üretilmiştir. Kamera kalibrasyonu, görüntülerin birleştirilmesi (mozaik üretimi), SYM üretilmesi ve ortomozaik üretilmesi amacıyla programa 5472×3648 boyutunda 173 adet (bir tanesi yaklaşık 8 mb) koordinatlı görüntü yüklenmiştir. Görüntüler içerisinde 256×256 boyutlarında görüntüler alınarak toplamda 6228 adet görüntü elde edilmiştir. Bu işlem önerilmiş olan

örnek tabanlı iç boyama tekniğinin fazla örnek sayısındaki başarısını test etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de 173 adet İHA görüntüsü kullanılarak elde edilen ortomozaik görüntü ve 256×256 boyutlarındaki 6228 adet görüntü için iş akış şeması bulunmaktadır. Önerilen iş akış şeması ile örnek tabanlı iç boyama yönteminin hem çok sayıda görüntülerde hem de ortomozaik görüntü üzerindeki başarısı test edilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 1. Ortomozaik ve 256×256 boyutlarındaki görüntüler için iş akış şeması

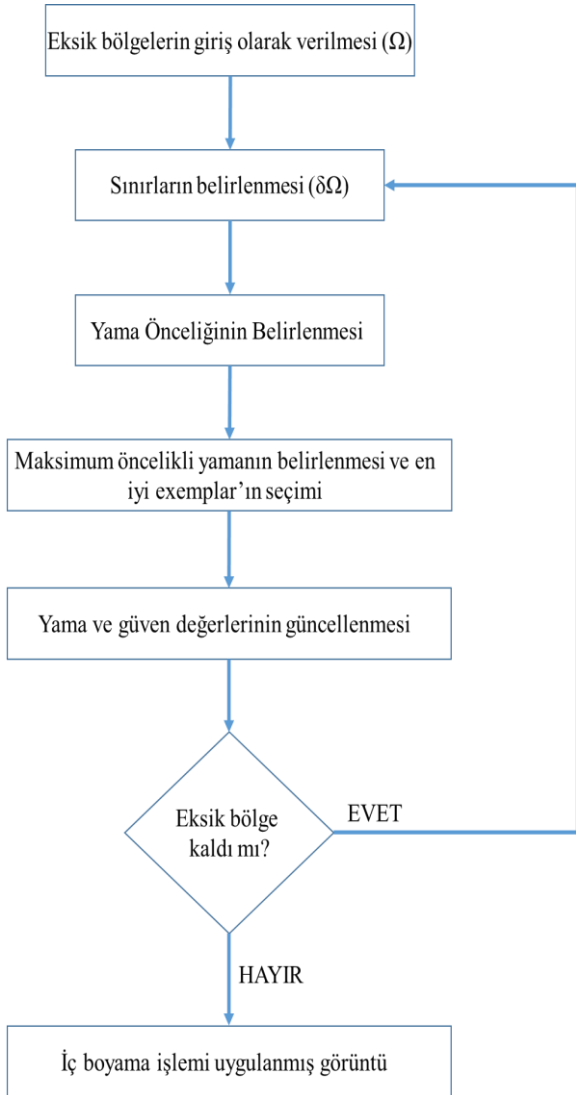
2.2. Örnek Tabanlı İç Boyama Yöntemi

Örnek tabanlı iç boyama yöntemi giriş görüntüsünü renkli veya gri ton düzeyinde doldurma işlemi gerçekleştirebilir. İç boyama işlemi gerçekleştirilmeden önce doldurulma yapılacak bölgelerin maskelenmesi gerekir. Maske sayesinde

görüntü içerisinde istenmeyen çoklu hedefler kaldırılabilir.

Görüntü içerisindeki eksik bölgelerin göze çarpan yapılar ile doldurulması güvenilir iç boyama sonuçlarının elde edilmesinin anahtarıdır. Aynı zamanda eksik bölgelerin çıkıntılı kısımlarından uzatılması olumsuz sonuçlara neden olabilir. İç boyama işleminde yama tabanlı olarak doku bilgileri

eksik bölgelere yayılması söz konusudur. Şekil 2’de örnek tabanlı iç boyama işleminin akış şeması yer almaktadır.



Şekil 2. Örnek tabanlı iç boyama işleminin akış şeması

İç boyama işleminde tasarımcı tarafından görüntüdeki eksik bölgelerin seçilmesi Ω gerekir. İç boyama işlemi için gereken kaynak bölgeler tüm görüntü içerisinde eksik bölgelerin çıkarılması ($\Phi=I-\Omega$) ile gerçekleştirilir. Sonrasında örnek tabanlı iç boyama işlemi için yama ψ boyutunun belirlenmesi gerekir. Yama boyutu kullanıcı tarafından belirlenen bir parametre olup tek sayılardan oluşur. Yama boyutu küçüldükçe iç boyama işlemi daha hassas bir şekilde gerçekleşir. Fakat, iç boyama işleminin tamamlanması oldukça uzun sürer. Yama boyutu arttıkça iç boyama işleminin hassasiyeti azalır. Yalnız iç boyama işlem süresi kısaldır. Bu çalışmada yama boyutu 5×5 , 7×7 ve 9×9 olarak üç farklı şekilde seçilmiştir. Bu parametre belirlendikten sonra iç boyama işlemi otomatik olarak gerçekleşir. İç boyama işleminde yamalar eksik bölgeleri doldururken sırasını belirleyen geçici öncelik değeri atanır. Öncelik değerleri dikkate alınarak en iyi iç boyamanın elde edilmesi amaçlanır.

Yamaların öncelik hesabında kenar özelliklerinin devamlılığı ve yüksek özellik içermesi dikkate alınır (Ballester vd. 2001). Öncelik değeri p olarak tanımlanırsa;

$$P(p) = C(p).D(p) \quad (1)$$

Denklem 1’de $C(P)$ ifadesi, güven değerini, $D(p)$ ifadesi de kullanılan veriyi temsil eder. Bu ifadelerin hesaplamaları Denklem 2 ve 3’de yer almaktadır.

$$C(p) = \frac{\sum_{q \in \Psi_{p \cap (I-\Omega)}} C(q)}{\text{size}(\Psi_p)} \quad (2)$$

$$D(p) = |\nabla^{\perp} I(P), n(P)| \quad (3)$$

Ψ_p ifadesi öncelikli yamayı temsil eder. $n(P)$ ifadesi sınırlara $(\delta\Omega)$ dışı olan p noktasıdır. Öncelik değerini ifade eden $P(p)$ sınırdaki her yama için hesaplanır. Bu sayede eksik bölgelerin doldurulması için farklı yamalar tespit edilmiş olur.

Güven değerini gösteren $C(p)$, p pikseli etrafındaki güvenilir bilgi miktarının bir ölçütüdür (Levina ve Bicke 2006). Burada temel amaç mevcut verilerden elde edilen yama piksellerinin ilave tercihine göre doldurmaktır.

$$\begin{aligned} C(p) &= 0 & \forall_p \in \Omega \\ C(p) &= 1 & \forall_p \in I - \Omega \end{aligned} \quad (4)$$

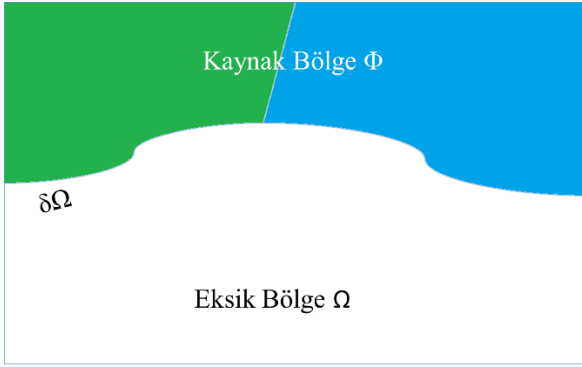
Görüntü içerisindeki doku bilgilerinin eksik bölgelere yayılması için öncelik değerleri hesaplanarak en yüksek öncelikli Ψ_p yama bulunur. Kaynak bölgeden elde edilen Ψ_p 'ye göre doldurma işlemine başlanılır.

$$\psi_p = \arg \max_{p \in \delta\Omega} P(p) \quad (5)$$

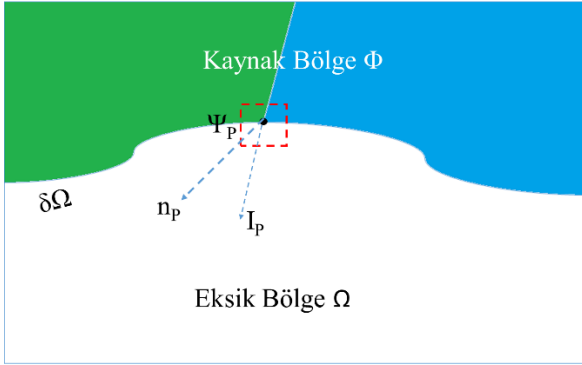
Bazı iç boyama tekniklerinde piksel bilgileri difüzyon yoluyla eksik bölgelere doğru yayılır. Bu yöntemlerde eksik bölgelerin doldurulmasında bulanıklaşma durumu ortaya çıkabilir. Yama tabanlı iç boyama tekniklerinde örnek tabanlı doldurma işlemi gerçekleştirilir.

$$\psi_q = \arg \min_{q \in \Phi} d(\psi_p, \psi_q) \quad (6)$$

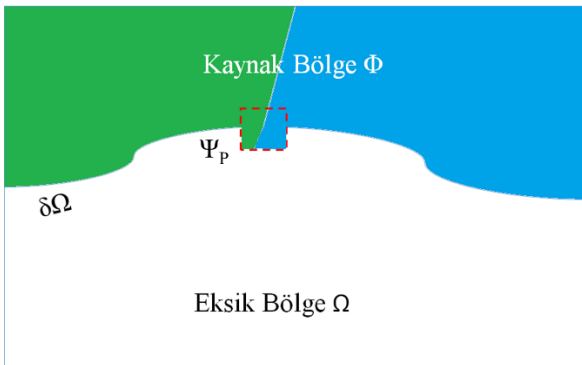
Denklem 6’da d terimi iki yama arasındaki uzaklığı hesaplamak için kullanılır. Aynı zamanda iki yama tarafından doldurulmuş piksel sayısının karelerinin farkına eşittir.



a)



b)



c)

Şekil 3. a) Orijinal görüntü b) Görüntü içerisinde yama yerinin belirlenmesi c) Yamanın görüntüye yerleştirilmesi

İç boyama işlemi kaynak bölgelerden Φ eksik bölgelere Ω doğru gerçekleşir. Eksik bölgeler için kaynak bölge pikselleri ile doğrudan bir bağlantı bulunmayabilir (Aujol vd. 2010). Yama ile iç boyama işlemi yaptıktan sonra $C(p)$ güven değeri Denklem 7'deki gibi sınırlandırılmış alanda güncellenir:

$$C(P) = C(P') \forall_p \in \Psi_p \cap \Omega \quad (7)$$

Denklem 7'deki güncelleme kuralı ile iç boyama yönüne doğru güven değerini günceller. İç boyama işlemi ilerledikçe güven değeri azalır.

2.3. Metrikler

İç boyama işleminden sonra görüntü kalitesinin belirlenmesinde üç farklı metrik kullanılmıştır. Bu metrikler sırasıyla Sinyal Gürültü Oranı (SGO), Tepe Sinyal Gürültü Oranı (TSGO) ve Yapısal Benzerlik İndeksi (YBİ) olmak üzere üç tanedir. SGO ve TSGO birbirine benzer ifadeler ile hesabı gerçekleştirilir. Bu çalışma kapsamında ortalama metrikler hesaplanmıştır. Denklem 8-9'da SGO ve TSGO metriklerin hesabı için gereken denklemler yer almaktadır.

$$SGO = 10 \log_{10} \left(\frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i^2}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - x_i|^2} \right) \quad (8)$$

$$TSGO = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - x_i|^2} \right) \quad (9)$$

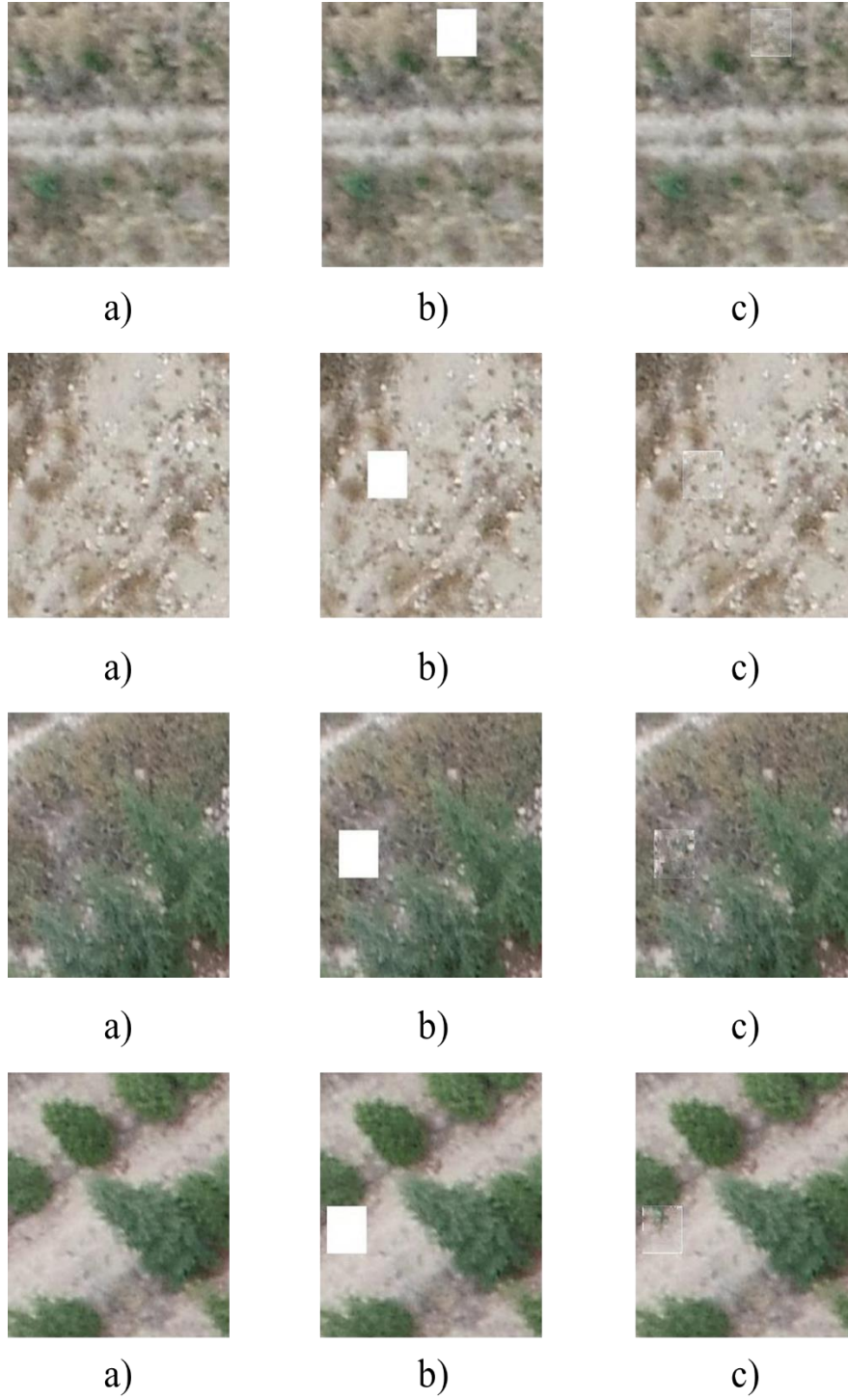
Denklemlerde bulunan x_i ve y_i , sırasıyla referans ve iç boyama işlemi görüntülerinin i . örnekleridir. N , toplam görüntü sayısını ifade eder. 255 değeri de 8 bit / piksel alabileceği maksimum değeri ifade eder. YBİ'nin ortalaması Denklem 10'da matematiksel olarak ifade edilmiştir.

