Harita Dergisi

Ocak 2020
Sayı:163

ISSN 1300-5790
E-ISSN 2667-4084

Şahin, E.K., Bovkır, R., Aydınoğlu, A.Ç.: **Yeni Teknolojik Gelişmelerin Coğrafi Bilgi Sistemlerine Etkisi** (Impact of New Technological Developments on Geographical Information Systems)

Güler, D., Yomralıoğlu, T.: **Açık Kaynak Kodlu CBS Yazılımı ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemini İçeren Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçimi Önerisi** (A Proposal for Electric Vehicle Charging Station Location Selection with Open Source GIS Software and Fuzzy Analytic Hierarchy Process)

Akın, Ö., Eroğlu, A., Demirel, H.: **Açık Kaynak Kodlu Ağ Analiz Algoritmaları ve Arazi Örtüsü/Kullanımı Simülatörü** (Open Source Toolboxes for Network Analysis and Land Cover/Land Use Simulation)

Kara, G., Turan, İ., Cevher, M., Cömert, Ç.: **Taşkın Alanlarının Belirlenmesi, MapBOX Ortamında Sunumu ve Mobil Uygulama Geliştirilmesi** (The Determination of Floodplains, Presentation with MapBOX of Floodplains and Mobile Application Development)

Gündüz, H.İ., Ekercin, S.: **Landsat-8 Uydu Görüntüleri Kullanılarak Hava Kalitesi Haritasının Oluşturulması: Aksaray İli Örneği** (Production of Air Quality Map Using Landsat-8 Satellite Images: The Case of Aksaray Province)

HARİTA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ,ANKARA
www.harita.gov.tr/harita-dergisi

HARİTA DERGİSİ
Ocak 2020
Yıl: 86 Sayı: 163

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

Sahibi
Harita Genel Müdürlüğü Adına
Tuğgeneral Hurşit AĞIRCAN

Sorumlu Müdür
Harita Yük.Tek.Ok.K.lığı Adına
Yük.Müh. Alb. Caner KARABAY

Editör
Yük.Müh. Yb. Selçuk CEYLAN

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

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

Tel: (312) 595 21 22
Faks: (312) 320 14 95
web: www.harita.gov.tr/harita-dergisi
e-posta: haritadergisi@harita.gov.tr

Basım Yeri
Harita Genel Müdürlüğü Matbaası
ANKARA

ISSN 1300 – 5790
E-ISSN 2667 – 4084

Bu dergide yayımlanan makaleler, yazarlarının özel fikirlerini yansıtır.

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

İ Ç İ N D E K İ L E R

ARAŞTIRMA MAKALELERİ

Yeni Teknolojik Gelişmelerin Coğrafi Bilgi Sistemlerine Etkisi (Impact of New Technological Developments on Geographical Information Systems)

Emrehan Kutluğ ŞAHİN, Rabia BOVKIR, Arif Çağdaş AYDINOĞLU 1 - 16

Açık Kaynak Kodlu CBS Yazılımı ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemini İçeren Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçimi Önerisi (A Proposal for Electric Vehicle Charging Station Location Selection with Open Source GIS Software and Fuzzy Analytic Hierarchy Process)

Doğuş GÜLER, Tahsin YOMRALIOĞLU 17 – 28

Açık Kaynak Kodlu Ağ Analiz Algoritmaları ve Arazi Örtüsü/Kullanımı Simülatörü (Open Source Toolboxes for Network Analysis and Land Cover/Land Use Simulation)

Ömer AKIN, Ahmet EROĞLU, Hande DEMİREL 29 – 37

Taşkın Alanlarının Belirlenmesi, MapBOX Ortamında Sunumu ve Mobil Uygulama Geliştirilmesi (The Determination of Floodplains, Presentation with MapBOX of Floodplains and Mobile Application Development)

Gülten KARA, İrem TURAN, Muharrem CEVHER, Çetin CÖMERT 38 – 49

Landsat-8 Uydu Görüntüleri Kullanılarak Hava Kalitesi Haritasının Oluşturulması: Aksaray İli Örneği (Production of Air Quality Map Using Landsat-8 Satellite Images: The Case of Aksaray Province)

Halil İbrahim GÜNDÜZ, Semih EKERCİN 50 – 57

Bilim Kurulu

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

Harita Dergisi'nin 163. Sayısında Makalelerin Değerlendirilmesinde Hakemlik Yapan Akademisyenler

Prof.Dr. Cengizhan İPBÜKER (İTÜ)
Prof.Dr. Çetin CÖMERT (KTÜ)
Prof.Dr. Dursun Zafer ŞEKER (İTÜ)
Prof.Dr. Fevzi KARSLI (KTÜ)
Prof.Dr. Feza ARIKAN (HÜ)
Prof.Dr. Hakan KARABÖRK (KTÜN)
Prof.Dr. Hande DEMİREL (İTÜ)
Prof.Dr. İsmail Bülent GÜNDOĞDU (KTÜN)
Prof.Dr. A. Melih BAŞARANER (YTÜ)
Prof.Dr. Naci YASTIKLI (YTÜ)
Prof.Dr. Necla ULUĞTEKİN (İTÜ)
Prof.Dr. Oğuz GÜNGÖR (KTÜ)
Prof.Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU (İTÜ)
Prof.Dr. Volkan YILDIRIM (KTÜ)
Prof.Dr. Zuhal AKYÜREK (ODTÜ)
Doç.Dr. H. Ebru ÇOLAK (KTÜ)
Doç.Dr. İsmail ÇÖLKESEN (GTÜ)
Dr.Öğr. Üyesi Metin NOHUTCU (HÜ)
Dr.Öğr. Üyesi Murat DURMAZ (HÜ)
Dr.Müh.Alb. Orhan FIRAT (HGM)
Dr.Müh.Bnb. Mustafa CANIBERK (HGM)

Ali Macar Reis Atlası (1567), Yunanistan, Adalar Denizi, Anadolu Haritası.

Ali Macar Reis Atlası (1567), Yunanistan, Adalar Denizi, Anadolu Haritası

ALİ MACAR REİS ATLASI

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

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

Atlasta bulunan ilk altı harita, portolonların tipik özelliklerini taşır ve tamamında on yedi adet rüzgâr gülü bulunur. Rüzgâr güllerinden ayrılan otuz iki yön çizgisi belli renklerdedir.

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

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

Kaynak: Özdemir, K. (2008, s. 104-105-106-107). *Osmanlı Haritaları.* İstanbul: Avea

YENİ TEKNOLOJİK GELİŞMELERİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNE ETKİSİ

(Impact of New Technological Developments on Geographical Information Systems)

Emrehan Kutluğ ŞAHİN[1]*, Rabia BOVKIR[2], Arif Çağdaş AYDINOĞLU[2]

[1]Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Bolu

[2]Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Kocaeli

*Sorumlu yazar: emrehansahin@ibu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 22.10.2019 Kabul Tarihi (Accepted): 27.12.2019

ÖZ

Teknoloji ve bilim alanındaki gelişmeler ile birlikte yapay zekâ, robotik, uzay bilimleri, internet ve büyük veri gibi teknolojilerin pek çok alana katkısı olmuştur. Ortaya çıkışından bu yana her zaman teknolojinin bir parçası olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yaşanan teknolojik gelişmelerle uygulama alanlarını geliştirmiş ve ilerletmiştir. Donanım ve bilişim sektöründeki gelişmeler sayesinde kamusal ve akademik mecraların dışında farklı tüketici ve işletmeleri de kapsayan oldukça geniş ve farklı birçok uygulama alanın da etkin bir yer bulmuştur. Tüm bu süreç boyunca CBS'nin temel teknik bileşenleri olan coğrafi veri altyapıları, konumlandırma, veri toplama, veri analizi ve veri paylaşımı araçları yaşanan teknolojik ilerlemeler ile birlikte gelişme sürecine girmiştir.

Modern teknolojiler ile birlikte CBS, sadece geleneksel basılı haritaları veya Bilgisayar Destekli Tasarım yazılımlarının (CAD) ürettiği değil, aynı zamanda daha büyük, karmaşık ve sürekli artan dijital veriyi de kapsamaktadır. Nesnelerin interneti ve birlikte gelişen ekosistemde, akıllı kentlerden, akıllı cihazlara ve hatta küçük ev aletlerine kadar her bir nesnenin birbirleriyle veya daha büyük sistemlerle bağlantılı olduğu iletişim ağları kurulmakta ve büyük hacimli veriler ortaya çıkmaktadır. Bu denli büyük veri yapıların tek bir ağ üzerinde yapılandırılması, sürekli çevrim içi olması ve istenildiğinde internetin olduğu her yerde her cihazda aktif olması bu teknolojinin bulut bilişim altyapısı üzerine kurgulanmış olmasındadır. Ve nihayetinde, bu büyük hacimdeki ve karmaşık veriyi analiz etmek, değerlendirmek ve işlemek için de Yapay Zekâ (Artificial intelligence-AI) algoritmaları kullanılır. Günümüzde derin öğrenme, görseller, sesler ve metinler gibi sonsuz miktarda veriyi anlama, işleme ve analiz etmeye yardımcı olan en hızlı büyüyen yapay zekâ tekniğidir. Bu çalışma ile CBS'nin günümüzün en popüler beş teknolojik trendi olan büyük veri, nesnelerin interneti, bulut bilişim, yapay zekâ, derin öğrenme ile ilişkisi tartışılacak ve gelecekteki araştırmaların/uygulamaların ne yönde olacağı konusunda bir değerlendirme yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Coğrafi Bilgi Sistemleri, Yapay Zekâ, Derin Öğrenme, Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri, Bulut Bilişim*

ABSTRACT

In recent years, along with the great discoveries in technology and science, ground-breaking developments have been experienced in artificial intelligence, robotics, space sciences, internet, big data, and many other fields. Geographical Information Systems (GIS), which is always a part of the technology, has developed and improved its own range with developing technological developments. Thanks to the development of both hardware infrastructure and information systems, it has found itself an effective place in wider application areas such as consumer and business branches besides public and academic channels. Throughout this process, spatial data infrastructures, data sharing, positioning, data collection, data dissemination, and data analysis tools, which are the main technical components of GIS, have undergone great development and evolution process along with all these technological advances.

Nowadays, modern GIS technologies use digital information generated by various digital technologies. GIS data no longer includes traditional hard copy maps or computer-aided software (CAD), but also contains larger, complex, and continuously increasing digital data. In the ecosystem that develops under the internet of things, communication networks from smart cities to smart devices and small household appliances are established. As a result of these communication networks, big volume of data emerges. One of the most important sources of the big data structure is the data from objects that are connected to each other via the Internet. The fact that such large data structures can be active in a global network and online wherever there is internet is based on the cloud computing infrastructure. Eventually, Artificial intelligence (AI) algorithms are used to evaluate big data for processing and analysis. Today, deep learning is the fastest growing artificial intelligence technique that helps in understanding, processing and analyzing infinite amounts of data such as visuals, sounds, and texts. As a result, this study will discuss the relationship between GIS and the five new technological trends (big data, internet of things, cloud computing, artificial intelligence, deep learning) and identifies current trends and future research directions and applications.

Keywords: *Geographical Information Systems, Artificial Intelligence, Deep Learning, Internet of Things, Big Data, Cloud Computing*

1. CBS'NİN DÜNDEN BUGÜNE GELİŞİMİ

Geçtiğimiz 20 yılı kapsayan süreç boyunca dünya teknolojik anlamda inanılmaz bir gelişim ve değişime tanık olmuştur. Kendi başına internetin

Atıf/To cite this article: Şahin, E.K., Bovkır, R. ve Aydınoğlu, A.Ç. (2020). Yeni Teknolojik Gelişmelerin Coğrafi Bilgi Sistemlerine Etkisi. *Harita Dergisi,* 163, 1-16.

keşfi bile bugünkü değişimin en önemli ayaklarından biridir. İnternetin yayılması ve hatta her şeyin bir parçası olmasıyla birlikte bilgisayarlar, akıllı telefonlar ve tabletlerin getirdiği sürekli bağlantı, kişisel yaşamımızda olduğu gibi mimari, mühendislik ve inşaat endüstrileri kapsamında da bir norm ve olağan hale gelmiştir. Benzer şekilde, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), yeni teknolojiler ile birlikte gelişmektedir. CBS'nin yakın tarih boyunca ortaya çıkış ve gelişim serüveni Coppock ve Rhind (1991) tarafından dört döneme ayrılmıştır: (I) 1960'ların ortasından yaklaşık 1975'e kadar olan öncü dönem; (II) 1970'lerin ortasında başlayıp 1980'lerin başında sona eren kamu destekli deneysel dönem; (III) 1980'lerin başından 1990'a kadar olan ticaret dönemi ve (IV) 1990'da başlayan kullanıcı baskınlığı dönemidir. Bununla birlikte günümüze kadar ki dönem için bir başka alternatif bakış açısı getiren Foresman (1998), 1990'ları başında 2000'e kadarki zamana müşteri tabanlı uygulama dönemi, 1990 sonundan 2000'li yıllara doğru ise yerel ve küresel ağ çağı diyerek tanımlamada bulunmuştur. Son 10 yıl için bir tanım getirmek gerekirse, günümüz popüler konularından biri olan makine öğrenme dönemi demek yanlış olmayacaktır.

Analitik haritacılığın ve muhtemelen coğrafi yöntemlerin ilk örneği denilebilecek çalışma 1854 yılında İngiliz hekim John Snow'un Londra'daki bir kolera salgının kaynağını belirlemek için salgın bölgelerine ait yolları, mülk sınırlarını ve su yollarını haritalaması gösterilebilir (Waters, 2017). Snow bu çalışmasında, coğrafi katmanları kâğıt haritalarda göstermiş, bununla birlikte analitik haritacılığın bir problem çözme aracı olduğunu göstermiştir. Snow, hayat kurtarıcı bir keşfe de imza atmıştır. Modern CBS'nin çıkış noktası ve ilk uygulaması denilebilecek çalışmalar 1960-1970 yılları arasında gerçekleşmiştir. 1960 yılında Roger Tomlison'un bir çevre teknolojisi olarak tasarladığı Kanada'nın doğal kaynaklarını haritalama projesi Modern CBS'nin en köklü ve ilk örneğidir (Tomlinson, 1998). Bu dönemde gerçekleşen projesi, harita işlemeye yönelik bir katman yaklaşımını benimsemesiyle benzersiz bir örnek olmuştur ve 1971 yılında faaliyete geçmiştir. Söz konusu zaman dilimi içerisinde gerçekleşen ve modern CBS çalışmalarından bir diğeri ise, Washington Üniversitesi'nde İnşaat Mühendisliği ve Planlama profesörü olan Edgar Horwood'ın geliştirdiği en eski bilgisayar tabanlı haritalama yazılımıdır. Horwood geliştirdiği bu yazılımları, kurduğu Kentsel ve Bölgesel Bilgi Sistemleri Birliği grubu içerisinde kurslar ve konferanslar düzenleyerek tanıtmıştır (Chrisman, 1998; Drummond ve French, 2008).

1970 ve 1980 yıllarında, kavramsal ve yazılım alanındaki gelişmeler akademi, devlet kurumları ve sanayinin öncülüğünde yaşanıyordu (Waters, 2017). Bir önceki dönemde geliştirilen algoritmik çözümler bu dönem zarfında tek başlarına çalışan programlara dönüştürülmekteydi (örn. IBM tarafından geliştirilen GADS [geodata analysis and software display system]). Bu dönem zarfında gerçekleşen en önemli adımlardan biri ise Minnesota arazi yönetim sistemi için vektör bazlı çözüm yerine raster veri sistemine dayanan ve bir piksel hücrenin 40 dönümlük bir çözünürlüğe sahip olduğu veri envanterinin oluşturulmasıdır (Waters, 2017). 1970'li yılların başında ana bilgisayar tabanlı yaklaşımlar kullanılarak genişleyen CBS kullanımı, bu dönemin sonlarında artık zaman paylaşımına dayanan mini bilgisayarlara ve nihayetinde masaüstü sistemlere aktarılmaya ve daha çok kullanıcı odaklı hale getirilmeye başlanmıştır (Wieczorek ve Delmerico, 2009).

Her ne kadar 1970'lerin başında ticari CBS yazılımları geliştirilmeye başlansa da 1981 yılında Environmental Systems Research Institute (ESRI) tarafında piyasaya sürülen Arc/Info yazılımı o zamana kadarki en dikkat çeken yazılım olmuştur. Arc/Info yazılımının diğer yazılımlara oranla en üstün tarafı özel bir uygulama alanından ziyade daha genel bir coğrafi veri yönetim ve analiz aracı olarak geliştirilmesidir. Ayrıca Arc/Info büyük ana bilgisayar sistemleri haricinde onlara kıyasla daha küçük mini bilgisayarlarda özellikle de tek kullanıcılı kişisel bilgisayarlarda bile çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bu yıllar içerisinde CBS'nin akademik araştırmalar alanında gelişmesine katkıda bulunmak amacıyla ABD Ulusal Bilim Vakfı ve İngiltere'nin Ekonomik ve Sosyal Araştırma Konseyi önemli yatırım ve destekler sağlamıştır (Waters, 2017).

CBS'nin gelişimi, 1990'larda Windows NT iş istasyonları ve nihayetinde PC'lerde çalışan CBS yazılımlarının piyasaya sürülmesi ve kişisel bilgisayarlara yönelik eğilim ile birlikte hız kazanmıştır (Wieczorek ve Delmerico, 2009). Bu dönem içerisindeki en önemli gelişmelerden biri CBS yazılımlarında karmaşık komut satırına dayanan ara yüzlerden grafik kullanıcı arabirimlere (GUIs) geçişin sağlanmasıdır. Ayrıca 1990'da gerçekleşen bir diğer önemli gelişme de ABD Nüfus sayım bürosunun DIME (Dual Independent Map Encoding) dosya sisteminden TIGER (Topologically Integrated Geographic

Encoding and Referencing) dosya sistemine geçmesi olmuştur. Bu geçiş ile birlikte Nüfus sistemi verilerine erişimin ücretsiz olması ile birlikte mevcut CBS projelerine entegrasyonu da oldukça kolaylaşmıştır (Yomralıoğlu, 2002). Bu geçiş süreci ABD'de CBS endüstrisinin gelişimini daha da hızlandırmıştır (Waters, 2017). 1990 ve 2000 yılları CBS'nin geniş bir uygulama alanına dağıldığı ve kullanımında da büyük artışlar görüldüğü en önemli tarihsel aralıktır. Özellikle kamu alanındaki gelişim öncülüğünün ticari firmalara devredilmesi ile birlikte birçok farklı CBS uygulaması (demografik bilgi analizleri, harita rotalama ve yönlendirme, sağlık analizleri, suç ile risk faktör analizleri, düşük maliyetli kişisel bilgi işleme, dijital temel harita uygulamaları geliştirme ve üretme vb.) geliştirilmiştir (Wieczorek ve Delmerico, 2009). 1994 yılında kurulan Açık Coğrafi Bilgi Konsorsiyumu (OGC) ve ISO/TC 211 Coğrafi Bilgi Komitesi gelişen teknolojilerin paralelinde sistemlerin birlikte çalışabilirliği ve veriye web servis tabanlı erişimin sağlanması için önemli bir adım olmuştur. 2000'li yılların en önemli gelişmeleri GPS uydu verilerinin sivil kullanıma açılmasının sağlanması ve internetin gelişmesi ile internet tabanlı şirketlerin (örn. Yahoo, Google ve Microsoft) küresel anlamda kendi piyasalarını yaratmalarıyla birlikte CBS tabanlı birçok dijital harita uygulamasının ücretsiz bir şekilde insanların kullanımına sunulmuş olmasıdır.

2. CBS ve TEKNOLOJİK TRENDLER

CBS, temelde yazılım, donanım, personel ve veri bileşenlerinden oluşan, birbirlerine bağlı ve sürekli gelişim halindeki döngüsel bir zincire benzetilebilir. Bu nedenle denilebilir ki zincirdeki bir yapının gelişimi kendine bağlı diğer yapıları da beraberinde değişime ve gelişime yönlendirmektedir. Bilgisayar teknolojisinde donanımsal yapıda ki değişimin CBS üzerinde olan etkileri Olaya (2018) tarafından, grafik çıktılar, veri erişimi- depolama ve veri girişi olmak üzere üç temel alanda incelenmiştir. Bilgisayarların grafik çıktılar üretme yetenekleri, ilk günlerinden bu yana büyük ölçüde gelişme göstermiştir. Özellikle 2 boyutlu grafik teknolojisinin 3 boyutlu döneme geçişinde büyük sıçrama yaşanmıştır. CBS'nin 3 boyutlu görsel veri analizi hem dijital alanda hem de basılı çıktılar için gelişmeye devam eden bir süreçtedir. Özellikle 3D Web CBS hizmetlerinin bulut sistemlere taşınmasıyla, mekânsal analiz sonuçları uzman bir kitleyle (yerel personel, CBS uzmanları veya herhangi bir CBS deneyimi olmayan kişiler) kolayca paylaşılabilir hale gelmiştir (Guney ve diğerleri 2012). CBS'de kullanılan veri kümelerinin büyüklüğü geçen zamanla katlanarak artmaktadır. Eğer teknolojik anlamda veri depolamadaki gelişimler bu kullanımı karşılayamasaydı bugünki hem veri toplama hem de veri erişimindeki gelişmeleri görmek mümkün olmazdı. CBS'nin geliştirilme sürecindeki ilk zamanlarda veri girişleri tamamen kullanıcı tarafından el ile dijitalleştirilerek gerçekleştirilirdi. Şu an günümüzde sadece haritalar ve bu haritaların konuma dayalı sayısal veya yazılı verilerinin dışında yüksek çözünürlüklü görüntü işleme ünitelerinden gelen veriler veya nokta bulutu ile oluşturulmuş 3 boyutlu verilere kadar farklı yazılım veya araçlarla üretilen birçok verinin girdi olarak kullanılması mümkündür. Nesnelerin interneti kavramı, internet üzerindeki milyonlarca nesne üzerinden iletilen veriler ve verilerin saklandığı bulut bilişim üstleri ile birlikte CBS kullanımına sunulmuş yeni bir altyapı ve dijital veri kaynağıdır. CBS'nin en önemli bileşeni veri olarak kabul edilmesi CBS alanında en kabul görmüş fikirdir. Özellikle sonucun hata götürmez bir doğrulukla yapılması beklenen mühendislik çalışmalarında olduğu gibi CBS için de veri en doğru ve güncel olması beklenen bileşendir. Son on yıl içerisinde Büyük Veri (Big Data) kavramı tıp, siyaset, sosyal alanlar, doğa bilimleri gibi geniş çaplı alanlarda etkili olduğu gibi CBS alanında da etkin kullanıma sahip olmuştur. Yazılım, mekânsal bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek için gereken işlevleri ve araçları sağlayan bir diğer önemli CBS bileşenidir. Tarihte kişisel bilgisayar devriminden sonra yazılım teknolojilerindeki gelişim etkisi ne denli büyükse günümüzde internetin getirdiği her yerde ulaşılabilirlik de yazılım sektöründe yeni bir devrime sebep olmuştur. Son yıllarda, yapay zekâ ve derin öğrenme gibi karmaşık algoritmalar CBS yazılımlarına eklenerek, kullanıcıların konuma dayalı coğrafik problemlerinin çözümünde hızlı, basit ve erişilebilir çözümler sunmaları mümkün olmaktadır. CBS ve benzeri birçok teknolojinin anahtarı bunları geliştiren ve yön veren insanların istekleri, hayal dünyaları ve azimleridir. Teknoloji dünyasındaki yaşanacak bir sonraki gelişmeler için temel kaynak olarak yine insanların bir problemi çözmek için kurguladıkları hedefler ve yapabilecekleriyle sınırlıdır demek yanlış olmayacaktır.

a. Yapay Zekâ

Yapay zekâ, insana özgü zekâ ve düşünme yapısını anlayan ve bunun benzerini sergileyen makine ve bilgisayar işlemlerinin gerçekleştirilmesi olarak tanımlanabilir. Daha geniş kapsamda, yapay zekâ, bilgi edinme ve

çıkarımı, algılama, düşünme ve karar verme gibi insana özgü kapasitelerle donatılmış bilgisayarlar olarak tanımlanabilir (Uygunoğlu ve Yurtçu, 2006). Yapay zekânın temel amacı, makinaları insanlar gibi düşünen, davranan, mantık yürütebilen ve mantıklı davranışlar sergileyen daha akıllı ve faydalı sistemler haline getirmek olarak ifade edilebilir (Tektaş ve diğerleri, 2002). Örneğin, insan beyni nasıl çalışır ve limitleri nelerdir? Bir görevi yerine getirmek için en uygun yol nedir? Mühendislik anlamında temel amaç ise insan zekâsını taklit eden makine, program, robot vb. tasarlamaktır. Yapay zekâ terimi ilk kez İngiltere'de birçok bilim insanının katılımı ile 1956 yılında gerçekleşen Dartmouth konferansında "Artificial Intelligence: AI" biçiminde dillendirilmiştir (Adalı, 2017). Yapay zekâ ile insan tarafından direkt işlenmesi mümkün olmayan çok büyük miktarlarda ve çok farklı türlerdeki verilerin analizi gerçekleştirilebilir. Bu sayede yapay zekâ sistemleri doğal zekâya üstünlük sağlayabilir.

Klasik yöntemlerle oldukça zor olan gerçek hayat problemlerini anlamaya ve çözmeye yönelik geliştirilen ileri tekniklerin geneli Yapay zekâ teknikleri olarak adlandırılmaktadır (Tektaş ve diğerleri, 2002). Bu teknikler genel anlamda karmaşık gerçek dünya problemlerinin çözümünde kullanılan gelişmiş bilgisayar/makine algoritmalar bütünü olarak kabul edilir (Vozenilek, 2009). Yapay zekâ teknikleri tahmin, sınıflandırma, kümelendirme, robotik gibi pek çok farklı alanda; uzman sistemler, bulanık mantık, genetik algoritmalar, yapay sinir ağları gibi farklı teknikler yardımı ile uygulanmaktadır (Atalay ve Çelik, 2017). Uzman sistemler en genel ifade ile kural bazlı sistemler olarak tanımlanabilir. Oluşturulan kurallar, problemin çözümünde ilgili konudaki uzmanın görüşü ve deneyimine dayandırılarak oluşturulur ve bilgisayar sistemi bu kurallardan insana özgü neden-sonuç ilişkisine dayalı bir çıkarım sağlar (Vozenilek, 2009). Benzer şekilde bulanık mantık da kural tabanlı olarak çalışır ancak bu yöntemde kurallar ve nitelendirmeler kesin değildir. Böylelikle gerçek dünya problemlerine daha esnek bir şekilde yaklaşılarak daha iyi çözümler üretilebilir (Yen ve Langari, 1999). Genetik algoritmalar biyolojik evrimin işleyiş biçimini taklit eden ve doğal seçilim mekanizmasına dayanan optimizasyon algoritmaları olarak ifade edilebilir (Vozenilek, 2009; Elmas, 2011). Yapay sinir ağları, insan düşünce yapısını modellemede sinir sisteminden esinlenerek beyin fonksiyonlarının işleyişinin mantıksal olarak hesaplayan modellerdir (McCulloch ve Pitts, 1943).

Yapay zekâ teknikleri son yıllarda coğrafi veri yönetimi kapsamında, karmaşık yapıdaki mekânsal verinin etkin ve hızlı bir şekilde işlenmesi ve anlamlandırılmasında etkin olarak kullanılmaktadır (VoPham ve diğerleri, 2018). Literatürde GeoAI (Geospatial Artificial Intelligence) olarak gelişen kavramın temelinde yapay zekâ tekniklerinin ileri analiz teknikleri ile CBS'nin geniş kapsamlı veri tabanı ve çok çeşitli uygulama yaklaşımının birleştirilmesi yer almaktadır (Vozenilek, 2009). CBS uygulamalarında yapay zekâ yöntemlerinin uygulanmasının sağladığı başlıca avantajlar literatürde;

- Coğrafi model ve örüntülerin oluşturulmasında kullanılan yaklaşımların geliştirilmesi,
- Coğrafi modellemenin tahmin ve doğruluk analizlerinin hem tekil olarak hem de kullanılan her bir veri seti için ayrı olarak analiz edilebilmesi,
- Kural çıkarımı ve faktör duyarlılığı testleri ile coğrafi problemler hakkında daha detaylı ve doğru bilgilerin elde edilmesi şeklinde özetlenmektedir (Openshaw, 1992; Mann ve Benwell, 1996; Vozenilek, 2009).

Yapay zekâ ile birlikte pek çok klasik CBS uygulaması daha karmaşık problemlere cevap verecek şekilde gelişmiştir. Coğrafi veri yönetimi kapsamında yapay zekâ uygulamaların CBS entegrasyonu, başta görüntü sınıflandırma, desen ve örüntü çıkarımı, duyarlılık ve risk haritalarının üretilmesi gibi çeşitli uzaktan algılama uygulamaları olmak üzere ulaşım, tarım ve ormancılık, lojistik, çevre ekolojisi gibi alanlarda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Klasik uygulama alanlarının dışında son yıllarda yapay zekâ ve CBS entegrasyonu özellikle sağlık sektöründe ön plana çıkmıştır (VoPham ve diğerleri, 2018). Brdar ve diğerleri (2016) yaptıkları çalışmada Fildişi Sahili'nde HIV virüsünün tekrarlama sıklığını coğrafi olarak analiz etmek ve hastalığa neden olan coğrafi etmenleri belirleyebilmek için cep telefonu verilerini kullanmışlardır. Bu verilerden hareketlilik ve bağlantı ilişkilerini elde etmede yapay zekâ ve CBS tekniklerini kullanmışlardır. Bir başka çalışmada James ve diğerleri (2016) mevcut obeziteyi etkileyen coğrafi faktörleri belirlemede GPS ve akselerometre (ivmeölçer) verilerini CBS ortamında değerlendirmiş ve belirli konumlarda ne tür faaliyetlerin yapıldığını ve bu yerlerdeki coğrafi özelliklere göre hastalık durumlarını belirlemişlerdir.

Çevre ekolojisi alanında da son yıllarda CBS-Yapay Zekâ entegrasyonuna sıklıkla başvurulmaktadır. Bu kapsamda hava kirliliği modelleme kapsamında Di ve diğerleri (2016) çalışmalarında ince partikül (PM2.5) miktarını belirlemede yapay zekâ ve CBS analiz yeteneklerini birleştirerek MODIS AOD verisi üzerinden bir çalışma gerçekleştirmiş ve başarılı bir model elde etmişlerdir. Apte ve diğerleri (2017) ise Google Street View araçlarına ilgili kirlilik ölçen algılayıcılar yerleştirerek, Oakland, CA'da elde ettikleri büyük miktardaki sensör verisini coğrafi veri madenciliği teknikleri yardımı ile işlemiş ve kirlilik seviyelerini tespit etmişlerdir. Lin ve diğerleri (2017) Los Angeles, CA'da ince partiküllerin (PM2.5) neden olduğu kirliliğin çevresel etkisini incelemede Rastgele Orman (Random Forest) algoritması ile başarılı bir tahmin modeli geliştirmişlerdir. Modele girdi olacak coğrafi koşulların belirlenmesinde CBS'nin coğrafi analiz yeteneklerinden yararlanmış ve kirlilik etkisini CBS ortamında analiz etmişlerdir.

b. Derin Öğrenme

Derin Öğrenme kavramının temeli ilk kez 1980'lerde, sinir ağı araştırmalarının paralel dağıtık işlemlere olanak tanıyacak şekilde modellenmesi ile ortaya atılmıştır (İnik ve Ülker, 2017). Derin Öğrenme algoritmaları yapay sinir ağlarının (YSA) yapısal olarak daha karmaşık hali olarak düşünülebilir. Daha iyi performans sergileyen sinir ağlarına olan ilgiyi artırmak ve sinir ağları tasarımında daha derin ağların kullanımına dikkat çekmek amacıyla "Derin Öğrenme" teriminin kullanılması yaygınlaştırılmıştır (Bengio ve diğerleri, 2006, Delalleau ve Bengio 2011, Montufar 2014). Yapay zekâ ve makine öğrenmesinin bir alt kümesi olarak kabul edilen derin öğrenme son yıllarda yapay zekâ geliştirmede en popüler yaklaşımlardan biridir. Derin öğrenmede çok katmanlı YSA yapıları kullanılarak verinin yapısını basitten karmaşığa doğru çözümlemek amaçlanır (Mutlu, 2018). Derin modellerin hiyerarşik yapısı sayesinde ilk katmandan sonraki katmana doğru ilerledikçe kompleks özellikler çıkarılabilmektedir.

Derin öğrenme algoritmaları Hinton ve Salakhutdinov'ın yayınladıkları makale ile ilk defa ortaya atılmıştır (Hinton ve Salakhutdinov, 2006) ve sonraki yıllarda pek çok derin öğrenme algoritmaları ortaya çıkmıştır (Doğan ve Türkoğlu, 2018). Derin öğrenme algoritmalarında çok katmanlı bir YSA yapısı mevcuttur. Çok katmanlı YSA temelde giriş katmanı, gizli katmanlar ve çıkış katmanı olmak üzere üç katmandan oluşur. Öğrenmeyi sağlayan tüm karmaşık işlemler ve öğrenme algoritmaları gizli katmanlarda uygulanır. Giriş ve çıkış katmanlarında herhangi bir işlem yapılmaz. Gizli katman ve çıkış katmanına ait nöron sayıları, çözülmek istenen sorunun içeriğine veya zorluğuna bağlı olarak değiştirilebilir. En popüler derin öğrenme modelleri; 2012 yılında Büyük Ölçekli Görsel Tanıma Yarışması'nı (ILSVRC-ImageNet 2012) kazanan Krizhevsky, Sutskever ve Hinton (2012) tarafından tasarlanan AlexNet; 2013 yılı ImageNet yarışmasını kazanan Matthew Zeiler ve Rob Fergus tarafından tasarlananan ZFNet (İnik ve Ülker, 2017); ImageNet yarışmasının 2014 yılı kazananı GoogLeNet (Szegedy ve diğerleri, 2015), ImageNet 2015 yarışmasının kazananı ResNet (He ve diğerleri, 2016) ve Oxford üniversitesi Görsel Geometri Grubu (VGG) tarafından tasarlanan VGG16 (Chen ve diğerleri, 2016) olarak sıralanabilir.

Derin öğrenme algoritmaları doğal dil işleme, görüntü/video/sinyal işleme, sınıflandırma, nesne tanıma, tıbbi görüntü analizi, araç otonom sistemleri, robotik başta olmak üzere pek çok alanda yoğun olarak kullanılmaktadır. Tablo 1'de dünya çapında derin öğrenme ile ilgili çalışma grupları ve uygulama alanları verilmiştir. (Şeker, 2017'den uyarlanmıştır). Geliştirilen algoritmaların genellikle doğal dil ve görüntü işleme konularında olduğu görülmektedir.

c. Büyük Veri

Bilişim teknolojisindeki hızlı gelişme ile birlikte işlemciler ve depolama alanları için depolanabilir veri miktarı da hızla artmıştır. Ancak depolama alanının büyüklüğü ne olursa olsun günümüzde bu büyüklüğü doldurmaya yetecek miktarda veri sürekli artan bir hızla oluşmaktadır. Günümüzde veri kaynakları akıllı telefonlar, bilgisayarlar, sensörler, kameralar, GPS, sosyal medya siteleri, oyun ve uygulamalar hatta insanın kendisi olabilmektedir (Al Nuami ve diğerleri, 2015). Örneğin sosyal paylaşım sitelerinden sadece birisi bile her gün 10'larca TB veriyi üretebilmekte, bazı kurumlar her gün her saat 10'larca TB veri işleyebilmektedir (Sağıroğlu ve Sinanç, 2013). Tabi ki bunlara video ve medya kaynakları da eklenebilir. Büyük veri için yapılmış kesin ve genel geçer bir tanım olmakla beraber farklı kaynaklardan alınan tanımlamalar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Derin öğrenme araştırma grupları ve çalışma alanları

Araştırma Grubu	Platform ve Kütüphaneler	Çalışma Alanı
Toronto Üniversitesi- Makine Öğrenmesi Grubu	Torch	Doğal Dil İşleme Görüntü İşleme
Montréal Üniversitesi MILA Lab.	Theano; Pylearn2; Block	Doğal Dil İşleme Sinyal İşleme Görüntü İşleme
New York Üniversitesi CILVR Lab.	Theano; C++ (CUDA)	Bilgisayar Algısı Doğal Dil İşleme Sağlık ve Robotik
Stanford Üniversitesi SAIL ve SVL Grupları	TensorFlow Java	Bilgisayarlı Görü Doğal Dil İşleme Robotik
Oxford Üniversitesi- Derin Öğrenme Grubu	-	Doğal Dil İşleme Görüntü İşleme
Kaliforniya Üniversitesi- BAIR	Caffe	Bilgisayarlı Görü Doğal Dil İşleme Robotik
Koç Üniversitesi- AI Lab.	KNET	Doğal Dil İşleme Görüntü İşleme
Google- DeepMind	Python	Sağlık Hizmetleri Doğal Dil İşleme
Google Research	TensorFlow	Görüntü İşleme Bilgi Getirimi
Facebook- FAIR	Caffe2	Doğal Dil İşleme Bilgisayar-İnsan Etkileşimi
Twitter – Cortex	Torch	Twitter, Vine ve Periscope için Teknoloji üretimi
Microsoft- DLTC	Microsoft Cognitive;Toolkit; Caffe	Doğal Dil İşleme Görüntü İşleme
İsviçre Uyg. Bilimler Üni. IDSIA	-	Görüntü İşleme Robotik
Baidu - Derin Öğrenme Enstitüsü (IDL)	-	Doğal Dil İşleme Görüntü İşleme

Tablo 2. Büyük Veri Tanımları

Kaynak	*Tanım*
SAS, 2019	Yapılandırılmış ve yapılandırılmamış bilgilerin kullanılabilirliği, üstel büyümesi ve kullanımını tanımlamak için kullanılan popüler bir terimdir.
IBM, 2019	Her yerden gelen veri; örneğin çevre ve hava bilgilerini toplamak için kullanılan algılayıcılar, sosyal medya sitelerinde yapılan bildirimler, dijital fotoğraflar ve videolar veya cep telefonu GPS sinyalleri.
Oracle, 2019	Geleneksel verinin yanı sıra pek çok yeni veri yapısı ve yönetimini kapsayan bütüncül bir bilgi yönetimi stratejisini tanımlamaktadır.
Gartner Inc., 2017	Büyük veri, daha etkin bilgi ve karar verme için etkili maliyet, yenilikçi bilgi işleme biçimleri talep eden yüksek hacimli, yüksek hızlı ve çok çeşitli bilgi varlıklarıdır.
NIST, 2018	Verimli depolama, manipülasyon ve analiz için ölçeklenebilir bir mimari gerektiren geniş veri kümelerinden -öncelikle hacim, çeşitlilik, hız ve/veya değişkenlik özelliklerinde- oluşur.

