

# GSI JOURNALS



SERIE C  
ADVANCEMENTS IN  
INFORMATION SCIENCES  
AND TECHNOLOGIES  
(AIST)

VOLUME 4 ISSUE 1 YEAR 2021 ●



GSI JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES  
AND TECHNOLOGIES

Volume: 4 Issue: 1

**JOURNAL INFO (COPYRIGHT)**

<b>Journal Name</b>	GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies
<b>E-Mail</b>	GSIJournalsC@gsico.org
<b>Web</b>	<a href="https://gsico.info/publications">https://gsico.info/publications</a>
<b>Adress</b>	Adress: Josipa Broza Tita 23A sprat II, PD97.KO Podgorica III - MONTENEGRO
<b>Publisher</b>	Hilmi Rafet Yüncü

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES  
AND TECHNOLOGIES

Volume: 4 Issue: 1

**Chef in Editor**

*Alper Çabuk*

(Prof. – Eskisehir Technical University)

**Co-Editor**

*Gökhan Erşen*

(Res.Ass. - Anadolu University)

**Editorial Board**

<i>Alper Çabuk</i> (Prof. – Eskisehir Technical University)	<i>Avinash Pawar</i> (Assoc. Prof. - University of Pune)
<i>Dileep Kumar</i> (Assoc. Prof. - BERJAYA University College)	<i>Francesco Greco</i> (Prof. - University of Niccolò Cusano)
<i>Dimitrios Diamantis</i> (Prof. - Les Roches Global Hospitality Education)	<i>Detlev Remy</i> (Assoc. Prof. - Singaporian Institute of Technology)
<i>Dragan Cisić</i> (Prof. - University of Rijeka)	<i>M. Adel Atia-</i> (Assoc. Prof. Minia University)
<i>Hakan Alphan</i> (Prof. – Çukurova University)	<i>Bülent Yılmaz</i> (Prof. – İnönü University)
<i>Halim Perçin</i> (Prof. – Ankara University)	<i>Bülent Cengiz</i> (Prof. – Bartın University)
<i>Haywantee Ramkissoon</i> (Assoc. Prof. - Curtin University)	<i>Jagbir Singh Kadyan</i> (Assoc. Prof. - University of Delhi)
<i>Jean-Pierre van der Rest</i> (Prof. - Leiden University)	<i>Mukhles Al-Ababneh</i> (Assoc. Prof. - Al-Hussein Bin Talal University)
<i>Jelena Janjusevic</i> (Assist. Prof. - Heriot-Watt University)	<i>Sunil Kumar Tiwari-</i> (Prof - A.P.S.University)
<i>Judy Hou</i> (Manager - The Emirates Academy of Hospitality Management)	<i>Gamal S. A. Khalifa</i> (Assoc. Prof. - Lincoln University College)
<i>Mahdi Nasrollahi</i> (Assist. Prof. – Imam Khomeini Int. University)	<i>Hilmi Rafet Yüncü</i> (Assoc. Prof. – Anadolu University)
<i>Mir Abdul Sofique</i> (Assoc. Prof. - University of Burdwan)	<i>Athula Gnanapala</i> (Assoc. Prof. - Sabaragamuwa University)
<i>Mehmet Topay</i> (Prof. - Süleyman Demirel University)	<i>Taki Can METİN</i> (Assist. Prof.-Kırklareli University)
<i>Piyush Sharma</i> (Assoc. Prof. Amity University)	<i>Onur Çakır</i> (Assist. Prof. – Kırklareli University)
<i>Öner Demirel</i> (Prof. – Kırklareli University)	<i>Mehmet İnceoğlu</i> (Assist. Prof. – Eskisehir Technical University)
<i>Sonia Mileva</i> (Prof. – Sofia University)	<i>Cem Sayın</i> (Assist. Prof. – Anadolu University)
<i>Zöhre Polat</i> (Prof. – Adnan Menderes University)	<i>Amitabh Upadhy</i> (Prof. – Skyline University College)
<i>Stephanie Morris</i> (Assoc. Prof. – The Emirates Academy of Hospitality Management)	<i>Sunil Kumar</i> (Assoc. Prof. – Alliance University)
<i>Verda Canbey Özgüler</i> (Prof. – Anadolu University)	<i>Dejan S. Šabić</i> (Prof. – University of Belgrade)

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES  
AND TECHNOLOGIES

Volume: 4 Issue: 1

*Müzeyyen Anıl Şenel Kürçüoğlu*  
(Assist. Prof. – ODTU)

*Melike Uluçay*  
(Assist. Prof. – Yaşar University)