$$YBI(x, y) = \frac{1}{N} \frac{\sum_{i=1}^N (2\mu_x \mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{\sum_{i=1}^N (\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (10)$$

Denklem 10'da $\{\mu_x, \sigma_x\}$ ve $\{\mu_y, \sigma_y\}$ ifadeleri referans ve iç boyama görüntülerinin ortalama ve standart sapmalarını gösterir. σ_{xy} ise çapraz korelasyonu ifade eder. İfade sıfıra doğru yaklaştığında kararsızlığını önlemek için C_1 ve C_2 terimi eklenir (Sangeetha ve Sengottuvelan 2012).

3. BULGULAR

Bu bölümde örnek tabanlı iç boyama yöntemi ile İHA görüntülerindeki eksik bölgelerin uygun bir şekilde doldurulması amaçlanmıştır. 173 İHA görüntüsünden elde edilmiş olan 256×256 boyutlarında ve toplamda 6228 adet İHA görüntüsü için iç boyama işlemi gerçekleştirildi. Bu sayede çok sayıda görüntü üzerinde örnek tabanlı iç boyama işleminin performansı test edilmesi amaçlanmıştır. Karşılaştırmalı analiz için örnek tabanlı yöntemde yama boyutları 5×5 , 7×7 ve 9×9 şeklinde seçilmiştir. Analizler 3.3 GHz'lik Intel Core i7 işlemci gücüne ve 32 GB belleğe sahip bilgisayar üzerinde yapılmıştır. Belirtilen analizlerin tamamı Matlab 2019b programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 4'de örnek tabanlı iç boyama yöntemi kullanılarak iç boyama işlemi uygulanan İHA görüntüleri bulunmaktadır.



Şekil 4. a) Referans İHA Görüntüsü b) Eksik Bölgeye Sahip İHA Görüntüsü c) İç Boyama İşlemi Uygulanmış İHA Görüntüsü

Şekil 4'te gösterilen örnek tabanlı iç boyama işlemi sonucunda elde edilen İHA görüntüsü ile referans İHA görüntüsü birbirine oldukça benzemektedir. Mozaiklenmiş alan büyüdükçe eksik bölgelerin doldurulmasında daha fazla yama örnekleri kullanılarak iç boyama işlemi gerçekleştirilir. Tablo 1'de mozaikleme işleminde kullanılan İHA görüntüleri için ortalama görüntü kalite metrikleri olan SGO, TSGO, YBİ ve iç boyama işlem süreleri bulunmaktadır.

Tablo 1. Karşılaştırmalı analiz sonuçları

Yama Boyutları	SGO	TSGO	YBİ	Süre (s)
5×5	22.6927	21.7303	0.9843	33.52
7×7	22.5148	21.3184	0.9840	30.84
9×9	22.1010	21.1420	0.9824	27.18

Tablo 1'de elde edilen sonuçlar dikkate alındığında yama boyutu arttıkça örnek tabanlı iç boyama yönteminin başarısı azalırken yama boyutu

azaldıkça iç boyama performansının arttığı gözlemlenmektedir. İç boyama işlem süresinin yama boyuna göre ters orantıya sahip olduğu Tablo 1’de görülmektedir. En yüksek performans 5×5 yama boyutuna sahip iç boyama işlemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu işlemde 22.6927 dB SGO değeri, 21.7303 dB TSGO ve 0.9843 YBI değeri elde edilmiştir. En kötü performans ise 9×9 yama boyutuyla gerçekleştirilen iç boyama işleminde 22.1010 dB SGO değeri, 21.1420 dB TSGO ve 0.9824 YBI metrik değerleri ile en düşük performansa sahiptir. Yama boyutlarına göre işlem süreleri dikkate alındığında 9×9 yama boyutu ile 27.18 s sürede iç boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. 5×5 yama boyutu kullanıldığında ise 33.52 s ile en yüksek iç boyama süresi gerekmektedir. Elde edilen iç boyama süreleri dikkate alındığında yama boyutu artıkça iç boyama işlemi daha kısa sürede gerçekleştirilmektedir.

İç boyama işleminde doldurulacak görüntünün alanına göre toplam iç boyama süresi değişkenlik gösterir. 173 adet İHA görüntüsü ile elde edilen ortomozaik görüntü boyutları 27786×37887

şeklindedir. 173 adet İHA görüntüsünün kullanılmasının ana nedeni ortomozaik görüntünün elde edilmesinde daha az süre gerektirmesidir. Ortomozaik görüntünün elde edilmesinde iç boyama gerçekleştirilmiş 6228 adet görüntünün kullanılmasının nedeni görüntü boyutlarının küçük olmasıdır. Görüntü boyutlarının küçük olması ve daha az özellik içermeleri nedeniyle mozaikleme işlemi 173 adet görüntü ile elde edilmiş olan ortomozaik görüntü üzerinde de gerçekleştirilmiştir. Bu ortomozaik görüntünün eksik bölgelerine iç boyama işleminin gerçekleştirilmesi için yüksek bellek hafızasına sahip donanıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle ortomozaik görüntü 8×8 olacak şekilde 64 adet farklı alana bölünmüştür. Her bir alanın boyutu yaklaşık 3473×4736 şeklindedir. Alanların piksel boyutları birkaç piksel değişebilir. İç boyama işleminin daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için 29×29 boyutlarına sahip yamalar kullanılmıştır. Referans görüntü ve örnek tabanlı iç boyama işlemi ile elde edilen görüntü Şekil 5’te bulunmaktadır.



Şekil 5. a) Ortomozaik Görüntü b) Örnek tabanlı İç Boyama Yöntemi Uygulanmış Ortomozaik Görüntüsü

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada SYM modelinde kullanılmak üzere ortomozaik görüntüde yer alan eksik bölgeleri doldurmak amacıyla örnek tabanlı iç boyama tekniğinin detaylı analiz sonuçlarına yer verilmiştir. İç boyama işleminde kaynak alanlardan alınan spektrometrik bilgiyi değerlendirerek eksik bölgeleri tekrardan yapılandırması gerçekleştirilir. Örnek tabanlı iç boyama işleminde kaynak bölgelerin eksik bölgeler ile ilgili bilgileri kısmi olarak içermesi gerekmektedir. Kaynak bölgelerin

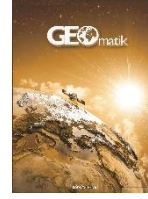
fazla olması bu bilgilerin artmasını sağlar. Ortomozaik görüntü için örnek tabanlı iç boyama tekniği ile ortalama görüntü kalite metrikleri oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Yama boyutu azaldıkça görüntü kalitesinin daha arttığı fakat işlem süresinin arttığı anlaşılmaktadır. İç boyama işlemi uygulanmış mozaiklenmiş ortomozaik görüntülerinde eksik bölgelerin doldurulması ile haritalama işlemi ve SYM için oldukça faydalı bilgiler vermektedir.

KAYNAKÇA

- Aujol J.F., Ladjal S. ve Masnou S. (2010). Exemplar-Based Inpainting from a Variational Point of View. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*. 42, 1246–1285.
- Ballester C., Bertalmio M., Caselles V., Sapiro G. ve Verdera J. (2001). Filling-in by joint interpolation of vector fields and gray levels. *IEEE Trans Image Processing*. 10, 1200-1211.
- Bertalmio, M., Sapiro, G. ve Caselles, V. (2000). Image inpainting. *Proc. Computer Graphics*, 417–424.
- Bertalmio, M. (2003). Simultaneous Structure and Texture Image Inpainting. *IEEE Transactions on Image Processing*, 12 (8), 882-889.
- Chen, J.Q., Pappas, T.N. ve Mojsilovic, A. (2005). Adaptive perceptual color-texture image segmentation. *IEEE Trans. Image Process.*, 14 (10), 1524–1536.
- Criminisi, A. (2004). Region Filling and Object Removal by Exemplar-Based Image Inpainting. *IEEE Transactions on Image Processing*, 13(9),1200-1212.
- Efros, A. A. ve Freeman, W. T. (2001). Image quilting for texture synthesis and transfer. *SIGGRAPH, ACM*, 152–156.
- Fang Z. (1990). A Systolic Tree-Search Vector Quantizer for Real-Time Image Compression. *Proc. VLSI Signal Processing IV IEEE Press*.
- Fawzi, A., (2016). Image Inpainting Through Neural Networks Hallucinations. *Image, Video, and Multidimensional Signal Processing Workshop (IVMSP)*.
- Kaiming, H. ve Sun, J. (2012). Statistics of Patch Offsets for Image Completion. *12th European Conference on Computer Vision (ECCV)*.
- Komodakis, N. ve Tziritas, G. (2007). Image completion using efficient belief propagation via priority scheduling and pruning. *IEEE Trans. Image Process.*, 16 (11), 2649–2661.
- Levina E. ve Bicke P. (2006). Texture synthesis and non-parametric resampling of random fields. *Ann Statist.* 34, 1751–1773.
- Luedeling E., Siebert S., ve Buerkert A. (2007). Filling the voids in the SRTM elevation model—A TIN-based delta surface approach. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 62 (4), 283–294.
- Rares A., Reinders M.J.T., ve Biemond J. (2005). Image inpainting using feature based method. *IEEE Trans. on image processing*,14(10) ,1454-1468.
- Reuter H. I., Nelson A., ve Jarvis A. (2007). An evaluation of void-filling interpolation methods for SRTM data. *Int. J. Geograph. Inf. Sci.*, 21(9), 983–1008.
- Sangeetha K. ve Sengottuvelan P. (2012). An Extended Exemplar Based Image Inpainting Technique For Effective Region Filling Using Texture Primitive. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, Vol. 4 No. 06, 2641-2646.
- Shepard D. (1968). A two-dimensional interpolation function for irregularlyspaced data. *Proc. 23rd ACM Nat. Conf.*, 517–524.
- Skytt V., Barrowclough O., ve Dokken T. (2015). Locally refined spline surfaces for representation of terrain data. *Comput. Graph.*, 49, 58–68.



© Author(s) 2021. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Mersin ilindeki kentsel büyümenin yer yüzey sıcaklığı üzerine etkisinin araştırılması

Osman Orhan*¹

¹Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Mersin
Kentsel Isıl Ada
YYs
Landsat
Kentleşme

ÖZ

Kentlerde, zaman içerisinde hızlı nüfus artışı ile birlikte görülen kentleşme ve sanayileşme doğal alanların, yok edilerek beton, asfalt vb. güneş enerjisini absorbe eden yüzeylere dönüşmesine neden olmuştur. Kentleşme, kent merkezlerindeki sıcaklığın çevresindeki tarım arazileri, orman vb. doğal alanlarından daha fazla olmasına neden olmaktadır. Bu durum lokal iklim değişikliği, hava kirliliği, enerji tüketimi, sağlık sorunları vb. olayların kaynağı olan kentsel ısı adası etkisini ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmanın amacı, son zamanlarda hızlı bir nüfus artışının yaşandığı Mersin ilindeki kentleşmenin Yer Yüzey Sıcaklığı üzerindeki etkisinin araştırılmasıdır. Bu kapsamda, Landsat-5 TM ve Landsat-8 OLI uydu görüntüleri kullanılarak 1990-1999-2007-2011-2018 yıllarına ait sıcaklık haritaları üretilmiştir. Aynı zamanda 1990 ve 2018 yıllarında kentsel alanlarının belirlenmesi için CORINE arazi kullanımı/örtüsü verisinden faydalanılmıştır. Çalışma sonucunda 28 yıllık periyotta birçok doğal alanların yok edilerek yapay alanlara dönüştüğü ve bunun neticesinde Mersin kent merkezi için ortalama 6 °C civarında sıcaklık artışı yaşandığı gözlenmiştir.