Tüm bu tanımlamalardan yola çıkarak büyük veriyi oluşturan temel bileşenler en temel anlamda 5V terimleri ile tanımlanmıştır (White 2012; Demchenko, ve Membrey, 2014; Jin ve diğerleri, 2015; Yin veKaynak, 2015; Viceconti ve diğerleri, 2015). Bu bileşenler aşağıdaki şekilde açıklanabilir:

Volume (Hacim): Bu kavram verinin büyüklüğüne işaret etmektedir. Büyük veri olarak isimlendirdiğimiz veriler her geçen gün hızına hız katarak artarken söz konusu bu büyük hacimli verileri arşivleme, işleme, bütünleştirme, saklama gibi teknolojilerin de iyi planlanması gerekmektedir (Russom, 2011).

Variety (Çeşitlilik): Üretilen veriler genel olarak yapısal değildir ve birçok farklı ortamda birçok farklı formatta üretilir (Fosso Wamba ve diğerleri, 2014). Etkin büyük veri yönetimi için bu çok çeşitli verinin bütünleşik ve birbirlerine dönüştürülebiliyor olması oldukça önemlidir.

Velocity (Hız): Bu kavram büyük verinin üretim ve dağıtım hızının çok yüksek olmasını ifade etmektedir (Russom, 2011). Büyük veri üretimi her geçen gün hızına hız katmakta ve bu veriler saniyede inanılmaz boyutlara ulaşmaktadır. Hızlı büyüyen veri, o veriye muhtaç olan işlem sayısının ve çeşitliliğinin de aynı hızda artması sonucunu ortaya çıkartmaktadır.

Value (Değer): Büyük verinin en önemli bileşeni olarak kabul edilen değer kavramı ilgili verilerin uygulamalar, kurumlar, şirketler vs. için değer yaratması anlamına gelmektedir (Yin ve Kaynak, 2015). Söz konusu karmaşık, hızlı, çeşitli, yönetilmesi ve işlenmesi zor büyük hacimli veriler kullanıcıya fayda sağlayacak hale getirilmelidir.

Veracity (Doğrulama): Büyük verinin yaratacağı değer ancak doğruluğuna bağlıdır. Bu denli çeşitli, hızlı ve büyük verinin akışının doğru katmanlardan, gerekli güvenlik ve gizlilik seviyesinde olması ve güvenilir tahminlerin yapılması için gerekli analizlerin yapılması oldukça önemlidir (Beulke, 2011). Verilerin doğru katmanda, doğru kişiler tarafından görülebilir veya saklanması gerekir.

Yukarıda açıklanan temel bileşenlerin dışında otoriteler tarafından bu bileşenlere ek olarak tanımlanan bileşenlerle bu sayı pek çok otorite tarafından 7'ye (Khan, Uddin ve Gupta, 2014; Landmark Solutions, 2015; Agrahari ve Rao, 2017) ve 10'a (BalaAnand ve diğerleri, 2017; Firican 2017) çıkarılmaktadır. Bu ek bileşenleri kısaca tanımlamak gerekirse:

Visualization (Görsellik): Günümüzde görselleştirmenin büyük öneme sahip olduğu düşünüldüğünde karmaşık verilerin görselleştirilmesi için harita, çizelge ve grafikleri kullanmak, sayı ve formül içeren tablo ve raporlara kıyasla çok daha etkilidir (Agrahari ve Rao, 2017).

Validity (Geçerlik): Bu bileşen de doğruluğa benzer şekilde, verinin amaçlanan kullanımı için ne kadar doğru ve geçerli olduğunu ifade eder. Doğruluk bileşeninden ayrılan kritik yön, bu bileşende doğruluğu ile birlikte verinin bir uygulama veya kullanım için geçerli ve güncel olması konusudur (Khan, Uddin ve Gupta, 2014).

Volatility (Dalgalanma): En genel anlamıyla etkili veri yönetimi için verilerin ne kadar süre için geçerli olduğunu ve ne süreyle depolanması gerektiğini ifade eder (Firican, 2017).

Vulnerability (Güvenlik): Büyük veri kavramı beraberinde bazı güvenlik açıklarını da getirmiştir. Özellikle sosyal medya ve akıllı telefonlar üzerinden gerçekleşen birçok güvenlik açığı olayları ile karşılaşılmaktadır (Firican, 2017). Bu anlamda büyük veri yönetiminde güvenlik hakkında yoğun çalışmalar sürdürülmektedir.

Variability (Değişkenlik): Verilerin depolama hacmi, türüne ve biçimine göre değişir. Çok sayıda veri türü ve kaynağından kaynaklanan çok sayıda veri boyutundan dolayı büyük veriler de değişkenlik arz etmektedir (BalaAnand vd, 2017).

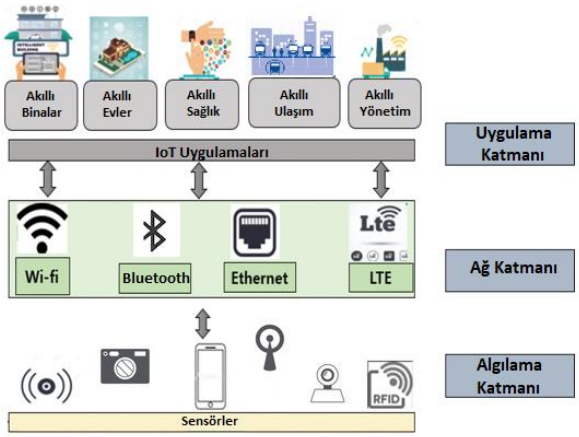
Büyük hacimli verinin en az %80'inin coğrafi referanslı olduğu düşünüldüğünde (Li ve diğerleri, 2016), her gün yaklaşık 2 exabyte (2,000,000,000 gigabyte) büyük coğrafi verinin üretildiği düşünülebilir (VoPham ve diğerleri, 2018). Oluşan bu büyük hacimli coğrafi verinin çok çeşitli ve karmaşık olması nedeniyle CBS kapsamında veri yönetimi ve analizinde hızlı, etkin ve gerçek zamanlı olarak çalışmak karşılaşılan en önemli sorunlardan biridir (Hashem ve diğerleri, 2015). Bu kapsamda büyük veriden işe yarar bilgi çıkarmada çeşitli yöntem, algoritma ve teknolojiler gelişmiş ve gelişmeye de devam etmektedir. Büyük veri analitiğinde en sık kullanılan yapılar NoSQL, MapReduce ve Apache Hadoop olarak sayılabilir. NoSQL (Not Only SQL) farklı kaynaklardan ve büyük hacimde sürekli akan veriyi yüksek performanslı olarak çalışabilmek için oluşturulan veri tabanı yapısıdır.

Bu veri tabanı tasarımları, yapısal dağınıklığa izin vererek depolama ve işleme maliyetleri düştüğü için büyük veri uygulamalarının hemen hemen hepsinde, NoSQL sistemler kullanılmaktadır (Schönberger ve Cukier, 2013). MapReduce dağıtık mimaride tutulan büyük boyutlu veri kümelerinin paralel ve hızlı biçimde işlenmesini ve analiz edilmesini sağlayan bir programlama modelidir (Dogan ve Arslantekin, 2016). MapReduce uygulaması makine kaynaklarının etkin kullanılmasını sağlayarak geniş sayısal problemlerin çözümü için önemli performans artırımı sağlar (Dean ve Ghemawat, 2004). Apache Hadoop ise basit programlama modellerini kullanarak, bilgisayar kümeleri arasında, büyük veri setlerinin dağıtık işlemlerine izin verir ve bir sunucudan binlerce makineye paralel hesaplama ve depolama olanağı sağlar (Çetin, 2014). Hadoop ekosistemi içerisinde, veri özetleme ve geçici sorgulama sağlayan bir veri ambarı altyapısı sunan “Hive”, bir üst düzey veri akışı dili ve paralel hesaplama yürütme çerçevesi sunan “Pig”, ölçeklenebilir bir makine öğrenmesi ve veri madenciliği kütüphanesi sunan “Mahout”, yüksek hacimli akışını yöneten “Flume” ve dağınık uygulamalar için yüksek performanslı koordinasyon sağlayan “ZooKeeper” gibi araçlar mevcuttur (Agrahari ve Rao, 2017).

ç. Nesnelerin İnterneti

Veri miktarındaki hızlı artışın temel nedeni ise, sosyal ağ etkileşimlerinin büyüyen hacmi, konum duyarlı cihazların artması, yeryüzü hakkında bilgi yakalayan ve ileten "akıllı sensörler"in sayısındaki artış olarak özetlenebilir (Chen ve diğerleri, 2014). Son yıllarda hayatımıza giren akıllı telefonlar ile her bir birey de birer algılayıcı olarak kabul edilebilir. Öyle ki sosyal medya üzerinden vatandaşların gezdikleri ve gördükleri yerlere ait paylaştıkları konum ve durum bildirimlerinden de anlık içerik verileri elde edilebilir. Bilişim çağı olarak nitelendirilen 21. yy. da web ortamında platform ve algılayıcılardaki gelişmeler ile Nesnelerin İnterneti (Internet of things -IoT) kavramı ortaya çıkmıştır. Nesnelerin interneti, birbiri ile ilişkili olan nesnelerin (başta akıllı sensörler olmak üzere benzersiz tanımlayıcılar (UID) ile adresleyebilen her tür dijital veya mekanik bilgi işlem cihazları) kendi aralarında oluşturdukları ağda belirli standart ve protokoller ile iletişim halinde olmaları olarak tanımlanabilir (Işıkdağ, 2015; Görçün, 2016). Nesnelerin internetini fiziksel ve sanal şeyleri/nesneleri birbirine bağlayarak ileri düzeyde hizmetleri mümkün kılan altyapı olarak tanımlamak mümkündür (Internet of Things Global Standards Initiative, 2012).

Nesnelerin İnterneti, Algılama Katmanı (nesneler-akıllı algılayıcılar), Ağ Katmanı (nesnelerin birbiriyle bağlayan iletişim ağları) ve Uygulama Katmanı (aktarılan verileri işleyen ve kullanan bilgisayar sistemleri) olmak üzere 3 ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 1) (Özvural, 2015; Miloudi ve Rezeg, 2018).



Şekil 1. Nesnelerin İnterneti 3 katlı mimari

Algılama Katmanı: Bu katman, nesnelerin fiziksel dünyadan elde ettikleri konum, yönelim, hareket, hız, titreşim, nem, sıcaklık gibi durum bilgilerini algılayıp toplayan yapıların yer aldığı katmandır (Suo ve diğerleri, 2012). Kısaca, bu katman veri toplama ve nesnelerin algılandığı katmandır. Nesnelerin tanımlanması ve iletişiminde RFID (Radyo Frekanslı Tanıma Sistemi), QR kod okuyucu, ZigBee, WSN, NFC gibi teknoloji ve protokoller kullanılmaktadır (Yang ve diğerleri, 2011; Matharu ve diğerleri, 2014; Kraijak ve Tuwanut, 2015).

Ağ Katmanı: Algılama katmanında elde edilen verilerin sensör ağları aracılığı ile güvenilir olarak aktarımı ağ katmanı üzerinden gerçekleşmektedir (Matharu ve diğerleri, 2014). Ağ katmanı, en genel ifade ile farklı kaynaklardan gelen verilerin toplanması, işlenmesi ve ilgili hedefe yönlendirilmesinden sorumlu olan katmandır. Veri iletiminde 3/4G, Wi-Fi, Bluetooth, Kızılötesi UMTS, WiMAX teknolojilerden faydalanılmaktadır (Kraijak ve Tuwanut, 2015). Bu katmanda IPv6, LowPAN, UDP, ICMP gibi protokoller kullanılmaktadır (Çavdar ve Öztürk, 2018).

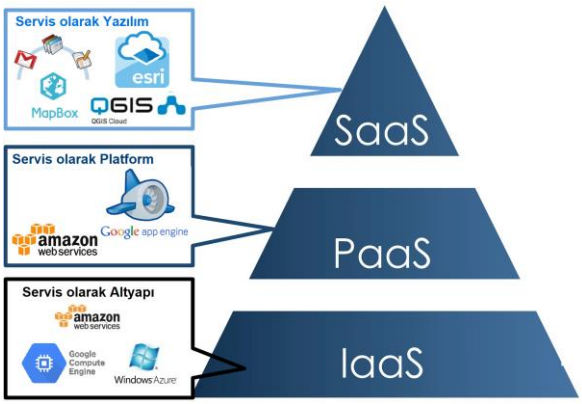
Uygulama katmanı: Bu katman, algılama katmanı ve ağ katmanı üzerine kurulu olup algılama katmanında toplanan ve ağ katmanında işlenen verilerin içeriğine göre ilgili hizmetlerin sunulmasını sağlayan katmandır (Matharu ve diğerleri, 2014). Verilerin kullanılabilirlikleri ve

sonuçlarının gözlemlenebildiği katmandır (Çavdar ve Öztürk, 2018). Uygulamalarda haberleşme makineler arası iletişim (M2M), cihazdan-cihaza iletişim (D2D), cihazdan-sunucuya (D2S), sunucudan-sunucuya (S2S) olmak üzere yapılmaktadır (Işıkdağ, 2015; Oral ve Çakır, 2017). Bu katmanda MQTT ve CoAP gibi protokoller kullanılmaktadır (Kraijak ve Tuwanut, 2015).

Nesnelerin interneti ve akıllı algılayıcılar son yıllarda teknolojinin de gelişmesi ile birlikte çok çeşitli kamu ve endüstri kuruluşları tarafından daha verimli çalışmak, daha iyi kullanıcı memnuniyeti sunmak ve daha etkin karar vermeyi sağlamak amacıyla yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Nesnelerin interneti giyilebilir cihazlardan küçük ev aletlerine, akıllı binalardan akıllı şehirlere kadar uzanan geniş bir sektörde ve hayatın hemen her alanında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Coğrafi veri yönetiminde nesnelerin interneti teknojisinden özellikle akıllı şehirler kapsamında oluşturulan akıllı trafik ve ulaşım uygulamalarında yararlanılmaktadır. Bu uygulamalara örnek olarak akıllı trafik aydınlatmaları, anlık durak ve doluluk bilgisi, atık kontrolü, optimum güzergâh, akıllı trafik kontrolü, akıllı park vb. verilebilir (Tao, 2013; Shahrokni ve diğerleri, 2014; Miloudi ve Razeg, 2018). Du ve diğerleri (2015) nesnelerin interneti ile CBS'yi kullanarak tasarladıkları akıllı yol ağında meydana gelecek acil durumlarda trafik yönetiminin gerçekleştirilecek bir sistem modellemişlerdir. Benzer şekilde afet yönetimi kapsamında Fang ve diğerleri (2015) önerdikleri sel erken uyarı sistemi yönteminde akıllı algılayıcılar, uzaktan algılama görüntüleri ve web servislerini kullanarak oluşturdukları model protitipini Çin'in Xinjiang şehrinde yer alan Quergou nehrinde kar erimesi sonucunda meydana gelen değişimleri izlemede başarı bir şekilde uygulamışlardır.

d. Bulut Bilişim

Bulut bilişim, çeşitli ve yüksek performanslı bilgi işlem ihtiyaçları için internete bağlanabilen herhangi bir aygıt üzerinden (örn. masaüstü bilgisayar, tablet veya akıllı mobil cihazlar) başka sunuculara bağlanarak yazılım veya veri depolama gibi farklı servisler üzerinde altyapı hizmeti alma modelidir. Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsüne (NIST) göre Bulut bilişim "en az yönetim hizmeti veya servis sağlayıcı müdahalesi ile hızla alınabilen ve verilebilen esnek yapıdaki ayarlanabilir bilişim kaynaklarının (ağ hizmeti, sunucu hizmeti, depolama hizmeti, uygulamalar ve diğer hizmetler gibi) paylaşıldığı havuza, istendiğinde ve uygun bir şekilde ağ erişimi sağlayan bir model" olarak tanımlanmıştır. Bulut bilişim modelinde, belirli servis hizmetlerini tekli veya çoklu biçimde bir arada barındıran ve hizmet içinde esnek ayarlanabilirlik ile birlikte kullanıcısına sunma esası vardır. Söz konusu hizmetler sırası ile Servis olarak Yazılım (SaaS-Software as a Service), Servis olarak Platform (Paas - Platform as a Service), Servis olarak Altyapı (IaaS - Infrastructure as a Service) (Şekil 2) ve bulut bilişim hizmetlerinin tümünü tek bir formda ya da farklılaştırarak ihtiyaca göre şekillendirerek sunulmasına Herhangi bir Hizmet (XaaS - Anything as a Service) olarak adlandırılır (Buyya ve diğerleri, 2009; Kim ve Tsou 2013).



Şekil 2. Bulut Bilişim servis katmanları

Servis olarak Yazılım (SaaS): SaaS hizmeti kullanıcıların herhangi bir kurulum yapmadan internete bağlı herhangi bir platform üzerinden uygulamalara erişerek yararlandığı servis türüdür. E-posta, takvim ve web tabanlı ofis araçları gibi uygulamalar örnek SaaS hizmetleri olarak gösterilebilir. SaaS hizmeti üzerinde kullanıcılar ağ, sunucu, işletim sistemi ve depolama aygıtları gibi bileşenler üzerinden herhangi bir yönetme veya denetleme hakkına sahip değildir. Sadece kullanıcısına tanımlanan izinlerle sınırlı olmak şartıyla ayarlamalar ve değişiklikler yapabilir ve uygulamaya bir web tarayıcısından erişebilme hakkına sahiptir. SaaS hizmetinin kullanıcılarına sunduğu en büyük fayda uygulamaların tek bir merkez tarafından sunulması sayesinde sistemin sürekli güncel kalmasıdır.

Günümüzde Bulut tabanlı hizmet türüne gösterilebilecek en uygun CBS uygulamalarından biri ArcGIS Online servisidir. Bir SaaS yazılımı olan ArcGIS Online, kullanıcının uygulamayı istediği zaman istediği yerde kullanabilmesine imkân tanır ve üretilen haritaların bu hizmetten faydalanan diğer birçok kullanıcıya aynı anda

etkileşime girebilecek şekilde ölçekleyebilmesini olanaklı kılar. Bir diğer web tabanlı Bulut CBS hizmet örneği olarak GIS Cloud uygulaması örnek olarak verilebilir. Bu uygulama kullanıcının web ekranı üzerinden raster ve vektör veri modellerini görselleştirme, mekânsal sorgulama ve tampon bölge oluşturma gibi farklı CBS analizlerini yapabildiği önemli bir SaaS hizmet aracıdır. Benzer şekilde bulut CBS hizmeti sunan uygulamalardan bir diğeri ise Mapbox'dır. Bu servis belirli bir seviyedeki kullanıma kadar ücretsiz bir servis katmanı sunmasına rağmen belirli hacimler veya kullanımlar için bir abonelik gerektirir. Bir diğer taraftan bu servis türünün en önemli avantajlarından biri açık kaynak kodlara sahip olması nedeniyle kullanıcılarına istedikleri CBS araçlarını sistem üzerinden geliştirme imkânı sunmasıdır. Mapbox günümüzde Foursquare, Pinterest, Evernote gibi önemli mobil uygulamaların tercih ettiği bir çevrimiçi ve çevrimdışı harita sağlayıcısı konumundadır. Bu örneklerin dışında çok sayıda internet üzerinde hizmet türünde birçok uygulama (örn. Maptive, QGIS Cloud, Mango Map ve CartoDB) sunulmaktadır.

Servis olarak Platform (PaaS): PaaS hizmeti, kullanıcısına bulutta çalışacak kendi yazılım ve uygulamalarını geliştirmesine imkân veren, test ve dağıtım hizmeti ile birlikte sadece bu yazılımların barındırılması için gerekli çevre birimlerini üzerinde kontrol sağlayan bir platform hizmetidir (Helmi ve diğerleri, 2018). PaaS, IaaS'den daha üst düzey bir hizmettir ve kullanıcılara üst düzey hizmetler oluşturmak için bulut tabanı üzerinde kullanılabilecek yazılım ve uygulama programlama ara yüzü (API-application programming interface) oluşturma imkânı verir (Yang ve diğerleri, 2011). PaaS hizmetine örnek olarak en çok tercih edilen verilebilecek Google AppEngine ve AWS (Amazon Web Services) hizmetleri verilebilir.

Servis olarak Altyapı (IaaS): Bu servis modelinde kullanıcı, bulut altyapısı üzerinde yönetim ve kontrol üzerinde hakimiyet sahibi değildir ancak işletim sistemi kurması, depolama, uygulama geliştirme üzerinde kontrol sahibidir (Alfaqih ve diğerleri, 2016). Bu tür servis sağlayıcısına verilebilecek en iyi örnek Amazon Web Servisleri (AWS), Microsoft Azure ve Google Hesaplama Motoru (GCE) uygulamasıdır.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

CBS'nin yakın tarihinde açık kaynak kodlu yazılım desteği, internet ve güçlenen bilgisayar donanımı gibi unsurlar o günler için yeni gelişmeler ve trendler iken bugün hemen hepsi gerçekleşmiş ve günümüzde CBS uygulamalarının bir parçası konumundadır. 2009 yılında Roger Tomlinson ile yapılan kısa bir röportajda CBS'nin geleceği ile ilgili aşağıdaki öngürülerde bulunulmuştur (Dempsey, 2019):

- Donanım daha hızlı ve daha ucuz olacak,
- CBS yazılımlarının kullanımı daha kolay ve daha stabil olacak,
- Üniversitelerde CBS ders talepleri artacak,
- CBS, ulusal politikaların hazırlanmasında önemli bir araç olacak ve hükümet düzeyinde tartışmanın bir parçası olacak,
- CBS uzmanları ulusal düzeydeki tartışmaların bir parçası olacak,
- Üst düzey askeri personel CBS ve yeteneklerinde uzmanlaşacaktır.

Tomlinson yaptığı öngörülere baktığımızda geçen bu 10 yıllık sürede neredeyse hepsinin gerçekleştiğini görmekteyiz. Bugünden geleceğe odaklandığımızda ise yapay zekâ, büyük veri, derin öğrenme, bulut bilişim ve nesnelerin interneti gibi birçok teknolojik gelişim CBS biliminin ve teknolojisinin yalnızca dönüştürülmesine değil, aynı zamanda bu teknolojileri kullanma şeklini değiştirmesinde de etkin olmasını bekleyebiliriz. Geçtiğimiz yıllarda bulut bilişimdeki gelişmelerin CBS'nin hem kamu hem de özel sektördeki kullanımını etkilediği görülmektedir (Dempsey, 2019). Bulut bilişim ile birlikte CBS'nin geleneksel kullanımından kaynaklı zorlukları aşmaya çalışılan, daha ekonomik, daha hızlı, daha yaygın ve kullanımının daha kolay olduğu bir yöne doğru evrimleşen bir sürece girdiği görülmüştür. Son yıllarda büyük coğrafi veri kullanımında yapay zekâ destekli çalışmalar görülse de ne yazık ki büyük ölçekli projelerde halen istenilen düzeylere ulaşılamamıştır. Yeni teknolojilerin kullanımındaki en büyük engel, bu sistemlere ulaşmadaki zorluklardan çok, sistemi kullanacakların eski alışkanlıkları bırakmak istememeleri ve bunlara karşı direnç göstermeleri olmaktadır. Ancak söz konusu bu yeni teknolojik gelişmelerin, kullanımı kolay ara yüzlerle son kullanıcılar ile karar vericilerle buluşmasıyla eskiye olan bağımlılıkların kırılacağı ve yeni teknolojilere geçişlerinin kolaylaşacağı düşünülebilir. Böylelikle, karmaşık özellik tanıma, veri geliştirme, büyük verileri coğrafi uygulamalara entegre etme konusunda ilerlemeler ile birlikte,

farklı zaman, farklı çözünürlük, farklı veri türü ve veri işleme alanındaki engeller kalkarak bu teknolojik gelişmelerin CBS alanında kabul ve geçişi yönünde olumlu gelişmeler yaşanacaktır. 5G gibi yüksek hızlı internet servislerinin yayılması, bununla birlikte düşük maliyetli kablosuz iletişimin yaygın kullanımı, uzun vadeli planlama da mühendislik ve işletmeler için avantaj sağlayacaktır. Söz konusu internet teknolojileri ile birlikte yakın gelecekte nesnelerin interneti ve CBS uygulamaları sayesinde, daha karmaşık mühendislik uygulamaları mevcut duruma oranla daha hızlı ve kolay çözümlenebilecektir. Ayrıca yerel verilerin sağladığı verilerin dışında global alandan beslenen daha büyük verilerinin kullanımı ve derin öğrenme algoritmaları yardımlarıyla yeni ve daha ileri teknolojik çözümler geliştirilebilmesi mümkün olacaktır. Ayrıca veri modelleri arasında yaşanacak farklar özellikle çok sayıda nesneye sahip büyük miktarda veri içeren 3 boyutlu CBS çalışmaların Web ortamına kesintisiz entegrasyonunda günümüze kadar sorunlar yaşansa da (Hekimli ve Güney, 2019), Büyük veri ve Bulut bilişim entegrasyonu ile 3B verilerin CBS uygulamaları ile sunumu artık daha hızlı ve Web ortamında sunumunun daha optimize ve kesintisiz olabileceği öngörülmektedir.

Bu yenilikçi teknolojik gelişmeleri takip etmek ve değerlendirmek, CBS ile ilgili herhangi bir kurum, kuruluş veya ilgili için stratejik planlama sürecinin temelini oluşturmalıdır. Son yıllardaki teknolojik gelişmelerin kısa bir süre zarfında CBS ile entegrasyonun hemen gerçekleşmesi beklenemez. Mevcut projelerin entegrasyonu belki küçük ölçekli çalışmalar ve kısmi uygulamalar için kısa sürede mümkün olsa da büyük çaplı projeler için belli bir planlama süresi ve ön hazırlık çalışmaları gerekmektedir. Bu durumda, devlet kurumlarından bireysel kullanıcılara kadar ki geniş bir yelpaze içerisinde, mevcut CBS yetenekleri gelecekte öngörülen gelişmelere kısa ve uzun vadede belirlenen strateji ile hazır olmalıdır. Bu anlamda, belirlenen Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) stratejisi kapsamında, coğrafi verinin yönetimi, birlikte çalışılabilirliği ve gelişen teknolojilerin kullanımına yönelik sorumluluklar ve uygulama süreçleri tanımlanmalıdır. Kısa vadede, eğitim, uzmanlaşma, altyapı eksiklikleri, yasal düzenlemeler gibi ön hazırlık çalışmaları ilk stratejik yatırımlar olacaktır. Özellikle kurulum ve uygulama aşamasında görevli uzman çalışanlar yeni teknolojik konular hakkında bilgilendirilmeli, ileri dönemlerde aksaklık olmaması amacıyla kapasite geliştirme çalışmaları yapılmalıdır. Uzun vadede ise şu anın ve geleceğin ön görülerek hem mevcut altyapıyı güçlendirmek hem de gelecekteki gelişmeleri yakalayabilmek için gerekli donanımsal altyapı hazırlığı yapılmalıdır. Nesnelerin interneti gibi büyük veri üreten servislerin altyapı gereksinimlerini karşılamak için bulut kaynakları, en gelişmiş depolama ve işleme özelliklerini yerine getirebilecek sunucular hazır edilmelidir. Ayrıca dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardan bir diğeri de veri güvenliği ve kişisel bilgilerin korunması konusunda gerekli yasal altyapının teknolojik gelişmelere göre geliştirilmesi ve yeni düzenlemelerin planlanmasıdır. Yasal düzenlemelerin yanısıra, sadece ülke için hizmet edecek ve denetlenebilecek sunucular ile veri güvenliği koruma altına alınmalıdır.

Coğrafi bilgi sistemleri şu an durduğu konumda sadece ilgisi olan Harita, Çevre, Şehir planlama ve benzeri mühendislik dallarında değil eski konumuna kıyasla ilgilisi dışında birçok iş ve bilim dalıyla birlikte anılmaktadır. Yeni gelişen teknolojiler ise hem ilgili hem de ilgisi dışında iş dallarını birbirine bu mesleki ve bilimsel birlikteliği güçlendiren ve birbirleriyle daha ilişkili ve bağlı bir konuma sokacaktır. Söz konusu durumda ilgili mühendislik meslek disiplinleri, bu teknolojileri kullanmasında yenilikçi ve teknolojik gelişimlere açık olmalı ve özellikle araştırma ve geliştirme ekiplerini bu yeni akımlara odaklamalıdır. Kısa vadede yapılacak yatırımların maliyet gereksinimleri, ileri ve uzun vadede kar getireceği hesap edilerek planlamalıdır. Söz konusu gelişmelerin dijital ortamda olması nedeniyle de ileriki planlamalar gözetilerek yeni çalışanlarını seçerken kodlama, veri bilimi, donanım ve makine öğrenme dallarında kendini geliştirmiş olanlardan faydalanmalı ve diğer bir taraftan ise de mevcut çalışanların bu yönlerde kendilerini geliştirecek eğitimler almalarına olanak tanınmalıdır.

ORCID

Emrehan Kutluğ ŞAHİN https://orcid.org/0000-0002-9830-8585

Rabia BOVKIR https://orcid.org/0000-0002-9527-1350

Arif Çağdaş AYDINOĞLU https://orcid.org/0000-0003-4912-9027

K A Y N A K L A R

Adalı, E. (2017). Yapay Zekâ. *İTÜ Vakıf Dergisi, 75,* 8-13. Erişim Adresi: http://www.itu.edu.tr/docs/default-source/haber-sl%C4%B1der---ekler/sayi75.pdf?sfvrsn=2

Agrahari, A. ve Rao, D. (2017). Big Data: Technologies, Tools and Trends. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 4*(10), 640-649. Erişim Adresi: https://www.irjet.net/archives/V4/i10/IRJET-V4I10112.pdf

Al Nuami, E., Al Neyadi, H., Mohamed, N., Al-Jaroodi, J. (2015). Applications of big data to smart cities. *Journal of Internet Services and Applications, 6*(25). Doi: 10.1186/s13174-015-0041-5

Alfaqih, T.M. ve Hassan, M.M. (2016). GIS Cloud: Integration between Cloud Things and Geographic Information Systems (GIS) Opportunities and Challenges. *International Journal of Computer Systems (IJCS), 3*(5), 360-365. Erişim Adresi: http://www.ijcsonline.com/IJCS/Vol03_Issue05/GIS_Cloud_Integration_between_Cloud_Things_and_Geographic_Information_Systems_GIS_Opportunities_and_Challenges.pdf

Apte, J.S., Messier, K.P., Gani, S., Brauer, M., Kirchstetter, T.W., Lunden, M.M., Marshall, J.D., Portier, C.J., Vermeulen, R.C.H. ve Hamburg, S.P. (2017). High-resolution air pollution mapping with Google street view cars: exploiting big data. *Environmental Science and Technology, 51,* 9333-7008. Doi: 10.1021/acs.est.7b00891

Atalay M. ve Çelik E. (2017). Büyük Veri Analizinde Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Uygulamaları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9*(22), 155 – 172. Erişim Adresi: https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/387269

BalaAnand, M., Karthikeyan, N., Karthik, S. ve Sivaparthipan, C. B. (2017). A Survey on BigData with Various V's on comparison of Apache Hadoop and Apache Spark. *Advances in Natural and Applied Sciences, 11*(4), 362-369. Erişim Adresi: https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA498845553

Bengio, Y., Lamblin, P., Popovici D. ve Larochelle, H. (2006). Greedy layer-wise training of deep networks. *Proceedings of the 19th International Conference on Neural Information Processing Systems*, 153-160. Erişim Adresi: http://www.iro.umontreal.ca/~lisa/pointeurs/BengioNips2006All.pdf

Beulke, D. (2011). *Big data impacts data management: The 5 Vs of big data.* Erişim Adresi: http://www.DaveBeulke.com

Brdar, S., Gavric, K., Culibrk, D. ve Crnojevic, V. (2016). Unveiling spatial epidemiology of HIV with mobile phone data. *Scientific Reports, 6*, 19342. Doi: 10.1038/srep19342 (2016).

Buyya, R., Pandey, S. ve Vecchiola, C. (2009). *Cloudbus Toolkit for Market-oriented Cloud Computing*. M. Jaatun, G. Zhao ve C. Rong (Ed.), Cloud Computing (s.2444) içinde. Berlin, Heidelberg: Springer. Doi: 10.1002/9781118640708.ch14

Chen H., Chiang R.H.L. ve Storey, V.C. (2012). Business intelligence and analytics: from big data to big impact. *MIS Q, 36*, 1165-1188. Doi: 10.1016/c2015-0-01169-8

Chen, L. C., Papandreou, G., Kokkinos, I., Murphy, K. ve Yuille, A. L. (2016). *Deeplab: Semantic image segmentation with deep convolutional nets, atrous convolution, and fully connected CRFs*. Cornell Üniversitesi Arşivi, arXiv:1606.00915. Doi: 10.1109/tpami.2017.2699184

Chen, M., Mao, S., Zhang, Y. ve Leung, V. C. M. (2014). *Big data: related technologies, challenges and future prospects*. Springer Briefs in Computer Science. Doi: 10.1007/978-3-319-06245-7

Chrisman, N. R. (1998). *Academic origins of GIS*. T. W. Foresman (Ed.), The history of geographic information systems: Perspectives from the pioneers (s. 33–43) içinde. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Coppock, John, T. ve David, W. R. (1991). *The History of GIS*. D.J. Maguire, M. F. Goodchild ve D. W. Rhind (Ed.), Geographical Information Systems. (s. 21–43) içinde. London: Longman.

Çavdar, T. ve Öztürk E. (2018). Nesnelerin interneti için yeni bir mimari tasarımı. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22*(1), 39-48. Erişim Adresi: http://www.saujs.sakarya.edu.tr/tr/download/article-file/340882

Çetin, Y. (2014). *MapReduce Kullanarak RDFS Üzerinde Dağıtık Çıkarsama* (Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi. (UMI No:361082)

Dean, J. ve Ghemawat, S. (2004, Aralık). *MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters.* Sixth Symposium on Operating System Design and Implementation, San Francisco, CA. Erişim Adresi: https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/tr//archive/mapreduce-osdi04.pdf

Delalleau, O. ve Bengio, Y. (2011). Shallow vs. Deep sum-product networks. *Proceedings of the 24th International Conference on Neural Information Processing Systems*, 556-565. Erişim Adresi: https://papers.nips.cc/paper/4350-shallow-vs-deep-sum-product-networks.pdf

Demchenko, Y. ve Membrey, P. (2014, Mayıs). *Defining Architecture Components of the Big Data Ecosystem.* International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS), Minneapolis, MN, USA. Doi:10.1109/CTS.2014.6867550

Dempsey, C. (2019). *Future of GIS*. Erişim Adresi: https://www.gislounge.com/future-of-gis/

Di, Q., Kloog, I., Koutrakis, P., Lyapustin, A., Wang, Y. ve Schwartz, J. (2016). Assessing PM2.5 exposures with high spatiotemporal resolution across the continental United States. *Environmental Science and Technology, 50*(9), 4712–21. Doi: 10.1021/acs.est.5b06121

Doğan, F. ve Türkoğlu, İ. (2018). Derin Öğrenme Algoritmalarının Yaprak *Sınıflandırma Başarımlarının Karşılaştırılması. Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences, 1,* 9-21. Erişim Adresi: http://saucis.sakarya.edu.tr/tr/download/article-file/479189

Doğan, K. ve Arslantekin, S. (2016). Büyük Veri: Önemi, Yapısı ve Günümüzdeki Durum. *TCF Dergisi, 56(*1), 15-36. Doi: 10.1501/Dtcfder_0000001461

Drummond, W.J. ve French, S.P. (2008). The Future of GIS in Planning: Converging Technologies and Diverging Interests. *Journal of the American Planning Association, 74,* 161-174. Doi: 10.1080/01944360801982146

Du, P., Chen, J., Sun, Z., Li, Y. (2015, Kasım). *Design of an IoT-GIS emergency management system for public road transport networks.* 1st ACM SIGSPATIAL International Workshop, Washington, USA. Doi: 10.1145/2835596.2835611

Elmas, Ç. (2011). *Yapay Zekâ Uygulamaları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Emekli, H., Guney, C. (2019). Toward building a 3D Web-based spatial decision framework for apartment selection. *Journal of Housing and the Built Environment, 34*(3), 769-789. Doi: 10.1007/s10901-019-09663-1

Fang, S., Xu, L. D., Zhu, Y., Ahati, J., Pei, H., Yan, J., Liu, Z. (2014). An Integrated System for Regional Environmental Monitoring and Management Based on Internet of Things. *IEEE Transactions on Industrial Informatics,10*(2), 1596-1605. Erişim Adresi: https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6725615

Firican, G. (2017). *The 10 Vs of Big Data.* Erişim Adresi: https://tdwi.org/articles/2017/02/08/10-vs-of-big-data.aspx.