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION  
SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 4 Issue: 1

**CONTENT**

Seda CANOĞLU – Özlem UÇAR	Mobilya ve Enstalasyon Etkileşiminde Bilgisayar Destekli Uygulamalar	1-10
Merve DEMİRTAŞ- Emrah YILMAZ- Ceren Ünal- Tuncay KÜÇÜKPEHLİVAN- Balca AĞAÇSAPAN- Talha AKSOY	Elektrikli Araçlar ve Şarj İstasyonlarının Konumlandırılması	11-32
Ceren Özcan TATAR- Emrah YILMAZ- Barış LAFCI- Talha AKSOY- Balca AĞAÇSAPAN- Serhat SARI	Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Türkiye’deki Tarihsel Gelişimi ve Mevcut Durumu	33-61
Ceren Özcan TATAR- Emrah YILMAZ- Barış LAFCI- Talha AKSOY	Ağırlıklı Hiyerarşi Sürecinin (AHS) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Destekli Planlama Çalışmalarında Kullanımı	62-75
Arif Furkan MENDİ	Blokzincir Uygulamaları Ve Gelecek Öngörülleri	76-88

# GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 4, Issue: 1, p. 1-10, 2021

## MOBİLYA VE ENSTALASYON ETKİLEŞİMİNDE BİLGİSAYAR DESTEKLİ UYGULAMALAR

### COMPUTER AIDED APPLICATIONS IN FURNITURE AND INSTALATION INTERACTION

Seda CANOĞLU<sup>1</sup>  
Özlem UÇAR<sup>1</sup>

(Received 14.09.2020 Published 27.09.2020) - Research Article

#### Özet

Bu çalışma mobilya tasarımı ve enstalasyon sanatı etkileşimini bilgisayar destekli uygulamalar kapsamında ele almaktadır. Teknolojik gelişmeler sonucunda yaygınlaşan bilgisayar destekli uygulamalar her alanda olduğu gibi tasarım ve sanat alanlarında da oldukça etkili olmaktadır. Sınırları giderek bulanıklaşan tasarım ve sanat disiplinleri arasında yer alan çalışmalar farklı ve yaratıcı tasarım çözümleri ile sonuçlanmaktadır. Bu tasarım çözümlerinin önemli bir kısmı mobilya tasarımı alanında görülmektedir. Tasarım ve sanat arakesitinde yer alan mobilya tasarımları çoğunlukla mekân ve kullanıcı deneyime dayanan Enstalasyon Sanatı ile etkileşim içerisindedir. Bu etkileşim sonucunda ortaya çıkan tasarımlar bienal, fuar, festival gibi sanatsal etkinliklerde sergilenerek mobilyaya farklı açılımlar kazandırmaktadır. Mobilya tasarımı ve enstalasyon sanatı etkileşiminde gerçekleşen tasarımların önemli bir bölümünde bilgisayar destekli uygulamaların kullanıldığı görülmektedir. Çalışma bu kapsamda mobilya-enstalasyon etkileşimi ile şekillenen dokunsal duyular, dijital interaktivite ve sanal gerçeklik üzerine örnekleri içermektedir. İncelenen örneklerdeki yaklaşımlar mobilya tasarımları başta olmak üzere tasarımcı yöntemleri, kullanıcı alışkanlıklarına ilişkin yeni açılımlara imkân sağlaması açısından oldukça önemlidir. Çalışma mobilya enstalasyon etkileşimli tasarımlarda dijital teknolojilerin etkilerine yönelik tespitlerin sunulmasıyla sonuçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Mobilya Tasarımı, Enstalasyon Sanatı, Dokunsal Duyular, Dijital İnteraktivite, Sanal Gerçeklik.

---

<sup>1</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü.  
scanoglu@eskisehir.edu.tr omumcu@eskisehir.edu.tr

*Bu çalışma Ağustos 2020 tarihinde Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü İç Mimarlık Anasanat Dalı Sanatta Yeterlik Tezi olarak kabul edilmiş olan "Mobilya ve Enstalasyon Etkileşimi Üzerinden Bir Tasarım Yaklaşımı" başlıklı tez çalışmasından hazırlanmıştır.*

### **Abstract**

This study examines furniture design and installation art interaction in terms of computer-aided applications. Computer-aided applications, which have become widespread in every field as a result of technological developments, are also very effective in design and art fields. Studies that are among the design and art disciplines whose boundaries are increasingly blurred result in different and creative design solutions. An important part of these design solutions is seen in the field of furniture design. Furniture designs, which take place at the intersection of design and art, mostly interact with Installation Art based on space and user experience. The designs that come out as a result of this interaction are exhibited in artistic events such as biennial, fair, festival bringing different perspectives to furniture. It is seen that computer-aided applications are used in a significant part of the designs that take place in the interaction of furniture design and installation art. In this context, the study includes examples of haptic sensation, digital interactivity and virtual reality which are shaped by furniture-installation interaction. The approaches in the analyzed examples are very important in terms of allowing new expansions regarding furniture designs, designer methods and user habits. The study resulted in the presentation of determinations about the effects of digital technologies in designs that have furniture-installation interaction.