Investigation of the effect of urban expansion on surface temperature in Mersin city

Keywords

Mersin
Urban Heat Island
LST
Landsat
Urbanization

ABSTRACT

Urbanization and industrialization, which is seen with rapid population growth in cities over time, causes the destruction of natural areas and transforms them into surfaces (concrete, asphalt, etc.) that absorb solar energy. Urbanization causes the temperature in urban centers to be higher than the natural areas such as agricultural lands and forests. This is known as the urban heat island and causes local climate change, air pollution, energy consumption, health problems. The aim of this study is to investigate the effect of urbanization on the surface temperature of the city of Mersin, where there has been a rapid population increase recently. In this context, the Land Surface Temperature maps of the years 1990-1999-2007-2011-2018 were produced using Landsat-5 TM and Landsat-8 OLI satellite images. Also, CORINE land use/cover data were used to identify urban areas in 1990 and 2018. As a result of this study, it was observed that many natural areas were destroyed and transformed into artificial areas in 28 years period and as a result of this, an average temperature increase of around 6 °C was observed for Mersin city center.

1. GİRİŞ

Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli(IPCC), küresel iklim değişikliğinin temel nedeninin insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının olduğunu ve bu emisyon değerlerinde ciddi bir artışın gözlemlendiğini ortaya koymuştur (IPCC, 2013). Sera gazları, yaklaşık olarak %72 oranında Karbondioksit (CO₂), %19 oranında Metan (CH₄) ve diğer gazlardan oluşmaktadır. Karbondioksit oranındaki ciddi artış ilk olarak fosil ve biokütle yakıtların kullanılmasından kaynaklanıyor. İkincil olarak da arazi örtüsü ve arazi kullanımındaki değişim olarak gösterilmektedir. Ayrıca, katı atık depolama sahaları metan gazı, çimento üretim alanları karbondioksit, gübre kullanımı ve naylon üretimi di-azot monoksit gazını ve klimalar sera gazı emisyonlarını artırmaktadır. Tarım aktivitelerinin yapılması için doğal alanlardan arazi açılması ve bunun yanı sıra ormanların yok edilmesi koyu renkli yüzeylerin artmasına neden olmakta ve bu yüzeylerin artması ile birlikte gelen güneş radyasyonu yansımaktan çok emilmektedir. Ayrıca, ormanların tahrip edilmesiyle, karbondioksiti tutan ve depolayan ağaç ve bitkiler azalmaktadır. Şehirleşme, şehir ısı adalarının, yani şehirlerde çevrelerine göre daha sıcak alanların oluşmasına yol açmaktadır (Ekinci, 2016; Tonyaloğlu, 2019). İklim değişikliğinin neden olduğu yağış rejiminden oluşan değişiklikler ile seller, deniz seviyesindeki yükselmeler ve su sıkıntıları yaşanmaktadır. Bu değişiklikler nedeniyle delta alanları zarar görmekte, sıcaklık değerlerindeki yükselmelerden dolayı çölleşme ve kurallıklarda artışlar gözlenmekte, tarım sahalarının artışı ve yaz aylarındaki yağış miktarındaki azalış nedeni ile de yüzey ve yer altı su kaynaklarına duyulan ihtiyacın artması ve buna bağlı olarak doğal kaynakların tükenmesi gibi olumsuz etkiler görülmektedir.

Sınırlandırılmayan kentsel yayılma ve insan kaynaklı iklim değişikliği, 21. yüzyılın geri dönüşü olmayan, kaçınılmaz iki büyük sorunu olarak gösterilmektedir. Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi(The United Nations Department of Economic and Social Affairs-UN DESA)'nin tahminlerine göre, 2050'de dünya nüfusunun 10 milyar olacağı ve dünya nüfusunun yüzde 68'inin kentlerde yaşamasının öngörüldüğü belirtilmiştir. 1990 yılında 10 milyonun üzerinde nüfusa sahip sadece 10 mega kentin olduğuna işaret edilen raporda, 2030'a kadar mega kent sayısının 43'e ulaşacağı belirtilmiştir. Kontrolsüz kentsel yayılma, iklim değişikliğinde önemli paya sahip olan bir faktördür. Kentlerde yaşayan nüfus artışındaki hızlanma ile birlikte kentlerin merkezinde ve çevresinde bulunan doğal yeşil alanlar, yerini beton, asfalt vb. ısı adası etkisi ortaya çıkartacak yüzeylere bırakmaktadır (Moradi ve Görer Tamer,2017; Kuşak ve Küçükali, 2019). Isı adası olarak tanımlanan (Urban Heat Island-UHI) kentleşme ve sanayileşme etkisi, atmosferdeki ısı ve su döngüsünü etkileyerek küresel bir sorun haline gelen iklim değişikliğinde

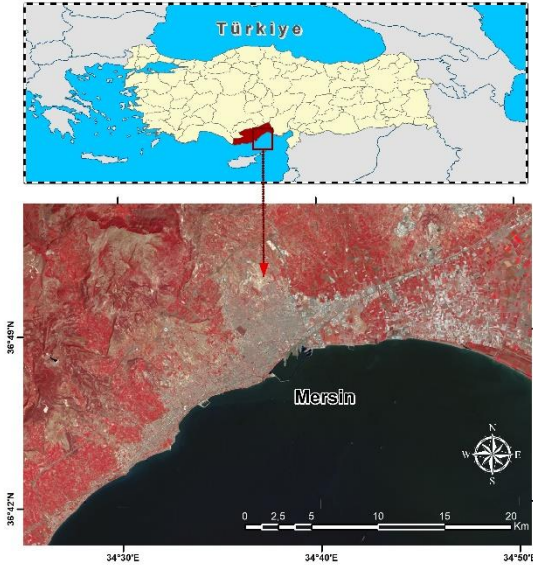
önemli bir rol oynamaktadır. (Demircan vd. 2017; Yüksel ve Yılmaz, 2008).

Uzaktan Algılama, yer yüzeyleri hakkında güncel, doğru ve detaylı bilgi sağlayan önemli bir veri kaynağıdır. Uzaktan algılama görüntüleri birçok çalışmada etkin bir biçimde kullanılmaktadır. Bunlar; yeryüzü planlaması, okyanus akıntılarının izlenmesi, maden araştırmaları, ormanların güncel durumlarının incelenmesi, tarımsal alanlardaki analizler ve deformasyon çalışmalarıdır. (Pardo-Iguzquiza vd.,2010; Orhan vd., 2014; Şekertekin, vd. 2016; Calò vd. 2018). Bu teknoloji ayrıca çok zamanlı uydu görüntüleri ve elektromanyetik spektrumun kızılötesi ve termal bölgelerini kullanarak kentlerdeki arazi kullanımı/arazi örtüsünde meydana gelen değişimlere bağlı olarak oluşan kentsel ısı adalarının belirlenmesi ve araştırılması çalışmalarında kullanılmaktadır (Özkök vd. 2017;Tonyaloğlu, 2019; Şekertekin ve Marangoz, 2019). Termal veriler ilgili bölgelerin çok zamanlı Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS) haritalarının oluşturulmasında başarıyla kullanılmaktadır. YYS'ni gözlemlemek, artan atmosferik sera gazları ile arazi yüzey sıcaklığı arasındaki ilişkiyi anlamak ve kentlerdeki artan yer yüzey sıcaklığındaki artışın etkisini analiz etmek açısından önemlidir (Balçık, 2014; Orhan & Yakar, 2016; Orhan vd. 2019; Şekertekin & Arslan, 2019).

Bu çalışma kapsamında, Mersin ilindeki hızla artan kentleşme ve buna bağlı olarak meydana gelen sıcaklık haritalarındaki değişim uzaktan algılama verilerine dayalı olarak incelenmiştir. YYS haritalarının üretilmesinde görüntü kaynağı olarak Lansat-5 TM ve Landsat-8 OLI uydu görüntüleri kullanılmıştır. 1990-1999-2007-2012-2018 yıllarına ait Temmuz ve Ağustos ayı sıcaklık değişimleri incelenmiş ve elde edilen sıcaklık haritaları CORINE verileri ile karşılaştırılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI

Mersin; Akdeniz bölgesi içerisinde yer alan ve Türkiye'nin önde gelen metropol kentlerine alternatif olarak gelişen bir kent olma özelliği taşımaktadır. Mersin, üç kıtanın birleştiği Anadolu Yarımadası'nın Orta Güney bölgesinde yer almaktadır. Doğusunda Adana, batısında Antalya kuzeyinde ise Karaman ve Konya illeri ile çevrilidir(Şekil-1). Mersin, yüzölçümü olarak 16010 km² bir alanı kapsamaktadır. 36-37° kuzey enlemleri ve 33-35° doğu boylamları arasında yer alan şehrin 321 km'lik deniz sınırı vardır. Mersin'in önemli bir Doğu Akdeniz liman kentine dönüşmesi ve çevrede yaşanan çeşitli gelişmeler sonucu farklı coğrafyalardan kente göçün artması ile birlikte son zamanlarda ciddi oranda doğal alanların yok edilerek kentsel yayılmalar görülmektedir (Mersin-ÇDP, 2013).



Şekil 1. Çalışma alanı

3. MATERYAL ve METHOD

Mersin şehir merkezi ve çevresine ait kentleşmenin ortaya çıkarmış olduğu sıcaklık değişiminin etkilerinin araştırılması için Landsat-5 TM/ 8 OLI uydu görüntüleri temel veri olarak kullanılmıştır. Kentleşme alanlarının tespit edilmesi içinde CORINE arazi örtüsü/kullanımı verisi kullanılmıştır.

Tablo 1. YYS haritalarının üretilmesi için kullanılan uydular ve görüntü çekim tarihleri

Uydu	Görüntü Tarihi
Landsat-5 TM	29/08/1990
Landsat-5 TM	21/07/1999
Landsat-5 TM	27/07/2007
Landsat-5 TM	23/08/2011
Landsat-8 OLI	10/08/2018

3.1. Yer Yüzey Sıcaklık Haritalarının Üretilmesi

Landsat-5 TM (termal bant) verisini kullanarak YYS'nı elde etmek için öncelikle sensor piksel değerlerini eşitlik-1 ile spektral radyans değerlerine dönüşümü sağlanır (Chander ve Groeneveld, 2009).

$$L\lambda = \frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \times (Q_{cal} - Q_{calmin}) + L_{min\lambda} \quad (1)$$

Burada; $L\lambda$ sensördeki spektral radyans değeri, Q_{cal} dijital piksel değeri, Q_{calmax} ve Q_{cal} maksimum ve minimum dijital piksel değeri, L_{max} ve L_{min} ise Q_{calmax} ve Q_{calmin} 'e göre ölçeklendirilen spektral yansıtım değerini ifade etmektedir.

Aşağıdaki eşitlik ile Landsat-8 OLI (bant 10) için sensor piksel değerlerini spektral radyans değerlerine dönüşümü sağlanır.

$$L\lambda = Ml \times Q_{cal} + Al \quad (2)$$

Burada; $L\lambda$ sensördeki spektral radyans değerini, Ml banda özgü ölçekleme çarpan

faktörünü, Q_{cal} dijital piksel değerini ifade eder (Barsi vd. 2014).

Eşitlik-3 ile uydunun termal bandından elde edilmiş olan spektral yansıtım değerleri kullanılarak sensör parlaklık sıcaklığı hesaplanmaktadır (Chander ve Markham, 2003; Coll vd, 2010; Orhan vd. 2014).

$$T_b = \frac{K2}{\ln((K1/L\lambda) + 1)} \quad (3)$$

Burada; T_b sensör parlaklık sıcaklık değerini, $L\lambda$ spektral radyans değerini, $K1$, $K2$ Landsat-5 ve Landsat-8 ait spesifik termal dönüşüm sabitlerini ifade eder (Avdan ve Jovanovska, 2016).

Sensör parlaklık sıcaklık değerine yer yüzey yayınlığı (emissivity) düzeltilmesi yapılarak gerçek yüzey sıcaklığını temsil eden YYS elde edilir (eşitlik-4).

$$T_s = \frac{T_b}{1 + (\lambda \times \frac{T_b}{h * c}) \ln \epsilon\lambda} \quad (4)$$

Burada; YYS hesabı için, λ gelen termal bant dalga boyu (Landsat 4,5,7 için 11.45 μm / Landsat-8 bant 10 için 10.895 μm), h Planck sabiti ($6.626 \times 10^{-34} \text{Js}$), b Boltzmann sabiti ($1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$), c ışık hızı ($2.998 \times 10^8 \text{m/s}$) ve $\epsilon\lambda$ piksele karşılık gelen yayınlık değerini ifade eder. YYS haritalarını santigrat derece cinsinden sonuç elde etmek için, YYS değerine mutlak sıfır eklenerek revize edilmiştir.

Yayınlık, cisme gelen toplam ışın enerjisinin, emilen ışın enerjisine oranı olarak ifade edilmektedir. Cisim ne kadar siyah ve mat ise yayınlığı yüksek iken yansıtıcılığı artıca yayınlık değeri düşmektedir (Şekertekin ve Marangoz, 2019). YYS'nı tahmin etmek için yer yüzey yayınlığını-YYY (ϵ) bilinmelidir. Yayınlık değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır (Sobrino vd. 2004).

$$\epsilon\lambda = \epsilon v \lambda P v + \epsilon s \lambda (1 - P v) + C \lambda \quad (5)$$

Burada; ϵv ve ϵs bitki ve toprak yayılım değerlerini, $P v$ bitki örtüsü oranını, $C\lambda$ - ortalama arazi pürüzlülüğünü ifade etmekte (düz araziler için $C = 0$) (Sobrino, Caselles, ve Becker 1990).

Bu çalışmada, yer yüzey yayınlığı belirlenmesi için NDVI eşik algoritması kullanılmıştır (Sobrino ve Raissouni 2000). Yer yüzey yayınlığı için NDVI kullanılarak üç farklı arazi tipi için (kayaç ve toprak / bitki örtüsü / kayaç ve bitki örtüsü karışımı) elde edilmiştir.