Foresman, T. W. (1998). *The History of Geographic Information Systems: Perspectives from the Pioneers.* Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR. Doi: 10.5860/choice.36-2183

Fosso Wamba, S., Akter, S., Edwards, A., Chopin, G. ve Gnanzou, D. (2014). How 'big data' can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study. *International Journal of Production Economics, 165*, 234-246. Doi: 10.1016/j.ijpe.2014.12.031

Gartner INC., (2017). Erişim Adresi: http://www.gartner.com/it-glossary/bigdata/

Görçün, Ö. F. (2016). *Endüstri 4.0 Dördüncü Endüstri Devrimi*. İstanbul: Beta Yayıncılık.

Guney, C., Girginkaya, S.A., Cagdas, G., Yavuz, S., (2012). Tailoring a geomodel for analyzing an urban skyline. *Landscape and Urban Planning, 105*(1-2), 160-173. Doi: 10.1016/j.landurbplan.2011.12.016

Hashem, I. A. T., Yaqoob, I., Anuar, N. B., Mokhtar, S., Gani, A. ve Ullah Khan, S. (2015). The rise of "big data" on cloud computing: *Review and open research issues. Information Systems, 47*, 98–115. Doi: 10.1016/j.is.2014.07.006

He, K., Zhang, X., Ren, S. ve Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 770-778. Doi: 10.1109/cvpr.2016.90

Helmi, A.M., Farhan, M.S. ve Nasr, M.M. (2018) A framework for integrating geospatial information systems and hybrid cloud computing. *Computer & Electrical Engineering, 67*, 145-158. Doi: 10.1016/j.compeleceng.2018.03.027

Hinton, G. E. ve Salakhutdinov, R. R. (2006). Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks. *Science, 313*(5786), 504–507. Doi: 10.1126/science.1127647

Internet of Things Global Standards Initiative, (2012). Erişim Adresi: https://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx

Işıkdağ, Ü. (2015, Ekim). BIM and IoT: A Synopsis from GIS Perspective. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-2/W4.* Doi: 10.5194/isprsarchives-xl-2-w4-33-2015

İnik, Ö. ve Ülker, E. (2017). Derin Öğrenme ve Görüntü Analizinde Kullanılan Derin Öğrenme Modelleri. *Gaziosmanpasa Journal of Scientific Research, 6*(1), 85-104. Erişim Adresi: https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/380999

James, P., Jankowska, M., Marx, C., Hart, J.E., Berrigan, D., Kerr, J., Hurvitz, P.M., Hipp, J.A. ve Laden, F. (2016). Spatial energetics": integrating data from GPS, accelerometry, and GIS to address obesity and inactivity. *American Journal of Preventive Medicine, 51*(5), 792–800. Doi: 10.1016/j.amepre.2016.06.006

Jin, X., Wah, B. W., Cheng X. ve Wang, Y. (2015). Significance and Challenges of Big Data Research. *Big Data Research, 2*, 59–64. Doi: 10.1016/j.bdr.2015.01.006

Khan, M. A., Uddin, M. F. ve Gupta, N. (2014, Nisan). *Seven V's of Big Data: Understanding Big Data to extract Value*. Conference of the American Society for Engineering Education, Bridgeport, CT, USA. Doi: 10.1109/aseezone1.2014.6820689

Kim, I.H. ve Tsou, M.H. (2013). Enabling Digital Earth simulation models using cloud computing or grid computing - two approaches supporting high-performance GIS simulation frameworks. *International Journal of Digital Earth, 6*, 383-403. Doi:10.1080/17538947.2013.783125

Kraijak, S. ve Tuwanur, P. (2015, Eylül). *A Survey on IoT Architectures, Protocols, Applications, Security, Privacy, Real-World Implementation And Future Trends.* 11th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM), Shanghai, Çin. Doi: 10.1049/cp.2015.0714

Krizhevsky, A., Sutskever, I. ve Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in neural information processing systems, 25*(2), 1097-1105. Doi: 10.1145/3065386

Landmark Solutions, (2015). *The 7 pillars of Big Data. White Papers.* Erişim Adresi: https://www.landmark.solutions/Portals/0/LMSDocs/Whitepapers/The_7_pillars_of_Big_Data_Whitepaper.pdf

Li, S., Dragicevic, S., Castro, F. A., Sester, M., Winter, S., Coltekin, A., Pettit, C., Jiang, B., Haworth, J. ve Stein, A. (2016). Geospatial big data handling theory and methods: a review and research challenges. *The ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 115*, 119–33. Doi: 10.1016/j.isprsjprs.2015.10.012

Lin, Y., Chiang, Y.Y., Pan, F., Stripelis, D., Ambite, J.L., Eckel, S.P. ve Habre, R. (2017, Kasım). *Mining Public Datasets for Modeling Intra-City PM2.5 Concentrations at a Fine Spatial Resolution.* International Conference on Advances in Geographic Information Systems, Redondo Beach, CA, USA. Doi: 10.1145/3139958.3140013

Mann, S. ve Benwell, G. L. (1996). The integration of ecological, neural and spatial modeling for monitoring and prediction for semi-arid landscapes. *Computers and Geosciences, 22*(9), 1003- 1012. Doi: 10.1016/s0098-3004(96)00038-6

Matharu, G.S., Upadyay, P. ve Chaudhary, L. (2014, Aralık). *The Internet of Things: Challenges & Security Issues.* International Conference on Emerging Technologies (ICET), Islamabad, Pakistan. Doi: 10.1109/icet.2014.7021016

McCulloch, W. S. ve Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics, 5*(4), 115–133. Doi: 10.1007/bf02478259

Microsoft Research. (2013). *The Big Bang: How the Big Data Explosion Is Changing the World.* Erişim Adresi: https://news.microsoft.com/2013/02/11/the-big-bang-how-the-big-data-explosion-is-changing-the-world/

Miloudi, L. ve Rezeg, K. (2018, Ekim*). Leveraging the Power of Integrated Solutions of IoT and GIS*. 3rd International Conference on Pattern Analysis and Intelligent Systems (PAIS), Tabessa, Cezayir. Doi: 10.1109/pais.2018.8598500

Montufar, G. F. (2014). Universal approximation depth and errors of narrow belief networks with discrete units. *Neural computation, 26*(7), 1386–1407. Doi: 10.1162/neco_a_00601

Mutlu, H. E. (2018). *Hiperspektral Görüntü ve Lidar Verisinin Derin Öğrenme ile Sınıflandırılması* (Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi. (UMI No:493938)

Mutlu, H. E. (2018). Hiperspektral Görüntü ve Lidar Verisinin Derin Öğrenme ile Sınıflandırılması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1,* 172-177. Erişim Adresi: http://hdl.handle.net/11655/4183

NIST, (2018). *Big Data Interoperability Framework: Definitions*. Information Technology Laboratory-National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg. Doi: 10.6028/nist.sp.1500-1r1

Olaya, V. (2018). *Introduction to GIS*. CreateSpace Independent Publishing Platform.

IBM, (2019). *Official Webpage of IBM Company.* (2019). Erişim Adresi: http://www.ibm.com/software/data/bigdata/

SAS, (2019). *Official Webpage of SAS Company.* (2019). Big Data: What it is and why it matters. Erişim Adresi: http://www.sas.com/big-data/

Oracle, (2019). *Official Webpage of Oracle Company.* (2019). Erişim Adresi: http://www.oracle.com/big-data/guide/what-is-big-data.html

Openshaw, S. (1992). Some suggestions concerning the development of artificial intelligence tools for spatial modelling and analysis in GIS. *The Annals of Regional Science, 26,* 35-51. Doi: 10.1007/978-3-642-77500-0_2

Oral, O. ve Çakır, M. (2017). Nesnelerin İnterneti Kavramı ve Örnek Bir Prototipin Oluşturulması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1,* 172-177. Erişim Adresi: https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/328807

Özvural, G. (2015). *Nesnelerin İnterneti İçin Sistem Tasarımı ve Kablosuz Kişisel Alan Ağlarında Ağ Kodlama Uygulamaları* (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul). *YÖK Tez* Merkezi veri tabanından erişildi. (UMI No:397971)

Russom, P. (2011). *The Three Vs of Big Data Analytics: VOLUME.* Erişim Adresi: https://tdwi.org/blogs/tdwi-blog/2011/06/three-vs-of-big-data-analytics-1-data-volume.aspx

Sağıroğlu, S. ve Sinanç, D. (2013, Mayıs). Big data: A review. International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS). San Diego, USA. Erişim Adresi: https://ieeexplore.ieee.org/document/6567202

Schönberger, V. M. ve Cukier K. (2013). *Büyük Veri: Yaşama Çalışma ve Düşünme Şeklimizi Dönüştürecek Bir Devrim*. İstanbul: Paloma.

Shahrokni, H., Van der Heijde, B., Lazarevic, D., ve Brandt, N. (2014, Ağustos*). Big data GIS analytics towards efficient waste management in Stockholm.* The 2nd International Conference ICT for Sustainability, Stockholm, Sweden. Doi: 10.2991/ict4s-14.2014.17

Suo, H., Wan, J., Zou, C. ve Liu, J. (2012, Mart). *Security in the Internet of Things: A Review.* International Conference on Computer Science and Electronics Engineering, Hangzou, Çin. Erişim Adresi: https://ieeexplore.ieee.org/document/6188257

Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., ve Rabinovich, A. (2015). *Going Deeper with Convolutions*. Cornell Üniversitesi Arşivi, arXiv:1409.4842. Doi: 10.1109/cvpr.2015.7298594

Şeker, A. (2017). *Derin Öğrenme Yöntemleri ve Uygulamaları Hakkında Bir İnceleme.* Doktora Semineri, Yıldız Teknik Üniversitesi. Erişim Adresi: https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/394923

Tao, W. (2013). Interdisciplinary urban GIS for smart cities: advancements and opportunities. *Geo-spatial Information Science, 16*(1), 25-34. Doi: 10.1080/10095020.2013.774108

TechAmerica Foundation's Federal Big Data Commission, (2012). *Demystifying big data: A practical guide to transforming the business of Government.* Erişim Adresi: https://bigdatawg.nist.gov/_uploadfiles/M0068_v1_3903747095.pdf.

Tektaş, M., Akbaş, A. ve Topuz, V. (2002, Mayıs). *Yapay zekâ tekniklerinin trafik kontrolünde kullanılması üzerine bir inceleme.* Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi ve Fuarı, Ankara, Türkiye. Erişim Adresi: http://kadirgurbetci.com.tr/yonetim/dosya/0444e4fab9hnk.pdf

Tomlinson, R. (1998). *The Canadian geographic information system.* T. W. Foresman (Ed.), The history of geographic information systems: Perspectives from the pioneers. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Uygunoğlu, T. ve Yurtçu, Ş. (2006). Yapay Zekâ Tekniklerinin İnşaat Mühendisliği Problemlerinde Kullanımı. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1,* 61–70.

Viceconti, M., Hunter, P. ve Hose, R. (2015). Big Data, Big Knowledge: Big Data for Personalized Healthcare. *IEEE Journal Of Biomedical And Health Informatics, 19*(4), 1209-1215. Doi: 10.1109/jbhi.2015.2406883

VoPham, T., Hart, J. E., Laden, F. ve Chiang, Y. Y. (2018). Emerging trends in geospatial artificial intelligence (geoAI): potential applications for environmental epidemiology. *Environmental Health, 17*, 40. Doi: 10.1186/s12940-018-0386-x

Vozenilek, V. (2009, Kasım). *Artificial intelligence and GIS: mutual meeting and passing.* International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, INCoS 2009, Spain, Barcelona. Doi: 10.1109/incos.2009.83

Waters, N. (2017). *GIS: History.* D. Richardson, N. Castree, M. F. Goodchild, A. Kobayashi, W. Liu ve R. A. Marston. (Ed.), International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology. USA: John Wiley & Sons, Ltd. Doi:10.1002/9781118786352.wbieg0841

White, M. (2012). Digital workplaces: vision and reality. *Business information review, 29*(4), 205–214. Doi: 10.1177/0266382112470412

Wieczorek W.F. ve Delmerico, A.M. (2009). Geographic Information Systems. *Computation Stat, 1*, 167-186. Doi:10.1002/wics.21

Yang, C.W., Goodchild, M., Huang Q., Nebert, D., Raskin, R. ve Xu, Y. (2011). Spatial cloud computing: how can the geospatial sciences use and help shape cloud computing? *International Journal of Digital Earth. 4,* 305-329. Doi: 10.1080/17538947.2011.587547

Yang, Z., Yue, Y., Yang, Y., Peng, Y., Wang, X. ve Liu, W. (2011, Temmuz). *Study and Application on the Architecture and Key Technologies for IOT.* 2011 International Conference on Multimedia Technology, Hangzhou, Çin. Doi: 10.1109/icmt.2011.6002149

Yen, J. ve Langari, R. (1999). *Fuzzy Logic: Intelligence, Control, and Information.* Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall.

Yin, S. ve Kaynak O. (2015). Big Data for Modern Industry: Challenges and Trends. *Point of View, 103*(2), 143-146. Doi: 10.1109/jproc.2015.2388958

Yomralıoğlu, T. (2002). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar*. (2. Baskı). Trabzon: Akademi kitapevi.

Açık Kaynak Kodlu CBS Yazılımı ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemini İçeren Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçimi Önerisi

(A Proposal for Electric Vehicle Charging Station Location Selection with Open Source GIS Software and Fuzzy Analytic Hierarchy Process)

Doğuş GÜLER, Tahsin YOMRALIOĞLU

Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, İstanbul

(gulerdo, tahsin)@itu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 21.10.2019 Kabul Tarihi (Accepted): 27.12.2019

ÖZ

Bilgi teknolojilerinden faydalanılarak yaşanılan dünyaya ilişkin günümüzde birçok araştırma yapılmaktadır. Bu çalışmaların önemli bir kısmı yaşam alanlarının daha sürdürülebilir hale getirilmesiyle ilişkilidir. Şehirlerdeki hareketlilik birçok ekonomik ve kişisel aktivitenin gerçekleşebilmesi için önemli bir kaynaktır ve bu yüzden yaşamın kayda değer bir parçasını oluşturmaktadır. Sürdürebilir modern kentler için ulaşım servislerinin verimliliği büyük önem arz etmektedir. Metropollerde karşılaşılan problemlerden biri de kentsel ulaşım için kullanılan yakıtlı araçların çevreye verdiği zararlardır. Bununla birlikte, kullanılan kaynakların sonlu olmasıyla ilişkili olarak ekonomik olarak da yakıtlı araçların verimliliği tartışılmaktadır. Bu bağlamda, son yıllarda elektrikli araçlarla ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Çevreye duyarlılıkları ve ekonomik açıdan sahip oldukları avantajlardan dolayı elektrikli araçların yaygınlaştırılması için araştırmalar yapılmaktadır. Elektrikli araçların verimli bir şekilde kullanılabilmeleri için önem arz eden konulardan biri de elektrikli araç şarj istasyonlarının konumlarıdır. Yer seçimi analizleri, konumsal birçok veri setinin kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, sahip olduğu konumsal verileri yönetme ve analiz etme özelliklerinden faydalanılmak üzere Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak, elektrikli araç şarj istasyonlarının konumlarının seçimi birçok farklı ölçüte bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. Seçilen ölçütlerin değerlendirmesiyle ilgili problemin çözümüne yönelik Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi (BAHY) kullanılmıştır. Açık kaynak kodlu CBS yazılımından faydalanılarak elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimi için analiz sürecini kolaylaştırmak adına bir model oluşturulmuştur. Çalışma bölgesi olarak İstanbul'un üç farklı ilçesi seçilmiştir. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yönteminden elde edilen ölçüt ağırlıkları CBS'deki veri katmanlarıyla ilişkilendirilerek karar vericilere destek olacak gerekli haritalar üretilmiştir.

***Anahtar Kelimeler**: Açık Kaynak Kodlu Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yazılımı, Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi (BAHY), Elektrikli Araç, Yer Seçimi, İstanbul.*

ABSTRACT

Today, research is being made by benefiting from information technologies about the world. An important part of these studies is related to making living spaces more sustainable. Mobility in cities is an important resource for the realization of many economic and personal activities and forms; therefore, it is a significant part of life. The efficiency of transportation services is of vital importance for sustainable modern cities. One of the problems encountered in metropolises is the environmental damage caused by fueled vehicles that are used for urban transportation. However, the efficiency of fueled vehicles is also discussed economically in relation to the finite nature of the resources that are used. In recent years, studies on electric vehicles have accelerated. Research is being carried out to disseminate electric vehicles due to their environmental sensitivities and economic advantages. One of the most important issues for the efficient use of electric vehicles is the location of electric vehicle charging stations. Site selection analyzes are being performed by using several spatial data sets. In this study, the location selection of electric vehicle charging stations is realized by taking many different criteria into account and benefiting from the feature of managing and analyzing spatial data of Geographic Information Systems (GIS). Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) is used to solve the problem related to the evaluation of selected criteria. By using the open-source GIS software, a model has been developed to facilitate the analysis process of location selection of electric vehicle charging stations. Three different districts of Istanbul are selected as a study area. The criterion weights obtained from the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) method are linked to the data layers in the GIS and necessary maps are produced to support the decision-makers.

***Keywords**: Open-source Geographic Infromation Systems (GIS) Software, Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP), Electric Vehicle, Location Selection, İstanbul.*

1. GİRİŞ

Dünya çapındaki istatistiklere göre, petrol tüketiminin yarısından fazlası ulaşım sektöründen kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte sera etkisini oluşturan en önemli etkenlerden biri olan karbondioksit emisyonunun ise çeyreğinden fazlasını bu sektör tarafından üretilmektedir (Guo, Zhang, Liu, He ve Shi, 2018). Elektrikli araçlar petrole olan bağımlılığı düşürmektedir ve ulaşımla ilişkili olarak ortaya çıkan zararlı emisyonların miktarını azaltmaktadır. Bu nedenlerle sürdürülebilir ulaşım sisteminin etkili

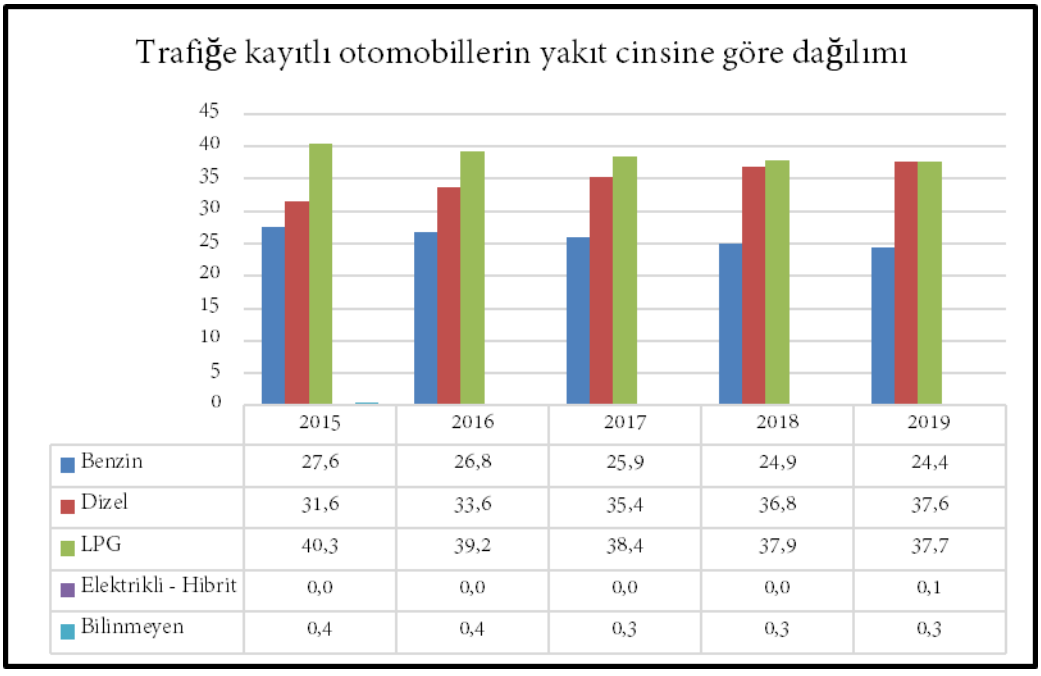
Atıf/To cite this article: Güler, D. ve Yomralıoğlu, T. (2020). Açık Kaynak Kodlu CBS Yazılımı ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemini İçeren Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçimi Önerisi. *Harita Dergisi,* 163, 17-28.

bir bileşeni olmaktadır ve gün geçtikçe popülerliğini arttırmaktadır (Liu, Kong, Liu, Peng ve Wang, 2015).

İklim değişikliğinin etkilerini azaltmak, hava kalitesini arttırmak, sağlıkla ilgili riskleri hafifletmek ve sürdürülebilirliği fazlalaştırmak için çözüm olarak yüksek emisyon üreten ve yakıt kullanan araçlardan düşük emisyonlu elektrikli araçlara geçiş önerilmektedir (Cai, Jia, Chiu, Hu ve Xu, 2014; Ellingsen, Singh ve Strømman, 2016). Bu durumla birlikte elektrikli araçların yaygınlaştırılması için çalışmalar hız kazanmıştır. Elektrikli araçların kullanımının artmasındaki engellerden biri şarj istasyonlarının yeterli sayıda olmamasıdır (Li, Zhan ve Lukszo, 2016).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından 2019 yılında paylaşılan istatistiklere göre, trafiğe kayıtlı araçların yakıt cinsine göre dağılımı Şekil 1'de yer almaktadır (TÜİK, 2019). İstatistikler incelendiğinde benzin ve LPG kullanan araç sayısı neredeyse eşitlenmiş olsa da 2015 yılından 2019 yılının altı aylık bölümüne kadar, toplam araç sayısı içerisinde en fazla LPG cinsi yakıt tüketimine sahip araçların olduğu görülmektedir. Elektrikli-Hibrit yakıt kullanan araç sayısının ise %0,1'in altında olduğu görülmektedir. Günümüzde ise bu oran sadece %0,1'e yükselmiştir. Rakamlardan, elektrikli araç kullanımının Türkiye'de oldukça düşük seviyede olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle elektrikli araç kullanımının yaygınlaştırılması için gerçekleştirilen çalışmalar önemini arttırmaktadır.

Literatürde birçok araştırmacı elektrikli araç şarj istasyonlarının uygun konumlarının bulunması için çalışmalar yürütmüştür. Frade, Ribeiro, Gonçalves ve Antunes (2011) her bir mahalle için gündüz ve gece olmak üzere elektrikli araç şarj taleplerini tahmin etmişlerdir. Ardından beklenen taleple ilişki olarak şarj istasyonlarının uygun konumlarını belirlemişlerdir. Chen, Kockelman ve Khan (2013) park için oluşan talebi referans alarak elektrikli araç şarj istasyonlarına olan talebi modellemiştir. Yürüme mesafelerini minimize ederek veya ulaşım masraflarını minimize ederek sabit şarj istasyonlarının konumlarını belirlemişlerdir. Shahraki, Cai, Turkay ve Xu (2015) varılmak istenen konumlarla şarj istasyonları arasındaki mesafeleri minimize etmek için büyük ölçekli araç güzergâh verilerini kullanmıştır. Çalışmada, şarj talebini ev halkına ait demografik değişkenler ve makroekonomik değişkenler bakımından tahmin etmişlerdir. He, Kockelman ve Perrine (2019) uzak mesafe otoyol yolculuğunda elektrikli araçların şarj ihtiyacının karşılanması için konum modellemesini formüle etmiştir. Tüm A.B.D. otoyolları kullanılarak daha önceki araştırmalardan daha kapsamlı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre elektrikli araç şarj istasyonları yapılması gereken konumlar önerilmiştir.



	2015	2016	2017	2018	2019
Benzin	27,6	26,8	25,9	24,9	24,4
Dizel	31,6	33,6	35,4	36,8	37,6
LPG	40,3	39,2	38,4	37,9	37,7
Elektrikli - Hibrit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Bilinmeyen	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3

Şekil 1. Türkiye'de trafiğe kayıtlı otomobillerin yakıt cinsine göre dağılımı

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde şarj istasyonlarının konumlarının birçok farklı ölçüte göre farklılık gösterdiği saptanmıştır. Kompleks problemlerin çözümünde kriter ağırlıklarının belirlenmesi için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Bunun yanı sıra birçok yer seçimi araştırmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı ÇKKV metodolojisi kullanıldığı görülmektedir (Anwarzai ve Nagasaka, 2017; Güler ve Yomralıoğlu, 2017; Villacreses, Gaona, Martínez-Gómez ve Jijón, 2017).

Açık kaynak kodlu yazılımların finansal açıdan sahip oldukları avantajın yansıra yeniden üretilebilirliğin, güvenilirliğin, güvenliğin ve dağıtımın garanti edilebilmesi için bilim dünyasında kullanılan yazılımların açık kaynak kodlu olması gerektiğine dair son yıllarda hızla artan bir talep oluşmuştur (Dile, Daggupati, George, Srinivasan ve Arnold, 2016).

Bu çalışmada, karmaşık bir problem olan elektrikli şarj istasyonu yer seçimi için konumsal verilerin analiz edilerek anlamlı çıktılar üretilmesini sağlayan açık kaynak kodlu CBS yazılımı ile Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi (BAHY) kullanılarak bir çözüm önerisi sunulmuştur. Çalışmanın farklı araştırmacılar tarafından değişik çalışma bölgelerinde kullanılabilmesini sağlamak ve çalışmada elde edilen sonuçların güvenilirliğini artırmak amacıyla açık kaynak kodlu CBS yazılım araçlarından yararlanılmaktadır. Sonraki bölümde çalışmada kullanılan yöntem ve araçlardan bahsedilecektir. Ardından, gerçekleştirilen örnek uygulama hakkında bilgiler verilecektir. Son olarak sonuç ve öneriler ile yayın sonlandırılacaktır.

Bu makale 25-27 Nisan 2019 tarihlerinde gerçekleştirilen 10. TUFUAB Teknik Sempozyumu'nda sunulan *"Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçiminde Açık Kaynak Kodlu CBS Yazılım Kullanımı"* başlıklı bildiriden hazırlanmıştır (Güler ve Yomralıoğlu, 2019).

2. YÖNTEM

Çalışmada, öncelikli olarak elektrikli araç şarj istasyonlarının uygun konumlara yerleştirilmeleri için hangi kriterlerin etki ettiği belirlenmelidir. Bu aşama çalışmanın sonuçlarını direk etkilemektedir çünkü etkisiz kriterlerin seçimi verimliliği azaltacaktır. Bu nedenle kapsamlı bir literatür araştırması yapılarak daha önceki çalışmalarda araştırmacıların faydalandığı kriterler belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra hangi kriterin elektrikli araç şarj istasyonu yer seçimine ne kadar etki ettiği belirlenmelidir. Kriter ağırlıklarını belirlemek için BAHY kullanılmıştır. Ardından her bir kritere ait harita katmanının elde edilmesi gerekmektedir. Bu sayede konumsal verilerle kriter ağırlıkları eşleştirilerek uygun konumlar bulunabilecektir. Bu çalışmanın amaçlarından biri olan açık kaynaklı yazılım ve araçların kullanılmasına bağlı olarak QGIS yazılımında bir model oluşturulması izlenen yöntemin bir diğer kısmını oluşturmaktadır. Son işlem adımı olarak hazırlanan konumsal analizleri içeren model oluşturulması ve kriter ağırlıkları kullanılarak elektrikli araç şarj istasyonu uygunluk indeksinin elde edilmesi yer almaktadır. Çalışmada izlenen iş akışı Şekil 2'de görülebilmektedir.

Şekil 2. Çalışma iş akışı

ÇKKV yöntemleri çelişkili, birden fazla ve kıyaslanamaz kıstas veya amaç içeren gerçek dünya problemlerini çözmek için sıklıkla kullanılmaktadır (Kubler, Robert, Derigent, Voisin ve Le Traon, 2016).

İnsan yargısı ve karar vermesi üzerine gerçekleştirilen çalışmalar insan beyninin aynı anda sadece sınırlı sayıda bilgiyi işleyebildiğini göstermiştir. Bu durum, karmaşık problemlerle karşılaşıldığında güven vermeyen kararlar verilebileceğini vurgulamaktadır (Simpson, 1996). Karmaşık problemlerle başa çıkabilmek için Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) 1980'li yıllarda önerilmiştir (Saaty, 2005). Bu yöntem literatürde en yaygın olarak kullanılan ÇKKV yöntemidir. Bu durumun altında yatan etkenler; yöntemin sahip olduğu tarafsız ve mantıksal derecelendirme ile lineer programlama ve bulanık mantık gibi farklı tekniklerle etkileşimli olarak çalışmaya olanak tanımasıdır (Saaty ve Vargas, 2012; Vaidya ve Kumar, 2006). Yöntemin sahip olduğu avantajlar, kullanıcılara bütünleştirilen metotlardan faydalanılmasına ve amaçlanan hedefe daha iyi bir şekilde ulaşılmasına imkân tanımaktadır (Kubler ve diğerleri, 2016). Klasik küme teorisinden farklı olarak bulanık küme teorisi, üyelik fonksiyonlarının derecelendirilmesine olanak sağlamaktadır. İlk olarak Zadeh (1965)

tarafından ortaya atılan bulanık mantık, teorisini ve uygulamalarını elektrik mühendisliği temelinden almaktadır. Yöntem, matematiksel olarak insan muhakemesiyle daha iyi başa çıkabilmek ve onu formüle edebilmek için önerilmiştir (Zadeh, 1971).

AHY karar verme aşamasında genellikle kesin bilgileri kullanmaktadır. Bu durumun sonucunda yargıların ölçeklendirilmesinde bazı dengesizliklerle karşılaşılabilmektedir. Yöntem, insan yargısının sayısal olarak ifade edilmesinde kararsızlıkları dikkate almamaktadır. Sıralama yapıldığında karar vericilerin belirlenen ağırlıklar üzerinde fazlaca etkisi olduğundan dolayı değerlendirme ve seçim aşamasında sübjektiflik ortaya çıkabilmektedir. Bahsedilen problemlerin ortadan kaldırılabilmesi için araştırmacılar bulanık mantık teorisiyle AHY'ni bütünleştirerek BAHY'ni üretmişlerdir (Sun, 2010; Yang ve Chen, 2004).

Bu çalışmada araştırmalarda sıklıkla kullanılan ve Chang (1996) tarafından önerilen mertebe analiz yöntemi (extent analysis method) kullanılmıştır. Bu kısımda yöntemin detaylı işlem adımları verilmektedir (Dağdeviren, Yüksel ve Kurt, 2008). Yöntemde $X=\{x_1,x_2,....,x_n\}$ obje seti ve $U=\{u_1,u_2,....,u_m\}$ amaç seti olarak tanımlanır. İş akışı olarak her bir obje ele anılır ve ardından her bir amaç olarak g_i için mertebe analiz işlemi gerçekleştirilir. Böylelikle her bir obje için mertebe analiz değerlerini temsil eden m değişkeni aşağıdaki işaretler kullanılarak temsil edilir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, ..., M_{g_i}^m, \; i=1,2,....,n,$$

burada $M_{g_i}^j \; (j=1,2,....,m)$ üçgensel bulanık sayıları temsil etmektedir. Yöntemin geri kalan işlem adımları aşağıdaki gibidir:

Adım 1: i'ninci objeye ilişkin bulanık sentetik mertebe değeri aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j \right]^{-1} \qquad (1)$$

$\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j$'yi elde edebilmek adına her bir matris için m mertebe analiz değerlerinin bulanık ekleme operasyonu aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=i}^{m} M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i \right) \qquad (2)$$

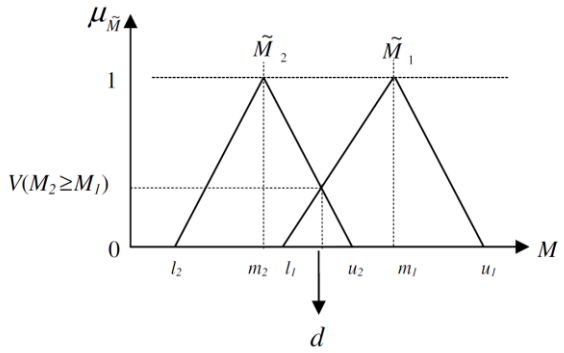
ve ardından bu vektörün tersinin alınması aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=i}^{m} M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}, \right) \qquad (3)$$

Adım 2: $M_2=(l_2,m_2,u_2) \geq M_1=(l_1,m_1,u_1)$'nin olasılık derecesi $V(M_2 \geq M_1) = \sup\left[\min\left(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y) \right) \right]$ olarak tanımlanır ve eşit olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } l_2 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otherwise} \end{cases} \qquad (4)$$

Burada d, μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası olan D'nin ordinatıdır (Şekil 3).



Şekil 3. M_1 ve M_2 arasındaki kesişim noktası (Dağdeviren ve diğerleri, 2008)

M_1 ve M_2'yi karşılaştırmak için $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$'nin her ikisine de ihtiyaç duyulmaktadır.

Adım 3: k konveks bulanık sayılar $M_i=(i=1,2,....,k)$'dan büyük olan konveks bulanık sayılar için olasılık derecesi aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$$V(M \geq M_1, M_2, ..., M_k) = V\left[(M \geq M_1) and (M \geq M_2) and ... and (M \geq M_k) \right],$$
$$= \min V(M \geq M_i), \quad i=1,2,3,...k \qquad (5)$$

Burada $k=1,2,....n; k \neq i$ için $d^{'}(A_i)=\min V(S_i \geq S_k)$ olarak farz edilmektedir. Ardından ağırlık faktörü aşağıdaki şekilde verilir:

$$W^{'}=\left(d^{'}(A_1),d^{'}(A_2),.....,d^{'}(A_n)\right)^T$$

Burada $A_i=(1,2,.....,n)$ ile n tane bileşen ifade edilmektedir.

Adım 4: Normalizasyon işlemi ile normalize edilmiş ağırlık vektörleri

$W=\left(d(A_1),d(A_2),....d(A_n)\right)^T$ şeklinde elde edilir.

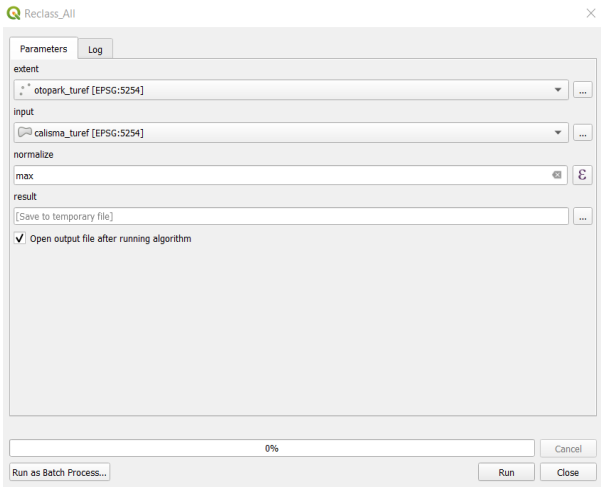
Burada W bulanık olmayan sayıdır.