**Keywords:** Furniture Design, Installation Art, Haptic Sensation, Digital Interactivity, Virtual Reality.

## 1. GİRİŞ

Mobilya tasarımı işlev, estetik, malzeme ve teknoloji ile şekillenen yaratıcı bir süreçtir. Gündelik yaşamın ayrılmaz bir parçası olan mobilya tasarımı sanat, sosyoloji, ekonomi gibi alanlardan da etkilenecek gelişen disiplinler arası bir yapıdadır.

Mobilya ve sanat arasındaki etkileşim tarih boyunca devam etmiştir. Klasik dönemde yapılan sanat tanımlamaları ve sınıflandırmalarında, sanat ve zanaat-el sanatları gibi bir ayrım yapılmamış, mobilya gibi el işçiliğine dayalı disiplinler de sanat kapsamında değerlendirilmiştir. Rönesans'ta ve devam eden yüzyıllarda dönemin önemli sanatçıları resim, heykel ve mimari çalışmalar ile birlikte işlevsel ve dekoratif sanat eserleri üzerine de çalışmalar yapmıştır. 18. yy.da özellikle Avrupa'da başlayan sanat ve zanaat arasındaki sınıflandırma tartışmaları bu iki disiplin için güçlü bir ayrıma dönüşmüş ve 20.yy.a kadar etkileri devam etmiştir.

20. yüzyılın başlarına gelindiğinde sanat ve zanaat hareketinden birbiriyle kesişen iki sanatsal eğilim doğmuştur: birincisi dekoratif sanatlarla mimarlık ve sanayi arasında sıkı bağlar kuran bütüncül tasarım anlayışı; ikincisi ise küçük üretim çömler haneleri, dokuma atölyeleri ve mobilya stüdyolarında stüdyo zanaatleri hareketleridir (Shiner, 2004, s. 362). Bu eğilimlerle birlikte 20. yüzyılın başlarında Avrupa ve Amerika'da çeşitli sanatçı grupları dekoratif sanatlar ve tasarımı tanımlayıcı felsefelerinin ayrılmaz bir parçası olarak görmeye başlamıştır (Bloemink ve Cunningham, 2004, s.23).

Tasarım ve sanat alanlarındaki keskin sınırların ortadan kalkmasıyla mobilya ve sanatın karşılıklı etkileşimi yeniden önem kazanmıştır. Günümüzde bu etkileşimin en çok görüldüğü sanat alanlarından biri de mekân ve kullanıcı deneyimini esas alan Enstalasyon Sanatıdır. 1970'li yıllardan günümüze yaygınlaşarak gelişen Enstalasyon Sanatı ve mobilya tasarımı etkileşimiyle gerçekleşen projelerin önemli bir kısmında teknolojik gelişmelerin etkili olduğu ve bilgisayar destekli uygulamaların yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir.

Teknolojik gelişmeler ve bilgisayar destekli uygulamaların sanat ve tasarım alanında bir ifade aracı olarak kullanılması yeni ve yaratıcı fikirlerin açığa çıkmasını sağlamaktadır. Bu uygulamalarla şekillenen tasarım projelerinde kullanıcı deneyimi önemli bir olgu olmaya devam ederken, fiziksel sınırların ortadan kalktığı görülmektedir. Bu durum sanatsal etkileşimli tasarım uygulamalarında çok daha özgür bir alanın ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

## 2. MOBİLYA TASARIMI VE ENSTALASYON ETKİLEŞİMİ

Türkçede yerleştirme olarak da kullanılan enstalasyon terimi; özellikle 1970'lerden sonra özelleşmiş sergilerle birlikte galeriler içerisinde yapılandırılan asamblaj ya da mekânlar için yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Chilvers, 1996, s.258). Cumming (2006, s.483) enstalasyonu sergi mekânını içeriğine katan sanat işi olarak tanımlarken, görsel sanatlardaki genel kullanımı anlam ve algı düzleminde birbiriyle ve içinde buldukları mekânla ilişkili nesnelere bir arada sergilenmesidir



(Özayten, 2008, s.1635). Günümüzde sanatçılar ve küratörler, çok geniş bir yelpazeye yayılmış araçlarda birbiriyle ilintili etkinlikleri tanımlamak için bu terimden yararlanmaktadırlar. Enstalasyon Sanatı, “müdahale, etkileşim, iç mekân sanatı, atmosfer oluşturma, etkinlik ve proje” gibi başka terimleri kapsamaya başlamıştır (Oliveira, Oxley ve Petry, 2005, s.28).