$P v$; Bitki örtüsü oranının hesaplanması için aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır.

$$Pv = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \quad (6)$$

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (7)$$

Landsat-5 TM için YYY; NDVI değeri eğer 0,2'nin altında ise yüzeyin kayaç ve toprağın temsil ettiği ve bu durumda 0.97 yayınlık değerinin kullanılması, NDVI değeri eğer 0,2 ile 0,5 arasında ise yüzeyin kayaç ve bitki örtüsü karışımını temsil ettiği ve bu durumda eşitlik 8'nin kullanılarak yayınlık değerinin bulunması, NDVI değeri eğer 0,5'nin üstünde ise yüzeyin bitki örtüsü ile kaplı olduğu ve bu durumda 0.97 yayınlık değerinin kullanılması önerilmiştir (Sobrin vd. 2004; Sobrin vd. 2008).

$$\varepsilon_{TM6} = 0.986 + 0.004 Pv \quad (8)$$

Landsat-8 TM için YYY; Wang vd. 2015 tarafından su:0.991, bina:0.962, toprak:0.966, bitki:0.973 değerlerinin kullanılması önerilmiştir. Bu durumda, yukarıda belirtilen NDVI eşik değerleri göz önüne alındığında, toprak için 0.966 yayınlık

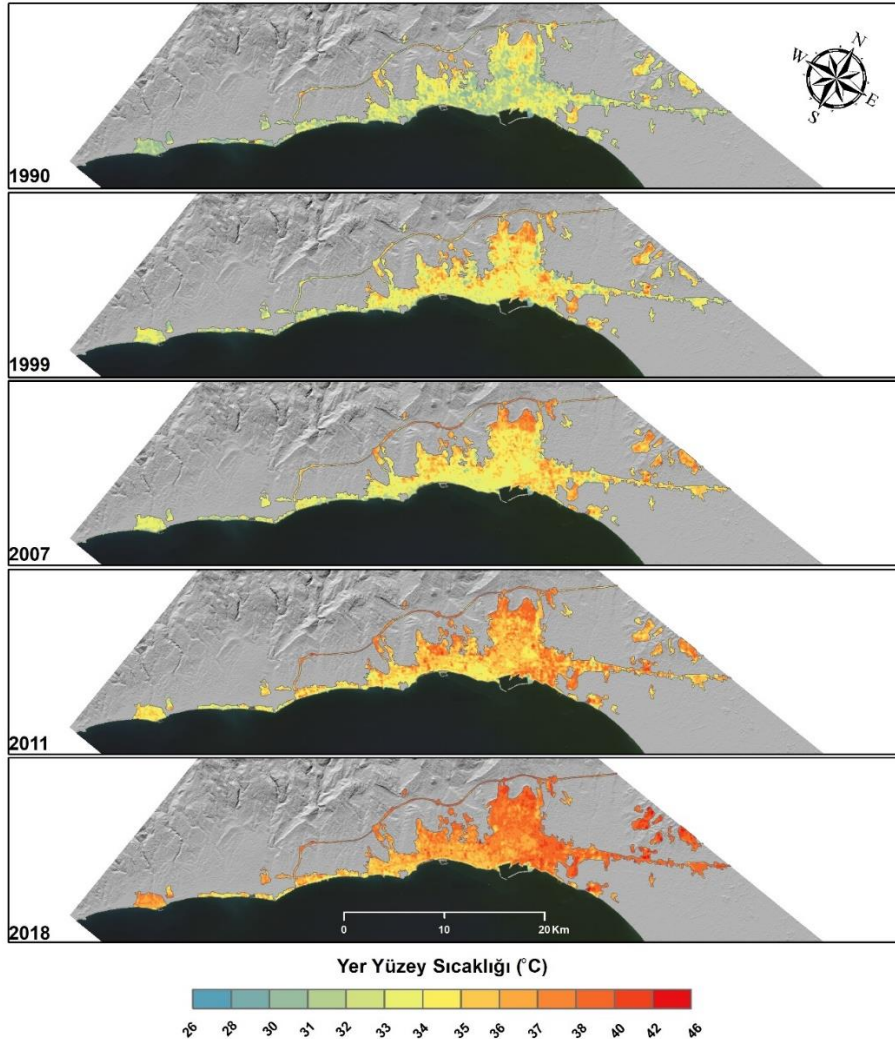
değeri, bitki örtüsü için 0.973 yayınlık değeri kullanılır ve 0,2 ile 0,5 arasındaki NDVI değerleri içinde eşitlik 5 kullanılarak hesaplanmıştır.

3.2. Kent Alanlarının Haritalandırılması

Mersin il merkezine ait kent alanlarının çıkartılması için CORINE verilerinden faydalanılmıştır. Doğal alanlar, tarım arazileri, orman vb. alanlar yok edilerek bina, sanayi alanları, çevre yolları gibi ısıl ada etkisi oluşturacak alanlara dönüşmüştür. Bu yüzden CORINE arazi örtüsü sınıfları içerisindeki 1.1. şehir yapıları, 1.2. endüstri, ticaret ve ulaşım birimleri, 1.3. maden ve inşaat sahaları kapsayan sınıflar kullanılarak 1990 ve 2018 yıllarına ait kentleşme alanları tespit edilmiştir.

4. BULGULAR

Landsat-5 TM ve Landsat-8 OLI uydu görüntüleri kullanılarak Mersin ilinin merkezine ait 1990-1999-2007-2011-2018 yıllarını kapsayan çok zamanlı YYS haritaları üretilmiştir. Ayrıca çalışmada CORINE (1990-2018) verisi kullanılarak kentleşme alanlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

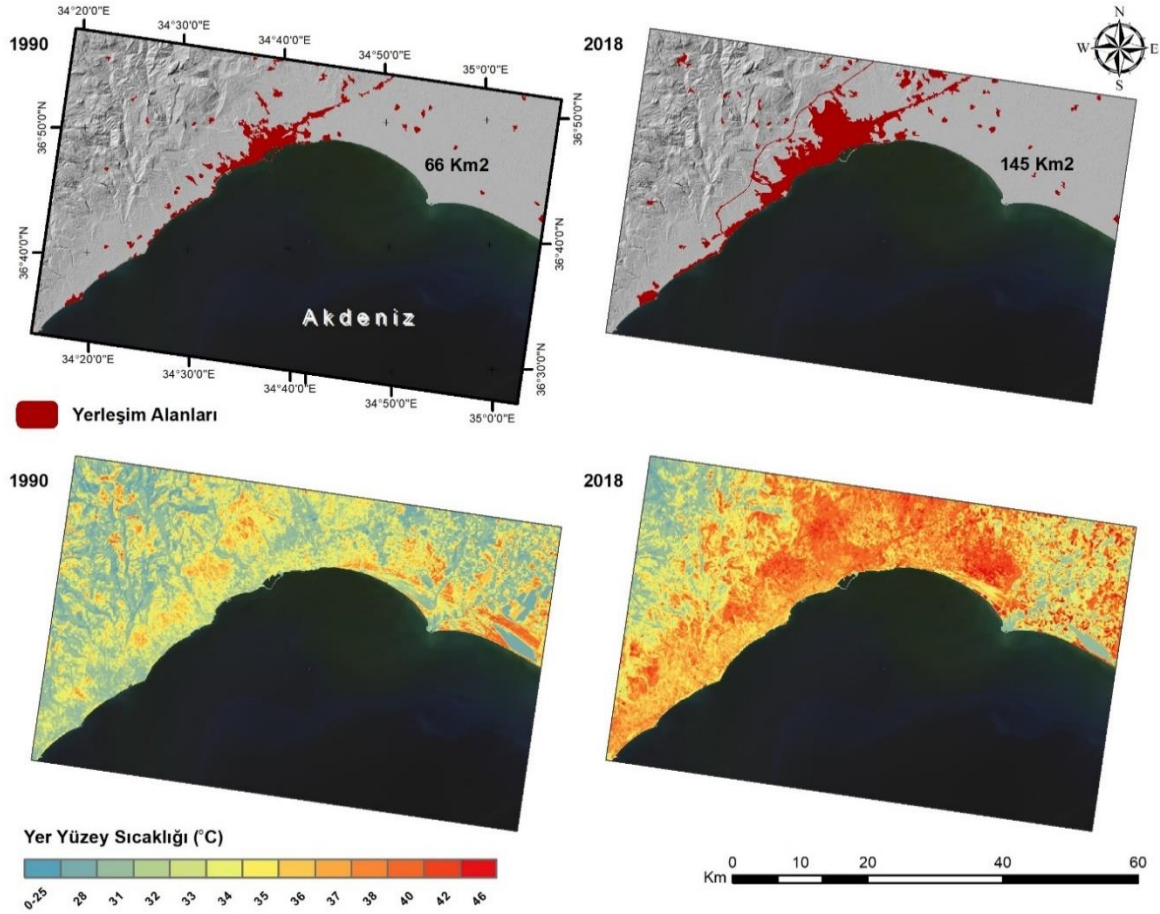


Şekil 2. 1990-1999-2007-2011-2018 yıllarına ait YYS haritaları

Şekil 2, Landsat-5/8 uydu görüntülerinden elde edilen 1990-1999-2007-2011-2018 yıllarına ait YYS haritalarını göstermektedir. Mersin şehir merkezinin YYS değerlerinde 1990'den 2018 yılına kadar ciddi bir artışın kademeli olarak gerçekleştiği gözlemlenmiştir. 2018 yılında şehir merkezi, diğer yıllara göre en yüksek sıcaklıklara sahiptir. Özellikle şehrin sahil şeridi ve sanayinin bulunduğu doğu kesimlerde 2018'de 42°C kadar ulaşan sıcaklık değerleri tespit edilmiştir.

Şekil-2'de şehir merkezinin kuzey kesimleri yeni yapılaşma alanlarını veya kentsel yayılma

alanını oluşturmaktadır. Ayrıca, Mersin limanının doğu kesimlerini sanayi yerleşkelerini oluşturmakta ve bu bölgelerde zamanla hızlı bir gelişme göstermiştir. Bu yüzden, bu yoğun yapılaşma alanları kentsel ısı adası etkisinden dolayı beklenenden de yüksek sıcaklıklara sahip olmuştur. Erdemli ilçe merkezi (Şekil-2'de sol tarafta yer alan yerleşim alanı) diğer dikkat çeken ısı ada etkisinin net görüldüğü noktalardandır. Bu bölgede 10 C° ye ulaşan sıcaklık artışı görülmektedir.



Şekil 3. 1990 ve 2018 yıllarına ait kent alanları (üst) ve YYS haritaları (alt)

Şekil-3 1990 yılı ve 2018 yılı yerleşim alanları ile birlikte o yıllara ait YYS haritalarını göstermektedir. 1990 yılındaki yerleşim alanlarına bakıldığında 66km² lik bir alanı kapsarken, 2018 yılında 145km² lik bir alana ulaşmıştır. Mersin kent merkezi ve çevresindeki yerleşim alanı ve sanayi bölgeleri 28 yıllık bir periyotta iki katından daha fazla yayılmıştır. Diğer bir yandan YYS haritası incelendiğinde kentleşmenin fazla olduğu yer olan sahil şeridinden başlayarak sıcaklığın yoğunlaştığı görülmektedir.

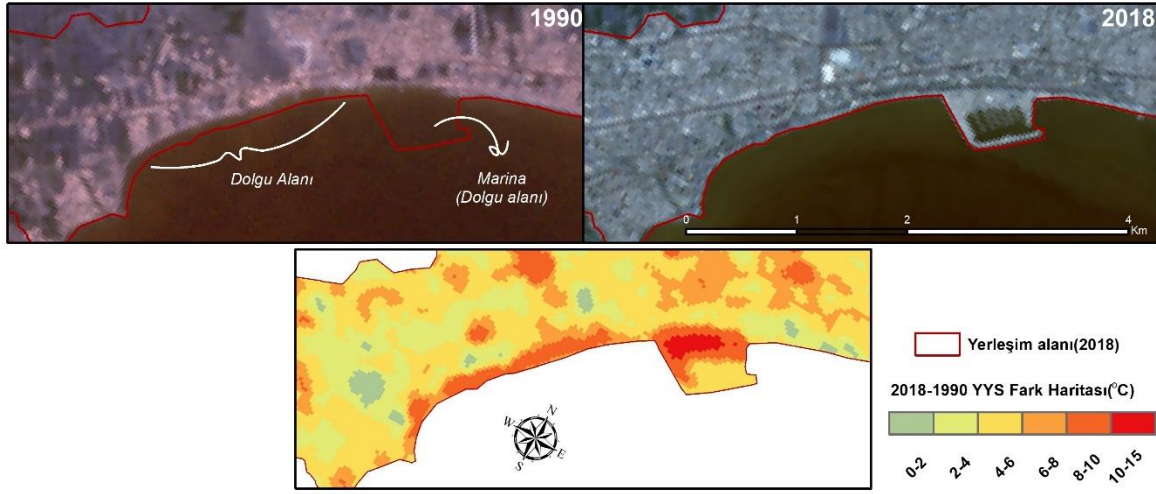
Mersin, Yenişehir ilçesinde bulunan Mersin-Marina ve yakın çevresin çalışma bölgesi içerisinde en yoğun kentleşmenin görüldüğü alanlardan birini oluşturmaktadır. Şekil-4 incelendiğinde 1990 yılında bölgede görülen yeşil alanların 28 yıllık süre

içerisinde neredeyse tamamının bina, yol, iş merkezi, marina, alışveriş merkezi vb. yapay alanlara dönüştüğü net şekilde görülmektedir. Bu durum uydu görüntüsü üzerinden net bir şekilde anlaşılırken 2018-1990 YYS fark görüntüsüne bakıldığında da yüzey dokunun ciddi bir şekilde değiştiğini göstermektedir. Bu bölgede en dikkat çeken noktanın sahil şeridi boyunca yapılan dolgu alanları ve Mersin-Marina'nın oluşturmuş olduğu ısı adası net bir şekilde YYS fark görüntüsünde anlaşılmalıdır.