Konumsal analizler için literatürde en sık kullanılan açık kaynak kodlu CBS yazılımlarından biri olan QGIS 3.4 versiyonu kullanılmıştır (QGIS Development Team, 2019). QGIS girişiminin orijinal amacı Linux tabanlı sistemler için kullanımı kolay ve hızlı bir coğrafi veri görüntüleyicisi geliştirmekti. Buna rağmen geliştiriciler ana hedefin ötesine de geçerek QGIS yazılımına birçok fonksiyonel özellik kazandırmış ve yaygın olarak kullanılan (MS-Windows, MacOSX, Linux, Unix) işletim sistemlerinde yazılımı çalışabilir hale getirmişlerdir. Ayrıca, raster ve vektör veri tipleriyle çalışabilen QGIS aynı zamanda internet servislerinden elde edilen verilerle de işlem yapılabilmesine olanak tanımaktadır. Bununla birlikte yazılım içerisinde kullanılma olanağı bulunan ve zengin analiz yeteneklerine sahip SAGA GIS yazılımı ile GDAL kütüphanelerinden de faydalanılmıştır. SAGA (System for Automated Geo-Scientific Analysis) yazılımı bilimsel bir arka plana sahiptir. Yazılımın ilk modülleri Almanya'nın Göttingen Üniversitesi Coğrafya Bölümü'nde raster verilerin analizi amacıyla 2001 yılında geliştirilmiştir.

Yazılım sahip olduğu ayrıntılı kullanıcı dokümanı sayesinde kısa zamanda birçok kullanıcı tarafından indirilerek çalışmalarda faydalanılmıştır (Steiniger ve Bocher, 2009).

Şekil 4 bu çalışmada kullanılan konumsal analiz araçlarını göstermektedir. Bu kısımda, oluşturulan model ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır. Şekil 5 ise modelin QGIS yazılımı içerisindeki kullanıcı arayüzüne sahip halini göstermektedir.

Şekil 4. Çalışma kapsamında kullanılan açık kaynak CBS yazılım ve analiz araçları



Şekil 5. Model arayüzü

Model girdi olarak vektör veri tipinden yararlanmaktadır *(input)*. Bununla birlikte çalışma bölgesini konumsal analizlerde tanıtabilmek ve kullanabilmek için sınırları içeren vektör veriden faydalanmaktadır *(extent)*. Modelin diğer bir parametresi ise normalize işleminin maksimize mi yoksa minimize olarak mı gerçekleştirileceğini modele tanıtmaktadır *(normalize)*.

İşlem sırası olarak ilk önce girdi vektör verisi raster veriye dönüştürülmektedir. Ardından yakınlık analizi uygulanarak vektör verinin sahip olduğu özellik nesnelerinden uzaklıkları temsil eden pikselleri içeren raster veri seti oluşturulmaktadır. Ardından girdi olarak elde edilen normalizasyon cinsi ve QGIS yazılımının sahip olduğu ifadeler *(expressions)* sayesinde SAGA GIS kullanılarak normalize edilmiş raster veri çıktıları oluşturulmaktadır. Anlatılan bu model vektör verinin sahip oldukları nesnelerin uzaklıklarına göre analizi gerçekleştirmektedir. Oluşturulan bir diğer modelde ise vektör verinin sahip olduğu öznitelik *(attributes)* değerleri kullanılarak normalize edilmiş raster veriler elde

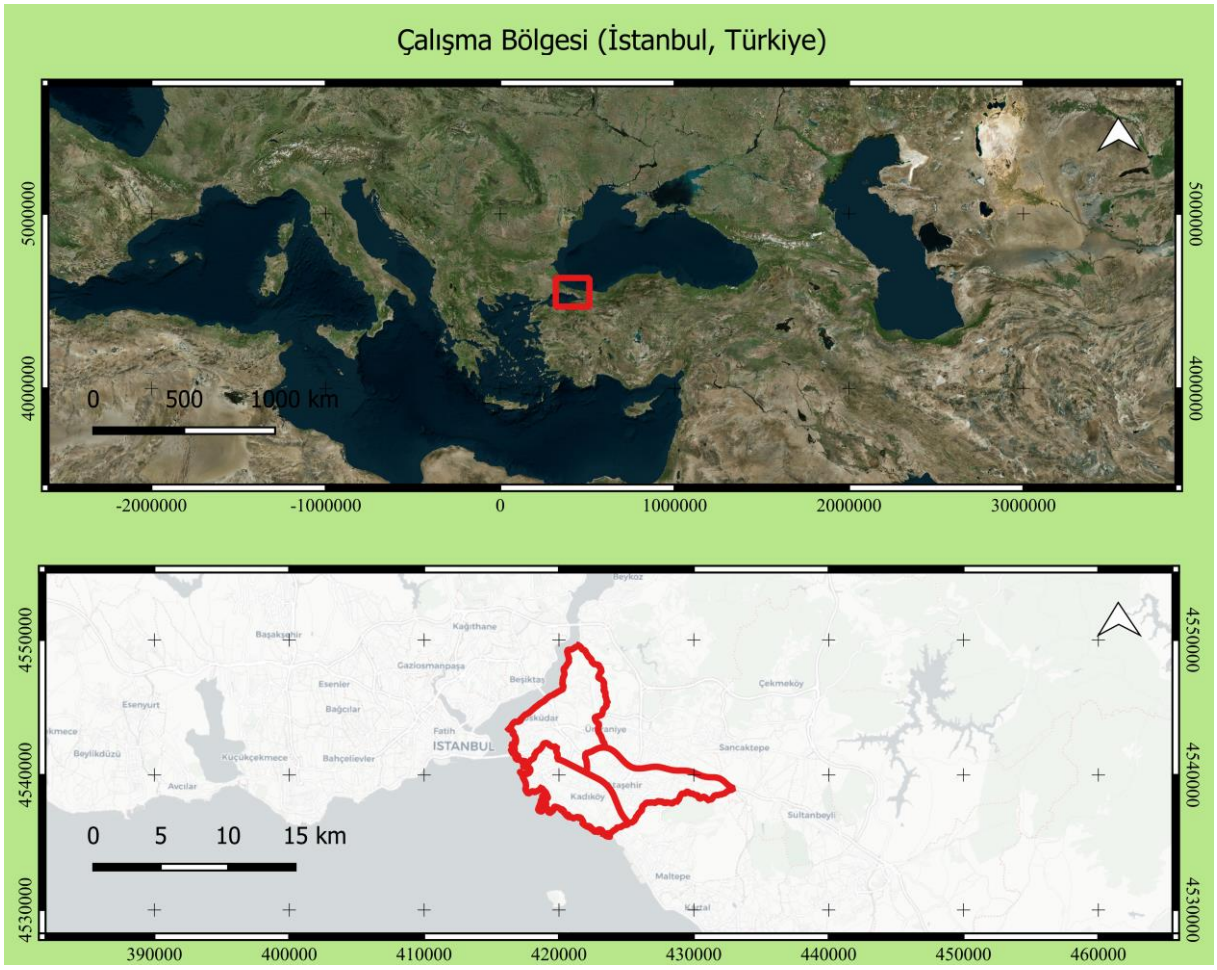
edilebilmektedir. Tüm modeller QGIS kullanıcılarıyla model dosyasının iletilmesi yoluyla paylaşılabilmektedir.

Bu durum çalışmanın tekrarlanabilirliğine önemli ölçüde katkı vermektedir. Çalışma bölgesi olarak Türkiye'nin İstanbul ili sınırları içerisinde yer alan birbirine bitişik Üsküdar, Kadıköy ve Ataşehir ilçelerinin sınırları seçilmiştir. Çalışma bölgesi içerisinde, yoğun olarak kullanılan ulaşım hatları ve ulaşım aktarma istasyonları bulunmaktadır. Bölgenin içerisinde sıklıkla ziyaret edilen otopark ve alışveriş merkezleri bulunmaktadır. Bu özellikler sayesinde daha verimli analiz sonuçları elde edilebileceği varsayılmıştır. Ayrıca belirlenen üç ilçe de nüfus bakımından oldukça yoğundur. Bölge toplam 85 km^2 alana sahiptir. Çalışma bölgesi Şekil 6'da yer almaktadır.

Daha önce bahsedildiği gibi elektrikli araç şarj istasyonu uygun yer seçimini gerçekleştirilebilmek için literatür araştırması sonucunda farklı kriterler belirlenmiştir (L. Chen, Huang, Chen ve Jin, 2016; Wu, Yang, Zhang, Chen ve Wang, 2016; Zhao ve Li, 2016). Tespit edilen kriterler Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Kriterler ve kısaltmaları

Kriter	Kısaltma
Nüfus Yoğunluğu	K1
Alışveriş Merkezlerine Uzaklık	K2
Yollara Uzaklık	K3
Gelirler	K4
Ulaşım İstasyonlarına Uzaklık	K5
Benzin İstasyonlarına Uzaklık	K6
Otoparklara Uzaklık	K7
Yeşil Alanlara Uzaklık	K8
Eğim	K9
Arazi Değerleri	K10



Şekil 6. Çalışma Bölgesi

3. UYGULAMA

Bu bölümde harita katmanları ve sahip oldukları kriter ağırlıklarıyla gerçekleştirilen uygulama işlemlerinden bahsedilecektir. İlk adım olarak BAHY kullanılarak kriterlere ait ağırlıklar belirlenmiştir.

Yöntemi uygulamak için MATLAB yazılımında bir kod yazılmıştır ve yazılımın paylaşım platformundan dünyadaki tüm kullanıcılar ile paylaşılmıştır (Guler ve Yomralioglu, 2018). Karşılaştırma matrisi, yöntem bölümünde söylendiği üzere literatürdeki çalışmalardan yararlanılarak oluşturulmuştur (Tablo 2). Kriterlerin sahip oldukları ağırlıklar Tablo 3'de yer almaktadır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinin ardından tüm kriterlere ait harita katmanlarını içeren bir konumsal veri tabanı oluşturulmuştur. Kriterlere göre nokta, poligon ve çizgi vektör türlerinde katmanlar elde edilmiştir. Eğim katmanı ücretsiz olarak paylaşılan "EUDEM" dijital yükseklik modeli kullanılarak oluşturulmuştur. Modelin çözünürlüğü 25 metredir. Bu nedenle çalışmadaki tüm raster veri türlerinin çözünürlüğü 25 metre olacak şekilde analizler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. Kriter ağırlıkları

Kriter	Ağırlık
Nüfus Yoğunluğu	0.0951
Alışveriş Merkezlerine Uzaklık	0.0887
Yollara Uzaklık	0.0929
Gelirler	0.0983
Ulaşım İstasyonlarına Uzaklık	0.0970
Benzin İstasyonlarına Uzaklık	0.0862
Otoparklara Uzaklık	0.0964
Yeşil Alanlara Uzaklık	0.1590
Eğim	0.0921
Arazi Değerleri	0.0943

Tüm veriler için ortak olarak Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi (TUREF) 3° TM30 koordinat sistemi kullanılmıştır.

CBS'de çok sayıda katman analiz edildiğinde işlem tekrarları oluşmaktadır. Bu durumu önlemek ve hataların önüne geçebilmek için CBS'de otomasyonu sağlamaya yarayan model oluşturma özelliği bulunmaktadır. QGIS yazılımında da yer alan bu özellik sayesinde bu çalışmadaki vektör verilerin kriterlerin özelliğine göre yeniden sınıflandırma (reclassify) analizi yapılarak tüm katmanların kullanıldığı bindirme (overlay) analizine uygun hale getirilmesi sağlanmıştır.

Uygunluk indeksinin sağlıklı bir şekilde bulunabilmesi için tüm katmanların nitelik (attribute) değerlerinin aynı değer aralığında normalize edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada da tüm değerler "0-1" arasında normalize edilmişlerdir. Bu işlem yapılırken kriterlerin sahip oldukları özellikler göz önünde bulundurulmuştur. Örneğin; otoparklara yakın konumlar elektrikli araç şarj istasyonları için daha uygun olduğundan minimize edilirken, nüfus yoğunluğunun fazla olması araçların kullanım olasılığını arttıracağından dolayı bu kriterin değerleri maksimize edilmiştir. Alışveriş merkezlerine yakın konumlar şarj istasyonları için daha uygundurlar çünkü buraları ziyaret eden araç sahipleri araçlarını vakit kaybetmeden şarj edebilirler. Yollara yakın konumlar araçların kolaylıkla ulaşabilmesi için önem arz etmektedir. Mevcut durumda elektrikli araçların fiyatları çok uygun seviyelerde olmadığı için gelir düzeyi yüksek kişilerden oluşan bölgeler daha fazla elektrikli araç kullanım oranına sahip olabilirler. Ulaşım istasyonlarına elektrikli araçlarını bırakan araç sahipleri farklı noktalara toplu ulaşım araçlarını kullanarak ulaşabilirler.

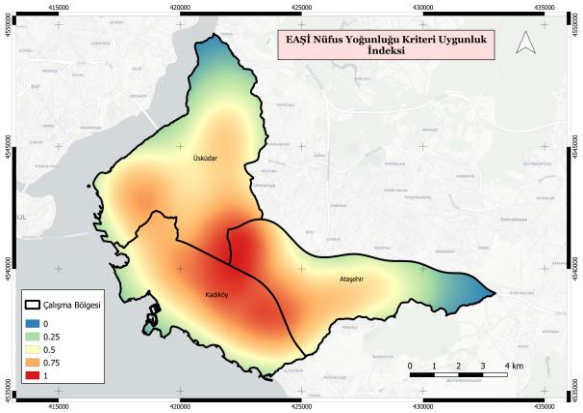
Tablo 2. BAHY ikili karşılaştırma matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
K1	(1, 1, 1)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 2)	(1/2, 2/3, 1)
K2	(1/2, 1, 3/2)	(1, 1, 1)	(1/2, 2/3, 1)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)	(1/2, 1, 3/2)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)
K3	(1/2, 1, 3/2)	(1, 3/2, 2)	(1, 1, 1)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(1, 3/2, 2)	(1/2, 1, 3/2)	(2/5, 1/2, 2/3)	(1/2, 2/3, 1)	(2/3, 1, 2)
K4	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)	(1, 1, 1)	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)
K5	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)	(1, 1, 1)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 2)	(1/2, 2/3, 1)
K6	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 2/3, 1)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(1, 1, 1)	(1/2, 1, 3/2)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)
K7	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)	(1, 1, 1)	(2/5, 1/2, 2/3)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)
K8	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)	(1, 1, 1)	(3/2, 2, 5/2)	(3/2, 2, 5/2)
K9	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(1, 3/2, 2)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(2/5, 1/2, 2/3)	(1, 1, 1)	(2/3, 1, 2)
K10	(1, 3/2, 2)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(1, 3/2, 2)	(1/2, 1, 3/2)	(1/2, 1, 3/2)	(2/5, 1/2, 2/3)	(1/2, 1, 3/2)	(1, 1, 1)

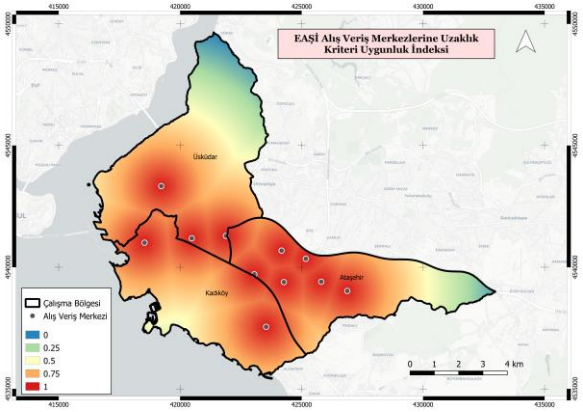
Bu durum hem çevreye olumlu etki yapmakta hem de trafiğin yoğunluğunun azaltılmasına fayda sağlamaktadır. Mevcut benzin istasyonları elektrikli araçların şarj istasyonları için uygun konumlara sahip olabilirler. Otoparklar yine benzer şekilde elektrikli araçların şarj edilmeleri için uygun konumlar olabilirler. Yeşil alanlara en az zararın verilmesi için uzak konumlar şarj istasyonları için uygun olarak değerlendirilmiştir.

Eğimi yüksek olan yerler şarj istasyonlarının yerleştirilmelerini zorlaştıracağından dolayı düşük eğime sahip konumlar uygun olarak değerlendirilmiştir. Yüksek arazi değerlerine sahip konumlar şarj istasyonlarının yerleştirilmeleri için maliyet oluşturacağından dolayı düşük arazi değerlerine sahip bölgeler uygun olarak kabul edilmiştir.

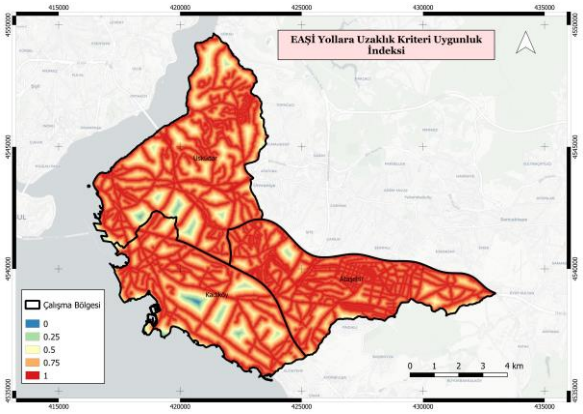
Öncelikle tüm kriterler için normalize edilmiş katmanlar elde edilmiştir (Şekil 7-16).



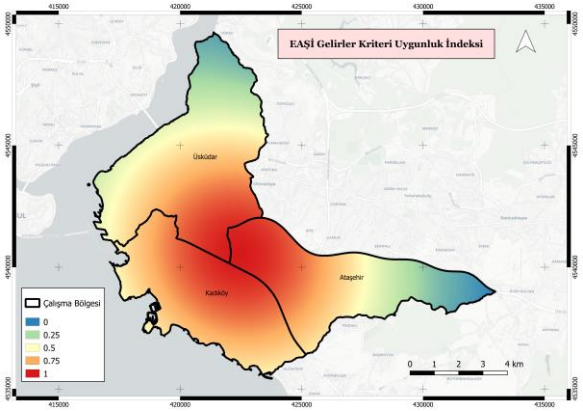
Şekil 7. Nüfus yoğunluğu uygunluk indeksi



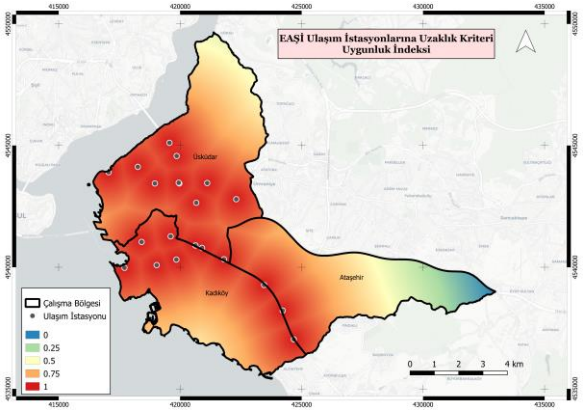
Şekil 8. Alışveriş merkezlerine uzaklık uygunluk indeksi



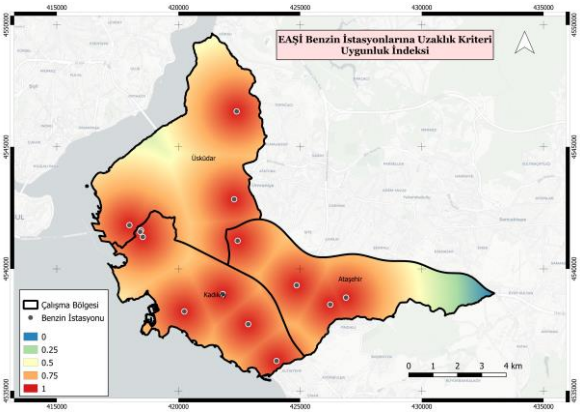
Şekil 9. Yollara uzaklık uygunluk indeksi



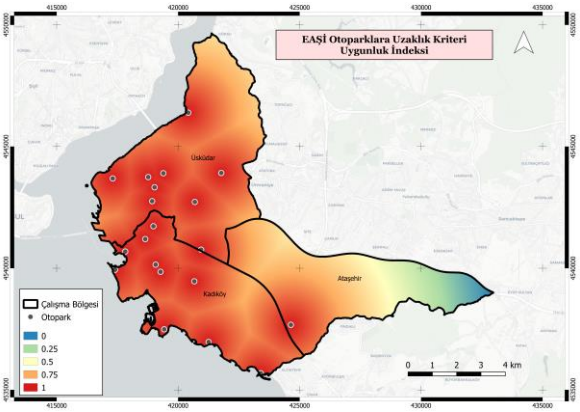
Şekil 10. Gelirler uygunluk indeksi



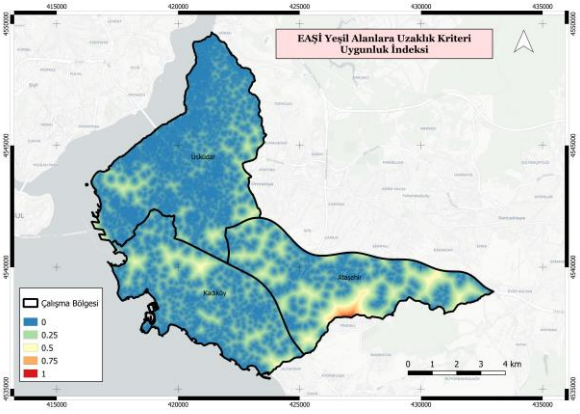
Şekil 11. Ulaşım istasyonlarına uzaklık uygunluk indeksi



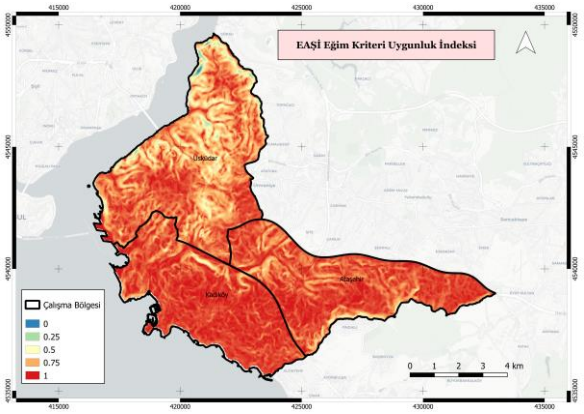
Şekil 12. Benzin istasyonlarına uzaklık uygunluk indeksi



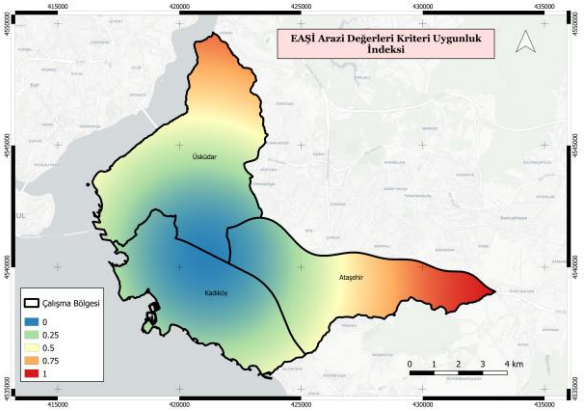
Şekil 13. Otoparklara uzaklık uygunluk indeksi



Şekil 14. Yeşil alanlara uzaklık uygunluk indeksi



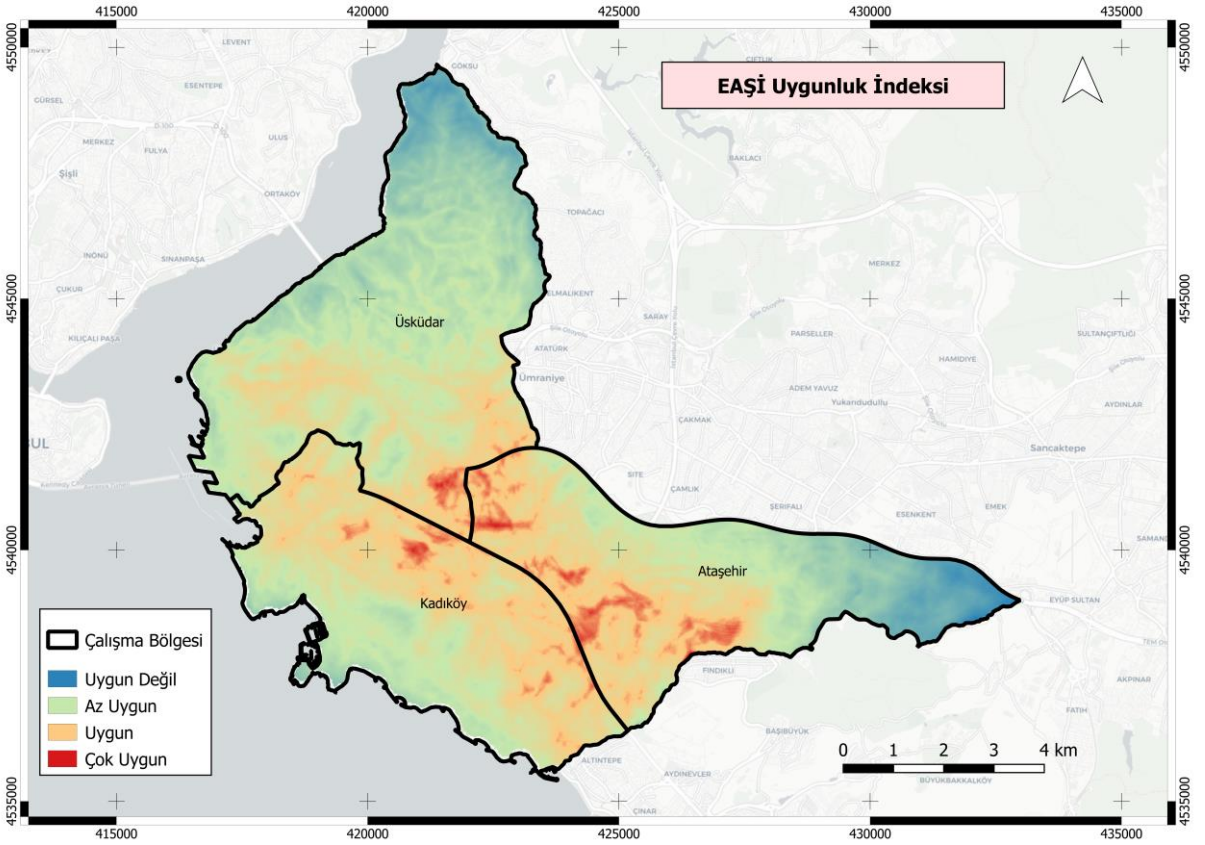
Şekil 15. Eğim uygunluk indeksi



Şekil 16. Arazi değerleri uygunluk indeksi

Ardından QGIS yazılımındaki *raster calculator* analiz aracı kullanılarak elektrik araç şarj istasyonu uygunluk indeksi elde edilmiştir (Şekil 17).

Katmanlar Tablo 2'de verilen kriter ağırlıklarıyla ilişkilendirilerek sonuç uygunluk indeksi bulunmuştur. Elde edilen katmandaki öznitelik değerleri sınıflandırılarak dört farklı uygunluk sınıfı belirlenmiştir.



Şekil 17. Elektrikli araç şarj istasyonu uygunluk indeksi

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada farklı faktörlerin sonuca etki ettiği problemlerden biri olan elektrikli araç şarj istasyonu uygun yer seçimi için CBS destekli ÇKKV yöntemini içeren bir çözüm önerisi sunulmuştur. Mekânsal karar destek sistemleri (MKDS) ile hem konumsal analizlerin sağladığı verileri işleme özelliği kullanılmakta hem de kesin kararlar yerine daha objektif sonuçların elde edilmesi sağlanmaktadır. Teknolojiden her an yararlanılabilmesi sayesinde akıllı şehirlerin hayata geçirilmesi için daha somut adımlar atılmaktadır. Bu bağlamda verilecek konumsal içerikli kararlarda MKDS'nin kullanımı çözüme pozitif katkı yapabilmektedir. Kullanılan kaynakların sonlu olması ve ekonomik açıdan fayda sağlayacak yöntemlere olan ilgiden dolayı elektrikli araçların yaygınlaştırılması için çalışmalar yapılmaktadır. Daha fazla kullanıcı tarafından benimsenebilmesi için etkin şarj istasyonlarının uygun şekilde konumlandırılmaları gerekmektedir.

Kentlerin daha sürdürülebilir şekilde yönetilebilmeleri için tasarlanan arazi kullanım planları için kılavuz alınabilecek analiz sonuçları elde edilmiştir.

BAHY kullanılarak belirlenen ağırlıklarda çevreye önem daha fazla etkiye sahip olmuştur ve bu nedenle yeşil alanlara uzaklık kriteri en yüksek ağırlık değerine sahiptir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ise birbirlerine göreceli olarak yakın değerlere sahiptir. Sonuç haritası incelendiğinde uygun olmayan alanların çalışma bölgesinin uç noktalarına yayıldığı görülmektedir. Bu durumun nedeni olarak bölgenin orta kısımlarında ulaşım istasyonları, alışveriş merkezleri, otoparklar ve benzin istasyonlarının yer alması gösterilebilir. Bir başka neden de bu bölümlerde eğimin yüksek değerde olmasıdır. Nüfus yoğunluğu da çalışma bölgesinin orta kısımlarında daha yüksek değerdedir.

İlerleyen çalışmalarda belirlenen uygun alanlarda mevcut şarj istasyonlarının olup olmadığı ve etkin bir şekilde kullanılıp kullanılmadıkları sorgulanabilir. Bununla birlikte kriter ağırlıkları farklı paydaşlarla yapılacak anket sonuçlarından elde edilebilir. İnternet tabanlı ve üç boyutlu (3B) mekânsal verileri içeren MKDS ile daha pratik ve etkili tasarımlar üretilebilir (Mete, Guler ve Yomralioglu, 2018). Bu çalışmanın sonuçlarından faydalanılarak yeniden uygulanabilirliği yüksek konumsal analiz modelleri farklı çalışma alanlarında test edilebilir. Bununla

birlikte farklı amaçlara göre şarj istasyonlarının uygun konumlarının belirlenmesinde açık kaynak kodlu CBS yazılımları ve araçlarından faydalanılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje Numarası: MGA-2018-41095.

ORCID

Doğuş Güler https://orcid.org/0000-0002-3191-103X
Tahsin Yomralıoğlu https://orcid.org/0000-0002-8532-747X

KAYNAKLAR

Anwarzai, M. A. ve Nagasaka, K. (2017). Utility-scale implementable potential of wind and solar energies for Afghanistan using GIS multi-criteria decision analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *71*, 150–160. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.048

Cai, H., Jia, X., Chiu, A. S. F., Hu, X. ve Xu, M. (2014). Siting public electric vehicle charging stations in Beijing using big-data informed travel patterns of the taxi fleet. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *33*, 39–46. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.09.003

Chang, D.-Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, *95*(3), 649–655. https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00300-2

Chen, L., Huang, X., Chen, Z. ve Jin, L. (2016). Study of a new quick-charging strategy for electric vehicles in highway charging stations. *Energies*, *9*(9), 744.

Chen, T. D., Kockelman, K. M. ve Khan, M. (2013). Locating Electric Vehicle Charging Stations. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, *2385*(1), 28–36. https://doi.org/10.3141/2385-04

Dağdeviren, M., Yüksel, I. ve Kurt, M. (2008). A fuzzy analytic network process (ANP) model to identify faulty behavior risk (FBR) in work system. *Safety Science*, *46*(5), 771–783. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2007.02.002

Dile, Y. T., Daggupati, P., George, C., Srinivasan, R. ve Arnold, J. (2016). Introducing a new open source GIS user interface for the SWAT model. *Environmental Modelling & Software*, *85*, 129–138. https://doi.org/10.1016/J.ENVSOFT.2016.08.004

Ellingsen, L. A.-W., Singh, B. ve Strømman, A. H. (2016). The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles. *Environmental Research Letters*, *11*(5), 54010. https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/5/054010

Frade, I., Ribeiro, A., Gonçalves, G. ve Antunes, A. (2011). Optimal Location of Charging Stations for Electric Vehicles in a Neighborhood in Lisbon, Portugal. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, *2252*, 91–98. https://doi.org/10.3141/2252-12

Guler, D. ve Yomralioglu, T. (2018). GIS and Fuzzy AHP Based Area Selection for Electric Vehicle Charging Stations. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, *42*(4), 249–252. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-249-2018

Güler, D. ve Yomralıoğlu, T. (2017). Alternative suitable landfill site selection using analytic hierarchy process and geographic information systems: a case study in Istanbul. *Environmental Earth Sciences*, *76*(20), 678. https://doi.org/10.1007/s12665-017-7039-1

Güler, D. ve Yomralıoğlu, T. (2019). Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçiminde Açık Kaynak Kodlu CBS Yazılım Kullanımı. *10. TUFUAB Teknik Sempozyumu*, 1–5. Aksaray, Türkiye.

Guo, Z., Zhang, D., Liu, H., He, Z. ve Shi, L. (2018). Green transportation scheduling with pickup time and transport mode selections using a novel multi-objective memetic optimization approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.02.003

He, Y., Kockelman, K. M. ve Perrine, K. A. (2019). Optimal locations of U.S. fast charging stations for long-distance trip completion by battery electric vehicles. *Journal of Cleaner Production*, *214*, 452–461. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.12.188

Kubler, S., Robert, J., Derigent, W., Voisin, A. ve Le Traon, Y. (2016). A state-of the-art survey & testbed of fuzzy AHP (FAHP) applications. *Expert Systems with Applications*, *65*, 398–422. https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2016.08.064

Li, Y., Zhan, C. ve Lukszo, Z. (2016). Business innovation and government regulation for the promotion of electric vehicle use: lessons from Shenzhen, China. *Journal of Cleaner Production*, *134*, 371–383. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.10.013

Liu, L., Kong, F., Liu, X., Peng, Y. ve Wang, Q. (2015). A review on electric vehicles interacting with renewable energy in smart grid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.036

Mete, M. O., Guler, D. ve Yomralioglu, T. (2018). Development of 3D Web GIS Application with Open Source Library. *Selcuk University Journal of Engineering, Science, and Technology*, *6*(Special), 818–824. https://doi.org/10.15317/Scitech.2018.171

QGIS Development Team. (2019). *QGIS Geographic Information System*. http://qgis.osgeo.org/

Saaty, T. L. (2005). Analytic Hierarchy Process. Içinde *Encyclopedia of Biostatistics*. https://doi.org/10.1002/0470011815.b2a4a002

Saaty, T. L. ve Vargas, L. G. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process* (Second). https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3597-6

Shahraki, N., Cai, H., Turkay, M. ve Xu, M. (2015). Optimal locations of electric public charging stations using real world vehicle travel patterns. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *41*, 165–176. https://doi.org/10.1016/J.TRD.2015.09.011

Simpson, L. (1996). Do Decision Makers Know What They Prefer?: MAVT and ELECTRE II. *Journal of the Operational Research Society*, *47*(7), 919–929. https://doi.org/10.1057/jors.1996.117

Steiniger, S. ve Bocher, E. (2009). An overview on current free and open source desktop GIS developments. *International Journal of Geographical Information Science*, *23*(10), 1345–1370. https://doi.org/10.1080/13658810802634956

Sun, C.-C. (2010). A performance evaluation model by integrating fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods. *Expert Systems with Applications*, *37*(12), 7745–7754. https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2010.04.066

TÜİK. (2019). Ulaştırma İstatistikleri. Erişim adresi: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1051

Vaidya, O. S. ve Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, *169*(1), 1–29. https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2004.04.028

Villacreses, G., Gaona, G., Martínez-Gómez, J. ve Jijón, D. J. (2017). Wind farms suitability location using geographical information system (GIS), based on multi-criteria decision making (MCDM) methods: The case of continental Ecuador. *Renewable Energy*, *109*, 275–286. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.041

Wu, Y., Yang, M., Zhang, H., Chen, K. ve Wang, Y. (2016). Optimal Site Selection of Electric Vehicle Charging Stations Based on a Cloud Model and the PROMETHEE Method. *Energies*, *9*(3), 157. Tarihinde adresinden erişildi http://www.mdpi.com/1996-1073/9/3/157

Yang, C.-C. ve Chen, B.-S. (2004). Key quality performance evaluation using fuzzy AHP. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, *21*(6), 543–550. https://doi.org/10.1080/10170660409509433

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, *8*(3), 338–353. https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X

Zadeh, L. A. (1971). Quantitative fuzzy semantics. *Information Sciences*, *3*(2), 159–176. https://doi.org/10.1016/S0020-0255(71)80004-X

Zhao, H. ve Li, N. (2016). Optimal Siting of Charging Stations for Electric Vehicles Based on Fuzzy Delphi and Hybrid Multi-Criteria Decision Making Approaches from an Extended Sustainability Perspective. *Energies*, *9*(4). https://doi.org/10.3390/en9040270

Açık Kaynak Kodlu Ağ Analiz Algoritmaları ve Arazi Örtüsü/Kullanımı Simülatörü

Open Source Toolboxes for Network Analysis and Land Cover/Land Use Simulation

Ömer AKIN, Ahmet EROĞLU, Hande DEMİREL

İTÜ, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak İstanbul, Türkiye

akinom@itu.edu.tr, eroglu18@itu.edu.tr, hande.demirel@itu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 21.10.2019 Kabul Tarihi (Accepted): 07.01.2020

ÖZ

Açık kaynak kodlu yazılım, geliştiriciler ve kullanıcılar tarafından lisanslama ücreti olmadan kullanılabilen, değiştirilebilen ve paylaşılabilen yazılım çeşididir. Bu tür yazılımlar, seçilen alan ile ilgili yapılabilecek analizlerde özgürlük sağlayabilmesi, üretim maliyetinin düşük olması ve herhangi bir yazılıma bağlı kalmadan çalışabilmesi açısından oldukça faydalıdır ve gittikçe yaygınlaşmaktadırlar. Bu çalışma kapsamında, arazi örtüsü/kullanımı ve ulaştırma ilişkisini analiz eden, mevcut Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımlarında bulunmayan algoritmalar, açık kaynak kodlu programlama dili olan Python programlama dili kullanılarak programlanmıştır. Geliştirilen algoritmalar, kullanılan yazılıma araç olarak eklenmiş ve CBS platformunda analiz yapılabilecek duruma getirilmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen araçlar; erişilebilirlik analizleri, ağ bütünlüğü analizleri ve geleceğe yönelik arazi örtüsü/kullanımı simülasyonlarıdır. Bu analizlerden erişilebilirlik; bir konumdan fırsatlara, istenilen bir ulaştırma sistemi kullanılarak ulaşılabilme kolaylığıdır. Ağ bütünlüğü, ulaştırma yatırımlarının yıllara bağlı performansının ölçülebilmesi için hesaplanır, ayrıca ağ bileşenlerinin kendi içinde kıyaslanabilmesine imkan verir. Arazi kullanımı simülasyonları ise mevcut arazi örtüsü/kullanımı haritalarından yararlanarak geleceğe yönelik tahminde bulunabilmek için yapılmaktadır. Analizler başarı ile bir CBS yazılımının içinde çalışacak hale getirilmiş ve Türkçe bir arayüz ile son kullanıcıya sunulmuştur. Hazırlanan arayüzler, proje kapsamında üretilmiş 1997, 2007 ve 2014 yıllarına ait çalışma bölgesi verileri ile test edilmiş ve sonuçlar tartışılmıştır.