1970’li yıllardan sonra adından sıklıkla söz edilmeye başlanan enstalasyon, mekâna özgü değerler ve izleyici deneyiminin ağırlıklı olduğu bir sanat olarak gelişim göstermiştir. Enstalasyon sanatının özünde yer alan bu kavramlar onun mimarlık, tasarım ve sinema gibi diğer disiplinlerle ilişkilendirilmesini sağlamaktadır. Enstalasyon ile ilişkilendirilebilecek bir diğer disiplin de mobilya tasarımıdır.

Somut bir gerçeklik olarak mobilya bir araya gelen, bir arada tutulan, fiziksel ve mekânsal olarak deneyimlenen malzemelerden oluşmaktadır. Bununla birlikte, mobilya aynı zamanda mühendislik, ergonomi, kültürel anlam, sosyal statü, kullanım, mekânsal organizasyon ve estetik ile ilgili fikirleri ortaya çıkaran somut olmayan yönlerin karışımıdır. Tüm boyutlar ölçülebilir ve fiziksel özelliklerle sınırlı değildir. Mobilya tasarlanırken ve yapılırken somut ve somut olmayan hususları aynı anda dikkate almak zorunludur (Postell, 2007, s.6). Bu özellikler mobilya tasarım sürecinde sanatsal düşünmeye dayalı yöntem ve tekniklerin kullanımına olanak tanımıştır.

Tasarım sürecinde kullanılan sanatsal yöntemler aracılığı ile tasarlanan mobilyalar, tasarım ve sanat arakesitinde ürünlerdir. Tasarım ve sanat arakesitinde değerlendirilecek mobilyaların bir kısmı öncelikli olarak sanatsal bir ürün niteliğinde tasarlanmıştır. Gündelik yaşam nesnelere sanatın bir parçası olması ile birlikte mobilyanın sanat alanı çerçevesinde kullanılabilirliği artmıştır. Bu kapsamda değerlendirilen mobilya, yeni bir işlev olarak sanatsal değeri ve anlamı ile var olmaktadır. Bunlara örnek olarak mobilya-enstalasyon etkileşimli tasarımlar gösterilebilir. Bu ürünler hem geleneksel mobilya tasarımı hem de enstalasyon sanatının sahip olduğu nitelikleri kullanan hibrit bir yapıdadır.

Günümüzde mobilya-enstalasyon sanatının karşılıklı etkileşimine dayalı olarak ortaya çıkan mobilya tasarımları bienal, festival yada fuar gibi bir çok tasarım-sanat etkinliğinde tıpkı bir sanat nesnesi gibi sergilenmekte ya da bu etkinliklerde yer alan enstalasyon çalışmalarının bir parçası olmaktadır. Bu çalışmalarda kullanılan çok farklı araçlar bulunmaktadır. Bu araçlardan biri de teknolojik gelişmelerin etkisiyle yaygınlaşan bilgisayar teknolojileridir.

### **3. MOBİLYA TASARIMI VE ENSTALASYON ETKİŞELİMİNDE BİLGİSAYAR TEKNOLOJİLERİ UYGULAMALARI**

Teknolojik gelişmeler her alanda olduğu gibi tasarım ve sanat alanlarında da oldukça etkili olmaktadır. Mobilya tasarımı ve enstalasyon etkileşiminde gerçekleşen tasarımların önemli bir bölümünde bilgisayar destekli uygulamaların kullanıldığı görülmektedir. Bu yeni teknolojik uygulamalar ile birlikte tasarım-sanat izleyicisi sadece dinlemek, izlemek ya da satın almak yerine tasarım-sanat nesnesinin oluşumuna katkı

sağlayan bir konuma gelmiştir. Bir tasarımın oluşumundan sunumuna kadar çeşitli alanlarda kullanılabilir bilgisayar teknolojileri, tasarımcılar için de yeni ve yaratıcı çalışma pratiklerinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bilgisayar teknolojisi, sadece baskı, resim, fotoğraf, video, müzik ve heykel gibi sanatın geleneksel formlarını dönüştürmekle kalmamış, internet sanatı, yazılım sanatı, piksel sanatı, dijital sergilemeler ve sanal gerçeklik gibi tüm yeni formların da sanatsal çalışmalar olarak kabul edilmesini sağlamıştır (okokumuş, 2012, s.51).