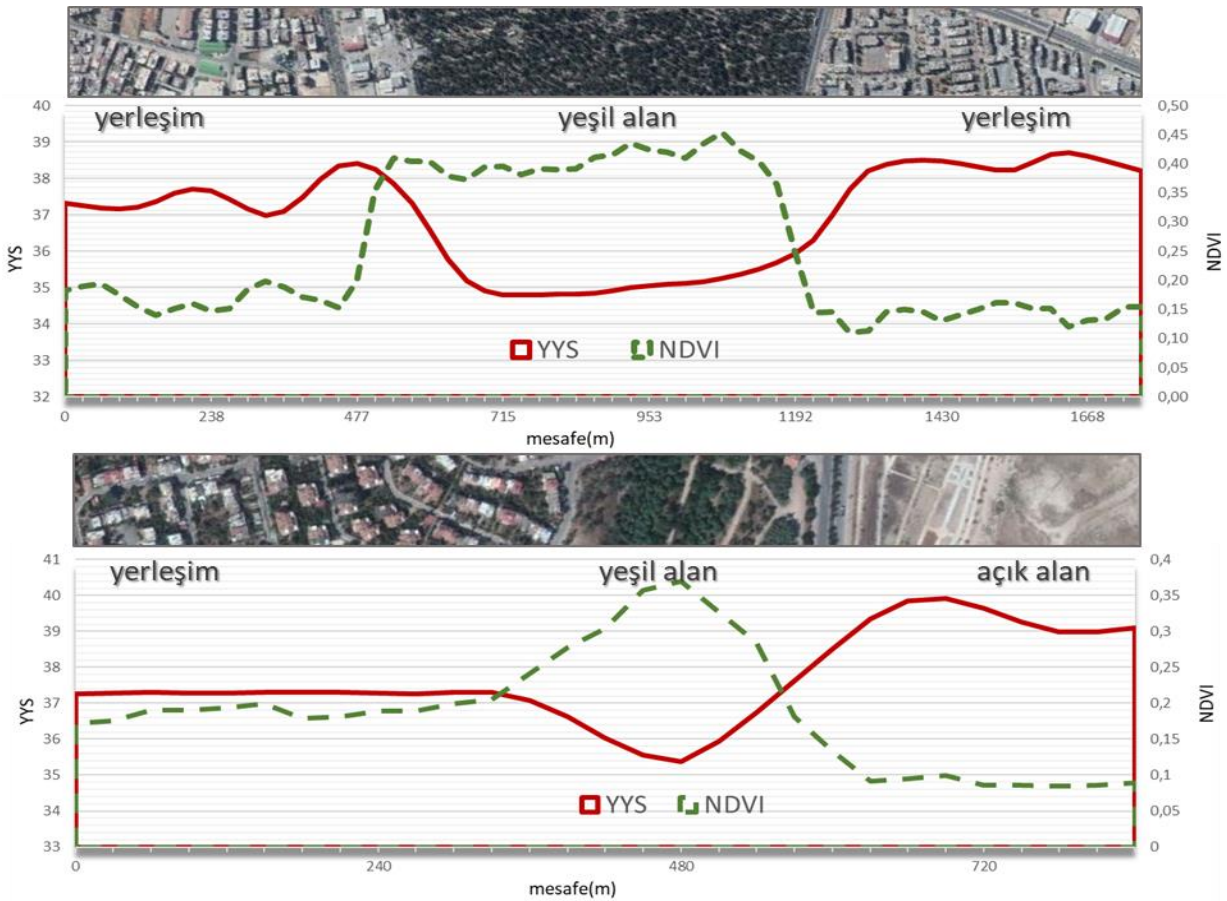
Bitki örtüsünün olduğu yerler beton yapıların olduğu yerlere göre daha serin kalmaktadır. Bunu temel sebebi Kentsel Isı Adası (KIA) etkisidir. Şekil-5 kent merkezinin farklı bölgelerinden elde edilmiş 2018 yılı YYS ve 2018 yılına ait bitki örtüsü

yoğunluğunu gösteren NDVI profillerini göstermektedir. Şekil-5 (alt)'de yeşil bir koridorun bulunduğu bölgenin 35 °C gösterirken yerleşim yeri 37.5°C göstermektedir. Ayrıca herhangi bir bitki örtüsü bulunmayan açık alan (parke taşlardan

yapılmış park alanı) 40°C göstermektedir. Kent merkezlerindeki yeşil koridorların bölgenin KIA etkisini azaltacağı bu profillerde net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 4. Mersin- Marina ve çevresindeki kentleşme ve YYS fark görüntüsü



Şekil 5. Kent merkezinin farklı konumlarından alınan 2018 YYS ve 2018 NDVI profilleri

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Güneş enerjisi, orman, tarım arazileri, sulak alanlar, kırsal alanlarda bir engele takılmaz sadece bitki örtüsü ve topraktaki suyun buharlaşmasına neden olurken yoğun kentlerin olduğu yerlerde çok

katlı bina, asfalt yollar, sanayi alanları vb. yapılar tarafından absorbe edilir ve geri yayılması gecikmeye uğrar. Gün boyunca absorbe edilen güneş enerjisi daha sonra ısıya dönüşerek ortama salınır. Kentlerin etraflarındaki kırsal alanlara göre daha sıcak olmasına neden olan bu olaya Kentsel Isı Adası denir. Bu durumda kentlerin kırsal alanlara göre

daha sıcak olmasına neden olmaktadır (Bayraktar ve Gerçek, 2014). Kent alanlarındaki kentsel ısıl ada etkisinin kurak ve sıcak dönemlerde maksimum olması beklenir (Cui ve de Foy, 2012). Bu nedenle çalışma kapsamında kentleşme sonucu ortaya çıkacak olan sıcaklık değişimini net bir şekilde ortaya koymak için ağustos ayındaki elde edilmiş görüntüler kullanılmaya dikkat edilmiştir.

Kızıroğlu (2017) yılında yayınlamış olduğu “Türkiye'nin Nüfus Değişimine Göre İl Bazında Kentleşmesine Bir Bakış (1965-2014)” başlıklı çalışmasında, 2014 yılı verilerine göre Mersin'in nüfusunun tamamı il ve ilçe merkezlerinde yaşadığı, 1965-2014 yılları arasında nüfusu en fazla artan 10. il olduğu ve 2014 yılından itibaren nüfusa bağlı kentleşme oranının %100 olduğunu ifade edilmiştir. Yaklaşık olarak 1990 yılında 1 milyon 266 bin nüfusa sahip olan Mersin günümüzde 1.8 milyon bir nüfusa sahiptir. Tabii bu nüfus artışı ile birlikte kent alanlarının artışı kaçınılmaz olmaktadır. 1990 yılından 2018 yılına gelene kadar birçok tarım arazilerinin ve doğal yeşil alanların yok edilerek bina, sanayi, asfalt yol vb. yapay alanlara dönüşmüştür. 1990-2018 yılları arasında yüzey sıcaklık değerleri incelendiğinde ortalama olarak 6 derece civarında sıcaklık artışı olduğu görülmektedir. Sıcaklık değişiminin en şiddetli görüldüğü yer olan Mersin-Marina ve çevresi çalışmada en çok dikkat çeken yer olmaktadır. Bu bölgedeki tüm yeşil alanların beton ve asfalt vb. yüzeylerle yer değiştirmesi ve bu yüzeylerin hızlı bir şekilde sıcaklık değişimine etkisini gözler önüne sermektedir. KIA etkisinin ve lokal iklim değişikliğindeki şiddetin artmasında, genel olarak betonlaşmadaki yoğunluğun artması ve buna bağlı olarak yeşil alan yoğunluğunun azalması önemli bir parametredir (Streiling ve Matzarakis, 2003; Kaplan vd., 2018; Tonyaloğlu, 2019). Mersin kent merkezindeki KIA etkisinin en aza indirgenmesi için yeni planlanacak alanlarda kesinlikle yeşil koridor alanlarının yapı alanları ile makul oranlarda olması, kent merkezlerinde bulunan mevcut yeşil alanlarının çeşitliliğini ve yoğunluğunu artırtmak önemli adımların başında gelmektedir. Daha sonrasında binalarda ve sanayi bölgelerinde kullanılacak olan yüzey malzemelerinde çevreye duyarlı ve KIA etkisini en aza indireyecek olanların tercih edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Avdan, U., & Jovanovska, G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of Sensors*, 2016.

Balçık, F. B. (2014). Determining the impact of urban components on land surface temperature of Istanbul by using remote sensing indices. *Environmental monitoring and assessment*, 186(2), 859-872.

Barsi, J., Schott, J., Hook, S., Raqueno, N., Markham, B., & Radocinski, R. (2014). Landsat-8 thermal infrared sensor (TIRS) vicarious radiometric calibration. *Remote Sensing*, 6(11), 11607-11626.

Bayraktar, T., N., ve Gerçek, D. (2014). Kentsel Isı Adası Etkisinin Uzaktan Algılama İle Tespiti ve Değerlendirilmesi: İzmit Kenti Örneği. 5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014) 14-17 Ekim 2014.

Calò, F., Notti, D., Galve, J. P., Abdikan, S., Görüm, T., Orhan, O., ... & Şanlı, F. B. (2018). A Multi-Source Data Approach For The Investigation Of Land Subsidence In The Konya Basin, Turkey. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(3/W4).

Chander, G., & Groeneveld, D. P. (2009). Intra-annual NDVI validation of the Landsat 5 TM radiometric calibration. *International Journal of Remote Sensing*, 30(6), 1621-1628.

Chander, G., and Markham, B. (2003). Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 41(11), ISSN 0196-2892, p. 2674-2677. doi:10.1109/tgrs.2003.818464

Cui, Y. Y., & De Foy, B. (2012). Seasonal variations of the urban heat island at the surface and the near- surface and reductions due to urban vegetation in Mexico City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51(5), 855-868.

Demircan, M., Arabacı, H., Akçakaya, A., Şensoy, S., Bölük, E., & Coşkun, M. (2017). İklim ve şehirleşme: minimum sıcaklık trendleri. IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, Bildiriler kitabı, 1-9.

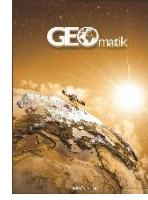
Ekinci, B. (2016). Kentsel Alanlarda Oluşan Isı Adası Etkisinin Kentsel Tasarım Yöntemleri İle Azaltılması: Aksaray Meydanı Örneği. *Yüksek Lisans - İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.

IPCC (2013) *Climate Change 2013, The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, England.

Kaplan, G., Avdan, U., & Avdan, Z. Y. (2018, March). Urban Heat Island Analysis Using the Landsat 8 Satellite Data: A Case Study in Skopje, Macedonia. In *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings (Vol. 2, No. 7, p. 358)*.

- Kızıroğlu, A. M. (2017). Türkiye'nin Nüfus Değişimine Göre İl Bazında Kentleşmesine Bir Bakış (1965-2014). *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(16), 153-183.
- Kuşak, L, Küçükali, U. (2019). Outlier Detection of Land Surface Temperature: Küçükçekmece Region. *International Journal of Engineering and Geosciences* , 4 (1) , 1-7 . DOI: 10.26833/ijeg.404426
- Mersin-ÇDP (2013). Mersin/Adana Planlama Bölgesi 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı Revizyonu (Mersin İli) Plan Açıklama Raporu
- Moradi, M., & Görer Tamer, N. (2017). Bursa Örneğinde Kentsel Büyümenin Yerel İklim Değişikliği Üzerine Etkisi. *Planlama Dergisi*, 27(1), 26-37.
- Orhan, O., & Yakar, M. (2016). Investigating Land Surface Temperature Changes Using Landsat Data in Konya, Turkey. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41, B8.
- Orhan, O., Dadaser-Celik, F., & Ekercin, S. Investigating Land Surface Temperature Changes Using Landsat-5 Data And Real-Time Infrared Thermometer Measurements At Konya Closed Basin In Turkey. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 4(1), 16-27.
- Orhan, O., Ekercin, S., & Dadaser-Celik, F. (2014). Use of landsat land surface temperature and vegetation indices for monitoring drought in the Salt Lake Basin Area, Turkey. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Özkök, M. K., Tok, E., Gündoğdu, H. M., & Demir, G. (2017). Arazi yüzey sıcaklığı farklılaşmalarının kentsel gelişim ve planlama süreçleri açısından uzaktan algılama verileri ile değerlendirilmesi: Çorlu/ Çerkezköy/ Ergene/ Kapaklı alt bölgesi örneği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5(2), 69-79.
- Pardo-Iguzquiza, E., Atkinson, P.M., Chica-Olmo, M., (2010). Dscokri: a library of Computer programs for downscaling cokriging in support of remote sensing applications. *Comput. Geoscience*, 36, 881–894.
- Sekertekin, A., & Arslan, N. (2019). Monitoring thermal anomaly and radiative heat flux using thermal infrared satellite imagery–A case study at Tuzla geothermal region. *Geothermics*, 78, 243-254.
- Sekertekin, A., Kutoglu, S. H., & Kaya, S. (2016). Evaluation of spatio-temporal variability in land surface temperature: a case study of Zonguldak, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 188(1), 30.
- Sobrino, J.A., Jimenez-Munoz, J. C., Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90, 434-440.
- Sobrino, JA, N Raissouni., (2000) 'Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: application to Morocco', *International Journal of Remote Sensing*, 21: 353-66
- Sobrino, JA, V Caselles, F Becker., (1990). 'Significance of the remotely sensed thermal infrared measurements obtained over a citrus orchard', *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 44: 343-54.
- Sobrino, José A, Juan C Jiménez-Muñoz, Guillem Sòria, Mireia Romaguera, Luis Guanter, José Moreno, Antonio Plaza, Pablo Martínez., (2008) 'Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors', *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46: 316-27
- Streiling, S., & Matzarakis, A. (2003). Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: a case study. *Journal of Arboriculture*, 29(6), 309-316.
- Şekertekin, A., & Marangoz, A. M. (2019). Zonguldak Metropolitan Alanındaki Arazi Kullanımı Arazi Örtüsünün Yer Yüzey Sıcaklığına Etkisi. *Geomatik*, 4(2), 101-111.
- Tonyaloğlu, E. E. (2019). Kentleşmenin Kentsel Termal Çevre Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi, Efeler ve İncirliova (Aydın) Örneği. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 1-13.
- Wang, F., Qin, Z., Song, C., Tu, L., Karnieli, A., & Zhao, S. (2015). An improved mono-window algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat 8 thermal infrared sensor data. *Remote Sensing*, 7(4), 4268-4289.
- Yüksel, Ü. D., & Yılmaz, O. (2008). Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin yaz aylarında uzaktan algılama ve meteorolojik gözlemlere dayalı olarak saptanması ve değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(4).