***Anahtar Kelimeler**: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Açık kaynak kodlu yazılım, Erişilebilirlik, Ağ Bütünlüğü, Arazi örtüsü/kullanımı simülasyonları.*

ABSTRACT

Open source software is a type of software that can be used, modified and shared by developers and users without licensing fees. They are very useful and becoming more widespread in terms of providing freedom in analyzing the selected area of interest, having low production cost and working without being dependent on any software. In this study, algorithms that analyze the relationship between land cover / use and transportation that do not exist in current Geographical Information Systems (GIS) software were programmed by using open source programming language Python. Developed tools were added to the used software as tools and made available to perform analyzes on GIS platform. Tools developed within the scope of the study are; accessibility analyzes, connectivity analyzes and future land cover/use simulations. Accessibility is the ease of access from one location to another, using the desired transportation system. Connectivity is calculated in order to measure the performance of transportation investments over the years and allows the comparison of network components. Land use simulations are made to make predictions for the future by using the existing land cover/use maps. Analyzes were successfully made to work in a GIS software and presented to the end user with a Turkish interface. Developed interfaces were tested with the data of 1997, 2007 and 2014 produced for the study arae within the scope of the project, and the results were discussed.

***Keywords**: Geographic Information Systems, Open source software, Accessibility, Connectivity, Land use simulations.*

1. GİRİŞ

Açık kaynak kodlu yazılımlar, genellikle gönüllülük esasına dayalı, geliştiriciler ya da kullanıcılar tarafından erişilebilir, değiştirilebilir ve geliştirilebilir ücretsiz lisanslı yazılımlardır. Açık kaynak kodlu bir yazılımın; herhangi bir amaç için kullanılabilirliği, çalışma prensiplerine ve gereksinimlere göre uyarlanabilirliği, kopyaların yeniden dağıtılabilmesi, iyileştirilebilir/geliştirilebilir olması ve toplumun/kullanıcı gruplarının yararına iyileştirmeler yapılabilirliği, özgür yazılım kriterlerince kullanıcılar tarafından beklenen özellikleridir.

Friedrich'e (2014) göre, açık kaynak kodlu yazılımların karşılaması gereken kriterler; serbest yeniden dağıtılabilirlik, kaynak kodun yazılıma dahil edilmesi, kaynak kod tabanının değiştirilmesine izin verilmesi, bireylere veya gruplara ayrımcılık yapılmaması, dağıtılmış lisansının olması ve bu lisansın bir ürüne özgü olmaması, lisansın diğer yazılımları kısıtlamaması ve lisansın teknolojiden bağımsız olması gerekmesidir.

Atıf/To cite this article: Akın, Ö., Eroğlu, A. ve Demirel, H. (2020). Açık Kaynak Kodlu Ağ Analiz Algoritmaları ve Arazi Örtüsü/Kullanımı Simülatörü. *Harita Dergisi,* 163, 29-37.

Açık kaynak kodlu Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarının da bu özgür yazılım özelliklerini taşıması gereklidir. Açık kaynak kodlu CBS yazılımları; basit masaüstü CBS, uzaktan algılamaya yönelik CBS, üç boyutlu CBS görselleştirme araçları ve diğer araçlar (CBS web haritalama, araçlar ve programlama kütüphaneleri, mekansal veri tabanları) olmak üzere dört farklı kategoride incelenebilir (Tsou ve Smith, 2011; Demirel ve Şeker, 2015).

CBS alanında, içlerinde birçok farklı analiz yöntemleri bulunan Quantum GIS, Grass gibi açık kaynak kodlu yazılımların yanı sıra, bu çalışmada olduğu gibi, mevcut yazılımlara arayüz geliştirme yöntemiyle, yapılabilecek analizlerin çeşitliliği arttırılmaktadır (Lee, An, Yu ve Oh, 2014; Ford, Barr, Dawson ve James, 2015; Nyberg, Nixon ve Sanderson, 2018). Mevcut CBS yazılımlarında uygulama geliştirmek veya bağımsız CBS araçları geliştirmek için, mevcut programlama dillerinden açık kaynak kodlu programlama dili Python, zengin kütüphaneleri, mekansal analizlere uygunluğu ve kolay anlaşılabilirliği nedeniyle tercih edilmektedir. Çalışma kapsamında mevcut CBS yazılımlarında bulunmayan analiz yöntemlerinden erişilebilirlik, ağ bütünlüğü analizleri ve arazi örtüsü/kullanımı simülasyonlarına yönelik araçlar, Python dili kullanılarak CBS ortamında çalışacak şekilde geliştirilmiştir. Bu araçlar, TÜBİTAK-1001 araştırma-geliştirme projesi olan ve Ağustos 2018'de tamamlanan ÇAYDAG-115Y692 projesi kapsamında geliştirilmiştir. Tasarlanan araçların kodlaması, Python 2.7 versiyonu ile yapılmıştır. Hazırlanan bu Türkçe arayüzler, çalışma bölgesi için proje kapsamında üretilmiş, 1997, 2007, 2014 yılları verileri ile test edilmiş ve başarılı bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir (Akın, Eroğlu ve Demirel, 2019).

2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER

a. Çalışma Alanı

Çalışma bölgesi, İstanbul ili Avrupa Yakası'ndaki 19 ilçeyi, bu bölgede bulunan karayollarını (E-5, TEM ve bağlantı yolları) ve metrobüs hattının bir bölümünü kapsamaktadır. Çalışma bölgesinin toplam alanı yaklaşık 642 km^2 ve nüfusu 5.424.562'dir (TÜİK, 2019). Çalışma bölgesi, Şekil 1'de sunulmaktadır. Seçilen çalışma alanı, ulusal ve uluslararası yük taşımacılığında ana arter durumunda bulunan bir çekim merkezidir. Alan; kuzeyde Çatalca, doğuda Eyüpsultan, batıda Büyükçekmece ve güneyde Bakırköy ilçeleriyle çevrili olup, İstanbul Avrupa yakasında Metrobüs hattının ulaştırmayı etkilediği 19 ilçe olarak belirlenmiştir. Bu ilçeler: Bakırköy, Beylikdüzü, Fatih, Bahçelievler, Zeytinburnu, Güngören, Küçükçekmece, Bağcılar, Bayrampaşa, Gaziosmanpaşa, Esenyurt, Esenler, Avcılar, Çatalca, Büyükçekmece, Sultangazi, Başakşehir, Arnavutköy ve Eyüpsultan'dır.

b. Veriler

Geliştirilen araçların test edilmesi adına, proje kapsamında üretilmiş 1997, 2007 ve 2014 yılları için çalışma bölgesine ait arazi örtüsü/kullanımı haritaları, ulaşım ağı, hastahane, üniversite gibi çekim merkezleri ve ilgili yıllara ait mekansal değişkenler olan eğim, sayısal yükseklik modeli haritaları, girdi veriler olarak kullanılmıştır.

Arazi örtüsü/kullanımı haritaları üretmek için kullanılan uydu görüntüleri, TÜBİTAK-1001 projesi (Proje No:115Y692) kapsamında 1997, 2007 ve 2014 yılları için sırasıyla, 20*20m, 20*20m ve 1,5*1,5m çözünürlüklü Spot 2, 4 ve 6 uydularından elde edilmiştir. Elde edilen görüntülerden, kontrollü sınıflandırma yöntemi kullanılarak, uluslararası bir sınıflandırma standardı olan CORINE standartlarına göre arazi örtüsü/kullanımı haritaları üretilmiştir (EEA, 2000). Sınıflandırma işlemi için piksel tabanlı "En yakın benzerlik" algoritması kullanılmıştır ve sırasıyla 4, 6 ve 0.5m karesel ortalama hata ile arazi örtüsü/kullanımı haritaları üretilmiştir. Ulaşım ağı, hastane ve üniversite gibi çekim merkezleri verileri uluslararası açık veri kaynağı Openstreetmap veri tabanından alınmış ve ilgili yıllara ait uydu görüntüleri yardımıyla geriye dönük seneler için düzenlenmiştir. Sayısal yükseklik modeli, 30m * 30m çözünürlükte, açık veri platformu USGS Earth Explorer platformundan elde edilmiş, eğim haritası ise bu veri kullanılarak yapılan mekansal analiz sonucu oluşturulmuştur.

3. YÖNTEM

a. Erişilebilirlik

Erişilebilirlik, insanların ve/veya ticari faaliyetlerin istenilen mallara, tesislere ve etkinliklere ulaşabilme kolaylığı olarak tanımlanmakta olup, sürdürülebilir ulaştırmanın temelini oluşturmaktadır.

Şekil 1. Çalışma Alanı

Çalışma kapsamında, literatürde mevcut erişilebilirlik göstergelerinden, çekim yasasına benzeyen, bir çekim veya olanak faktörünün yanısıra maliyet faktörü de içeren potansiyel ve günlük erişilebilirlik göstergeleri kullanılmıştır. Bu göstergelerden Eşitlik 1'de gösterilen potansiyel erişilebilirlik, herhangi bir başlangıç noktasından, fırsatlara belirli bir ulaştırma sistemi üzerinden potansiyel erişilebilme kolaylığı şeklinde tanımlanmaktadır (Hansen, 1959; Dalvi ve Martin, 1976; Geurs ve van Wee, 2004).

$$A_p = \sum_j \frac{W_j}{C_{ij}} \quad (1)$$

Bu eşitlikte w_j ağırlığı, gayri safi yurt içi hasıla ve nüfus gibi ekonomik veya çekim potansiyelini tanımlamaktadır. j hedef noktayı, c_{ij} ise başlangıç noktası i ve hedef noktası j arasındaki mesafeyi, ulaştırma süresini veya maliyeti tanımlamaktadır (Dundon-Smith ve Gibb, 1994).

Günlük erişilebilirlik ise potansiyel erişilebilirliğe benzerdir, fakat ulaştırma zamanı/ mesafesi yönünden hesaplamaları kısıtlamaktadır. Bireyin veya yükün gün içinde ulaşabileceği fırsatlar, etkinlikler olarak düşünülür ve sadece bir bölge ve o bölgeye komşu olan diğer alanlar içerisindeki erişilebilirliğin hesaplanması için kullanılmaktadır (Lutter, Putz ve Spangenberg, 1992; Geurs, 2006).

Günlük erişilebilirlik, literatürde daha çok yürüme veya toplu taşıma ulaştırma türleri için kullanılmaktadır. Iacono, Krizek ve El-Geneidy (2008), günlük erişilebilirlik için 3km yürüme mesafesini, insanların gün içinde gidebileceği yerler için sınır olarak tanımlamıştır.

$$A_d = \sum_j \frac{\delta_{ij} W_j}{(C_{ij})^{\beta}} \quad (2)$$

2 numaralı eşitlikte, β mesafeye karşı direnç (distance decay parameter), δ_{ij} ise ikili (binary) günlük erişilebilirlik değişkenidir. Formülde yer almayan c_{max} değişkeni, günlük erişilebilecek komşuluk eşik değeridir. $c_{ij} \leq c_{max}$ olduğu durumlarda δ_{ij} bire eşit, olmadığı durumlarda ise sıfıra eşittir. Çalışma kapsamında, c_{max} değeri 3 kilometre, β direnç değeri ve hedef noktaların ağırlıkları w_j, 1 olarak kabul edilmiştir.

b. Ağ Bütünlüğü

Ulaştırma yatırımlarının yıllara bağlı performanslarının ölçülebilmesi için erişilebilirliğe ek olarak ağ bütünlüğü analizlerinin de yapılması gerekmektedir (Demirel, Kompil ve Nemry, 2015). Ulaştırma çalışmalarında, ağ bütünlüğü göstergeleri, bir ulaşım ağının hizmet seviyesini değerlendirmek için kullanılan göstergelerdir. Çalışma kapsamında, literatürde mevcut göstergelerden; çekim, arasındalık, doğrusallık, ağ yoğunluğu ve jeodezik mesafe göstergeleri kullanılmıştır. Bu göstergelerden çekim, arasındalık ve doğrusallık göstergeleri, ulaşım ağındaki elemanların önem derecesini belirten düğüm bazlı göstergelerdir (Freeman, 1978; Crucitti, Latora ve Porta, 2006). Bu elemanların bulunması karar vericilere ağdaki kritik noktaları tespit edip, alternatifler geliştirme veya yatırımlarını yönlendirme imkanı sağlar.

Çalışmada kullanılan düğüm bazlı göstergelerden çekim göstergesi, ağdaki düğüm noktalarının birbirlerine ulaşabilme ölçütü olarak değerlendirilir ve 3 numaralı eşitlikte gösterilmiştir.

$$C_i^R = \sum_{i,j \in G} \frac{w_j}{(e)^{\beta * d_{ij}}} \quad (3)$$

w_j, düğüm noktalarının ağırlığını, d_{ij} başlangıç düğümü olan *i*'nin hedef düğümü *j* ile arasındaki ağ uzaklığını, β ise mesafe direncini gösterir.

Arasındalık göstergesi, ağ üzerinde en kısa yollardan kaç tanesinin ilgili düğüm üzerinden geçtiğini öğrenmek adına geliştirilmiş bir göstergedir. Bu sayede ağ üzerinde köprü görevi gören kritik düğüm noktaları bulunabilir ve yatırımlar bu noktaları rahatlatmak adına kurgulanabilir.

$$C_i^B = \sum_{s,i,t \in G} \frac{\sigma_{st}(i)}{\sigma_{st}} \quad (4)$$

Denklemde $\sigma_{st,}$ *s* ve *t* noktaları arasındaki toplam en kısa yol sayısı, $\sigma_{st}(i)$ ise bu en kısa yollardan, *i* düğüm noktasının üzerinden geçenlerin sayısı olarak ifade edilir.

5 numaralı denklemde gösterilen doğrusallık göstergesi, başlangıç-hedef çiftleri arasındaki toplam Öklid mesafeler ile toplam jeodezik mesafeler arasındaki orandır. Ağ üzerindeki gerçek yollar ile düğüm noktaları arasında harita üzerinde çizilebilecek en kısa Öklid yollarının yakınlığı değerlendirilir.

$$C_i^S = \sum_{i,j \in G} \frac{\delta_{ij}}{d_{ij}} \quad (5)$$

Eşitlikte, δ_{ij}, *i* ve *j* düğümleri arasındaki Öklid mesafesini, d_{ij} ise, ağ üzerindeki en kısa mesafeyi göstermektedir.

Çalışma kapsamında incelenmiş kenar bazlı göstergelerden, Ağ Yoğunluğu göstergesi, 1 km² alan içerisine düşen toplam ulaşım ağı uzunluğudur. Oranın yüksek olması, ağın daha gelişmiş ve karmaşık olduğunun göstergesidir. Jeodezik mesafe göstergesi ise, iki düğüm arasında, onları birbirine bağlayan en kısa yolların ortalaması şeklinde tanımlanmıştır (Bouttier, Francesco ve Guitter, 2003).

c. Arazi Kullanımı Simülasyonu

Çalışma kapsamında, simülasyon yapılacak ilgili yıllara ait yollara olan yakınlık, yerleşim yerlerine ve endüstri merkezlerine olan yakınlık, hastane ve okullara yakınlık, sayısal yükseklik modeli ve eğim mekansal değişkenlerin değişimleri sonucu gerçekleşen arazi örtüsü/kullanımı, üç farklı yöntemle analiz edilmiştir. Denklemi etkileyen mekânsal değişkenlerden, yollara olan yakınlık parametresi denklemi etkileyen önemli faktörlerdendir. Eğer değişime uğrayacak hücre yollara yakınsa, bu hücrenin kentleşme ihtimali yüksektir. Aynı şekilde mevcut yerleşim yerlerine ve endüstriyel bölgelere yakın olan hücrelerde de kentleşme artma ihtimali diğer bölgelere göre fazladır. Bölgenin topografik yapısını gösteren eğim ve yükseklik parametreleri ise uygun kentleşme altyapısının sağlanabilmesi açısından önemlidir. Eğimi yüksek olan hücrelerde kentleşme ihtimali düşük, daha normal eğime sahip hücrelerde ise yüksektir. Aynı şekilde hastane ve okullar, etrafındaki arazi kullanımını etkileyen dinamikler olduğundan, bu merkezlere yakınlık, arazi kullanımı değişimi incelenirken sıklıkla kullanılan değişkenlerdir. Çalışma kapsamında arazi kullanımı değişimi için incelenen yöntemler, lineer regresyon, mantıksal regresyon, yapay sinir ağlarıdır.

Kurulan modellerin doğruluğu, 6 numaralı denklemde verilen Kappa doğrulama yöntemi kullanılarak, bilinen harita ile simülasyon haritası arasındaki farktan yararlanılarak incelenmiştir (Cohen, 1960).

$$Kappa = \frac{p_o - p_c}{1 - p_c} \quad (6)$$

Denklemde, p_o model sonucunun doğru yüzdesi iken, p_c beklenen doğru yüzdesidir.

Kullanılan yöntemlerden lineer regresyon yöntemi, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenlerin arasındaki ilişkinin belirlenmesinde kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. 7 numaralı eşitlikte gösterilen yöntemde, *x* olarak gösterilen tahmin edici değişken, bağımsız değişken; *y* olarak gösterilen tahmin edilen çıktı ise bağımlı değişken olarak isimlendirilir.

$$y = \beta x + \varepsilon \quad (7)$$

8 numaralı denklemde gösterilen mantıksal regresyon, birden fazla bağımsız değişkenden bağımlı değişkeni, 1 ya da 0 şeklinde ikili sonuca vararak tahmin etme prensibiyle çalışır. Arazi kullanımı için düşünüldüğünde, bir pikseldeki arazi kullanımının, ilgili mekansal faktörlere bağlı olarak değişebileceğini veya değişemeyeceğini saptamaya yarar. Yöntemin 1 ya da 0 sonucuyla

çalışması bu yöntemin bir sınıflandırma algoritması olarak kullanılmasına olanak tanır.

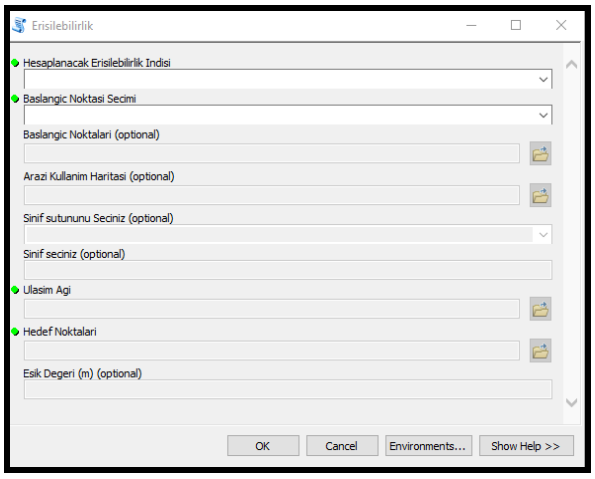
$$\log\left(\frac{p_{ij}^{t}}{1-p_{ij}^{t}}\right)=\beta_0+\beta_1 x_{ij,1}^{t}+\beta_2 x_{ij,2}^{t}+..+\beta_n x_{ij,k}^{t} \quad (8)$$

Eşitlikte, *ij* hücresindeki kentleşmenin gelişim olasılığı eşitliğin sol tarafında yer alırken, *β* değerleri, *x* mekansal faktörlerin katsayılarıdır.

Yöntemlerden sonuncusu olan yapay sinir ağları modelleri, arazi kullanımı simülasyonlarında lineer olmayan problemlerin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır (Qiang ve Lam, 2015; Liu ve diğerleri, 2017; Omrani, Tayyebi ve Pijanowski, 2017). Simülasyon modellerinde kullanılan en popüler yapay sinir ağları yöntemi, geri beslemeli yapay sinir ağları modelidir. Girdi veri setindeki değerler rastgele ağırlıklarla değerlendirilerek ara katmanlara gider ve sonra çıktı katmanı ile karşılaştırılır. Karşılaştırmalar sonrasında ağırlıklar, geri beslemeli şekilde katsayılara düzeltme getirilerek değişir.

4. SONUÇLAR

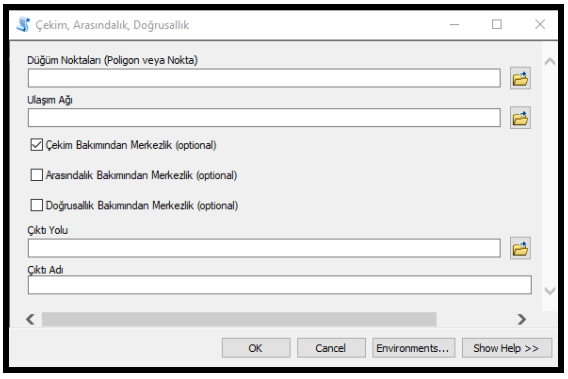
Mevcut CBS yazılımlarında bulunmayan bu analizleri gerçekleştirebilmek adına 4 farklı araç geliştirilmiştir. Bu araçlardan Şekil 2'de gösterilen erişilebilirlik arayüzünde potansiyel ve günlük erişilebilirlik hesaplama seçenekleri bulunmaktadır. Sınıflandırılmış arazi örtüsü/kullanımı haritası ya da ilgi noktaları girdi olacak şekilde tanımlanarak başlangıç noktalarının ve hedef noktalarının toplam erişilebilirlik değerleri hesaplanabilmektedir.



Şekil 2. Erişilebilirlik hesabı arayüzü

Bu hesaplamada, başlangıç girdi verisi olarak arazi kullanımı haritası seçildiğinde, seçilen arazi örtüsü/kullanımı sınıfı üzerinde 1km * 1km gridler oluşturulup, grid orta noktaları, analizde ihtiyaç duyulan başlangıç noktaları olarak üretilir. Bu yöntem, literatürde bulunan trafik bölgelerinin (zonlarının) ya da ilçe merkezlerinin orta noktalarını kullanan hazır yazılım paketleri çözümlerine kıyasla, içerdiği hassasiyet ve mekansal çözünürlük dolayısıyla büyük avantaj sağlamaktadır (Shoman ve Demirel, 2018). Başlangıç noktalarının yanı sıra hedef noktaları ve ilgili yıla ait ulaşım ağı seçilerek, toplam erişilebilirlik, veri tabanına kayıt edilir.

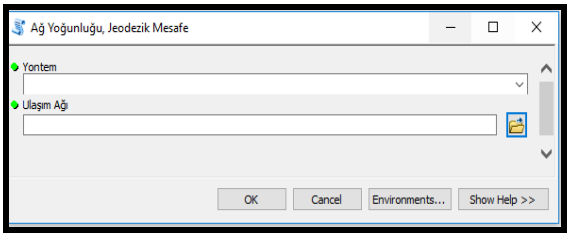
Ağ bütünlüğü analizleri için 2 farklı arayüz geliştirilmiştir. Şekil 3'de gösterilen ilk arayüzde düğüm bazlı analizler olan çekim, arasındalık ve doğrusallık analizleri yer almaktadır.



Şekil 3. Çekim, arasındalık ve doğrusallık hesabı için arayüz

Bu arayüzde girdi olarak ulaşım ağı elemanlarından düğüm noktaları ve ağın kendisi girilir. Üzerlerine ilgili analiz sonucu işlenmiş şekilde ağ elemanları, analizin sonucu olarak veritabanına kaydedilir.

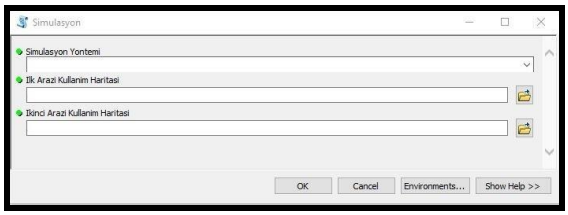
Kenar bazlı göstergeler olan, ağ yoğunluğu ve jeodezik mesafe göstergelerinin hesaplanması için Şekil 4'de gösterilen arayüz geliştirilmiştir.



Şekil 4. Ağ yoğunluğu ve jeodezik mesafe hesaplama arayüzü

Hazırlanan arayüzde ağ yoğunluğu ve jeodezik mesafe göstergeleri hesaplanmaktadır. Ağ yoğunluğu ve jeodezik mesafe için ilgili yıla ait ulaşım ağı verisi girdi olarak tanımlanmaktadır. Ağ yoğunluğu hesabında, girdi ulaşım ağı verisinin sınırları içerisinde 1km*1km gridler oluşturularak, grid başına düşen toplam yol uzunluklarının ortalaması hesaplanır ve sonuç, harita ve tablo şeklinde sayısal olarak kayıt edilir.

Arazi kullanımı simülasyonu yöntemleri için Şekil 5'de gösterilen arayüz tasarlanmıştır.



Şekil 5. Arazi simülasyonu arayüzü

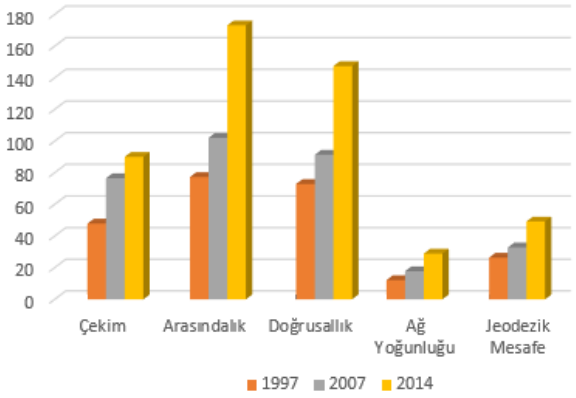
Lineer regresyon yönteminde çıktı olarak görsel bir sonuç verilememekte, ancak tahmin edilen yılın arazi kullanımı sınıflarına ait sayısal alan değerleri veri tabanına kaydedilebilmektedir. Mantıksal regresyon ve yapay sinir ağları yöntemleri ise hem görsel bir harita şeklinde, hem de tablo olarak arazi kullanım sınıflarının değişimini ve değişim değerlerini başarılı bir şekilde gösterebilmektedir.

Arayüzlerin kodlanması sürecinde açık kaynak kodlu Python 2.7 programlama dili kullanılmıştır. Erişilebilirlik ve kenar bazlı ağ bütünlüğü arayüzlerinin kodlanma sürecinde, ArcMap üzerinde işlem yapmayı sağlayan arcpy kütüphanesi haricinde, matris işlemleri için numpy kütüphanesi kullanılmıştır. Çekim, arasındalık ve doğrusallık değerlerinin hesaplanması için Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nün hazırlamış olduğu, Andres Sevtsuk, Michael Mekonnen, Raul Kalvo tarafından yazılan açık kaynak kodlu "Urban Network Analysis Toolbox" arayüzünün kaynak kodlarından faydalanılmıştır (Sevtsuk ve Mekonnen, 2012). Simülasyon yöntemleri için ise raster veri analizi için GDAL, matris işlemleri için numpy, mantıksal regresyon ve yapay sinir ağları modeli oluşturabilmek adına ise scikit-learn ve keras kütüphaneleri kullanılmıştır.

Tasarlanan arayüzler, proje taahhütüne uygun olarak ArcMap yazılımına entegre edilmiş ve farklı yıllara ait veri setleri ile test edilmiştir. Çalışma kapsamında, 2007 ve 2014 yılları için, arazi kullanım haritalarından üretilmiş kentin ikamet edilen bölgelerinden, eğitim ve sağlık merkezlerine erişilebilirlik analizleri, 1997, 2007 ve 2014 yılları için ağ bütünlüğü testleri ve 2023 yılına yönelik arazi kullanım simülasyonları, ilgili arayüzler kullanılarak yapılmıştır.

Çalışma alanı için 2007 ve 2014 yıllarında, yerleşim sınıfından eğitim merkezlerine olan potansiyel toplam erişilebilirliğin %21,31, sağlık merkezlerine olan potansiyel toplam erişilebilirliğin ise %38,46 artış gösterdiği, erişilebilirlik arayüzü üzerinden hesaplanmıştır. Günlük erişilebilirlikte bu değerler sırasıyla %16,8 ve %31,12 olarak hesaplanmıştır. Bu süreçte yapılan ulaştırma yatırımları, insanların ikamet ettiği bölgelerden, özellikle sağlık merkezlerine olan mesafeyi kısaltarak, erişimi verimli bir şekilde arttırmıştır.

Ağ bütünlüğü analizleri, beş farklı gösterge kullanılarak, 1997, 2007 ve 2014 yılları için, geliştirilen arayüzler aracılığıyla yapılmıştır ve sonuçlar Şekil 6'da sunulmaktadır.



Şekil 6. Ağ Bütünlüğü Analizi Sonuçları

Sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, özellikle arasındalık ve doğrusallık göstergelerinde metrobüsün açıldığı tarihten sonra, diğer döneme göre daha fazla artış gözlemlenmiştir. Bu sonuç, 2007-2014 yılları arasında gerçekleştirilen yatırımların, en kısa yol mesafelerini kısalttığı ve ağdaki kilit noktaları üzerindeki stresi azalttığı anlamına gelmektedir. Diğer göstergeler çekim, ağ yoğunluğu ve jeodezik mesafe göstergeleri de ağın performansının devamlı arttığına bir göstergedir. Elde edilen bu sonuçların, çeşitli CBS analiz yöntemleri bir arada kullanılarak kontrolü yapılmış ve arayüzlerin beklenen doğrulukta çalıştığı gözlemlenmiştir.

Arazi kullanımı simülasyonu için ise ilk olarak 1997 yılından 2007 yılına olan arazi kullanımı ve mekânsal değişkenler değişimi referans alınarak

önce 2014 yılı arazi kullanımı simüle edilmiş ve bu yıla ait gerçek arazi kullanımı haritasıyla karşılaştırılarak model doğruluğu test edilmiştir. Bu doğrulama kappa doğrulama yöntemi kullanılarak yapılmış ve kappa doğruluğu, mantıksal regresyon için %88, yapay sinir ağları yöntemi için %83 olarak bulunmuştur. Mekansal değişkenler olarak mevcut vektör verilerden (yollar, hastane ve okullar, endüstri bölgeleri, yerleşim yerleri), raster tabanlı "yakınlık" haritaları, öklid mesafe yöntemi kullanılarak üretilmiştir. Ayrıca sayısal yükseklik modeli ve bu modelden üretilmiş eğim haritası da girdi veriler olarak kullanılmıştır. Arayüz, girdi verileri kullanarak, ilgili matematiksel eşitlikleri oluşturup, lineer regresyon için simülasyon yılına ait alan değerlerini, mantıksal regresyon ve yapay sinir ağları için ise sonuç haritaları üretmiştir.

Lineer ve mantıksal regresyon yöntemleri yalnızca yerleşim sınıfındaki değişimi gözlemlemek için kullanılmıştır. Lineer regresyon için istatistiksel doğruluk değeri olarak R^2 değeri 0,77 bulunmuştur. İstatistiksel sonuçlar detaylı bir şekilde incelendiğinde, şehirdeki kentsel bölge değişiminin doğrusal bir trend izlemediği sonucuna varılmıştır. Bu yöntemler sonucu elde edilmiş yerleşim sınıfına ait alan bilgileri Tablo 1'de verilmiştir (Aldoğan, Akın, Eroğlu ve Demirel, 2018).

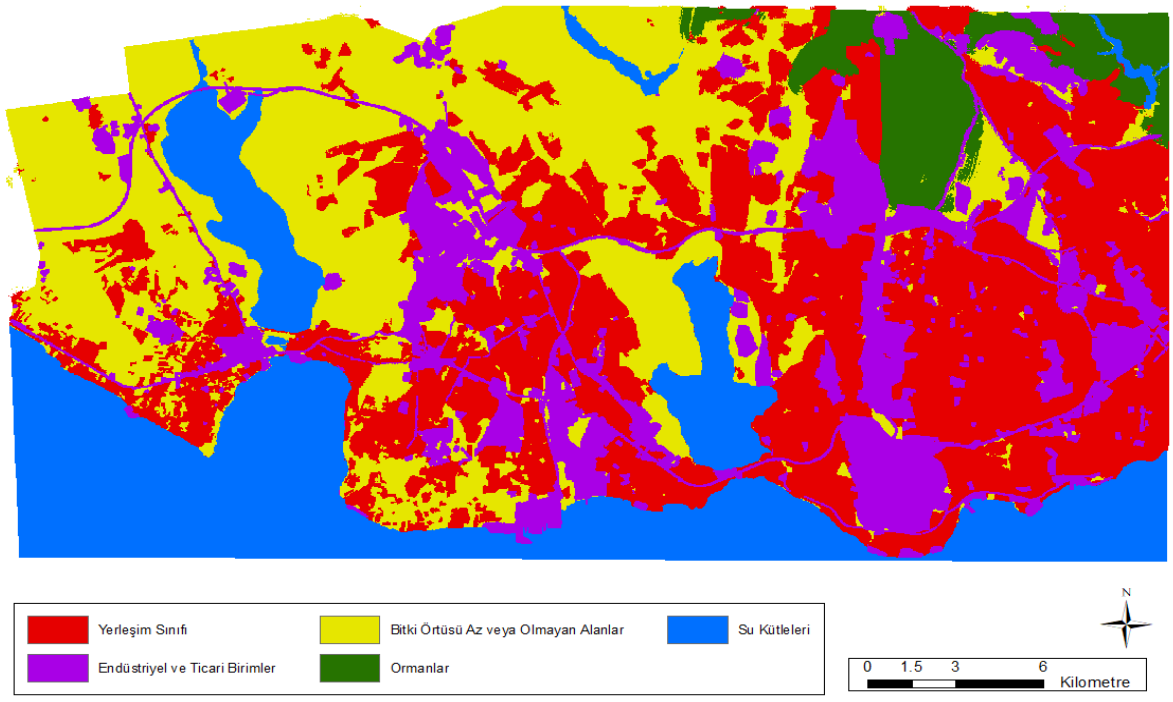
Yapay sinir ağları modeli oluşturulurken sisteme girdi nöronları olarak, yollara yakınlık, endüstri bölgelerine ve yerleşim yerlerine yakınlık, dijital yükseklik modeli ve eğim haritaları girilmiştir.

Arayüzde kullanılan yapay sinir ağları mimarisinde, sistemi kalibre etmek adına 20 adet gizli katman yaratılmış, ayrıca aktivasyon fonksiyonu olarak girdi ve gizli nöronlarda "Rectified Linear Unit", çıktı nöronunda ise "Softmax" fonksiyonu kullanılmıştır.

Tablo 1. Lineer ve mantıksal regresyon sonuçları

	Yerleşim Sınıfı Alanı (km²)
1997	157,30
2007	190,50
2014	237,65
2023 LR	262,02
2023 MR	286,96

1982x1022 çözünürlüğe sahip olan raster veriler, 2025604x1'lik bir matris formuna dönüştürülmüş ve sistem her 10.000 satırdan sonra geri beslemeli şekilde denklemleri düzeltecek şekilde kurgulanmıştır. Simülasyon %81 eğitim doğruluğu ile gerçekleştirilmiş ve sonuç harita Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Yapay sinir ağları ile 2023 yılı arazi kullanımı haritası simülasyonu

Yapay sinir ağları kullanılarak yapılan simülasyonda, yerleşim sınıfı alanı 292.54 km² bulunmuştur. Tüm sınıflar arası ilişkiyi gösterebilmesi ve İstanbul gibi ilişkinin matematiksel ifadelerle açıklaması güç olan bölgeleri açıklayabilmesi sebebiyle, yapay sinir ağları, kullanılan yöntemlerden en verimli sonucun sağlandığı yöntemdir. Yapılan çalışma doğrultusunda yıllara bağlı yerleşim sınıfı alanı değişimi ile ulaşım ağına yapılan yatırımlar arasında pozitif bir korelasyon olduğu sonucuna varılmış ve bu korelasyon sayısal ifadelerle ortaya konmuştur.