Yeni teknolojilerin sanat alanında kullanılması “yeni medya sanatı” kavramını gündeme getirmiştir. Seylan ve Güney (2016, s.98) “yeni medya sanatı” kavramı kapsamında, Dijital Sanat”, “Dijital Performans”, “Dijital Enstalasyon”, Dijital Heykel”, “Net Sanatı”, “Dijital Video ve Animasyon”, “Multimedya Sanatı”, “Robotik Sanat” gibi değişik tanımlamalarla ifade edilen birçok uygulama biçimi bulunduğunu belirtmektedir. Çoğu zaman da bu sınıflandırmaların birbiri içerisine karıştığı görülmektedir.

Çalışmanın bu bölümünde mobilya-enstalasyon etkileşimi kapsamında bilgisayar teknolojileri ile şekillenen örnekler değerlendirilmiştir.

### 3.1. Dokunsal Duyumlar

İnsanlar çoğunlukla bilinçli ve bazen de bilinçsiz olarak dokunma veya dokunsal duyumlara güvenmektedir. Cilt, eklem, kas ve organlarda yer alan sinirler insanlara vücutlarının nasıl konumlandığından, havanın nasıl olduğuna kadar, çeşitli bilgileri iletmektedir. Günümüzde gerçekçi dokunma hislerini yeniden yaratmaya yarayacak bilgisayar teknolojileri üzerindeki çalışmalar yaygınlaşmıştır. İnsan-bilgisayar etkileşimli dokunma hisleri robotik kontrol, fiziksel rehabilitasyon, navigasyon, iletişim veya evrimii alışveriş gibi bir çok farklı alanda önemli gelişmeler sağlayacağı düşünölmektedir (Hutson, 2018).

Dokunsal duyumlar (haptic sensations), mobilyalara dokunma ve onunla etkileşime girmenin fiziksel ve fenomenolojik deneyimleridir (Postell, 2007, s.188). Bilgisayar teknolojileri ile birlikte, dokunsal deneyimler insan vücutu ve tasarım ürünleri arasındaki etkileşime dair farklı ve yaratıcı açımlar sunmaktadır. 2018 yılında Edinburgh College of Art (ECA) öğrencileri ve araştırmacıları tarafından gerçekleştirilen “Data Pipe Dreams: Yakın Geleceğe Bakış” adlı sergi deneysel ve veri odaklı tasarımları bir araya getirmiştir. Tasarımcı Mark Williams “Quantified Body Language” adlı tasarımında bir sandalyeyi farklı vücut pozlarını tanımak üzere sensörlerle donatmıştır (Şekil 1). Tasarım bu sensörlere yapılan baskılar aracılığıyla kullanıcıların ruhsal durumları veya duyguları hakkında görsel bir harita sunmaktadır. Tasarımcı bilgisayar teknolojilerini mobilya tasarım alanında farklı ve yaratıcı bir bakış açısıyla yaklaşarak duyguları ifade etmeye yaratan bir sandalye fikrini ortaya koymuş ve bunu bir sanat etkinliğinde sergilemiştir.



Şekil 1: Mark Williams, Quantified Body Language,2018,  
Kaynak: Canoğlu, S. arşivi 2018

### 3.2. Dijital İnteraktivite

Enstalasyon-mobilya etkileşimli tasarımlarda kullanılan dijital teknolojiler, kullanıcıyı harekete geçiren ve kullanıcı ile şekillenen interaktif tasarım projeleri için önemli bir araç haline gelmiştir. Dijital teknolojiler, enstalasyonlar ve fiziksel ortamlardaki görsel mekanlaşmalarda sinematik gösterime sayısız yeni olanaklar getirmiştir. İnteraktivite, veri tabanları, verileri birleştirme ve yeniden yapılandırma gibi nosyonlara dayanmaktadır (Akten, 2008, s.32).

İnteraktif sanat alanında yapılan çalışmalar bilgisayar programcılığından, robot bilimlerinden ve yapay zekâ kuramlarından beslenmektedir. İçerdikleri minyatür motorlar ve sensörlerle seyircilerin dokunuş, ses ve hareketlerine tepki veren hareketli heykeller, seyirciye fiziksel bir nesneyi kumanda ederek sanal bir mekânı farklı açılardan keşfetme olanağı sunan enstalasyonlar, ses, hareket ve dokunuşlara tepki veren sınırlı yapay zekâ sahibi dijital varlıklar ve farklı şekillerde araştırılabilen sanal veri bankaları çağdaş dijital interaktif sanat yapıtlarının sadece bir bölümüdür (Sezen, 2013, s.133).