Farklı yazılımlar kullanılarak gerçek zamanlı hassas nokta konum belirleme (RT-PPP) yönteminin performansının incelenmesi

Salih Alçay^{1*}, Ömer Faruk Atiz¹

¹Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

Anahtar Kelimeler

BKG/BNC
IGS/RTS
PPP-WIZARD
RT-PPP
RTKLIB/RTKNAVI

ÖZ

Görelî konum belirleme yöntemine alternatif olarak ortaya çıkan Hassas Nokta Konum Belirleme (Precise Point Positioning-PPP) yöntemi son yıllarda yaygın olarak pek çok uygulamada kullanılmaktadır. PPP yöntemi mutlak konum belirleme yönteminin özel bir durumu olup, bu yöntemle tek bir GNSS alıcısı ile toplanan verilerden yararlanarak yüksek doğrulukla statik veya kinematik olarak konum belirlenebilmektedir. Diğer yandan gerçek zamanlı (real-time) hassas yörünge ve saat bilgilerinin farklı kuruluş ve organizasyonlar tarafından (International GNSS Service-IGS, Federal Agency for Cartography and Geodesy-BKG, European Space Agency-ESA, European Reference Frame-EUREF, German Research Centre for Geosciences-GFZ vb.) kullanıma sunulmaları sayesinde PPP yöntemi gerçek zamanlı konum bilgisi gerektiren uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. Gerçek zamanlı-PPP (RT-PPP) olarak adlandırılan bu yöntemle olan ilginin oldukça yüksek olması yöntemin gelişimine hız katmıştır. Bu bağlamda birçok yazılım geliştirilmiştir. Bu çalışmada, söz konusu bu yazılımlardan BKG/BNC (BKG Ntrip Client), RTKLIB/RTKNAVI (Real Time Kinematic Library) ve PPP-WIZARD (PPP With Integer and Zero-difference Ambiguity Resolution Demonstrator) kullanılarak, RT-PPP yönteminin konum belirleme performansı incelenmiştir. Bu amaçla IGS/RTS istasyonlarından İstanbul ilinde yer alan İSTA istasyonun yaklaşık 25 saatlik gözlem süresine ait gerçek zamanlı koordinat değerleri 1 saniye epok aralığında elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar noktanın referans kabul edilen koordinat değerleri ile karşılaştırılarak doğruluk ve hassasiyet bakımından incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yakınsama süresinin zaman zaman 1 saatin üzerine çıktığı, bu sürenin sonrasında ise BKG/BNC ve RTKLIB/RTKNAVI ile yatay bileşende genellikle ± 10 cm, düşey bileşende ise ± 20 cm civarında bir doğruluğun elde edilebildiği görülmüştür. Ancak PPP-WIZARD yazılımı kullanılarak elde edilen koordinatların doğruluğu çok sayıda oluşan bağlantı kesikliği ve sonrasında yakınsama süreci nedeniyle ± 30 cm'nin üzerindedir.

Investigation of the performance of Real-Time Precise Point Positioning (RT-PPP) method using different software packages

Keywords

BKG/BNC
IGS/RTS
PPP-WIZARD
RT-PPP
RTKLIB/RTKNAVI

ABSTRACT

The Precise Point Positioning technique (PPP), which emerged as an alternative to the conventional relative positioning method, has been widely used in many applications in recent years. The PPP method is a special case of absolute positioning method, in this method the static and kinematic position can be determined with high accuracy by using single GNSS receiver. On the other hand, thanks to the real-time precise orbit and clock products made available by different establishments and organizations (International GNSS Service-IGS, Federal Agency for Cartography and Geodesy-BKG, European Space Agency-ESA, European Reference Frame-EUREF, German Research Centre for Geosciences-GFZ etc.), PPP method has started to be used in applications that require real-time position information. The high interest in this method, which is called real-time-PPP (RT-PPP), has accelerated the development of the method. Many software have been developed in this context. In this study, the positioning performance of RT-PPP method was investigated using BKG/BNC (BKG Ntrip Client), RTKLIB/RTKNAVI (Real Time Kinematic Library) and PPP-WIZARD (PPP With Integer and Zero-difference Ambiguity Resolution Demonstrator) software. For this purpose, real time coordinate values of İSTA IGS station, located in Istanbul, belongs to the observation period of about 25 hours were obtained in 1 second epoch interval. The obtained results were compared with the reference coordinates of the station, and examined in terms of accuracy and precision. According to the results, it has been observed that the convergence time sometimes exceeds 1 hour, and after this time, an

*Sorumlu Yazar

^{*}(salcay@erbakan.edu.tr) ORCID ID 0000 - 0001 - 5669 - 7274
(oatiz@erbakan.edu.tr) ORCID ID 0000 - 0001 - 6180 - 7121

Kaynak Göster (APA)

Alçay, S. & Atiz Ö.F. (2021) Farklı yazılımlar kullanılarak gerçek zamanlı hassas nokta konum belirleme (RT-PPP) yönteminin performansının incelenmesi. Geomatik, 6(1), 77-83, DOI:10.29128/geomatik.687709

accuracy of approximately ± 10 cm in horizontal component and ± 20 cm in vertical component could be obtained with BKG/BNC and RTKLIB/RTKNAVI. However the accuracy of the coordinates obtained using the PPP-WIZARD software is over ± 30 cm due to the large number of disconnections and subsequent convergence.

1. GİRİŞ

Bağıl konum belirleme yöntemleri günümüzde jeodezik ölçmeler, tektonik hareketlerin belirlenmesi, baraj-köprü gibi mühendislik yapılarının izlenmesi, deformasyon ölçmeleri gibi yüksek doğruluk gerektiren birçok mühendislik uygulamasında yaygın olarak kullanılmaktadır. 1990'lı yıllarda geliştirilen Klasik-RTK (Real Time Kinematic) yöntemi gerçek zamanlı uygulamalarda da kullanılmaya başlanmıştır. İzleyen yıllarda CORS (Continuously Operating Reference Station) ağlarının gelişmesiyle birlikte Ağ-RTK (Network RTK) yöntemi, pek çok ülkede yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir (Zhang ve ark. 2006; Martin ve McGovern 2012; Tsuji ve ark., 2017; Kahveci, 2017). Klasik-RTK yönteminde referans bir alıcı ile gezici alıcılar kullanılarak, oldukça kısa faz başlangıç belirsizliğinin çözüm süresi (initialization) sonrasında cm mertebesinde doğrulukla konum belirlenebilmektedir. Yöntemin doğruluğu uydu yörünge hatası, iyonosferik-troposferik etkilere bağlı olarak değişmektedir. Dolayısıyla klasik-RTK'nın sağladığı konum doğruluğu referans ve alıcı arasındaki mesafeye bağlıdır (Rizos ve Han, 2003). Düzeltme bilgisi radyo bağlantısı aracılığıyla gerçekleştiğinde baz mesafesi yaklaşık 10 km ile sınırlı olup, Internet aracılığıyla sağlandığında ise daha uzak mesafelerde de yöntem kullanılabilir. Klasik-RTK' da kullanıcının referans istasyon kurma zorunluluğunu ortadan kaldırmak için Ağ-RTK tekniği ortaya çıkmıştır ve birçok ülke kendi sistemini oluşturmuştur. Bu yöntemde ağdan hesaplanan düzeltmeler alıcıya Internet (GSM) bağlantısı yardımıyla iletilmektedir. Böylece gerçek zamanlı 3 boyutlu konum bilgisi cm seviyesindeki doğrulukla kullanıcıya sunulmaktadır. Ancak bu yöntemin öne çıkan en önemli dezavantajları, gerekli ağ altyapısının ve kullanılan donanımların gerek kurulum, gerekse de işletim maliyetlerinin yüksek olması, referans istasyonlardaki hataların doğrudan alıcının konumunu etkilemesi ve yöntemin Internet/GSM bağlantısı olmayan veya kısıtlı olan yerlerde çalışma yapılmasındaki kısıtlardır. Klasik-RTK ve Ağ-RTK yöntemleri ile ilgili daha detaylı bilgiler, Kahveci (2017)'de yer almaktadır.

Klasik-RTK ve Ağ-RTK tekniklerinde referans istasyon kullanma zorunluluğu olduğundan, son yıllarda mutlak konum belirleme yöntemlerinden PPP yöntemine olan ilgi artmıştır. Bu yöntemde tek bir GNSS alıcısı kullanılarak konum belirlenebildiğinden oldukça ekonomik bir yöntemdir. PPP yönteminin performansı uydu yörünge ve saat düzeltmelerinin kalitesine bağlıdır (Zhou ve ark., 2019). Ölçme sonrası veri işleme (Post-process) PPP yönteminin performansı üzerine

birçok çalışma yapılmıştır (Soycan, 2012; Choy ve ark., 2013; Yiğit ve ark., 2014; Alkan ve ark., 2015; Alçay, 2016; Alçay ve ark., 2019; Oğutcu, 2020). Elde edilen sonuçlar statik ve kinematik PPP uygulamaları ile cm-dm seviyesinde bir doğruluğun elde edilebileceğini göstermiştir. IGS-RT servisinin yörünge ve saat ürünlerini anlık olarak sunması, PPP yönteminin gerçek zamanlı olarak kullanılmasına olanak tanımıştır (Ahmed ve ark., 2016; Krzan ve Przechalski, 2016; Alçay, 2019). RT-PPP yönteminde tamsayı faz başlangıç belirsizliği çözümü (ambiguity-fixed) gerçekleştiğinde Klasik-Ağ RTK yöntemlerine alternatif bir yöntem olabileceği beklenmektedir (Grinter ve ark., 2020). Bu çalışmada RT-PPP yazılımlarından BKG/BNC, PPP-WIZARD ve RTKLIB/RTKNAVI kullanılarak yöntemin sağladığı konum doğruluğu detaylı olarak analiz edilmiştir.

2. GERÇEK ZAMANLI (RT) PPP

RT-PPP üzerine yoğunlaşan çalışmalar neticesinde çok sayıda yazılım paketi üretilmiştir (Alçay, 2019). Bunlardan bazıları ücretli olup bazıları da ücretsiz olarak kullanıcının hizmetine sunulmuştur. Bu çalışmada kullanılan BKG / BNC, PPP-WIZARD, RTKLIB / RTKNAVI yazılımlarına ait detaylar aşağıda verilmiştir.

2.1. BNC Yazılımı

BNC yazılımı Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG) tarafından geliştirilmiştir. Yazılım RT-PPP uygulamasını kod+faz gözlemlerini, yayın efemerisi ile uydu yörünge ve saati için düzeltme verilerini kullanarak gerçekleştirmektedir. Veri işleme aşamasında düzeltmeler anlık akış şeklinde yayın efemerisine uygulanmaktadır. Yazılım tüm aktif küresel uydu sistemlerini desteklemektedir. Yazılımın sunduğu hizmete ait detaylar URL-1'de verilmiştir.

2.2. RTKLIB/RTKNAVI Yazılımı

RTKLIB Tokyo Üniversitesi Deniz Bilimi ve Teknolojisi bölümü tarafından geliştirilen açık kaynak kodlu bir yazılım paketidir. Ölçme sonrası veri işleme (Post-process) ve gerçek zamanlı olmak üzere birçok GNSS uygulamasını (statik, kinematik, DGNSS, PPP vb.) desteklemektedir. Yazılım GPS, GLONASS, GALILEO, QZSS, BEIDOU ve SBAS sistemlerine ait verileri kullanabilmektedir. Ayrıca yazılımda standart GNSS veri protokolleri (RINEX, NMEA, RTCM) desteklenmektedir. Yazılım paketinin birçok modülü olup RT-PPP hizmeti veren modülü RTKNAVI' dir. Yazılıma ait detaylar Takasu 2013'de verilmiştir.

2.3. PPP-WIZARD

PPP-WIZARD, Ulusal Uzay Araştırmaları Merkezi (CNES) tarafından geliştirilmiştir. Yazılım kod, faz, doppler gözlemlerini kullanabilmektedir. Diğer iki yazılımdan farklı olarak tam sayı belirsizlik çözümünü (AR) gerçekleştirebilmektedir. Uydu sistemlerinden GPS ve GLONASS desteklenmektedir (Laurichesse ve Privat, 2015). Yazılım boşluk köprüleme (gap-bridging) özelliğine sahip olup, bu özellik sayesinde veri boşlukları giderilebilmektedir (Laurichesse ve Privat, 2015). Yazılıma ait detaylara CNES'in web sitesinden ulaşılabilir (URL-2).