Uygulaması ve kontrolleri yapılan arayüzler, CBS alanında açık kaynak kodlu yazılımların işlevsel ve kullanışlı olduğunu göstermektedir. Mevcut yazılım paketlerinin içinde bulunmayan analiz yöntemleri ve algoritmalar, bu sayede kullanılan yazılımlara entegre edilebilir ve sonuçlar bu sayede görselleştirip yaygınlaştırılabilir. Bu yazılımlara olan ilginin artması CBS'nin gelişiminde sürükleyici bir rol oynamaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK ARDEB-1001 programı çerçevesinde 115Y692 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Projeye katkı veren İETT'ye teşekkür ederiz.

ORCID

Ömer AKIN https://orcid.org/0000-0002-8109-0313

Ahmet EROĞLU https://orcid.org/0000-0002-8478-4900

Hande DEMİREL https://orcid.org/0000-0003-0338-791X

K A Y N A K L A R

Akın, Ö., Eroğlu, A. ve Demirel, H. (2019, Mayıs). Açık kaynak kodlu ağ analiz algoritmaları ve arazi Örtüsü/kullanımı simülatörü. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Teknik Sempozyumu,* Aksaray.

Aldoğan, C. F., Akın, Ö., Eroğlu, A. ve Demirel, H. (2018). Modeling land use simulation of Istanbul for 2023 with logistic regression. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, *9*(3), 349-354.

Bouttier, J., Francesco, P.D. ve Guitter, E. (2003). Geodesic distance in planar graphs. *Nuclear Physics B*, *663*(3), 535–567. Doi: 10.1016/S0550-3213(03)00355-9

Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, *20*, 37–46. Doi: 10.1177/001316446002000104

Crucitti, P., Latora, V. ve Porta, S. (2006). Centrality measures in spatial networks of urban streets. *Physical Review E, 73*(3), 036125. Doi: 10.1103/PhysRevE.73.036125

Dalvi, M. Q. ve Martin, K. M. (1976). The measurement of accessibility: Some preliminary results. *Transportation, 5*, 17–42. Doi: 10.1007/BF00165245

Demirel, H., Kompil, M. ve Nemry, F. (2015). A framework to analyze the vulnerability of European road networks due to Sea-Level Rise (SLR) and sea storm surges. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *81*, 62-76. Doi: 10.1016/j.tra.2015.05.002

Demirel, H. ve Şeker, D. Z. (2015, Mayıs). Fotogrametrik Açık Kaynak Kodlu Yazılımlar: Yeni Bir Dönem. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Teknik Sempozyumu,* Konya.

Dundon-Smith, D. M. ve Gibb, R. A. (1994). The Channel Tunnel and regional economic development. *Journal of Transport Geography, 2*(3), 178-189. Doi: 10.1016/0966-6923(94)90003-5

European Environment Agency (EEA). (2000). *CORINE land cover technical guide–Addendum 2000.* Erişim Adresi: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.517.9145&rep=rep1&type=pdf

Ford, A., Barr, S., Dawson, R. ve James, P. (2015). Transport accessibility analysis using GIS: Assessing sustainable transport in London. *ISPRS International Journal of Geo-Information. 4*(1), 124-149. Doi: 10.3390/ijgi4010124

Freeman, L. C. (1978). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social networks, 1*(3), 215–239. Doi: 10.1016/0378-8733(78)90021-7

Friedrich, C. (2014). *Comparison of ArcGIS and QGIS for applications in sustainable spatial planning* (Yüksek lisans tezi). Viyana Üniversitesi.

Geurs, K. T. ve van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography, 12*(2), 127–140. Doi: 10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005

Geurs, K. T. (2006). *Accessibility, Land Use and Transport: Accessibility Evaluation of Land Use and Transport Developments and Policy Strategy* (1. Baskı). Rotterdam: Eburon.

Hansen, W. G. (1959). How accessibility shapes land use. *Journal of American Institute of Planners, 25*(1), 73–76. Doi: 10.1080/01944365908978307

Nyberg, B., Nixon, C. W. ve Sanderson, D. J. (2018). NetworkGT: A GIS tool for geometric and topological analysis of two-dimensional fracture networks. *Geosphere. 14*(4), 1618-1634. Doi: 10.1130/GES01595.1

Omrani H., Tayyebi A. ve Pijanowski B. (2017). Integrating the multi-label land-use concept and cellular automata with the artificial neural network-based Land Transformation Model: an integrated ML-CA-LTM modeling framework. *GIScience & Remote Sensing, 54:3*, 283-304. Doi: 10.1080/15481603.2016.1265706

Iacono, M., Krizek, K. ve El-Geneidy, A. (2008). *Access to Destinations: How Close is Close Enough? Estimating accurate distance decay functions for multiple modes and different purposes* (MN/RC 2008-11). Minnesota Üniversitesi.

Liu, X., Liang, X., Li, X., Xu, X., Ou, J., Chen, Y., Li, S., Wang, S. ve Pei, F. (2017). A future land use simulation model (FLUS) for simulating multiple land use scenarios by coupling human and natural effects. *Landscape and Urban Planning, 168*, 94-116. Doi: 10.1016/j.landurbplan.2017.09.019

Lee, S., An, H., Yu, S. ve Oh, J. J. (2014). Creating an advanced backpropagation neural network toolbox within GIS software. *Environmental earth sciences, 72*(8), 3111-3128. Doi: 10.1007/s12665-014-3216-7

Lutter, H., Putz, T. ve Spangenberg, M. (1992). *Accessibility and peripherality of community regions: The Role of Road, Long-distance Railways and Airport Networks*.

Qiang, Y. ve Lam, N. S. (2015). Modeling land use and land cover changes in a vulnerable coastal region using artificial neural networks and cellular automata. *Environmental monitoring and assessment, 187*(3), 57. Doi: 10.1007/s10661-015-4298-8

Sevtsuk, A. ve Mekonnen, M. (2012). Urban network analysis. *Revue internationale de géomatique–n, 22,* 287–305. Doi: 10.3166/RIG.22.287-305

Shoman, W. ve Demirel, H. (2018). Spatio-temporal evaluation of transport accessibility of the istanbul metrobus line. *Geocarto International.* Doi: 10.1080/10106049.2018.1524515

Tsou, M. H. ve Smith, J. (2011). *Free and Open Source software for GIS education*. San Diego.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2019). *İl ve İlçe Nüfusları*. Erişim Adresi: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr

Taşkın Alanlarının Belirlenmesi, MapBOX Ortamında Sunumu ve Mobil Uygulama Geliştirilmesi

(The Determination of Floodplains, Presentation with MapBOX of Floodplains and Mobile Application Development)

Gülten KARA, İrem TURAN, Muharrem CEVHER, Çetin CÖMERT

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon

gispir@ktu.edu.tr, irmturan@gmail.com, muharremcevher93@gmail.com, ccomert@ktu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 06.02.2019 Kabul Tarihi (Accepted): 17.12.2019

ÖZ

En büyük doğal afetlerden birisi olan taşkınlar, çok sayıda can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Taşkınlara neden olan en önemli etkenlerin başında plansız yapılaşma ve gerekli tedbirlerin alınmaması gelir. Taşkınların önceden tahmin edilmesi ve taşkın alanında yaşayanların tahliye edilmesi zararların en aza indirilmesinde önemli katkı sağlayacaktır. Taşkın modellemede kullanılan en önemli yöntemlerden birisi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamalarıdır. Bu çalışmada, arazi modelleme ve konumsal analizler ArcGIS yazılımı ile hidrolik analizler ise HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında arazi modelinin oluşturulması ve gerekli hidrolik analizler sonucunda üretilen haritanın MapBOX ortamında sunumunun nasıl gerçekleştirildiği ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Oluşturulan arazi modeli ArcGIS üzerinden HEC-GeoRAS modülü ile HEC-RAS'a aktarılmıştır. Gerekli analizler yapılarak sonuçlar ArcGIS ortamına aktarılarak taşkın haritaları oluşturulmuştur. Sonrasında belirlenen taşkın alanlarının açık kaynak kodlu web haritalama platformu olan MapBOX ile sunumu gerçekleştirilmiştir. Taşkın haritasını mobil cihazlarda paylaşarak taşkın bölgesinde yaşayanları bilgilendirmek amacıyla Taşkınsell adlı mobil uygulama geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Taşkın analizi, SYM, CBS, HEC-RAS, MapBOX.*

ABSTRACT

Floods, one of the biggest natural disasters, can cause loss of life and property. The most important factors causing floods are unplanned construction and failure to take necessary measures. Prediction of floods and evacuation of the inhabitants will contribute significantly to the minimization of damages. One of the most important methods used in modeling is Geographic Information Systems (GIS) applications. In this study, terrain modeling and spatial analyses are performed with ArcGIS software and hydraulic analyses with HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) 4.0 software. Within the scope of the study, the creation of the terrain model and the generated map, produced with necessary hydraulic analyses and how it is presented in MapBOX Platform are explained in detail. The terrain model is transferred to HEC-RAS via ArcGIS with HEC-GeoRAS module. After the necessary analyses, the results are transferred to ArcGIS software and flood maps are created. Then, the floodplains are presented with MapBOX, an open source web mapping platform. By sharing the flood map on mobile devices, a mobile application called as Taşkınsell is developed to inform the inhabitants of the flood area.

Keywords: *Flood analysis, DEM, GIS, HEC-RAS, MapBOX.*

1. GİRİŞ

Taşkın genel olarak, bir akarsu yatağına beklenenden fazla su gelmesi ile birlikte akarsu debisinin farklı sebeplerle artması sonucunda oluşan su baskınlarıdır. Geçmişte ciddi maddi ve manevi zararlara yol açmış olan taşkınların temel sebepleri, jeomorfolojik özellikler, arazi kullanımı/örtüsü özellikleri, şiddetli ve sürekli yağmurların yağması, ani kar erimeleri sonucu toprak su doygunluğunun artması ve yüzeysel akışın hızlanması olarak görülebilir. Özellikle arazi eğiminin düşük olduğu yerlerde taşkınların çevreye verdiği zararlar daha da fazladır. Bu zararlar, can ve mal kayıplarının yanı sıra günlük yaşamı etkileyen karayolu, demiryolu, havaalanı, su iletim dağıtım hatları, yüksek gerilim hatları gibi mühendislik yapılarının ve diğer tesislerin bozulması şeklinde sıralanabilir. Taşkın olaylarını önlemek mümkün değildir ancak taşkın riskinin önceden belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması taşkın nedeniyle oluşacak can ve mal kayıplarının azalmasını sağlayacaktır.

Taşkın risklerinin önceden tahmin edilmesi ve ön uyarı sistemlerinin oluşturulması, ulusal düzeyde konumsal veri altyapısının kullanılması gereken sistematik bir süreç gerektirir. Yapılacak çalışmaların hassasiyeti ve uygulama ölçeğine göre farklı yöntemlerle veriler elde edilmektedir. Elde edilen verilerin CBS ile değerlendirilmesi, sorgulanması, analiz edilmesi ile karar vericilere veya son kullanıcılara üretilen sonuçların sunulması mümkündür. CBS ile üretilen sonuç haritaların anlık ve hızlı bir şekilde paylaşımı taşkın risklerinin en aza indirgenmesini sağlayacaktır.

Atıf/To cite this article: Kara, G., Turan, İ., Cevher, M. ve Cömert, Ç. (2020). Taşkın Alanlarının Belirlenmesi, MapBOX Ortamında Sunumu ve Mobil Uygulama Geliştirilmesi. *Harita Dergisi*, 163, 38-49.

Ülkemizde bugüne kadar yapılan afet çalışmalarına bakıldığında yapılan çalışmaların çoğunun afetlerden sonraki müdahale etme aşamasını içerdiği görülmektedir. Ancak afet yönetimi kapsamında, bu çalışmaların aksine insanları olası tehlikelerden uzak tutmak ve afetler olmadan önce olası risklerin minimuma indirilmesine yönelik çalışmalar yapılması gerekir (Kadıoğlu, 2008). Taşkınların daha önceden tahmin edilmesi ve gerekli önlemlerin alınmasında ulusal konumsal veri altyapısının yanı sıra CBS ve hidrolik/hidrolojik analiz yazılımları büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda CBS ve hidrolik/hidrolojik analizlerin birlikte kullanıldığı akademik çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

U.S. Army Corps of Engineers (USACE) tarafından geliştirilen HEC-RAS, çoğunlukla hidrolik modellemelerin gerçekleştirilmesi için kullanılır. 1964'te başlayan gelişim süreci 1995' te HEC-RAS 1.0 ile hız kazanmış ve yeni özellikler eklenerek HEC-RAS 5.0.5 sürümü kullanıma sunulmuştur. Ülkemizde, ilk kez Yazıcılar ve Önder (1998) tarafından, Bartın nehrinde taşkın anında oluşabilecek su yüzü seviyelerinin hesaplanması için kullanılmıştır. Hesaplanan su yüzü seviyelerine göre belirlenen taşkın alanı, 1998'de Bartın Merkez'de yaşanan taşkın anında oluşan ve haritalanan gerçek alanlarına oldukça yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Azagra, Olivera ve Maidment (1999) Düzensiz Üçgenler Ağı (Triangulated Irregular Network: TIN) ve hava fotoğrafı verilerini kullanarak Texas Waller Nehir Havzası taşkın haritasını oluşturmuştur. Doğanoğlu (2000), geçmişte taşkınlara maruz kalan Fethiye Çayboğazı Havzası için taşkın haritası oluşturmuştur. Oluşturulan harita, görselleştirmenin yanı sıra taşkın alanlarının alansal değişiminin belirlenmesini de sağlar. Mclin, Springer ve Lane (2001), ArcView GIS–HEC modelleme uygulamasını kullanarak taşkın öncesi ve sonrası analizlerin yapılabilmesi için taşkın haritası oluşturmuşlardır. Sinnakaudan, Ghani, Kiat, Ahmad ve Zakaria (2002), Malezya'da Kinta Nehri'nin bir alt havzası olan Pari Kolu için taşkın risk haritası oluşturmuştur. Turan (2002), Bartın Havzası'nın alt havzalarından olan Ulus Havzası'nda MKE 11 GIS ve MKE 11 HD modüllerinin entegrasyonu ile 10, 25, 50 ve 100 yıllık taşkın olayları için taşkın haritası oluşturmuştur. Tate, Maidment, Olivera ve Anderson (2002), Texas Waller Nehri'nde HEC-RAS ve Arcview kullanarak taşkın risk haritası oluşturmuşlardır. Aynı zamanda CBS ve HEC-RAS entegrasyonu ile birlikte sayısal arazi modeli üretmek için bir yaklaşım önermişlerdir.

Usul (2004), Bartın ili Ulus ilçesi sınırlarında yer alan Ulus Deresi'ne ait örnek taşkın çalışmasında ArcGIS bileşenlerinden ArcView yardımıyla havzaya ait Sayısal Yükseklik Modellerini oluşturarak kesitler oluşturmuştur. Bu kesitler üzerinden HEC-RAS kullanılarak taşkın alanlarını belirlemiştir.

Onuşluel (2005), çalışmasında İzmir Bostanlı Havzası'nda CBS kullanarak HEC-RAS modelleme sistemine dayalı taşkın tahmini ve taşkın alanının belirlenmesinde çok karmaşık olmasının yanı sıra doğru ve hızlı bir teknik olan ve selin oluşabileceği yeri ve zamanı doğru bir şekilde belirleyebilen "otomatik taşkın alanı belirleme tekniğini" kullanmıştır. HEC-RAS hidrolik modeli İzmir Bostanlı Havzası'ndaki kritik yerlere kararlı ve kararsız akım simülasyonlarının oluşturulması amacıyla uygulanmıştır. Taşkın pik değerleri ve taşkın hidrografları HEC-HMS hidrolojik modeli ile elde edilmiş ve bu model çıktıları HEC-RAS modelinde girdi olarak kullanılmıştır. HEC-RAS modelinden elde edilen su derinlikleri daha sonra ArcView sistemine uygun ArcView yardımcı programları ile aktarılmış ve böylece taşkın altında kalabilecek olan alanlar belirlenerek görsel hala getirilmiştir.

Özdemir (2007), Balıkesir Havran Çayı Havzası'nın CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizini gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmada Havran İlçe merkezi ve ovası için taşkın risk haritaları oluşturulurken CBS, HECRAS ve HEC-GeoRAS yazılımlarından yararlanılmıştır. 1/25000 ölçekli topografik verilerin yanı sıra Havran Çayı yatağındaki GPS verileri ve uydu görüntüleri, ArcGIS, ArcGIS'in bir uzantısı olarak çalışan ve HEC-RAS'a girilecek geometrik verilerin hazırlandığı Hec-GeoRAS ve HEC-RAS yazılımları kullanılarak, farklı senaryolara bağlı taşkın haritaları yapılmıştır.

Kara (2009), çalışmasında HEC-RAS paket programına veri giriş yöntemi ve köprü modeli oluşturmak için gerekli tasarım özellikleri ve programda ele alınan kanal düzeneği ve akım şartları hakkında bilgiler vermiştir. Bahsedilen kanal ve akım şartları programda tanımlanarak, seçilmiş olan beş farklı debi için dört farklı dikdörtgen kesitli köprü modelindeki su yüzü profilleri belirlenmiştir. Kanal sistemi üzerinde oluşturulan kararlı akım durumunda seçilen beş farklı debi ile dört farklı dikdörtgen köprü açıklığı için HEC-RAS paket programıyla elde edilen su yüzü profilleri ile deneysel çalışmalarla daha önce elde edilmiş olan profiller karşılaştırılarak sonuçlar irdelenmiştir. Program sonuçları ile ölçüm değerlerinin uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Düden (2010), çalışmasında Darıdere Barajı'nın yıkılma analizlerini HEC-RAS ve DAMBRK programları kullanarak incelemiştir. Darıdere barajı yıkıldığı zaman mansapta en büyük zarar görecek kısımların, pik taşkın debilerinin ve pik taşkın dalgası kotlarının en yüksek değerlere ulaştığı baraja en yakın bölgeler olduğu görülmüş ve hangi kesitlerde hangi kotlara kadar, yerleşim bölgelerinin su altında kalacakları tespit edilmiştir ve alınacak önlemler konusunda önerilerde bulunulmuştur.

Uçar (2010), çalışmasında Trabzon Değirmendere Havzası'nda taşkın risk haritalarını oluşturmuştur. Arazi modellemeleri ArcGIS 9.3, hidrolik analizler ise HEC-RAS 4.0 ile gerçekleştirilmiştir. Özellikle Maçka ilçe merkezinde; yapılaşmanın dere yatağının tam kenarında olması ve mevcut köprülerin dar olan dere yatağını daha da küçültmesinden dolayı, olası maksimum taşkın anlarında yapıların çok zarar göreceği tespit edilmiştir. Çalışmada yerleşim yerlerinin modellenmesi için kullanılan 1/2000 ölçekli haritadaki eksik veriler, arazi çalışmalarında belirlenmiş ve sayısallaştırılarak analizlere dâhil edilmiştir. Bu sayede arazinin 3 boyutlu modeli, ArcGIS ile oluşturulmuştur. Bu modelden alınan tüm topografik veriler, ArcGIS üzerinde çalışan HEC-GeoRAS modülü yardımıyla hidrolik analiz yapılabilen HEC-RAS yazılımına aktarılmıştır. İstatistiksel yöntemlerle bulunan yinelemeli sahip debi değerleri de hidrolik modele girilerek su seviyeleri tespit edilmiştir. Sonuçlar HEC-GeoRAS yardımıyla ArcGIS yazılımına aktarılarak taşkın risk haritaları elde edilmiştir. Risk taşıyan birçok yerleşim yeri tespit edilmiş, çeşitli yapısal ve yapısal olmayan çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Batur (2011), çalışmasında 16 Şubat 2010 yılında Meriç Nehri'nde meydana gelen taşkının taşkın öncesi, taşkın dönemi ve sonrasını kapsayan çok zamanlı Landsat 5 TM görüntüleri kullanılarak taşkının etkilediği alanlar belirlenmiştir. Bu görüntüler yardımıyla arazi örtüsü ve taşkın haritaları oluşturulmuş ve çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır. Taşkın öncesi, taşkın dönemi ve sonrasına ait uydu görüntülerine kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri uygulanmıştır. Elde edilen tarım alanı verileri ile DSİ XI. Bölge Müdürlüğü-Edirne'nin yersel çalışmaları sonrasında bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kontrollü sınıflandırma yöntemiyle bulunan taşkından etkilenen tarım alanının, DSİ XI. Bölge Müdürlüğü-Edirne verileri ile karşılaştırılması sonucunda %91 gibi yüksek bir doğruluk oranına sahip olduğu belirlenmiş ve optik uydu görüntülerinin taşkın çalışmalarında etkin bir şekilde kullanılabileceği gösterilmiştir.

Nas ve Nas (2015), Gümüşhane sınırındaki Harşit Çayı Havzası'nda 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yinelemeli debilerin oluşturacağı taşkın alanlarını tespit etmişlerdir. Analizlerin gerçekleştirildiği topografik veriler 1/25000 ve 1/5000 ölçekli uydu fotoğrafları ve arazi gözlemlerinden oluşmaktadır. Topografik verilerden elde edilen arazi modelinden kesitler çıkarılmış ve HEC-GeoRAS alt programıyla hidrolik analizlerin gerçekleştirilmesi için HEC-RAS yazılımına aktarılmıştır. Hidrolik model ile tespit edilen su yüzü profilleri tekrar CBS'ye aktarılmış ve IKONOS uydu görüntülerinden elde edilen arazi kullanım haritasıyla çakıştırılıp, nerelerin sular altında kalabileceği farklı senaryo için gösterilmiştir. Bu çalışma sonunda Harşit Çayı Havzası'nda yaklaşık 10 km'lik çay kolunun taşkın haritaları üretilmiştir.

Taş, İçağa ve Zorluer (2016), çalışmalarında Akarçay Afyon Alt Havzasının değişik dönüş aralıkları için hesaplanan taşkın debilerinde su seviyeleri ve su altında kalacak yerlerin HEC-RAS yazılımı ile belirleyerek taşkın zarar tahmini yapmıştır. Karaca, Birdal ve Türk (2016), Kelkit Çayı için taşkın risk haritasını oluşturmuştur. Üretilen taşkın modellerine göre Kelkit Çayı vadisi yerleşim alanlarının, tarım arazilerinin, şehirlerarası yolların taşkın potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

Özcan (2017), çalışmasında taşkın analizinde kullanılan çok ölçütlü karar verme yöntemi, analitik hiyerarşi yöntemi, hidrolik modelleme yöntemi, bilgi difüzyon teorisi ve scs-cn yöntemi kullanılarak Ayamama Deresi için elde edilen sonuçları irdelemiştir. Kullanılan yöntemler avantaj ve dezavantajları yönünden karşılaştırılmıştır.

Hu, Cheng, Zhou ve Zhang (2017), Çin'in Pekin kentindeki Fangshan Bölgesinin taşkın risk haritalarını CBS kullanarak oluşturmuştur. Gerçek taşkın olayıyla yapılan karşılaştırmada yöntemin etkili ve pratik olduğu gösterilmiştir. Yöntem, Çin'deki çoğu banliyö bölgesinin arazi kullanım planlaması ve taşkın risk yönetimi için kolayca uygulanabilir.

Tokgözlü ve Özkan (2018), Aksu Çayı Alt Havzası için taşkının olmasında etkili olan faktörlerin (yağış, eğim, arazi kullanımı-bitki örtüsü, toprak, akarsu ağlarına yakınlık ve litoloji) kendi aralarında önem sıralaması yapılmıştır. Bunlar Analitik Hiyerarşi Süreci'nde çıkan katsayılara göre de tekrar sınıflandırılarak Coğrafi

Bilgi Sistemleri ortamında taşkın risk haritası oluşturulmuştur.

Stoleriu, Urzica ve Mihu-Pintilie (2019), kuzey Romanya'da taşkın alanlarının modellenmesi ve çalışma alanındaki 30 yerleşim yerinde (Başeu Nehri havzası) meydana gelebilecek olası hasarların karşılaştırmalı değerlendirilmesi için üç test (T1, T2 ve T3) yapmıştır. Resmi hidrolojik tehlike haritalarının (T1) doğruluğu, yüksek yoğunluklu LiDAR verileri ve HEC - RAS yazılımı (T3) kullanılarak geliştirilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, CBS ile yüksek yoğunluklu LiDAR verilerini ve çeşitli hidrolik modelleme yöntemlerini kullanarak taşkın risk haritalarının doğruluğunu arttırmaktır.

Ülkemizde taşkın yönetimi ile ilgili çalışmalar başta Tarım ve Orman Bakanlığı olmak üzere; bakanlıklar, bakanlıklara bağlı alt birimler ve yerel yönetimler tarafından yapılmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, DSİ, AFAD, Belediyeler ve ilgili valilikler taşkın yönetiminde rol alan kurumlardan bazılarıdır. Taşkın yönetim planlarında sırasıyla; havzadaki muhtemel riskli alanların tespiti için taşkın riski ön değerlendirmesi yapılmakta, taşkın yayılım alanları, su derinlikleri ve hızlarını gösteren taşkın tehlike haritaları hazırlanmakta ve taşkının yerleşim alanlarında oluşturabileceği muhtemel riskleri gösteren taşkın risk haritaları hazırlanmaktadır. Ardından belirlenen bu risklerin yönetilmesi için uygun hedefler konulmakta ve bu hedeflere ulaşılması için alınması gereken tedbirler belirlenmektedir. Böylelikle taşkın tehlikesini azaltmaya veya ortadan kaldırmaya yönelik gerekli tedbirler alınarak havzadaki taşkınların insan sağlığı, çevre, kültürel miras ve sosyo-ekonomik faaliyetler üzerindeki olumsuz etkileri azaltılmakta mümkün olan durumlardaysa tamamen ortadan kaldırılabilmektedir. Bu kapsamda Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından Taşkın Direktifi'nin uygulanması için çok sayıda proje gerçekleştirilmiştir ve bu yönde çalışmalar hızla devam etmektedir. Yeşilırmak, Sakarya, Ceyhan, Susurluk, vb. havzalarda, Taşkın Yönetim Planları hazırlanmıştır. 2021 yılı sonuna kadar ülkemizdeki tüm havzaların taşkın yönetim planlarının hazırlanması öngörülmektedir. ("Su Yönetimi Genel Müdürlüğü", 2019).

Mevcut literatür incelendiğinde; taşkın alanlarının belirlenmesinde CBS ile birlikte kullanılan yöntemlerle taşkın haritaları oluşturulmuştur. Yapılan çalışmalar çoğunlukla taşkın sonrası dönemde gerçekleştirilmiştir. Taşkın sonrasında meydana gelen can ve mal kayıpları düşünüldüğünde erken taşkın uyarı sistemlerinin oluşturulması kaçınılmazdır. Bu kapsamda meteorolojik ve hidrolojik bilgilerin kullanılmasıyla taşkın öncesinde oluşturulan taşkın simülasyonlarına göre taşkın öncesi önlemler alınması gerekir. Bu çalışmada, bu amaca hizmet edecek taşkın alanlarının belirlenmesinin ardından farklı taşkın debileri için risk haritalarının oluşturulması ve oluşturulan haritanın MapBOX ortamında sunumu gerçekleştirilmiştir. Taşkın haritasına göre taşkın bölgesinde yaşayanların bilgilendirilmesi ya da kurtarılması gibi çalışmaların hızlandırılması için Taşkınsell mobil uygulaması geliştirilmiştir.

Günümüzde taşkınların yaşanmasına sebep olan en büyük engellerden biri düzensiz yapılaşmadır. Özellikle taşkına duyarlı alanlarda yapılaşmanın önüne geçebilmek için özellikle yerel yönetimlere büyük görevler düşmektedir. Bunu sağlamanın tek yolu da, gelişen teknolojiden yararlanarak taşkın bilgi sisteminin kurulması, tek bir elden risk yönetiminin gerçekleştirilmesi ve bu yolla mevcut hukuksal karmaşanın da önüne geçilmesidir. Bu konuda gerekli teknolojik altyapı oluşmaya başlamıştır. Ancak Türkiye'de gerek hidrometeorolojik gerekse topografik veriler yeterli miktarda değildir. Eğer taşkın sahalarının önceden belirlenebilmesi, gerekli analizlerin gerçekleştirilmesiyle taşkın modellemesi yapılmak isteniyorsa öncelikle veri alt yapısının iyileştirilmesi gerekmektedir. Risk yönetiminin sağlanabilmesi için, çeşitli yinelenme dönemlerine sahip debilerin oluşturacağı taşkınların etkilerinin en kolay şekilde ifade edilmesini sağlayan taşkın risk haritalarının oluşturulduğu bir model geliştirilebilir. Verilerin depolandığı ve arazi modelinin oluşturulduğu CBS ve su yüzü profillerinin tespit edileceği hidrolik modellerin bir arada kullanımıyla meydana getirilecek taşkın risk haritaları görsel anlamdaki boşluğu dolduracak çalışmalar olacaktır (Uçar, 2010).

2. YÖNTEM

Taşkın Yönetimi yağış, akış, su baskını gibi bilimsel ve mühendislik sorunları yanı sıra insan ve sosyo-ekonomik konularda planlama, yönetim ve geliştirme içeren bütüncül bir yaklaşımdır. Taşkın Yönetiminde; Taşkın Riski Ön Değerlendirmesi, Taşkın Tehlike Haritaları ve Taşkın Risk Haritaları 3 aşamalı Taşkın Yönetim Planını oluşturur (Taşkın Yönetimi, 2017). Taşkın riski ön değerlendirmesi kapsamında geçmişte yaşanan 5, 10, 50, 100, 500 1000 gibi yineleme dönemlerine sahip taşkınlar belirlenerek gelecekte olması muhtemel taşkın sonrasında sular altında kalacak alanlar tahmin edilmektedir. Taşkın riski ön değerlendirmesi için gerçekleştirilen işlemler; Veri temini ve değerlendirme, Ciddi tarihi

taşkınların değerlendirilmesi, Gelecekte meydana gelmesi muhtemel taşkınların modellenmesi, Taşkın riski altında olan alanların belirlenmesi olarak sıralanır. Taşkın tehlike haritası belirli bir debiye göre taşkın olması durumunda su altında kalacak olan alanları, su seviyesi ve derinlik vb. bilgileri gösteren haritalardır. Taşkın tehlike haritasının oluşturulması için hidrolojik/hidrolik modelleme çalışmalarının yapılması gerekir. Hidrolik modellemenin amacı incelenen nehir için belirli yineleme dönemlerinde taşkının olası taşma alanını belirlemektir. Bu kapsamda bir boyutlu ve 2 boyutlu hidrolik modeller oluşturulur. Taşkın risk haritası ise ilgili debiye göre taşkının olumsuz etkilerinin, taşkından etkilenmesi muhtemel nüfusun, ekonomik faaliyetin/faaliyetlerin cinsinin, kirliliğe sebep olabilecek tesislerin ve etkilenmesi muhtemel korunan alanların gösterildiği haritadır (Taşkın Yönetimi, 2017).

Taşkın risk haritasının oluşturulması için izlenen yöntem sırasında ArcGIS, HEC-RAS, HEC-GeoRAS ve MapBOX yazılımları kullanılmıştır. ARCGIS, ESRI tarafından geliştirilmiş olup haritalama, coğrafi analizler, veri güncelleme, veri yönetimi ve görüntüleme işlemlerinin gerçekleştirilebildiği bütünleşik bir coğrafi bilgi sistemi yazılımıdır (ARCGIS, 2018). HEC-RAS ise çok kollu ve prizmatik olmayan en kesitli akarsularda, tek boyutlu hidrodinamik hesapları yapmak için geliştirilmiştir (HEC-RAS, 2018). HEC-GeoRAS; ArcGIS ve HEC-RAS yazılımları arasında köprü görevi görür. HEC-GeoRAS, HEC-RAS'ta hidrolik analiz yapmak için gerekli verilerin ArcGIS ile elde edilip HEC-RAS yazılımına aktarılmasını sağlar. Ayrıca hidrolik analiz sonrası sonuçların görselleştirilmesi için su yüzü verilerinin ArcGIS yazılımına aktarılıp haritalanmasını sağlar (HEC-RAS, 2011). Açık kaynak kodlu web haritalama platformu olan MapBOX, 2010 yılında Eric Gundersen tarafından kurulmuş olup Openstreetmap harita verilerini kullanan çevrimiçi ve çevrimdışı harita sağlayıcısıdır. MapBOX; OpenStreetMap, Dijital Globe gibi verileri kullanarak farklı harita altlıkları tasarlayıp sunmaktadır. Belirtilen yazılımların kullanılarak taşkın haritalarının oluşturulması, yayınlanması ve mobil aygıtlarda paylaşılması için gerekli işlem adımları aşağıda genel olarak verilmiştir:

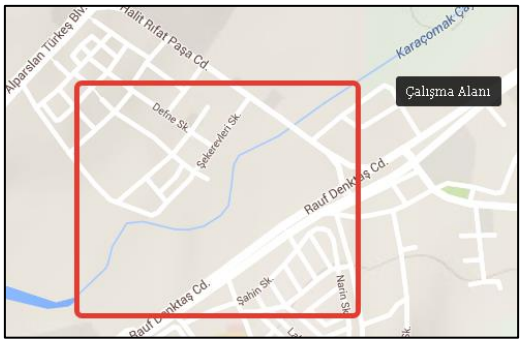
- Topografik haritaların temini,
- Sayısal Yükseklik Modeli'nin oluşturulması,
- Havzanın çeşitli hidrolojik özelliklerinin (drenaj ağı, eğim, bakı, vb.) tespiti,
- Debi değerlerinin istatistikî yöntemlerle bulunması,
- Arazi kullanımı dikkate alınarak arazi etüdü ile tespit edilen çeşitli katmanların (evler, taşkın seddeleri, farklı pürüzlülüğe sahip bölgeler, vb.) harita üzerinde sayısallaştırılması,
- Hidrolik analizler için ara program yardımıyla tüm topografik bilgilerin hidrolik analiz yazılımına otomatik olarak aktarılması ve debi değerleri de girilerek analizlerin yapılıp, su yüzü kotlarının bulunması,
- CBS yazılımına su yüzü seviyelerinin gönderilmesi, taşkın risk haritalarının oluşturulması,
- Oluşturulan taşkın risk haritasının çevrimiçi harita platformuna aktarılması ve yayınlanması,
- Taşkın haritasının mobil aygıtlarda paylaşılması için mobil uygulama geliştirilmesi.

3. UYGULAMA

Gelecekte erken uyarı sistemleri tarafından kullanılacak olan çevrimiçi taşkın haritalarının yayınlanması için öncelikle seçilen çalışma bölgesine ait verilerin ve sayısal yükseklik modelinin üretilmesi gerekir. Sayısal yükseklik modeli, HEC-GeoRAS ile gerekli kesitlerin HEC-RAS'a aktarılmasında ve su yüzü seviyeleri elde edildikten sonra tekrar HEC-GeoRAS ile alınıp ArcGIS'te harita oluşturma aşamasında altlık olarak kullanılmıştır. Topografik veriler HEC-RAS yazılımına aktarıldıktan sonra tespit edilen su yüzü profilleri hidrolik modelden alınarak, arazi kullanım katmanı ile birlikte hangi bölgelerin su altında kalacağı belirlenir. Sonrasında ArcGIS ile önce sayısal yükseklik modeli, sonra da HEC-RAS'tan alınan su yüzü kotları verisiyle de taşkın risk haritaları oluşturulur. Oluşturulan risk haritaları MapBox ortamına aktarılır ve yayınlanır.

a. Verilerin Hazırlanması

Çalışma alanı olarak Kastamonu il merkezinden geçen Karaçomak Deresi seçilmiştir (Şekil 1). DSİ tarafından henüz taşkın çalışmaları yürütülmemiş olan kısımla ilgili veriler elde edilmiştir.



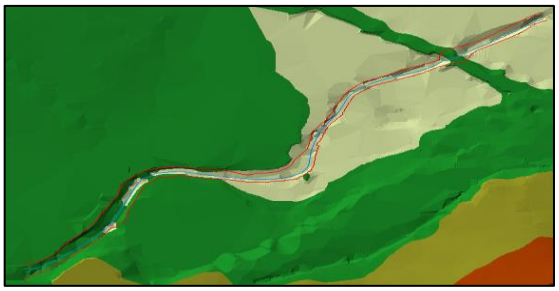
Şekil 1. Çalışma bölgesi.