Fan Fengyuan tasarımı “Small World” adlı sandalye 2018 yılı Red Dot tasarım ödülünü almış, kullandığı projeksiyon teknolojisi sayesinde bir enstalasyona dönüşmektedir (Şekil 3). Enstalasyonda sandalyeler 200 metrekarelik bir alanda basınca duyarlı sensörler ile farklı görüntü ve sesler üreterek, kullanıcı ile etkileşimli bir yapıya bürünmektedir. Farklı mekânlarda, kalabalığın yoğunluğuna veya zamana bağlı olarak değişik ses ve görüntü üretebilen tasarım-enstalasyonun kamusal alanlardaki kullanıcılar için yeni bir deneyim yaratması hedeflenmektedir.



**Şekil 3:** Fan Fengyuan, “Small World - Square chair installation art”, 2018  
**Kaynak:** (“Small World”, 2018)

Dijital interaktif teknolojilerin kullanıcılar için bir diğer önemli özelliği de bireysel deneyimlere dayanmasıdır. İnteraktif bir deneyim sunan ürün veya mekân tasarımları, kullanıcının müdahalesi ile şekillenerek ya da değişerek, birbirinden bağımsız ve özgün tasarımların ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Bu deneyim ayrıca kişiye özel olarak kurgulanabilecek mekânların ya da ürünlerin tasarlanmasında yol gösterici niteliktedir.

### 3.3. Sanal Gerçeklik

Günümüzde Enstalasyon Sanatında giderek yaygınlaşan bir kullanım alanı bulan teknolojilerden biri de sanal gerçeklik teknolojileridir. Sanal Gerçeklik, katılımcılarına gerçekmiş hissi veren, bilgisayarlar tarafından yaratılan dinamik bir ortamla karşılıklı iletişim olanağı tanıyan, bir benzetim modelidir (Bayraktar ve Kaleli, 2007, s.2).

2020 yılı korona virüs salgını farklı sektörlerde çeşitli çevrimiçi uygulama ve etkinliklerin yaygınlaşmasına neden olmuştur. 15 Nisan-10 Haziran 2020 tarihleri arasında gerçekleşen dünyanın ilk “Sanal Tasarım Festivali (Virtual Design Festival)” de bu etkinliklerden biridir. Festival kapsamında Rapt Stüdyo tarafından gerçekleştirilen “Table” enstalasyonu tamamen sanal gerçeklik teknolojilerine dayanan dijital bir mobilya enstalasyonudur (Şekil 2). Bünyesinde mimar, iç mimar ve grafik tasarımcı gibi farklı disiplinlerden tasarımcıları barındıran Rapt Stüdyo, festival kapsamında gerçekleştirdiği “Table” enstalasyonunda katılımcıları bir masa ve sandalyelerden oluşan sanal bir seraya davet etmektedir. Masa üzerinde klasik yeme-içme aletleri yerine küçük bahçe aletleri, sulama kabı ve tabaklar içerisinde tohumlar yer almaktadır. Katılımcılar bu bahçe aletleri ile tohumları dikerek hem masanın yaşayan bir masaya dönüşmesini izlerken hem de diğer katılımcılarla sohbet etme imkânı bulan sanal bir ortam deneyimi yaşamaktadırlar (Crook, 2020).



Şekil 2: Rapt Stüdyo, "Table" enstalasyonu, 2020

Kaynak: (Crook, 2020)

Bu ve benzer sanal gerçeklik uygulamaları elle tutulur ve gözle görülür bir somut ürün ortaya koymasa da ürün-kullanıcı etkileşiminde gerçeğe yakın bir deneyim sunması açısından oldukça önemlidir. Bu sanal yaklaşımlar tasarımcılara mekânın, malzemenin ya da üretimin fiziksel sınırlarının ötesinde çalışma imkânı sunmaktadır. Kuruüzümcü (2007, s.96) sanatçının nihai amacına ulaşması için gerekli olan yapıtla katılımcı arasındaki ilişkinin sınırları ile yapıtın temel yönelenimi arasındaki ilişki, sisteme sanatçı tarafından bu ortamda sonsuz seçenekte atanabilen tanımlama ya da belirlemelerle çok geniş bir aralıkta oluşturulabileceğine dikkat çekmektedir. Böylelikle sanal gerçeklik ortamı, esnek yapısı gereği özgün bir yaratı aracı olarak katılımcı ve ortam arasındaki ilişkiyi belirleyen temel unsurlardan biri olan etkileşimin karakterini oluştururken, genişlemeye son derece açık bir yaratı ortamının olanaklarını sunmaktadır.