3. UYGULAMA

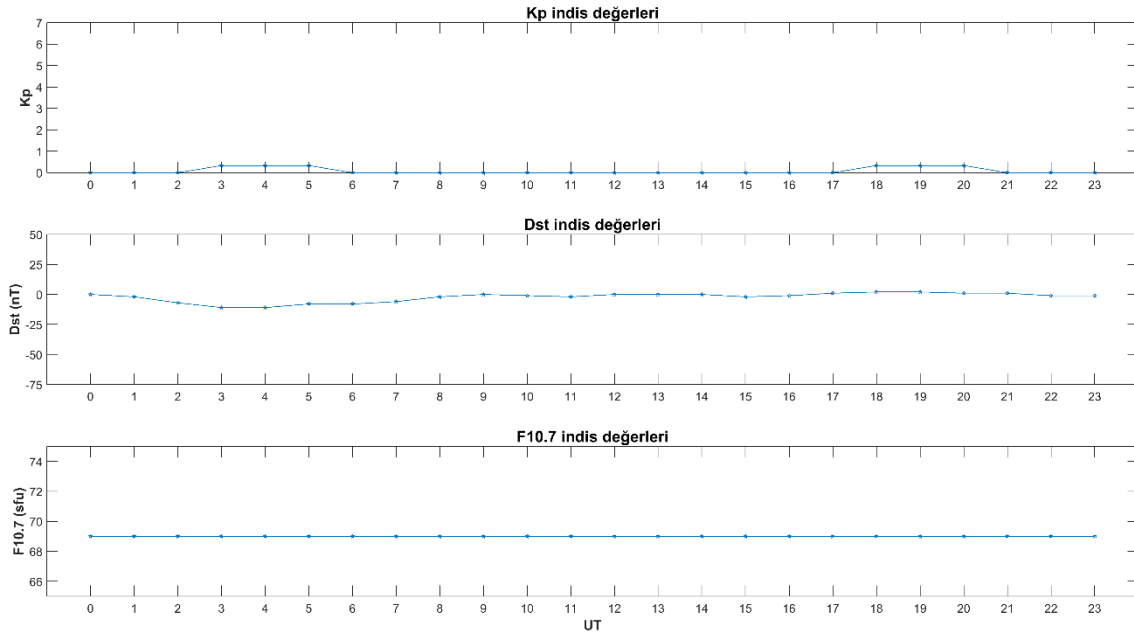
Bu çalışmada RT-PPP yönteminin performansını değerlendirmek amacıyla IGS RT servis istasyonlarından ISTA istasyonu seçilmiştir. İstasyona ait koordinat değerleri 11:00 UT (20.01.2020) - 12:31 UT (21.01.2020) zaman aralığında elde edilmiştir. İlgili günlerde konum doğruluğunu etkileyebilecek jeomanyetik veya solar fırtına kaynaklı iyonosferde düzensiz bir değişim olup olmadığını incelemek amacıyla jeomanyetik fırtına (kp) (URL-3), jeomanyetik aktivite (Dst) (URL-4) ve solar aktivite (F10.7) (URL-4) indis değerleri incelenmiştir (Şekil 1, 2). İyonosferde TEC (Total Electron Content) değerlerinde düzensiz bir değişime sebebiyet verecek bir fırtınadan bahsedebilmemiz için indis değerlerinin sınır değerlerini aşması gerekir. Bu sınır değerleri kp, Dst ve F10.7 için sırasıyla 5, -50 nT ve 150 sfu'dur. Şekil 1 ve Şekil 2'de görüldüğü gibi, indis değerleri oldukça düşük seviyede olup, herhangi bir jeomanyetik veya solar fırtına durumu söz konusu değildir.

ISTA istasyonuna ait RT koordinat değerleri BKG/BNC, RTKLIB/RTKNAVI PPP-WIZARD, yazılımları kullanılarak 1 saniye epok aralıklarında ITRF 2014 referans sisteminde elde edilmiştir. Yazılımlar kullanılırken seçilen parametreler Tablo 1' de verilmiştir. Tabloda verilen parametreler dışındaki tüm seçenekler için ilgili yazılımın varsayılan ayarları kullanılmıştır. Bu üç yazılımdan PPP-WIZARD AR modunda tamsayı belirsizlik çözümünü gerçekleştirebilmektedir. Bu nedenle yazılımlara ait koordinatlar elde edilirken BKG/BNC, RTKLIB/RTKNAVI, PPP-WIZARD (AR), PPP-WIZARD şeklinde dört seçenek dikkate alınmıştır. Değerlendirme aşamasında sadece GPS gözlemleri kullanılmıştır. Ardından istasyonun ilgili günlerdeki 24 saatlik gözlem dosyaları CSRS-PPP (The Canadian Spatial Reference System-PPP) servisine gönderilerek statik değerlendirme sonucunda

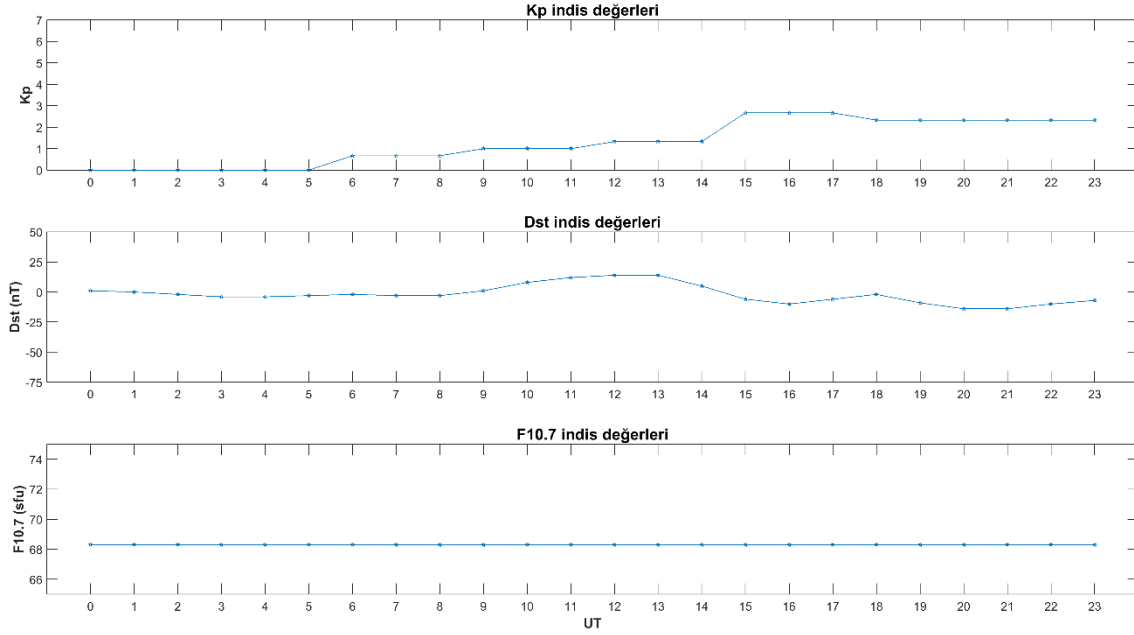
koordinat değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu koordinat değerleri referans koordinatlar olarak alınmıştır. Bu referans koordinatlar ile her bir epokta gerçek zamanlı elde edilen koordinatlar kullanılarak X, Y, Z yer merkezli kartezyen sistemden kuzey (n), doğu (e) ve yukarı (u) bileşenleri ile ifade edilen toposentrik koordinat sistemine dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Şekil 3-5'de dört yazılım seçeneğinden elde edilen ve referans değerlerinden olan farkları temsil eden toposentrik sistemdeki koordinat bileşenleri verilmektedir. Bu bileşenler aynı zamanda yazılımlara ait koordinatların doğruluğunu temsil etmektedir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan yazılım paketleri ve kullanılan seçenekler

Parametre	BNC v2.12	RTKLIB v2.4.3	PPP-WIZARD v1.4.2
Yükseklik açısı	15°	15°	15°
Uydu sistemi	GPS	GPS	GPS
Epok aralığı	1 saniye	1 saniye	1 saniye
Yöntem	RT-PPP	RT-PPP	RT-PPP
Öncül ZHD model	Saastamoinen	Saastamoinen	Saastamoinen
Haritalama fonk. (MF)	1/cos(Z) Z: Zenit açısı	GMF	1/sin(e); e: Uydu yük. açısı
Koordinat hesabı	Var	Var	Var
Yörünge saat düzeltme akış adı	IGS-03 Kalman Filt.	IGS-03 Kalman Filt.	IGS-03 Kalman Filt.
Yörünge saat düzeltme formatı	RTCM-SSR	RTCM-SSR	RTCM-SSR
Yayın efemerisi	RTCM3EPH	RTCM3EPH	RTCM3EPH
Anten faz merkezi düzeltmesi	igs14.atx	igs14.atx	igs14.atx
Tamsayı faz başlangıç belirsizliği çözümü	Yok	Yok	PPP-AR modunda var
Okyanus yüklenmesi	Yok	Yok	Yok
Atmosfer yüklenmesi	Yok	Yok	Yok
Katı yer gelgit etkisi	Var	Var	Var
Faz dönüklüğü düzeltmesi	Var	Var	Var



Şekil 1. 20.01.2020 tarihine ait kp, dst, F10.7 değerleri



Şekil 2. 21.01.2020 tarihine ait kp, dst, F10.7 değerleri

Şekil 3'te ISTA istasyonunun kuzey (n) bileşenine ait 4 yazılım seçeneğinden elde edilen koordinat değerleri verilmiştir. Yakınsama süresi göz ardı edildiğinde en iyi sonucun RTKLIB yazılımı ile ± 3 cm doğruluğunda elde edildiği görülmüştür. BNC yazılımına ait koordinatlar ise çoğunlukla 8 cm'den küçüktür. PPP-WIZARD (AR) ile ilk yakınsama süresinden sonra 14:17 UT'ye kadar 5 cm'den daha iyi bir doğruluk elde edilmesine rağmen, birçok zaman diliminde koordinat değerleri elde edilememiştir. Ayrıca PPP-WIZARD yazılımı AR seçeneği ile tam sayı belirsizlik çözümünü gerçekleştirdiğinden daha iyi sonuçlar vermesi beklenmesine rağmen, PPP-WIZARD (AR) ve PPP-WIZARD sonuçları arasında dikkate değer bir fark

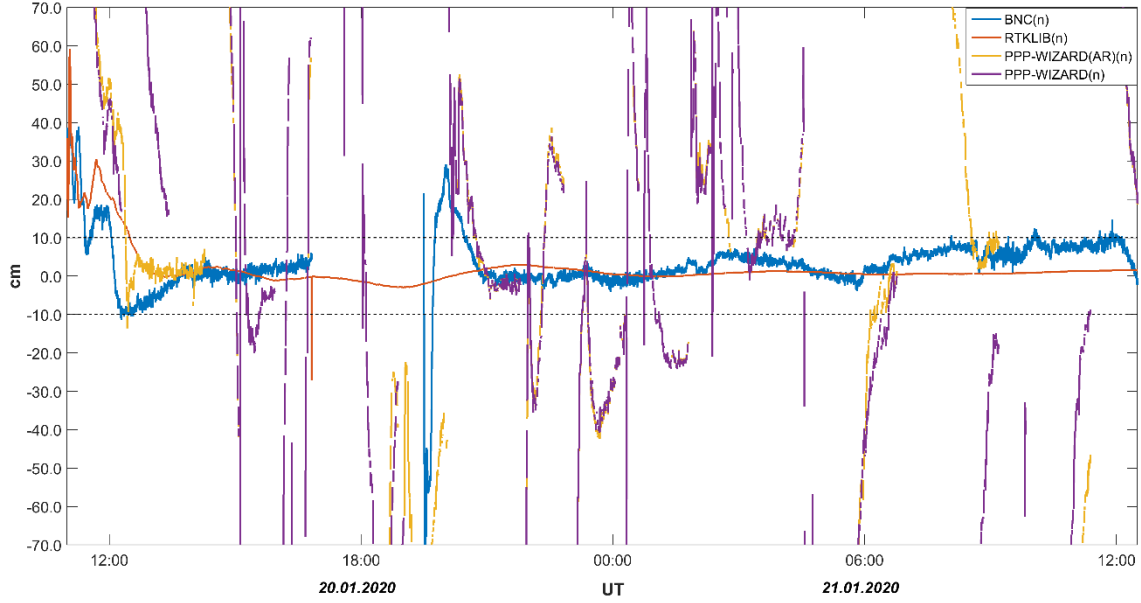
olmayıp, bağlantı kesiklikleri ve sonrasındaki yakınsama süreçleri nedeniyle farklar çoğunlukla 30 cm'nin üzerindedir.

Şekil 4'te ise diğer bir yatay bileşen olan doğu (e) bileşenine ait 4 yazılım seçeneğinden elde edilen koordinat değerleri verilmiştir. RTKLIB yazılımı ile oldukça uzun bir yakınsama süresinden sonra (~15 saat) 10 cm'den daha iyi bir doğruluk elde edilmiştir. 03:00 UT (21.01.2020)'ye kadar olan yakınsama sürecinde koordinat farkları zamanla azalan bir eğilim göstermiştir. n ve u bileşenlerine göre yakınsama süresinin fazla olmasının nedeni gelen düzeltmelerin güncelleme sıklıklarının düşük olmasından kaynaklandığı ve bu durumun e bileşenini daha fazla etkilediği düşünülmektedir.

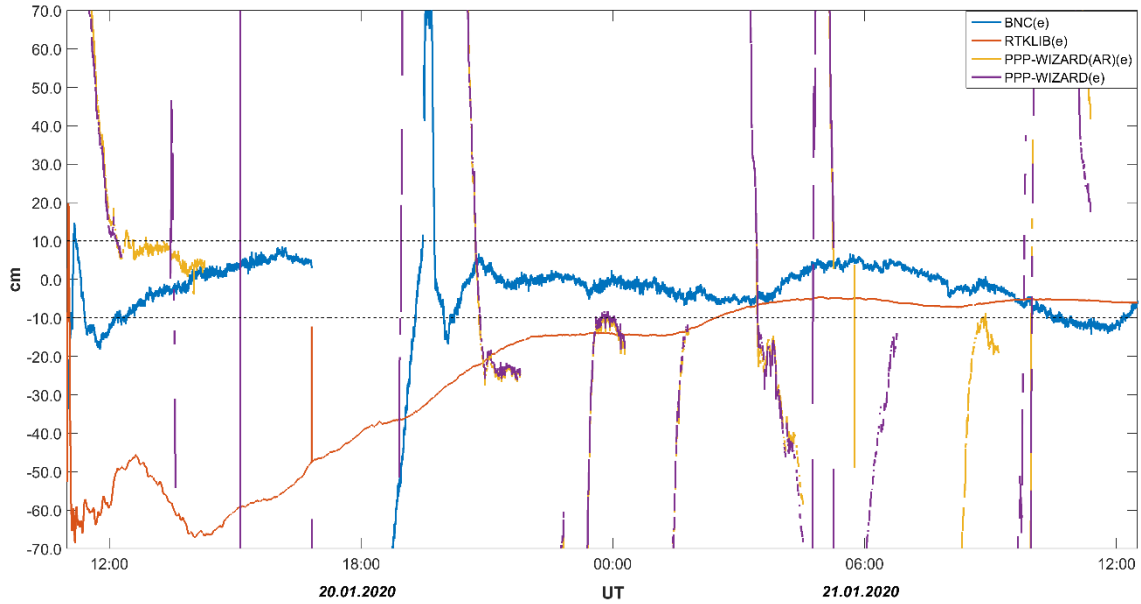
BNC yazılımı ile ise yakınsama süreleri hariç doğruluğun ± 10 cm olduğu görülmektedir. Bu yazılımda bağlantı kesilmesi nedeniyle ikinci bir yakınsama durumu söz konusu olmuştur. Bu yakınsama süreci yaklaşık 1 saati bulmuştur. PPP-WIZARD yazılımı ile ise oldukça yüksek koordinat değerleri elde edilmiştir.