Çalışma kapsamında iki tür veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar, Sayısal Yükseklik Modelinin oluşturulması için gerekli topografik veriler ve taşkın anındaki su yüzü seviyelerinin tespiti için hidrolik analizlerde kullanılan debi değerleridir. Karaçomak Deresi'ne ait en kesit, boy kesit verileri ve kıyı çizgileri, 1:5000 ölçekli SYM ve 1:25000 ölçekli topografik harita verileri kullanılmıştır. Veriler ArcGIS'e aktarılarak HECGeoRAS ile HECRAS programına aktarılmış veriler girildikten sonra analiz sonuçları incelenmiştir. HECRAS ile elde edilen veriler SYM verilerinin TIN dosyasına dönüşümü ile HEC-GeoRAS yardımıyla taşkın haritası üretilmiştir.

b. Verilerin Hidrolik Modelleme Yazılımına Aktarılması

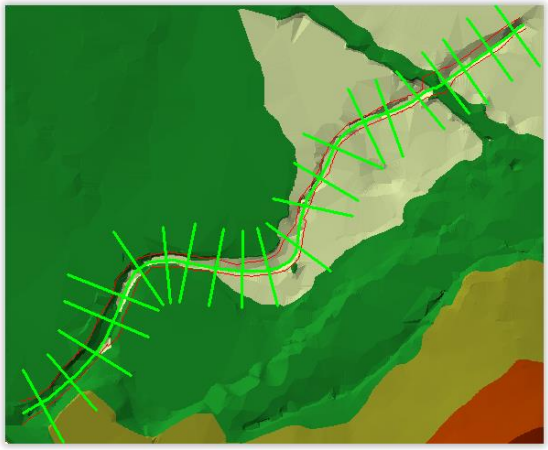
HEC-GeoRAS, HEC-RAS'ta hidrolik analiz yapmak için gerekli verilerin ArcGIS ile elde edilip HEC-RAS yazılımına aktarılmasını sağlar. Ayrıca hidrolik analiz sonrası sonuçların görselleştirilmesi için su yüzü verilerinin ArcGIS yazılımına aktarılıp haritalanmasını sağlar (HEC, 2009). HEC-GeoRAS'ta akarsu kolları, en kesitlerin alınacağı eksenler, seddeler, engelleyici yapılar, farklı bölgelerin Manning pürüzlülük değerleri, köprülerin konumları tanımlanır. Akarsu kolları ve en kesitlerin HEC-GeoRAS'ta tanımlanmaları zorunlu iken; diğer katmanlar HEC-RAS ortamında da girilebilir. Ancak her analizde tekrar topografik bilgilerin HEC-RAS'ta girilmesi zaman kaybına neden olacağından belirlenebilecek tüm detaylar, sayısallaştırmalar HEC-GeoRAS üzerinde gerçekleştirilir (Uçar, 2010).

Hidrolik analizler için gerekli debi değerleri 23. DSİ Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Verilerin temininden sonra sayısal yükseklik modeli ile bulunan hidrolojik özellikleri gösteren havza karakteristikleri altlık olarak kullanılarak katmanlar oluşturulur. ArcGIS'te TIN verisi oluşturulur. HEC-GeoRAS ile oluşturulacak bütün vektör veriler "personel geodatabase" e kaydedilir ve raster veriler ise bir klasör altında toplanır. Dere yatağı katmanı olarak River, dere yamaçları için Banks katmanları oluşturulur. Editör aracılığıyla yatak ve yamaç katmanları Şekil 2'de görüldüğü gibi su akış yönünde sayısallaştırılır.



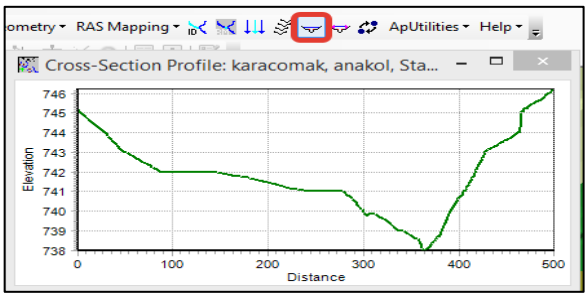
Şekil 2. HEC-GeoRAS'ta sayısallaştırma.

HEC-GeoRAS ile gerekli katmanlar oluşturularak dere yatağı boyunca kesit katmanı oluşturulur. Şekil 3'te görüldüğü gibi en kesit çizgileri nehir yatağına dik olarak konumlandırılır.



Şekil 3. En kesitlerin belirlenmesi.

HEC-GeoRAS ile ilgili kesite ait dere yatağı kesiti görüntülenir (Şekil 4).

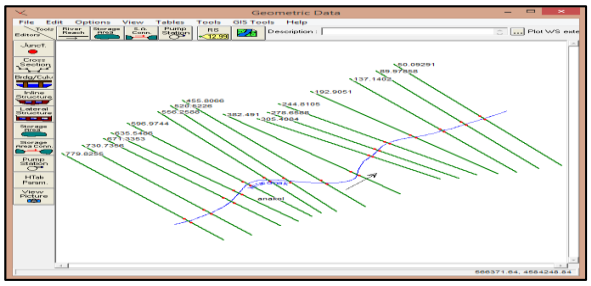


Şekil 4. Kesit görünümü.

Sonrasında dere için topoloji, uzunluk ve yükseklik değerleri belirlenerek dere profili katmanı oluşturulur ve kesit hatlarına ait özellikler 3 boyutlu olarak gösterilir. HEC-GeoRAS'ta üretilen dere yatağı, yamaçlar, akım yolu ve kesitlere ait bilgiler HEC-RAS yazılımına otomatik olarak aktarılır.

c. Su Yüzü Profillerinin Belirlenmesi

Nehir su yüzeyi profillerinin hesaplanabilmesi için kullanılan HEC-RAS, U.S. ArmyCorps of Engineers Hydrologic Engineering Center tarafından geliştirilen, bir boyutlu zamanla değişmeyen ve zamanla değişen nehir akım modellemeleri yapılabilen bir yazılımdır. Çalışma kapsamında HEC-RAS'ta dere, dere adı, akış yönü, kesitler ve kesitlerin derenin bitiş noktasına mesafeleri Şekil 5'te gösterilmiştir.

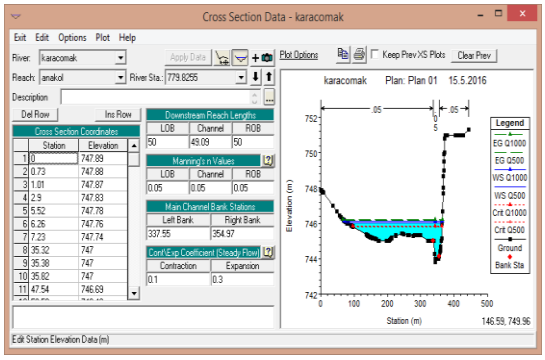


Şekil 5. Kesit bilgileri.

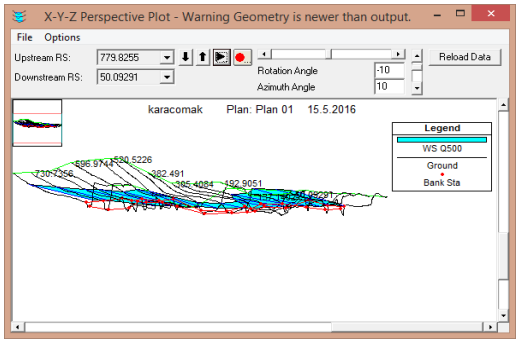
Hidrolojik veriler Devlet Su İşleri 23. Bölge Müdürlüğünden elde edilmiştir. HEC-RAS yazılımına girilmesi gereken veriler; nehir yatağı en kesiti, nehir yatağı boy kesiti, debi ve nehir yatağı pürüzlülük değerleridir. Manning pürüzlülük katsayısı, dere yatağında bulunan rusubattan veya doğal zeminden dolayı suyun akış hızını etkileyebilecek bileşenleri ifade eden katsayıdır. HEC-RAS'TA Manning katsayısı ve akım bilgileri girilir.

Çalışma kapsamında Q500 profilinin debi değeri 311.20 m^3/s ve Q1000 profilinin debi değeri 347.20 m^3/s alınmıştır.

Çalışmada yatak eğimi, kritik derinlik olarak kabul edilmiştir. Akım verilerine göre su yüzeyi görünümleri Şekil 6 a ve Şekil 6 b'de verilmiştir.

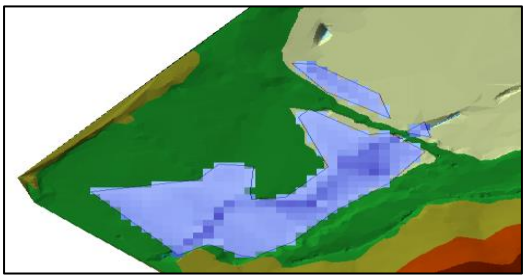


Şekil 6 a. HEC-RAS Su yüzeyi görünümleri.

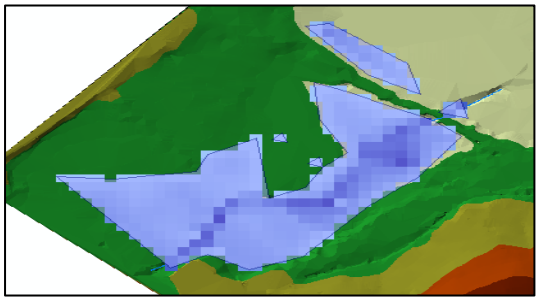


Şekil 6 b. HEC-RAS Su yüzeyi görünümleri.

Gerekli işlemler yapıldıktan sonra taşkın anında su altında kalabilecek alanları göstermek için Q500 ve Q1000 için taşkın alanları belirlenmiştir. Şekil 7 ve Şekil 8'de sular altında kalacak alanlar mavi ile gösterilmektedir.



Şekil 7. Q500 debi için taşkın alanı.



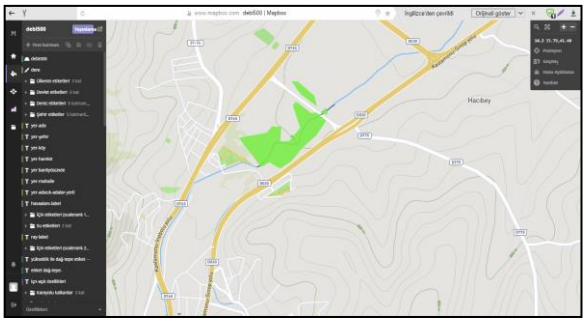
Şekil 8. Q1000 debi için taşkın alanı.

Bulunan su yüzü seviyeleri CBS yazılımına aktarılır ve taşkın debisinin oluşması durumunda hangi yerleşim alanlarının su altında kalacağı 3 boyutlu taşkın haritası üzerinde gösterilir.

ç. Analiz Verilerinin MapBOX ile Sunulması

ArcGIS, HECRAS, HEC-GeoRAS kullanılarak elde edilen taşkın alanının web üzerinde görselleştirmek için hızla gelişip yaygınlaşan açık kaynak kodlu web haritalama platformu olan MapBOX kullanılmıştır. MapBOX ile web ortamında hazırlanan harita uygulamaları ulaşım, gayrimenkul, doğal kaynaklar, tarım, lojistik vb. gibi alanlarda çeşitlilik göstermektedir. Ayrıca üretilen haritalar kullanılarak CBS verileri ile konumsal analizler yapılabilir. Örneğin ulaşımda en kısa yol analizleri veya etki alanı analizleri gibi. Bu analizler ve tasarım haritalarının yapılmasında Javascript kullanan MapBOX, uygulamalar için gerekli kodları kütüphanesinde paylaşmaktadır. Bu kodlar ve uygulamalar ihtiyaca göre düzenlenebilir ve geliştirilebilir. MapBOX web ortamında hazırlanan tasarım haritaları haricinde sosyal medya uygulamalarına, IOS ve Android ortamlarında kullanılabilecek haritalara ihtiyaç duyulan uygulamalara da altlık oluşturmaktadır.

ArcGIS ve HEC-RAS yazılımları kullanılarak olası debi değerlerine göre yapılan analizde Q500 ve Q1000 debileri için taşkın risk haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu haritaları bir web harita platformu olan MapBOX ortamında sunulması amaçlanmıştır. Bunun sebebi kullanıcılara, karar vericilere, bölge halkına veya konuyla ilgili tüm kurumlara elde edilen analizlerin daha hızlı sunulması ve paylaşılmasına olanak sağlamaktır. Aşağıdaki işlem adımları uygulanarak MapBOX ortamına aktarım gerçekleştirilmiştir. Bunun için öncelikle Web Mercator koordinat dönüşümü yapılmıştır. Oluşturulan haritalar MapBOX ortamına aktarılmıştır. Taşkından etkilenecek alanları gösteren haritalar Şekil 9 ve Şekil 10'da sunulmuştur.



Şekil 9. Q500 debi için taşkın alanın MapBOX'ta gösterimi.

Şekil 10. Q1000 debi için taşkın alanın MapBOX'ta gösterimi.

d. Mobil Uygulama Geliştirilmesi

Taşkınsell uygulaması Android Studio yazılımı kullanılarak geliştirilmiştir. Uygulama için gerekli altlık harita ve taşkın haritası MapBOX ile sunulan haritalardır. Taşkınsell uygulaması ile herhangi bir taşkın anında veya taşkın öncesinde MapBOX ortamında sunulan taşkın haritalarının kullanıcı konumlarıyla ilişkilendirilerek bir uyarı sisteminin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla uygulama ara yüzünde tanımlanan işlemler Şekil 11'de verildiği gibidir. "Sorgula" işleminin amacı, GPS yardımıyla kişinin konumunu bulma, eğer risk altındaysa belirlenmiş risk bölgesinden uzaklaşarak tehlikeden kurtulmasını sağlamaktır. "Farklı Bölge Bak" işleminin amacı ise, daha çok araştırma amacıyla kullanılması planlanmıştır. Bu işlem; parsel alım-satım, akademik araştırma vb. gibi işlemlerde kullanılabilir. Yetkililerle İletişime Geç" işlemi ise aktif olup, taşkın sırasında tehlikede olan bir kişinin yardım alabileceği kurumların telefon numaralarını içermektedir. Bu sayede hızlı bir şekilde ilgili kurumlar bilgilendirilir ve yardım talebinde bulunulabilir. "Kullanım Kılavuzu işlemi ise, uygulamanın nasıl kullanılacağını ve farklı durumlarda nasıl hareket edileceğini göstermektedir (Şekil 12).

Şekil 11. Taşkınsell mobil uygulaması.

Şekil 12. Taşkınsell kullanım kılavuzu.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Taşkın riskini azaltmak ya da taşkını kontrol etmek için gerekli önlemlerin alınması ve taşkın sonrası yapılması gereken iyileştirme faaliyetleri ve güvenliğin sağlanması taşkın risk yönetimi olarak adlandırılır. Ancak taşkınların daha önceden tahmin edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması meydana gelecek zararların etkisini en aza indirecektir. Bu amaçla taşkını etkileyen faktörlerin en iyi şekilde belirlenmesi ve hesaplamaların bu faktörlere göre yapılması gerekir. Bunun için ulusal düzeyde gerekli konumsal veri altyapısının kurulması gerekir. Bu kapsamda yapılacak çalışmaların taşkın bilgi sistemi kurularak taşkın öncesi için yapılması önemlidir.

Bu çalışmada, Karaçomak Deresi akım verileri, 1/5000 ölçekli SYM ve 1/25.000 ölçekli topoğrafik veriler kullanılarak taşkın risk haritası oluşturulmuştur. Taşkın öncesi gerekli önlemlerin alınması için analiz sonucu elde edilen taşkın tahminine ait haritanın MapBOX ile web üzerinde sunumu sağlanmıştır. MapBOX ortamında yayınlanan haritaların risk durumuna göre taşkın alanında yaşayanları bilgilendirmek amacıyla, Web üzerinde sunulan taşkın haritasının veya taşkın öncesi ilgili kurum verilerinin analiz edilerek oluşturulan taşkın haritasının Taşkınsell mobil uygulama ile taşkın alanında yaşayanları bilgilendirerek can ve mal kayıplarının minimuma indirgenmesi amacıyla mobil uygulama geliştirilmiştir. Konuyla ilgili literatür çalışmasında görüldüğü gibi taşkına yönelik çalışmalar taşkın anı ve sonrasında gerçekleştirilmektedir. Taşkın simülasyonlarının yapılarak erken taşkın uyarı sistemlerinin kurulması için öncelikle veri alt yapısının iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu durumda anlık olarak taşkın öncesi üst düzey yöneticilerin bilgilendirilmesi ve ilgili alanda yaşayan vatandaşların erken uyarı sistemi ile uyarılması sağlanacaktır. Böylece kullanıcılar ve üst düzey yöneticiler arasında gerekli analiz sonuçları interaktif olarak paylaşılmış olacaktır. İzleyen çalışmalarda taşkın alanındaki insanların taşkın öncesi bilgilendirilmesi amacıyla Android için mobil uygulama geliştirilmiştir. Böylece yapısal olmayan taşkın önlemlerinden en önemlisi olan erken uyarı sistemlerinin kurulması için örnek bir uygulama geliştirilmiştir. Erken uyarı sisteminin kurulabilmesi için taşkına maruz kalacak alanların önceden modellenmesi ve gerekli simülasyonların yapılmış olması gerekir. Taşkınlara karşı alınabilecek önlemler yapısal ve yapısal olmayan önlemler olmak üzere ikiye ayılır. Bu çalışma, taşkınların önceden tahmin edilerek modellenmesi ve erken uyarı sistemlerinin oluşturulmasını amaçlayan yapısal olmayan taşkın önlemlerine odaklanmaktadır. Geliştirilen mobil uygulama yazılım aşaması tamamlanmıştır. Sorgula işlemi ile taşkın alanı içinde bulunan kullanıcı bulunduğu konumunu ve riskli/güvenli alanları harita üzerinde görebilecek ve ona göre hareket edecektir. Hâlihazırda uygulama MapBOX ile yayınlanan

taşkın haritalarını temel alarak çalışır. Konum bilgisi için mevcut durumda uygulamanın kullanıldığı mobil telefonun konumu ile ilgili bilgiler elde edilmektedir. Bu uygulamanın aktif olarak kullanımı için taşkın haritalarının anlık üretilmesi ve MapBOX ile yayınlanması gerekmektedir. Ayrıca konum bilgilerine göre mesaj bildirimi veya sesli arama için telekomünikasyon şirketleri ile anlaşma imzalanması gerekir. Geliştirilen mobil uygulamanın ulusal düzeyde tam anlamıyla aktif olarak çalışması, ilgili kurumlardan güncel veri akışının sağlanabilmesi için ulusal düzeyde konumsal veri altyapısının kurulmasına bağlıdır.

Taşkın risk haritalarının oluşturulmasında gerçeğe en yakın sonuçları elde edebilmek için; ilgili bölgeye ait SYM verisi (1/1000-1/5000) büyük ölçekli olmalıdır. Yerleşim alanlarında taşkın haritalarının üretilmesi için SYM'nin 1/5000 ölçeğinden küçük olmaması gerekir. Arazi kullanım verileri, hidrolik ve hidrojeolojik verileri hatasız değerlendirilmelidir. Programın çalışma prensibine göre en kesitlerin sık olarak alınması gerçeğe en yakın sonuçların alınmasında etkilidir.

Taşkın alanlarının belirlenmesi ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmasına rağmen gerek alınan önlemler gerekse akademik çalışmalar taşkın anı ve sonrası durum üzerinde yoğunlaşmaktadır. Özellikle ülkemizde günümüze kadar yaşanan taşkınlara ait istatistiksel bilgiler dikkate alındığında can ve mal kayıplarının çok fazla olduğu görülmektedir. Bu kayıpların en aza indirilmesi için yapılacak çalışmaların başında veri altyapısının oluşturulması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması gelir. Sonrasında taşkın alanlarındaki yapılaşmanın planlanmasında yerel yönetimlere büyük görevler düşmektedir. Yerel yönetimlerin çalışmalarını yürütebilmesi için ilgili mevzuatta gerekli yükümlülüklerin net bir şekilde belirlenmesi ve denetimlerin zamanında yapılması çok önemlidir. Ayrıca taşkına maruz kalan ve kalacak olan alanlarda yapılaşmanın önüne geçebilmek için yeterli hukuki önlemlerin de alınması gerekir. Toplanan hidrolojik ve topolojik verilerle CBS uygulamaları kullanılarak belirli dönemler için taşkın riskinin olduğu alanların belirlenmesi mümkündür. Bu taşkın alanlarının modellenmesi ile elde edilebilecek bilgilerin verimli olarak kullanılabilmesi için bu verilerin konu hakkında çalışan paydaşlarla etkin olarak paylaşılması gerekmektedir. Ayrıca taşkın risk yönetimi çalışmalarının sürdürülebilir bir şekilde devam ettirilmesi gerekir. Bu nedenle günümüzde gelişmekte olan web harita uygulamaları kullanılarak, haritalarının ve veri tabanlarının "Açık Veri (Open Data)" olarak sunulması gerekir.

ORCID

Gülten KARA https://orcid.org/0000-0002-8340-6019

İrem TURAN https://orcid.org/0000-0002-6591-9793

Muharrem CEVHER https://orcid.org/0000-0002-7852-2330

Çetin CÖMERT https://orcid.org/0000-0002-2019-6990

KAYNAKLAR

Azagra, E., Olivera, F. ve Maidment, D. R. (1999). Abstract Floodplain Visualization on TINs, Doctoral dissertation, Center for Research in Water Resources, University of Texas at Austin.

ARCGIS. (2018). ArcGIS hakkında. Erişim adresi: https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview

Batur, E. (2011). *Uzaktan Algılama ve CBS Entegrasyonu ile Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: Meriç Nehri Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi, Hava Harp Okulu, Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Yeşilyurt-İstanbul). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Doğanoğlu, V. İ. (2000). *Coupling of GIS with a hydraulic model for flood inundation mapping.* (Yüksek lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Düden, İ. (2010). *Darıdere Barajının Tedrici Yıkılması Ve Yarıktan Çıkan Taşkının Hec-Ras Ve Dambrk Programlarında İncelenmesi*. (Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

HEC-RAS. (2018). Hydrologic Engineering Center. Erişim adresi: https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/

HEC-RAS. (2011). HEC-GeoRAS GIS Tools for Support of HEC-RAS using ArcGIS, U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, User's Manual 4.3.93. Erişim adresi: https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-georas/documentation/HECGeoRAS_43_Users_Manual.pdf

Hu, S., Cheng, X., Zhou, D. ve Zhang, H. (2017). GIS-based Flood Risk Assessment in Suburban Areas: A case study of the Fangshan District, Beijing, *Natural Hazards*, 87:3, 1525-1543.

Kadıoğlu, M. (2008). Sel ve heyelan risk yönetimi. H. Koçaker, M. R. Çıtır, M. Özlü & M, Uzun (Ed.), *5. Dünya su forumu Türkiye bölgesel su toplantıları* içinde (s. 101-129). Trabzon: Analiz Copy Center.

Kara, Ö. (2009). *Su yüzü profillerinin Hec-Ras paket programıyla incelenmesi.* (Yüksek Lisans, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Karaca, C., Birdal, A. ve Türk, T. (2016). Kelkit Çayı taşkın risk haritalarının CBS kullanılarak oluşturulması ve CBS ile taşkın risk analizi, 6. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Adana.

McLin, S. G., Springer, E. P. ve Lane, L. J. (2001). Predicting floodplain boundary changes following the Cerro Grande wildfire. *Hydrological Processes*: 15, 2967-2980. Erişim adresi: Erişim adresi: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/hyp.385

Nas, S. ve Nas, E. (2015). Olası taşkınların altyapı tesislerine etkileri: Harşit Çayı-Gümüşhane**.** *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 31(1), 56-67.

Onuşluel, G**.** (2005). *Floodplain management based on the Hec-Ras modeling system.* (Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Özcan O. (2017). Taşkın Tespitinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi: Ayamama Deresi Örneği, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, *3*:1, 9-27.

Özdemir, H. (2007). *Havran Çayı Havzası'nın (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi,* (Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Sinnakaudan, S. K., Ghani, A. A., Kiat, C. C., Ahmad, M. S. S. ve Zakaria, N. A. (2002). Integrated triangular irregular network (ITIN) model for flood risk analysis case study: Pari River, Ipoh, Malaysia. In J. J. Guo, S.Y. Liong, P. Lin, N. J. Shankar, H. F. Cheong & S. Yang (Eds.), Advances in hydraulics and water engineering: Volumes I & II (pp. 656-660). Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Stoleriu, C. C., Urzica, A. ve Mihu-Pintilie, A. (2019). Improving Flood Risk Map Accuracy Using High-density LiDAR Data and the HEC-RAS River Analysis System: A Case Study from North-eastern Romania. *Journal of Flood Risk Management*.

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, (2019, 5 Mayıs). Taşkın Yönetimi. Erişim adresi: http://taskinyonetimi.ormansu.gov.tr

Taş, E., İçağa, Y. ve Zorluer, İ. (2016). Taşkın Yayılım Haritalarının Oluşturulması ve Taşkın Zarar Analizi: Akarçay Afyon Alt Havzası Örneği, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16*:3, 711-721.

Taşkın Yönetimi. (2017). Ankara: T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

Tate E.C., Maidment D.R., Olivera F. ve Anderson D.J. (2002). Creating a Terrain Model for Floodplain Mapping. *Journal of Hydrologic Engineering*, 7, 100-108. Doi: 10.1061/(ASCE)1084-0699(2002)7:2(100)

Tokgözlü, A. ve Özkan, E. (2018). Taşkın risk haritalarında AHP yönteminin uygulanması: Aksu Çayı Havzası örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi *Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 44, 151-176.

Turan, B. (2002). *Obtaining inundation maps by integration of GIS and Hydrologic and Hydrologic-Hydraulic model,* (Yüksek lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Uçar, İ. (2010). *Trabzon Değirmendere Havzası'nda coğrafi bilgi sistemleri ve bir hidrolik model yardımıyla taşkın analizi yapılması***.** (Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/

Usul, N. (2008). *Mühendislik Hidrolojisi*. Ankara: ODTÜ Basımevi.

Usul, N. (2004). Taşkın çalışmalarında coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması. Suya Bağlı Afetlerin Etkilerinin Azaltılmasında Yaşanan Sorunlar ve Çözüm Yolları Paneli'nde sunulmuştur. Ankara, Türkiye. Erişim adresi: http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/3933.pdf

Yazıcılar, F. ve Önder, H. (1998). *Taşkın yatakları planlamasında HEC-RAS bilgisayar programı ile su yüzü profili hesaplanması-Bartın Nehri'nde bir Uygulama.* Su Mühendisliği Problemleri Seminerinde sunulan bildiri, Fethiye, Muğla.

Landsat-8 Uydu Görüntüleri Kullanılarak Hava Kalitesi Haritasının Oluşturulması: Aksaray İli Örneği

(Production of Air Quality Map Using Landsat-8 Satellite Images: The Case of Aksaray Province)

Halil İbrahim GÜNDÜZ, Semih EKERCİN
Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü,68100, Merkez/Aksaray
ibrahimgunduzasu@gmail.com, ekercin@gmail.com

Geliş Tarihi (Received): 26.10.2019 Kabul Tarihi (Accepted): 03.01.2020

ÖZ

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızlı nüfus artışının getirdiği artan enerji talebi ve düzensiz yapılaşma, hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Hava kalitesini insan ve diğer canlı organizmaların sağlığını olumsuz yönde etkileyemeyecek seviyelere getirmek için mevcut hava kirliliğinin tespitinin yapılması ve hava kalitesini arttırmaya yönelik önlemlerin alınması gerekmektedir. Teknolojinin gelişmesine paralel olarak uydu sistemlerindeki yenilikler, hava kirliliğine ait parametrelerin belirlenmesi ve mevcut durumun tematik haritasının üretilmesine olanak sağlamaktadır. Bu kapsamda bu çalışmanın temel amacı Aksaray'ın hava kalitesine etki eden PM_{10} değerlerinin uydu görüntülerinden saptanması ve çalışma alanının PM_{10} haritasının oluşturulmasıdır. Bu amaç doğrultusunda 16.07.2018 ve 20.10.2018 tarihlerine ait 2 adet Landsat-8 uydu görüntüsü ve bu tarihlerde gerçekleştirilen arazi çalışmalarıyla elde edilen PM_{10} değerleri bu çalışmada temel veri kaynakları olarak kullanılmıştır. Bu veri kaynakları arasındaki ilişkiyi sağlamak amacıyla çoklu regresyon yöntemi kullanılmıştır. Çoklu regresyon analizleri sonucunda elde edilen katsayılar uydu görüntülerine ait red, green ve blue bantlarına uygulanmış ve PM_{10} ilişkili tematik haritalar üretilmiştir. Üretilen tematik haritalar üzerinde yapılan doğruluk analizi sonucunda iki ölçüm dönemine ait tematik haritaların doğrulukları sırasıyla; %79,64 ve %81,56 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, uydu görüntüleri yardımıyla hava kirliliğine neden olan PM_{10}'un tespit edilebileceğini göstermektedir. Çalışma alanından elde edilen PM_{10} değerlerinin, organize sanayi ve şehirlerarası yollarda Dünya Sağlık Örgütünün belirlemiş olduğu sınır değerlerin üzerinde olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Uzaktan Algılama, Regresyon Analizi, PM_{10}, Hava Kirliliği, Landsat.*

ABSTRACT

As in the rest of the world, increasing demand for energy and irregular structuring due to rapid population growth, negatively affect the air quality. In order to bring the air quality to the levels that will not adversely affect the health of human and other living organisms, it is necessary to determine the current air pollution and take precautions to increase the air quality. Innovations in satellite systems in parallel to the development of technology has enabled to determine the parameters of air pollution and produce the thematic map of the current situation. Within this scope, the main purpose of this study is to determine the PM10 values that affecting the air quality of Aksaray from satellite images and to create the PM_{10} related thematic map of the study area. In line with this objective, 2 Landsat-8 satellite images on the dates of 16.07.2018, 20.10.2018 and PM_{10} samples obtained from the field works at these dates were used as the main data source. Multiple regression method was used to provide the relationship between these data sources. Coefficients obtained from multiple regression analyzes were applied to the red, green and blue bands of the satellite images and thematic maps were produced. As a result of the accuracy analysis on the thematic maps, accuracy of the thematic maps of the two measurement periods was respectively; %79.64 and %81.56. The results show that the PM_{10} that causes air pollution can be detected with the aid of satellite images. Furthermore, PM_{10} values obtained from the study area were observed to be above the limit values determined by the World Health Organization on organized industry and intercity roads.

Keywords: *Remote Sensing, Regression Analysis, PM_{10}, Air Pollution, Landsat.*

1. GİRİŞ

2018 yılında dünya nüfusunun %55'i şehirlerde yaşamaktayken, bu oranın 2050 yılında %68 seviyesine yükselmesi beklenmektedir (Birleşmiş Milletler, 2018). Hızlı nüfus artışının getirdiği artan enerji talebi ve düzensiz yapılaşma hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Hava kalitesinin belirlenmesinde çok önemli bir yere sahip olan partikül madde (PM), büyüklük ve kimyasal bileşimine göre çeşitlilik gösteren parçacıkların heterojen karışımından meydana gelmekte ve aerosol olarak da adlandırılabilmektedir (El-Fadel ve Massoud, 2000). Büyüklük açısından parçacık çapı 10 µm'den küçük ve 2.5 µm'den daha büyük olanlar kaba partikül (PM_{10}) olarak ve çapı 2.5 µm'den daha küçük olan partiküller de ince partikül ($PM_{2.5}$) olarak adlandırılır (Polichetti, Cocco, Spinali, Trimarco ve Nunziata, 2009). PM için yapılan epidemiyolojik çalışmalar, PM'in kardiyovasküler, solunum ve kanser gibi farklı hastalıklara neden olabileceğini göstermektedir (Atafar ve diğerleri, 2019). PM_{10}'da 10 $\mu g/m^{-3}$'lük bir artışın, günlük ölüm oranlarında %0,5-%1,5'lik

Atıf/To cite this article: Gündüz, H.İ. ve Ekercin, S. (2020). Landsat-8 Uydu Görüntüleri Kullanılarak Hava Kalitesi Haritasının Oluşturulması: Aksaray İli Örneği. *Harita Dergisi,* 163, 50-57.

bir artışa neden olduğunu göstermektedir (Valavanidis, Fiotakis ve Vlachogianni, 2008). PM'in hem doğal (polenler, bakteriler, volkanik faaliyetler, orman yangınları, deniz spreyleri, rüzgar ile taşınan çöl tozları) hem de antropojenik kaynakları (ulaşım, fosil kaynaklı güç santralleri, ısınma amaçlı tüketilen yakıtlar, madencilik, katı atık yakma tesisleri, ziraat ve endüstriyel faaliyetler) iklim üzerinde de olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu olumsuz etkileri azaltabilmek ve hava kirliliği kontrolünü sağlayabilmek için birçok ülkede PM_{10} sınır değerleri, yerel yönetmeliklerle ve Dünya Sağlık Örgütünün (DSÖ) belirlediği günlük (20 $\mu g/m^{-3}$) ve yıllık (50 $\mu g/m^{-3}$) limit değerlerle belirlenmiştir. Türkiye'de ise 6 Haziran 2008'de yürürlüğe giren Hava Kalitesi Yönetmeliğinde, PM_{10} standartları günlük ve yıllık olarak sırasıyla; 50 $\mu g/m^{-3}$ ve 40 $\mu g/m^{-3}$ olarak belirlenmiştir. Yönetmelikler ile belirlenen PM_{10} sınır değerlerinin düzenli olarak takip edilmesi ve hava kalitesinin arttırılmasına yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir. PM_{10} değerlerinin bölgesel olarak düzenli bir şekilde takip edilmesi, i) hassas, mekansal dağılımı homojen olarak temsil etmeyen ve yüksek maliyetli sabit istasyonlar ve ii) sabit istasyonlara göre hassasiyeti daha düşük, daha az maliyetli ve taşınabilir portatif örnekleyiciler ile mümkündür. Bunun yanında teknolojideki gelişmelere paralel olarak uydu sistemlerindeki yenilikler, uydu görüntüleri kullanılarak hava kirliliğine ait parametrelerin belirlenmesi, tematik haritalarının üretilmesi ve hava kirliliğinin anlık olarak belirlenebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu kapsamda uydu görüntüleri kullanılarak hava kirliliğine neden olan parametrelerin belirlenmesine yönelik uluslararası ölçekte birçok çalışma yapılmıştır (Gündüz, 2018). Gupta ve diğerleri (2006), NASA (National Aeronautics and Space Administration)'nın Terra ve Aqua uyduları üzerindeki Modis sensöründen türetilen Aerosol Optik Kalınlık ile dünyanın beş farklı coğrafi bölgesine yayılmış 26 istasyondan elde edilen $PM_{2.5}$ değerleri arasında regresyon analizi kullanarak anlamlı bir ilişki elde etmiştir. Mozumder, Reddy ve Pratap (2013), hava kirliliği indeksi oluşturarak uydu görüntüleri ile kirleticiler arasındaki korelasyonu araştırmış ve Landsat ETM+ uydusuna ait yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi dalga boylarında güçlü bir korelasyon (R^2=0,83-0,78) belirlemiştir. Shaheen, Kidwai, Ain, Aldabash ve Zeeshan (2017), Gazze (Filistin) şehrinde yaptıkları çalışmada, Landsat uydusuna ait kırmızı, yeşil ve mavi bantlara ait reflektans değerleri ile PM_{10} arasındaki regresyon analizi sonucunda elde ettikleri determinasyon katsayısı (R^2=0,86), iki değişken arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Tanre, Deschamps, Devaux ve Herman (1988), saçılmadan kaynaklı bulanıklık etkisini kullanılarak karasal alanlardaki aerosol optik kalınlığı belirlemiş ve Landsat TM verileri ile eş zamanlı yapılan arazi ölçümleri arasında iyi bir ilişkinin sağlandığı ifade edilmektedir. Bununla birlikte Ung ve diğerleri (2003), Strazburg (Fransa)'da Landsat uydusundan elde edilen yansıma değerleri ile çeşitli kirleticilerin ölçümleri arasındaki ilişki çoklu regresyon analizi yardımıyla belirlenmiş ve multispektral uydu görüntülerinden hava kirliliğinin termal ve infrared bant aralığında tespit edilebileceği belirtilmektedir. Uydu görüntüleri ile hava kirliliğinin belirlenmesine yönelik uluslararası ölçekte birçok çalışma mevcut iken, ülkemizde henüz bu doğrultuda yapılan bir çalışma bulunmamaktadır. Bu kapsamda, Landsat-8 uydu görüntüleri kullanılarak Aksaray'da nüfus ve sanayi yoğunluğunun yüksek olduğu test alanı olarak seçilen bir bölgede hava kirliliğine neden olan PM_{10} değerlerinin belirlenmesi, çalışma alanının hava kirliliği haritasının oluşturulması ve yöntemin uygulanabilirliği araştırılmıştır.