#### 4. SONUÇ

Kullanıcı deneyimini esas alan yazılımlar gibi bilgisayar teknolojileri ile birlikte şekillenen mobilya tasarımları kullanıcı alışkanlıklarını anlamak ve bu konularda veri oluşturmak için kullanılabilir. Bu da gelecek tasarım problemlerini çözümlenmede yol gösterici nitelikte olacaktır.

Kullanıcı etkileşimini esas alan dijital teknolojilerle şekillenen tasarımların, kullanıcılarla çok daha bireysel bir etkileşim kurduğu görülmektedir. Bu durum kişiye özel çözümler ve uygulamaların yaygınlaşmasını sağlayacaktır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir durum, bu kişiye özel dijital uygulamaların kişiler arası etkileşimi

azaltması ve kişileri sosyal olmayan ortamlara maruz bırakmasıdır. Tasarımcıların dijital teknolojiler aracılığı ile üretecekleri tasarımlarda bu problemleri göz ardı etmemesi gerekmektedir.

Bir taraftan kullanıcıları yalnızlaştırma gibi eleştirilere maruz kalan dijital uygulamaların bunun tam tersi kullanımlarının olduğu da görülmüştür. 2020 yılı dünyanın içinde bulunduğu salgın gibi doğal afet ve zorlu koşullarda önemi iyice artan çevrimiçi uygulamalar çeşitli sanal gerçeklik teknolojilerini de yaygınlaştırmaktadır. Bu kapsamda gerçekleştirilen tasarım ve uygulamalar izole olmak durumunda olan insanların karşılıklı etkileşim kuracağı ve paylaşımında bulunacağı sanal ortamlar ve sanal tasarımlar yaratmıştır. Ayrıca bu sanal uygulamalar üretim, maliyet, malzeme gibi zaman ya da mekâna dair oluşabilecek çeşitli kısıtlamaları ortadan kaldırarak, tasarımcıya çok daha özgür bir tasarım ortamı ve yaratım süreci sunmaktadır.

Sonuç olarak bilgisayar destekli uygulamalarla şekillenen mobilya tasarımları, tasarımcılara günümüz kullanım ihtiyaçlarına uygun çözümler üretmede yol gösterici nitelikte olmaktadır. Bu süreçte sanatsal bir bakış açısıyla şekillenen mobilya-enstalasyon etkileşimli tasarımlar özgün ve yaratıcı çözümler sunmaktadır. Çeşitli sanat etkinliklerinde sergilenme imkânı bulan bu tasarımların sunacağı yenilikçi deneyimler daha çok kullanıcıya ulaşma imkânı bulmaktadır.

## KAYNAKÇA

- Akten, Z. E. (2008). *Gelişen Teknolojilerin Dijital Sanat Alanında Oluşturduğu Yeni Temalar ve Mimarlığa Katkıları*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Erişim Adresi: <https://polen.itu.edu.tr/handle/11527/8537>
- Bayraktar, E., Kaleli, F. (2007). Sanal Gerçeklik ve Uygulama Alanları. *Akademik Bilişim*, 1-6.
- Bloemink, B. J. ve Cunningham, J. (2004). *Design-is Not Equal to-Art: Functional Objects from Donald Judd to Rachel Whiteread*. London; Merrell Publishing.
- Chilvers, I. (1996). *The Concise Oxford Dictionary of Art and Artists*. Oxford: Oxford University Press
- Crook, L. (2020). *Rapt Studio's Table Installation Facilitates Virtual Connections*. Erişim Adresi: <https://www.dezeen.com/2020/04/29/rapt-studios-table-installation-ventura-projects-vdf/>
- Cumming, R. (2006). *Sanat*. İstanbul: İnkılap Yayınevi
- Çokokumuş, B. (2012). Dijital Ortamda Kültür ve Sanat. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE)*, 1(3), 51-66.

Canoğlu, S. & Uçar, Ö. (2021). Mobilya ve Enstalasyon Etkileşiminde Bilgisayar Destekli Uygulamalar. GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST), 4 (1): 1-10.