ISTA istasyonunun yükseklik bileşenine ilişkin koordinat değerleri incelendiğinde yatay bileşene

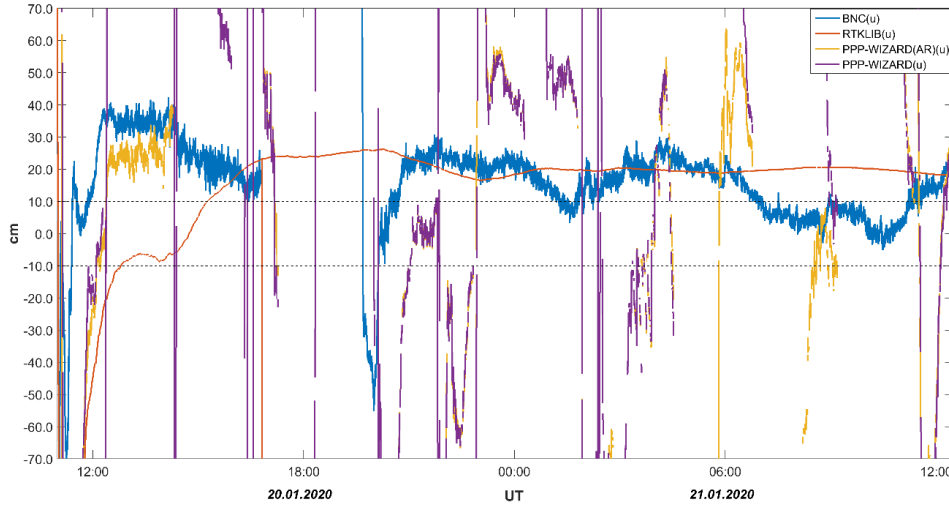
göre farkların daha büyük olduğu, RTKLIB ve BNC ile ~ 20 cm'lik bir doğruluğun elde edilebildiği görülmüştür (Şekil 5). PPP-WIZARD'a ait iki seçenek kullanılarak elde edilen koordinatlar incelendiğinde farklar zaman zaman ± 10 cm'den küçük olsa da yatay bileşenlerde olduğu gibi çok sayıda bağlantı kesikliği ve ardından gerçekleşen yakınsama süreleri nedeniyle oldukça büyük seviyelere ulaşmaktadır.



Şekil 3. ISTA istasyonuna ait kuzey bileşeni (n) değerleri



Şekil 4. ISTA İstasyonuna ait doğu bileşeni (e) değerleri



Şekil 5. İSTA İstasyonuna ait yukarı bileşeni (u) değerleri

Sonuçların doğruluk yönünden incelenmesinin yanı sıra, tekrarlılıklarını da test etmek amacıyla tüm koordinat değerleri dikkate alınarak standart sapma (std) değerleri hesaplanmıştır. Std değerlerinin yanı sıra koordinatlara ilişkin temel istatistiksel değerlerden mutlak maksimum, mutlak minimum ve ortalama hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Toposentrik koordinatlara ilişkin temel istatistiksel değerler

Yazılım	Temel İstatistikler	n (m)	e (m)	u (m)
BNC	Maksimum	5,351	3,555	8,460
	Minimum	0,000	0,000	0,000
	Ortalama	0,396	-0,208	0,700
	Std	1,112	0,695	1,637
RTKLIB	Maksimum	0,591	0,686	3,557
	Minimum	0,000	0,000	0,000
	Ortalama	0,019	-0,242	0,121
	Std	0,056	0,210	0,257
PPP-WIZARD (AR)	Maksimum	13,189	9,304	27,550
	Minimum	0,000	0,000	0,000
	Ortalama	-0,075	-0,626	1,915
	Std	1,822	2,292	6,206
PPP-WIZARD	Maksimum	13,189	9,304	30,727
	Minimum	0,000	0,000	0,000
	Ortalama	0,021	-0,365	1,787
	Std	2,303	2,656	6,450

Tablo 2’de görüldüğü gibi PPP-WIZARD (AR) ve PPP-WIZARD ile gerçek kabul edilen koordinatlarla zaman zaman benzer sonuçlar elde edilebildiği görülse de maksimum, ortalama ve std değerlerinin oldukça yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Maksimum değerler incelendiğinde yakınsama süresiyle ilişkili olarak yatay bileşende BNC yazılımı ile 5,351 m (n), 3,555 m (e), RTKLIB yazılımı ile 0,591 m (n), 0,686 m (e), düşey bileşende ise BNC ve RTKLIB ile sırasıyla 8,460 m ve 3,557 m olduğu görülmektedir. Sonuçların tekrarlılıklarını test etmek amacıyla std değerleri incelendiğinde en iyi değerlerin tüm bileşenlerde RTKLIB yazılımı kullanılarak elde edildiği görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada RT-PPP yönteminin konumlama performansı 3 farklı yazılıma ait 4 seçenek kullanılarak test edilmiştir. İSTA IGS/RTS istasyonunun yaklaşık 25 saatlik gözlem süresine ait 1 saniye epok aralıklı koordinat değerleri doğruluk ve tekrarlılık açısından incelenmiştir. Doğruluk ve tekrarlılık açısından tüm bileşenlerde en iyi sonuçlar RTKLIB yazılımı ile elde edilmiştir. BNC ile elde edilen değerler RTKLIB sonuçlarına yakın olup her iki yazılımla yatay bileşene ait koordinatların düşey bileşene göre doğruluk açısından daha iyi olduğu söylenebilir. PPP-WIZARD yazılımı ile tüm epoklarda koordinat değerleri elde edilememiş olup, doğruluk oldukça düşük seviyededir. Her ne kadar AR seçeneğinin olumlu bir etkisi olacağı beklenmesine rağmen yazılımla ilişkili olarak bu katkı koordinat değerlerinde görülebilmiştir. Genel olarak elde edilen sonuçlar RT-PPP yöntemin sağladığı konum doğruluğu açısından günümüzde yüksek doğruluk gerektiren jeodezik uygulamalarda olmasa da CBS uygulamaları gibi daha düşük doğruluğun yeterli olabileceği haritacılık uygulamalarında kullanılabilirliğini göstermiştir. Yöntemin en büyük avantajı referans bir alıcıya gereksinim duyulmadan tek bir GNSS alıcısı ile gerçek zamanlı koordinat elde edilebilmesi olup, günümüzdeki en büyük dezavantajı ise yakınsama süresinin uzun olması ve oluşan bağlantı kesilmeleridir. Yöntemin ve yazılımların performansını kapsamlı olarak test etmek amacıyla farklı zaman dilimlerinde, farklı atmosferik koşullarda, birden fazla istasyon ve uydu sistemi dikkate alınarak değerlendirme işleminin yapılması yerinde olacaktır. Bu durum farklı istasyonlarda daha iyi bir doğruluğun elde edilip edilemeyeceğini göstermesi açısından önemlidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan BNC yazılımı için Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG)’ye, PPP-WIZARD yazılımı için CNES’e, RTKLIB/RTKNAVI için Takasu Tomoji’ye ve

değerlendirme aşamasında kullanılan ürünler için IGS-RT servise teşekkür ederiz. Ayrıca makalenin geliştirilmesine yapıcı yorumları ile katkıda bulunan hakemlere teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Ahmed, F., Vaclavovic, P., Teferle, F.N., Dousa, J., Bingley, R., Laurichesse, D. (2016). Comparative analysis of real-time Precise Point Positioning zenith total delay estimates, *GPS Solutions*, 20, 187–199.
- Alçay, S. (2016). Farklı gözlem sürelerinde GPS-PPP ve GPS/GLONASS-PPP yöntemlerinin konum belirleme performanslarının incelenmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16 (2), 292-302.
- Alçay, S., and Turgut, M. (2017). Performance evaluation of real-time precise point positioning method. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 95, 032023.
- Alçay, S. (2019) Gerçek zamanlı hassas nokta konumlama (RT-PPP) yönteminin konum belirleme performansının doğruluk ve hassasiyet bakımından incelenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8 (1), 121-133.
- Alçay, S., Ogutcu, S., Kalayci, I., Yigit, C.O. (2019). Displacement monitoring performance of relative positioning and Precise Point Positioning (PPP) methods using simulation apparatus. *Advances in Space Research* 63 (5), 1697–1707.
- Alkan, R.M., İlçi, V., Ozulu, İ.M., Saka, M.H. (2015). A comparative study for accuracy assessment of PPP technique using GPS and GLONASS in urban areas. *Measurement*, 69, 1–8.
- Choy, S., Zhang, S., Lahaye, F., Héroux, P. (2013). A Comparison between GPS-only and combined GPS+GLONASS Precise Point Positioning. *Journal of Spatial Science*, 58 (2), 169-190.
- Kahveci, M. (2017). *Kinematik GNSS ve RTK Cors Ağları*, 2. Basım, Nobel Yayıncılık, Ankara.
- Krzan, G., and Przeszelski, P. (2016). GPS/GLONASS Precise Point Positioning with IGS Real-time service product. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 13 (1), 69–81.
- Laurichesse, D., and Privat, A. (2015). An open-source PPP client implementation for the CNES PPP-WIZARD demonstrator, *Proceedings of the ION GNSS+ 2015*, September, Tampa, Florida.
- Martin, A., and McGovern, E. (2012). An evaluation of the performance of network RTK GNSS services in Ireland. *International Federation of Surveyors (FIG) Working week 6th-10th May 2012*.
- Ogutcu, S. (2020). Assessing the contribution of Galileo to GPS+GLONASS PPP: Towards full operational capability, *Measurement*, 151, 107143.
- Rizos, C., and Han, S. (2003). Reference station network based RTK systems-concepts and progress, *Wuhan University Journal of Natural Sciences*. 8, 566–574.
- Soycan, M. (2012). A quality evaluation of Precise Point Positioning within the Bernese GPS software version 5.0, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 37, 147–162.
- Takasu, T. (2013). RTKLIB ver. 2.4.2 Manual <http://www.rtklib.com/prog/manual.2.4.2.pdf>.
- Tsuji, H., Hatanaka, Y., Hiyama, Y; Yamaguchi, K., Furuya, T., Kawamoto, S., Fukuzaki, Y. (2017). Twenty-year successful operation of GEONET. *Bulletin of the Geospatial Information Authority of Japan*, 65, 20.
- Yigit, C.O, Gikas, V., Alçay, S., Ceylan, A. (2014). Performance evaluation of short to long term GPS, GLONASS and GPS/GLONASS post-processed PPP, *Survey Review*, 46 (3), 155-166.
- Zhang, K., Wu, F., Wu, S., Rizos, C., Roberts, C., Ge, L., and Ramm, P. (2006). Sparse or dense: Challenges of Australian network RTK. *Proceedings of IGNS 2006*.
- Zhou, P., Yang, H., Xiao, G., Du, L., Gao, Y. (2019). Estimation of GPS LNAV based on IGS products for real-time PPP. *GPS Solutions*, 23 (1), 27.
- URL-1: <https://igs.bkg.bund.de/ntrip/download>
- URL-2: <http://www.ppp-wizard.net/>
- URL-3:<ftp://ftp.gfz-potsdam.de/pub/home/obs/kp-ap/tab/>
- URL-4:<https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html>



GEOmatik

ARAŞTIRMA MAKALELERİ

** Sürekli gözlem yapan referans istasyonları kullanılarak yapılaşmış ve ağaçlık bölgelerdeki konum belirlemenin doğruluk analizi Atınc Pırtı, Zümrüt Kurtulgu	1
** Lisans ve lisansüstü düzeyinde verilen taşınmaz değerlendirme eğitiminin değerlendirme lisansı sınavı kapsamında değerlendirilmesi Zeynel Abidin Polat, Mehmet Alkan	15
** Thornthwaite iklim sınıflandırma yöntemine göre Karadeniz Bölgesi iklim sınır haritasının CBS ile üretilmesi Hüsniye Ebru Çolak, Tuğba Memişoğlu	31
** Zonguldak ve Ereğli Orman İşletme Müdürlükleri Orman Yangını Risk Alanlarının Belirlenmesi Semra Dilekçi, Aycan Murat Marangoz, Ayhan Ateşoğlu	44
** Yersel lazer tarama yöntemi ile farklı geometrik yapıdaki özelliklerin modellenmesi Lütfiye Karasaka, Adin Adnan Rashid Beg	54
** Mozaiklenmiş insansız hava aracı görüntülerinde eksik bölgelerin örnek tabanlı iç boyaması ile elde edilmesi Umut Özkaya, Bilgehan Hasan Makineci, Şaban Öztürk, Osman Orhan	61
** Mersin ilindeki kentsel büyümenin yer yüzey sıcaklığı üzerine etkisinin araştırılması Osman Orhan	69
** Farklı yazılımlar kullanılarak gerçek zamanlı hassas nokta konum belirleme (RT-PPP) yönteminin performansının incelenmesi Salih Alçay, Ömer Faruk Atiz	77