2. METOT

a. Çalışma Alanı

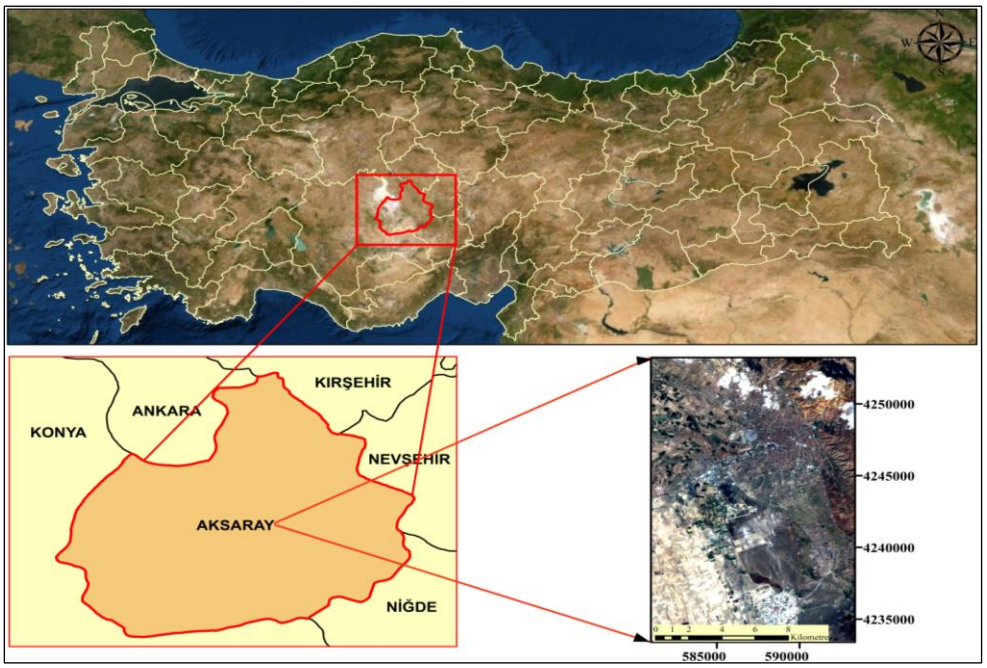
Bu çalışmada test alanı olarak 33-35° doğu meridyenleri ile 38-39° kuzey paralelleri arasında yer alan Aksaray ilinin, merkez mahallelerini ve organize sanayi bölgesini kapsayan bir çalışma alanı seçilmiştir (Şekil 1).

b. Uydu Verisi

Çalışmada uydu tabanlı gözlemlerin en uzun ve kesintisiz kaynağı olan uydu serisinden Landsat-8 kullanılmıştır. Landsat-8, 15 metreden 100 metreye kadar orta çözünürlükte veriler sağlamakla birlikte 16 günlük zamansal çözünürlüğe ve 11 adet banda sahiptir. Bu çalışma kapsamında ise red, green ve blue bantları kullanılmıştır. Uydu görüntülerinden hava kirliliğinin belirlenebilmesi için yaz mevsimini temsilen Temmuz (16.07.2018) ve fosil yakıt kaynaklı PM_{10} artışının gözlemlenebilmesi için kış mevsimini temsilen Ekim (20.10.2018) ayına ait Landsat-8 uydu görüntüleri kullanılmıştır.

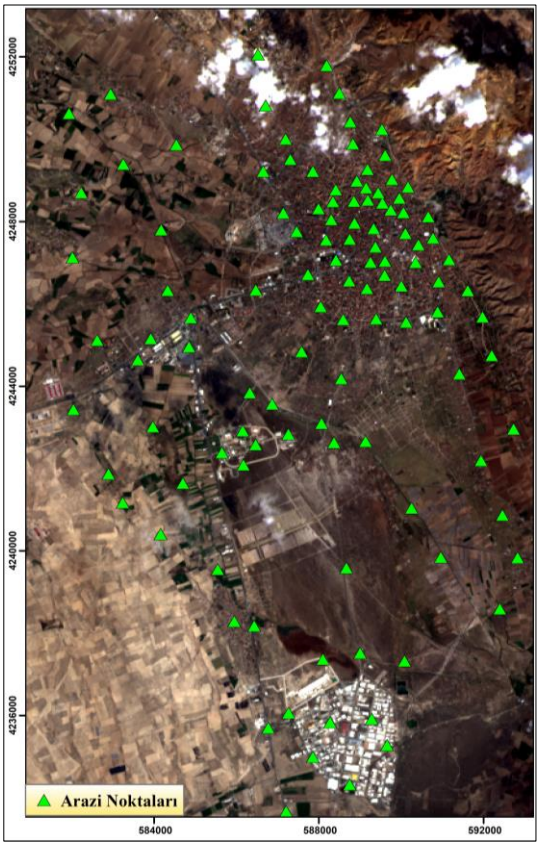
c. Arazi Verisi

PM_{10} ölçümleri, Landsat-8 uydusunun geçişiyle eş zamanlı olarak 16.07.2018 ve 20.10.2018 tarihlerinde 05:00-20:00 saatleri arasında, nüfus, trafik ve sanayinin yoğun olduğu bölgelerde daha sık olacak şekilde yapılmıştır (Şekil 2). Her iki tarihte yapılan arazi çalışmalarında da mümkün olan en fazla sayıda PM_{10} ölçümü alınmaya çalışılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı.

Bu bağlamda ilk arazi çalışmasında 126, ikinci arazi çalışmasında ise 113 noktadan ölçümler alınmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanında PM_{10} örneği alınan noktaların konumları.

ç. Portatif Örnekleyiciler

PM_{10} ölçümlerinin uydu geçişiyle eş zamanlı olarak yapılacak olması, çalışma alanında homojenliğin sağlanması amacıyla nokta sayısının fazla seçilmesi ve arazide veri toplama süresinin kısıtlı olması nedeniyle portatif örnekleyiciler tercih edilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan PM_{10} ölçümlerinde, CEM marka DT-9880 model portatif örnekleyici kullanılmıştır (Şekil 3). Ölçümler yerden ortalama 1-1,5 metre yükseklikte, 60 saniye ölçüm süresi ile her noktada 3 tekrar olmak üzere yapılmıştır. Ayrıca ölçüm yapılan noktaların konumları el tipi GPS yardımıyla alınmıştır.

Şekil 3. Hava kalitesi ölçüm cihazı.

d. Radyometrik Düzeltme

Uydu görüntülerindeki spektral parlaklık değerlerinin spektral yansıma değerlerine dönüşümü radyometrik düzeltme olarak adlandırılmaktadır (Matthew ve diğerleri, 2002). Bu işlem iki aşamada gerçekleştirilir. İlk olarak parlaklık değerleri radyans değerlerine dönüştürülür.

$$L_\lambda = Gain_\lambda * DN_\lambda + Bias_\lambda \quad (1)$$

Burada, $Gain_\lambda$ ve $Bias_\lambda$, spektral banda ait yeniden ölçeklendirme katsayıları, λ, spektral band numarası ve L_λ ise algılayıcıya ulaşan spektral parlaklık değerini göstermektedir.

İkinci aşamada ise parlaklık değerleri yansıma değerlerine dönüştürülür (Örmeci ve Ekercin, 2006).

$$R = (\pi * L_\lambda * d^2)/ESUN_\lambda * Cos\theta_s \quad (2)$$

Burada;

R= birimsiz spektral yansıtım değeri
L_λ=algılayıcıya ulaşan spektral parlaklık değeri

d=astronomik birimde, dünya ile ay arasındaki mesafe

$ESUN_\lambda$=algılayıcılar için belirlenen ve uyduyu işleten kurum tarafından verilen sabit

θ_s=derece biriminde güneş zenit açısıdır.

e. Regresyon Analizi

Regresyon analizi; bir bağımlı değişken ile bir veya birden fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılan matematiksel modeldir. Regresyon modelinde amaç, bağımsız değişkenler (açıklayıcı değişkenler) ile bağımlı değişkendeki (cevap değişkeni) toplam değişimi açıklamaktır (Kayaalp, Güney ve Cebeci, 2015). Bu değişimi belirlemek için oluşturulan regresyon denkleminde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin kuvvetinin anlaşılmasında korelasyon katsayısı (r) kullanılır. İki değişkenin birlikte değişim ölçüsü olarak da tanımlanabilen korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değerler alabilmektedir.

Korelasyon katsayısının;

•r=1 durumu, değişkenler arasındaki ilişkinin tam olduğunu,

•r=0 durumu ise değişkenler arasında hiçbir ilişkinin olmadığını gösterir.

Bu durumlara ek olarak, korelasyon katsayısının 1'e yaklaşması ilişkinin güçlü olduğunu gösterirken, 0'a yaklaşması durumunda ise değişkenler arasında zayıf bir ilişkinin olduğunu göstermektedir (Konuk, 2011).

Bu çalışma kapsamında uydu görüntülerinden PM_{10} değerlerinin belirlenmesi için bir regresyon denklemi oluşturulmuştur. Bu denklemin bağımsız değişkenlerini Landsat-8 uydusuna ait red, green ve blue bantlarının reflektans değerleri oluşturmakta olup, bağımlı değişken ise arazi çalışmalarından elde edilen PM_{10} değerleridir. Regresyon analizinde red, green ve blue bantları daha yüksek doğruluk sağladığı için bu bant kombinasyonu kullanılmıştır.

Denklem aşağıda verilmiştir.

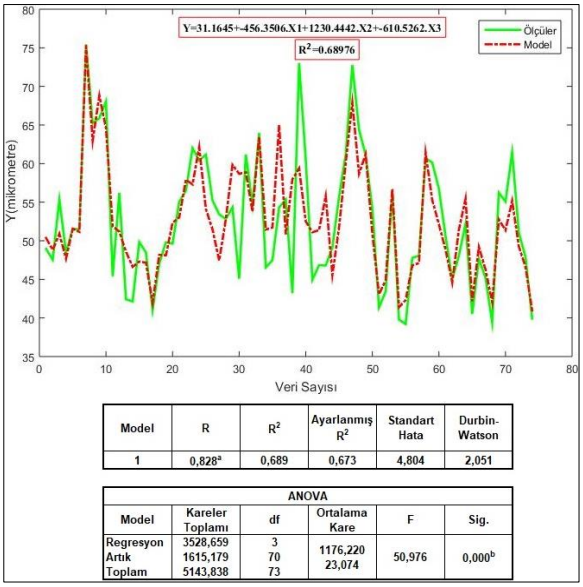
$$Y = b_0 + b_1X_{i1} + b_2X_{i2} + \ldots + b_pX_{ip} + e_i \quad (3)$$

Burada, Y araziden elde edilen PM_{10} değeri, X_i, atmosferik reflektans, i uydu görüntüsüne ait bant numaraları ve b_j ise algoritma katsayılarını ifade etmektedir.

3. BULGULAR

a. Regresyon Modelinin Değerlendirilmesi

16.07.2018 tarihli arazi çalışması kapsamında 126 noktadan PM_{10} değeri ölçülmüş olup, bu noktaların 20 tanesi bulut ve bulut gölgesi altında kaldığı için regresyon analizinde kullanılmamıştır. Kalan 106 ölçüm noktasından 74 nokta regresyon analizinde kullanılmış, geri kalan 32 nokta ise test verisi olarak kullanılmıştır. 74 noktanın uydu görüntüsünde karşılık geldiği noktalar merkez alınarak 3x3'lük matrisler oluşturulmuş ve red, green ve blue değerlerinin komşu piksellerle olan ortalaması alınmıştır. Yapılan regresyon analizi sonucunda, araziden elde edilen PM_{10} değerleri ile oluşturulan model arasında %68,976'lık bir ilişki gözlenmiştir (Şekil 4). Bu oran PM_{10} değerleri ile red, green ve blue bantlarının orta derecede ilişkili olduğunu göstermektedir. Geriye kalan %31,024'lik kısım ise bilinmeyen diğer faktörlere dağılmıştır. Bununla birlikte 2 civarında olması beklenen Durbin-Watson test istatistiği 2,051 olarak hesaplanmıştır. Yani bağımsız değişkenler dışında bağımlı değişkeni etkileyen herhangi başka bir etken bulunmadığı söylenebilir. Son olarak Anova tablosunda ise sigma değerinin 0,05 den az olması, oluşturulan modelin anlamlı olduğunu göstermektedir (Şekil 4).

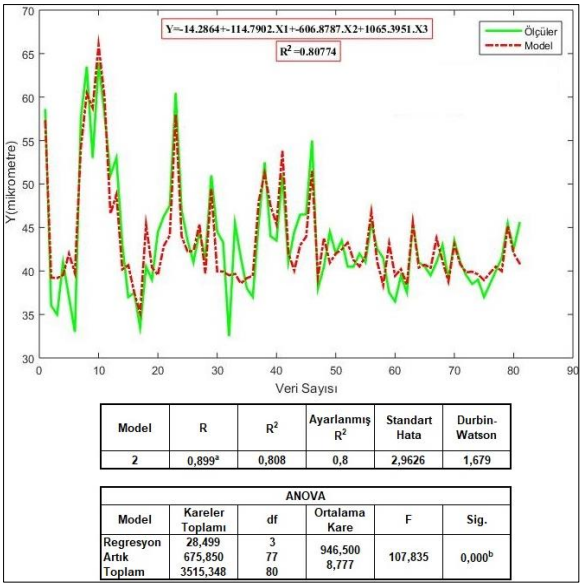


Model	R	R^2	Ayarlanmış R^2	Standart Hata	Durbin-Watson
1	0,828[a]	0,689	0,673	4,804	2,051

ANOVA

Model		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
1	Regresyon	3528,659	3	1176,220	50,976	0,000[b]
	Artık	1615,179	70	23,074		
	Toplam	5143,838	73			

Şekil 4. Regresyon analiz modeli-1.



Model	R	R^2	Ayarlanmış R^2	Standart Hata	Durbin-Watson
2	0,899[a]	0,808	0,8	2,9626	1,679

ANOVA

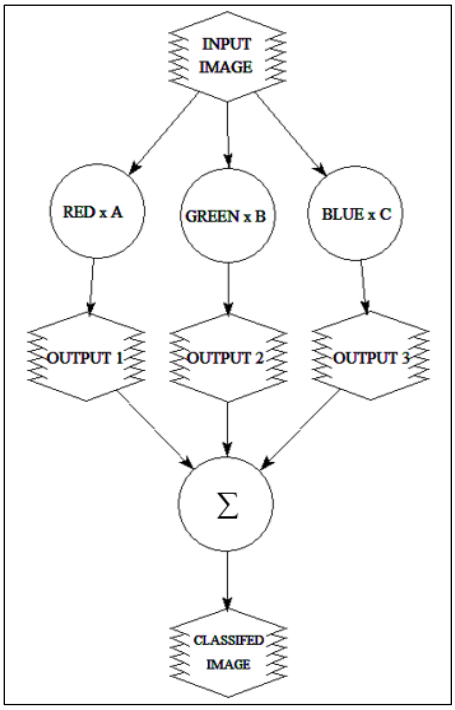
Model		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
2	Regresyon	28,499	3	946,500	107,835	0,000[b]
	Artık	675,850	77	8,777		
	Toplam	3515,348	80			

Şekil 5. Regresyon analiz modeli-2.

20.10.2018 tarihli arazi çalışması kapsamında ise 113 noktadan PM_{10} değeri ölçülmüş olup, bu noktaların 2 tanesi bulut ve bulut gölgesi altında kaldığı için regresyon analizinde kullanılmamıştır. Kalan 81 nokta regresyon analizinde kullanılmış, kalan 30 nokta ise test verisi olarak kullanılmıştır. Yapılan regresyon analizi sonucunda, araziden elde edilen PM_{10} değerleri ile oluşturulan model arasında %80,774'lük bir ilişki gözlemlenmiştir (Şekil 5). Bu oran PM_{10} değerleri ile red, green ve blue bantlarının yüksek derecede ilişkili olduğunu göstermektedir. Kalan %19,226'lık kısım ise bilinmeyen diğer faktörlere dağılmıştır. Bununla birlikte 2 civarında olması beklenen Durbin-Watson test istatistiği 1,679 olarak hesaplanmıştır. Yani bağımsız değişkenler dışında bağımlı değişkeni etkileyen herhangi başka bir etken bulunmadığı söylenebilir. Son olarak Anova tablosunda ise sigma değerinin 0,05 den az olması, oluşturulan modelin anlamlı olduğunu göstermektedir (Şekil 5).

b. Tematik Haritanın Üretilmesi

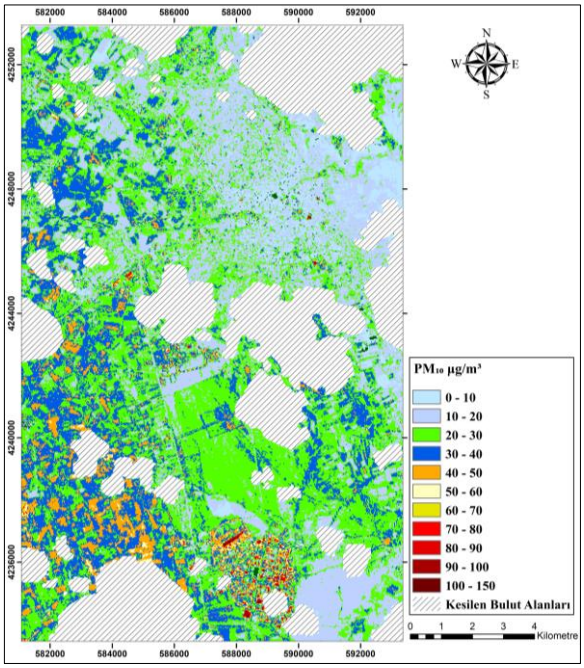
PM_{10} ilişkili uydu görüntüsünün elde edilmesi için regresyon analizi kapsamında red, green ve blue bantlarına ait hesaplanan katsayılar kullanılarak, bir model akış şeması oluşturulmuştur (Şekil 6).



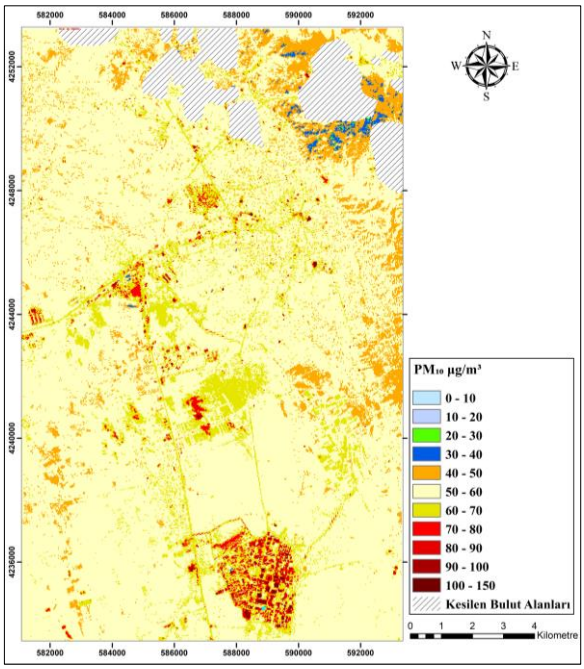
Şekil 6. Model akış şeması.

Her iki arazi döneminde PM_{10} ilişkili uydu görüntüsünün belirlenmesine ait model akışı aynı olmakla birlikte sadece regresyon analizinden hesaplanan red, green ve blue bantlarına ait katsayılar farklılık göstermektedir. Model akışının girdi verisi, radyometrik olarak düzeltilmiş uydu görüntüsü olup, bu görüntüye ait red, green ve blue bantları regresyon analizinden elde edilen katsayılarıyla çarpılmış ve sonrasında elde edilen çıktılar toplanmış olup, sonuç verisi olarak PM_{10} ilişkili uydu görüntüsü elde edilmiştir. Daha sonra

elde edilen bu görüntüler sınıflandırılarak, her iki arazi dönemine ait tematik haritalar üretilmiştir (Şekil 7 ve 8). Oluşturulan tematik haritalarda girdi verisi olarak kullanılan uydu görüntülerinin bulutlu olması nedeniyle uyumsuz değerler gözlemlenmiş olup, uydu görüntülerinden bulutlu alanlar kesilmiştir (Şekil 7 ve 8).



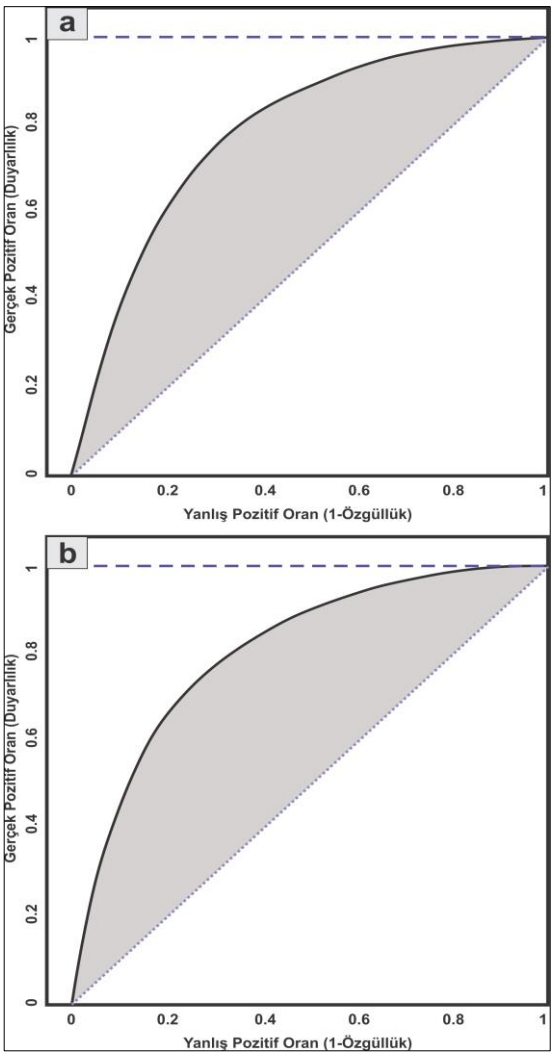
Şekil 7. 16.07.2018 tarihine ait PM_{10} ilişkili tematik harita.



Şekil 8. 20.10.2018 tarihine ait PM_{10} ilişkili tematik harita.

c. İstatistiksel Doğruluk Analizi

Her iki arazi dönemine ait üretilen tematik haritalar, model öncesinde yaklaşık %30 oranında rastgele seçilen ve PM_{10} değeri belli olan test verileri ile karşılaştırılmış ve bu kapsamda ROC (Receiver Operating Characteristic) eğrileri çizilmiştir. Buna göre ROC eğrileri altında kalan alan, ilk arazi çalışması için %79,64 ve ikinci arazi çalışması için %81,56 oranı tematik harita doğruluklarını göstermektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Analiz sonucu üretilen ROC eğrileri.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

16.07.2018 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen PM_{10} ilişkili tematik haritada PM_{10} yoğunluğu, şehir merkezinde 0-30 $\mu g/m^{-3}$ aralığında, trafiğin yoğun olduğu şehirlerarası yollarda 30-50 $\mu g/m^{-3}$, organize sanayi bölgesi ise 70-150 $\mu g/m^{-3}$ arasında yüksek değerlere sahiptir.

20.10.2018 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen PM_{10} ilişkili tematik haritada ise PM_{10} yoğunluğu şehir merkezinde 50-60 $\mu g/m^{-3}$ aralığında, trafiğin yoğun olduğu şehirlerarası yollarda 70-100 $\mu g/m^{-3}$, organize sanayi bölgesinde ise 80-150 $\mu g/m^{-3}$ arasında değişmektedir.

PM_{10} değerleri şehir merkezindeki bazı alanlarda, şehirlerarası yollarda ve organize sanayi bölgesinde DSÖ tarafından belirtilen hava kalitesi indeks değerinden yüksek çıkmış olup, hava kalitesi koşullarının orta ve hassas derecede olduğu belirlenmiştir. Şehir merkezinde ve şehirlerarası yollarda belirlenen yüksek PM_{10} değerlerinin, ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtlarından ve araçlardan salınan emisyon gazlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Organize sanayi bölgesinde ise yüksek PM_{10} değerleri, endüstriyel tesislerin bu alanlarda faaliyet göstermesi ile ilişkilidir. Bunun yanında PM_{10} değeri yüksek olan şehirlerarası karayolunun ve organize sanayi bölgelerinin şehir merkezinden uzaklaştırılması ile ulaşım ve endüstriyel tesis kaynaklı hava kirliliğinin azaltılabileceği öngörülmektedir. Böylece şehir merkezinin, dolayısıyla yaşam alanlarının hava kalitesi arttırılabilir.

PM_{10} ile uydu görüntüsü arasındaki ilişkinin derecesini açıklayan determinasyon katsayısı değerleri, 16.07.2018 tarihli uydu görüntüsünde 0.828, 20.10.2018'de ise 0.899 olarak bulunmuştur. Bu değerler Lim, Matjafri, Abdullah, Saleh ve Alsultan (2004), Nguyen ve Tran (2014) ve Shaheen ve diğerleri (2017)'deki çalışmalarda olduğu gibi, uydu görüntüsünden, PM_{10} kirlilik parametresinin yüksek derecede belirlenebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte Landsat-8 uydusunun görüntü alma süresinin arazi çalışmaları sırasında PM_{10} değerlerinin elde edilme süresinden oldukça kısa sürede olması nedeniyle uydu görüntüsünün çekim anındaki haliyle tamamen örtüşmemekte ve bu durum determinasyon katsayısının göreceli olarak düşük olmasına neden olmaktadır. Yapılan çalışmada kullanılan portatif örnekleme yönteminin pasif örnekleme yöntemleri ile değiştirilmesi veya mevcut portatif örnekleme yönteminin birden fazla örnekleyici kullanılarak daha fazla noktadan ve daha kısa sürede PM_{10} değerleri toplanmasıyla yapılan çalışmanın hassasiyetinin arttırılabileceği düşünülmektedir.

ORCID

Halil İbrahim GÜNDÜZ https://orcid.org/0000-0002-0609-8032

Semih EKERCİN https://orcid.org/0000-0002-9458-2261

KAYNAKLAR

Atafar, Z., Pourpak, Z., Yunesian, M., Nicknam, M. H., Hassanvand, M. S., Soleimanifar, N., Saghafi, S., Alizadeh, Z., Rezaei, S., Ghozikali, M. G., Osornio-Vargas, A. R. ve Naddafi, M. (2019). Proinflammatory effects of dust storm and thermal inversion particulate matter (PM_{10}) on human peripheral blood mononuclear cells (PBMCs) in vitro: a comparative approach and analysis. *Journal of Environmental Health Science and Engineering, 17(1), 433-444.* Doi: 10.1007/s40201-019-00362-1

Birleşmiş Milletler (2018). 2018 revision of world urbanization prospects. Erişim adresi: https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf

El-Fadel, M. ve Massoud, M. (2000). Particulate matter in urban areas: health-based economic assessment. *Science of the Total Environment*, *257*(2-3), 133-146. Doi: 10.1016/S0048-9697(00)00503-9

Gupta, P., Christopher, S. A., Wang, J., Gehrig, R., Lee, Y. C. ve Kumar, N. (2006). Satellite remote sensing of particulate matter and air quality assessment over global cities. *Atmospheric Environment*, *40*(30), 5880-5892. Doi: 10.1016/j.atmosenv.2006.03.016

Gündüz, H. İ. (2018). *Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonu ile Aksaray ili hava kalitesi haritasının oluşturulması* (Yüksek lisans tezi). YÖK veri tabanından erişildi (Tez No. 541401).

Kayaalp, G. T., Güney, M. Ç. ve Cebeci, Z. (2015). Çoklu doğrusal regresyon modelinde değişken seçiminin zootekniye uygulanışı. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *30*(1), 1-8. Erişim Adresi: https://dergipark.org.tr/tr/pub/cutarim

Konuk A. (2011). *Coğrafi bilgi sistemleri için temel istatistik*. Eskişehir: Anadolu üniversitesi web ofset.

Lim, H. S., MatJafri, M. Z., Abdullah, K., Saleh, N. M. ve AlSultan, S. (2004). *Remote sensing of PM_{10} from Landsat TM imagery*. 25th *Acrs 2004*, 739-744 Thailand.

Matthew, M. W., Adler-Golden, S. M., Berk, A., Felde, G., Anderson, G. P., Gorodetzky, D., Paswaters, S., ve Shippert, M. (2002). Atmospheric correction of spectral imagery: evaluation of the FLAASH algorithm with AVIRIS data. In *Applied Imagery Pattern Recognition Workshop, 2002. Proceedings*, 157-163. Doi: 10.1109/AIPR.2002.1182270

Mozumder, C., Reddy, K. V. ve Pratap, D. (2013). Air pollution modeling from remotely sensed data using regression techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, *41*(2), 269-277. Doi: 10.1007/s12524-012-0235-2

Nguyen, N. H. ve Tran, V. A. (2014, Aralık). *Estimation of PM_{10} from AOT of satellite Landsat image over Hanoi city.* International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences, Vietnam.

Örmeci, C. ve Ekercin, S. (2007). An assessment of water reserve change in the Salt Lake, Turkey, through multitemporal Landsat imagery and real-time ground surveys. *Hydrological Processes: An International Journal*, *21*(11), 1424-1435. Doi: 10.1002/hyp.6355

Polichetti, G., Cocco, S., Spinali, A., Trimarco, V. ve Nunziata, A. (2009). Effects of particulate matter (PM_{10}, $PM_{2.5}$ and PM_1) on the cardiovascular system, *Toxicology*, *261*(1-2), 1-8. Doi: 10.1016/j.tox.2009.04.035

Shaheen, A., Kidwai, A. A., Ain, N. U., Aldabash, M. ve Zeeshan, A. (2017). Estimating air particulate matter 10 using Landsat multi-temporal data and analyzing its annual temporal pattern over gaza strip, Palestine. *Journal of Asian Scientific Research*, *7*(2), 22. Doi: 10.18488/journal.2/2017.7.2/2.2.22.37

Tanre, D., Deschamps, P. Y., Devaux, C. ve Herman, M. (1988). Estimation of Saharan aerosol optical thickness from blurring effects in Thematic Mapper data. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, *93*(D12), 15955-15964. Doi: 10.1029/JD093iD12p15955

Ung, A., Wald, L., Ranchin, T., Weber, C., Hirsch, J., Perron, G. ve Kleinpeter, J. (2003, Haziran). *Air pollution mapping: relationship between satellite-made observations and air quality parameters*. 12th symposium Transport and Air Pollution, 105-112, France.

Valavanidis, A., Fiotakis, K. ve Vlachogianni, T. (2008). Airborne particulate matter and human health: toxicological assessment and importance of size and composition of particles for oxidative damage and carcinogenic mechanisms. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, *26*(4), 339-362. Doi: 10.1080/10590500802494538

YAZIM ESASLARI

1. Harita Dergisine Yazı Hazırlama Esasları

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

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

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

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

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

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

ç. Tablo isimleri, tablonun üstüne sol üst köşesinden itibaren yazılmalı (örneğin, Tablo 1. Karesel ortalama hatalar.); şekil isimleri, şeklin altına ortalanarak yazılmalı (örneğin, Şekil 1. CBS tasarımı.); tablo isimlerinden ve şekillerden önce, şekil isimlerinden ve tablolardan sonra bir satır boşluk bırakılmalı; tablolar ve şekiller sayfaya ortalanmalıdır. Tablolar ve şekillerin boyutu tek sütundan büyük olduğu durumlarda, sayfanın tamamına ortalı olarak yazılabilir. Bu durumda tablo ve şekiller metini bölmemeli sayfanın en altında ya da en üstünde yer almalıdır.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Kaynaklar ilk yazarlarının soyadına göre alfabetik sırada sıralanır.

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

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

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

Elektronik Kaynaklar: Talimat, Rehber vb.

INSPIRE. (2014). *D2.8.I.1 Data Specification on Coordinate Reference Systems – Technical Guidelines* (D2.8.I.1_v3.2). Erişim Adresi: https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/rs

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

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

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

Teknik Rapor:

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

Süreli yayın:

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

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

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

Kitap:

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

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

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

Sempozyum, Bildiri vb:

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

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

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

Tez:

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

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

2. Makalelerin Gönderilmesi

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

(MAKALE ÖRNEĞİ)

Xxxxxxxx Xxxxxxxxx Xxxxxx (Makale Başlığı-Türkçe)

(Xxxxxx Xxxxxxxxx Xxx) (Makale Başlığı- İngilizce)

(1 satır boşluk)

Xxxx XXXX (Yazar ismi)
Xxxxx Xxxx Xxxx, Xxxxx Xxxxx (Adres)
xxxxxxxx@xxxxxx (e-posta)

(1 satır boşluk)

0.5 cm
0.5 cm
0.5 cm
0.5 cm

ÖZ

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxx xxxxx xxxxx xxxxxxxxxx; xxxxxx xxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx.

(1 satır boşluk)

***Anahtar Kelimeler**: xxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx*

(1 satır boşluk)

ABSTRACT

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxx xxxxxxx xx xxxxxxxxxxxxx. Xxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxx xxxx xxxx.

(1 satır boşluk)

***Keywords**: xxxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxx xxxxx.*

(1 satır boşluk)

3 cm

1. GİRİŞ

0.5 cm

(1 satır boşluk)

Xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxx xx xxxx xxxxxx /1/.

(1 satır boşluk)

a. Xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxx xxxx xxxxxx xxxxx xxxx xxxx

(1 nci düzey alt bölüm)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxx

(1) Xxxxxxx Xxx Xxxx Xxxxxxxxx Xxxxxxx Xxxx Xxxxx Xxxxx Xxxx.

(2 nci düzey alt bölüm)

(1 satır boşluk)

2. XXXX XXXXX XXXX (Ana bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

a. Xxxxxxxxxxx Xxxxxx Xxxxx Xxxxxxxx Xxxxxxxx

(1 inci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxx xxx xxxxxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx.

(1 nci düzey alt bölüm 1 inci paragraf)

(1 satır boşluk)

(1) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx Xxxxxxx Xxxxxx Xxxxxxxx

(2 nci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxx.

(2 nci düzey alt bölüm 1 nci paragraf)

(1 satır boşluk)

(a) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx

(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxx xxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxx xxxx xxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxx xxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx.

(1 satır boşluk)

(b) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx

(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxx x xxxxxxxxxxxxxx.

(1 satır boşluk)

(I) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx xxxxx xxxxx xxxxxxxx xxxxxxxx

(4 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx

(1 satır boşluk)

(aa) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxxxx

(5 inci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx

(1 satır boşluk)

b. Xxxxxxxxxx Xxxxxx

(1 inci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxx xxx xxxxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx.

(1 nci düzey alt bölüm 1 inci paragraf)

2 cm

3 cm

xx

1.25 cm

(MAKALE ÖRNEĞİ)

(1) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxxxxxxxx.

(2 nci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xXxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx.

(2 nci düzey alt bölüm 1 nci paragraf)

(1 satır boşluk)

(a) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx

(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx x xxxxxxxxxxxxxx.

(1 satır boşluk)

(b) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx

(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxxxxxx x xxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxx.

(1 satır boşluk)

(I) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx

(4 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxx xxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxx xxx xxxx.

(1 satır boşluk)

Tablo 1. Xxxx xxxxxxx xxxxxxx xxxxxx

(1 satır boşluk)

Xxxxxxx xxxxx xxxx xxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxx xxxxx xxxxx xxxxxx.

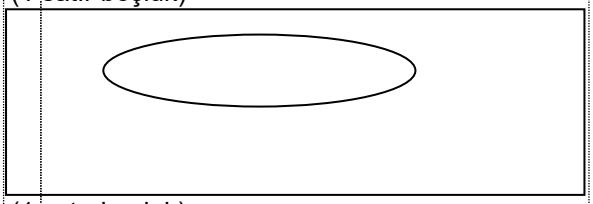
(1 satır boşluk)

$$KOH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i - x_{i(RASAT)}}{n}} \qquad (1)$$

(1 satır boşluk)

Xxxxxxx xxxxx xxxx xxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxx xxxxx xxxxx .

(1 satır boşluk)



(1 satır boşluk)

Şekil 1. Xxxxxx xxxx xxxxxxxx xxxxxx

(1 satır boşluk)

Xxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxx xx xxxxx xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx xxxx.

(1 satır boşluk)

3. SONUÇ

(1 satır boşluk)

Xxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxx xxxxx.

(1 satır boşluk)

K A Y N A K L A R

(1 satır boşluk)

Süreli Yayınlar:

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

Kitap:

Yazar, A. A. (Yıl). *Eserin başlığı*. Yer: Yayıncı.

Yazar, A. A. (Yıl). *Eserin başlığı*. Erişim adresi: http://www.xxxxxxxxxxx

Yazar, A. A. (Yıl). *Eserin başlığı*. doi:xxxxxxxxxxx

Editor, A. A. (Ed.). (Yıl). *Eserin başlığı*. Yer: Yayıncı.

Yazar, A. A. ve Yazar, B. B. (Yıl). *Bölüm ya da giriş başlığı*. A. Editör, B. Editör ve C. Editör (Ed.), Kitap başlığı (s. xxx-xxx) içinde. Yer: Yayıncı.

Doktora ve yüksek lisans tezleri:

Yazar, A. A. (Yıl). *Doktora ya da yüksek lisans tezinin başlığı* (Yüksek lisans tezi/Doktora tezi). … veri tabanından erişildi (Erişim ya da Sipariş No.).

Yazar, A. A. (Yıl). *Doktora ya da yüksek lisans tezinin başlığı* (Yayımlanmamış doktora tezi/yüksek lisans tezi). Kurum adı, Yer bilgisi.

Teknik raporlar ve araştırma raporları:

Yazar, A. A. (Yıl). *Çalışmanın başlığı* (Rapor No. xxx). Yer bilgisi: Yayıncı.

Toplantı ve sempozyumlar:

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

330
320
310
300
290
280