Hutson, M. (2018). *Here's What the Future of Haptic Technology Looks (Or Rather, Feels) Like*. Erişim Adresi: <https://www.smithsonianmag.com/innovation/heres-what-future-haptic-technology-looks-or-rather-feels-180971097/>

Kuruüzümcü, R. (2007). Bir Dijital Ortam ve Sanat Formu Olarak Sanal Gerçeklik. *Sanat Dergisi*, (12), 93-96

Oliveira, N., Oxley, N., Petry, M. (2005). *Yeni Milenyumda Enstalasyon Sanatı : Duyular İmparatorluğu*. İstanbul: Akbank Kültür Sanat Yayınları.

Özayten, N. (2008). Yerleştirme. *Eczacıbaşı sanat ansiklopedisi içinde* (3,1634-1635). İstanbul: YEM yayın.

Postell, J. (2007). *Furniture Design*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons

Seylan, A., Güney, E. (2016). Tekno-Kültür Bağlamında Yeni Medya Teknolojilerinin Çoklu-Disipliner Sanatsal Üretimlere Tesirleri. *Uluslararası Disiplinlerarası ve Kültürlerarası Sanat Dergisi*, 1(1), 94-104.

Sezen, D. (2013). Bir Sanatsal İfade Aracı Olarak Dijital Oyunlar. *İstanbul Üniversitesi İletişim Fakültesi Hakemli Dergisi*, (45), 129-147.

Shiner, L. (2004). *Sanatın İcadı: Bir Kültür Tarihi*. (Çev: İ. Türkmen). İstanbul: Ayrıntı Yayınları.

Small World - Square Chair Installation art. (2018). Erişim Adresi: <https://www.red-dot.org/project/small-world-square-chair-installation-art-26144/>

# GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES (AIST)

*Volume: 4, Issue: 1, p. 11-32, 2021*

## ELEKTRİKLİ ARAÇLAR VE ŞARJ İSTASYONLARININ KONUMLANDIRILMASI

### POSITIONING OF ELECTRIC VEHICLES AND CHARGING STATIONS

Merve DEMİRTAŞ<sup>1</sup>

Emrah YILMAZ<sup>2</sup>

Ceren ÜNAL<sup>1</sup>

Tuncay KÜÇÜKPEHLİVAN<sup>1</sup>

Balca AĞAÇSAPAN<sup>1</sup>

Talha AKSOY<sup>1</sup>

(Received 03.12.2020 Published 01.03.2021) - Research Article

#### Özet

Günümüzde sürdürülebilir yaşamın kurulabilmesi için pek çok çalışma yapılmaktadır. İklim krizini arttıran sera gazları salınımının büyük oranda ulaşım sektöründen kaynaklandığı, dünya genelinde kabul görmüş bir gerçektir. "Bu sektörün tüketilen petrol enerjisindeki payının fazla oluşu, özel araç sahipliğinin ve kullanımının günden güne artması, hızla artan nüfus ve benzin pompa fiyatlarının yıllar itibariyle artan bir eğilim göstermesinin sorunlar doğurduğu açıktır" (Varol, Öztürk, ve Öztürk, 2018). İçten yanmalı motorların kullanmakta olduğu fosil yakıttan elde edilen enerjinin yenilenemez bir enerji olması, ekonomik olmaması sebepleri ile de elektrikli araçların gelişimi ivme kazanmıştır. Elektrikli araçların çevreye duyarlı oluşu göz önünde bulundurulduğunda sürdürülebilir yaşama katkı sağladığı görülmektedir. Elektrikli araç teknolojisinin geldiği son noktada araçların menzilleri ve mevcut şarj istasyonu konumları gibi parametreleri eklediğimizde şehirlerarası yolculuğu verimli hale getirecek şarj istasyonları yetersizdir. Bu çalışma şehirlerarası ulaşımında elektrikli araçların şarj kapasiteleri ve menzilleri göz önünde bulundurularak, şarj istasyonları için uygun konumların seçilmesi üzerine gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrikli araç, Elektrikli araç şarj istasyonu, Eş mesafe poligonları

---

<sup>1</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, mdemirtas@eskisehir.edu.tr, cerenunal@eskisehir.edu.tr, tuncay@basarsoft.com.tr, bagacsapan@eskisehir.edu.tr, talhaaksoy@eskisehir.edu.tr

<sup>2</sup>Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş., Ankara, Türkiye, emrah@basarsoft.com.tr, tuncay@basarsoft.com.tr

\*TUBİTAK 2244 programı kapsamında desteklenen Eskişehir Teknik Üniversitesi ve BAŞARSOFT tarafından yürütülen 119C200 numaralı proje dâhilinde yapılan işbirliğiyle yayına hazırlanmıştır.



### **Abstract**

Currently, many studies are work in progress to establish a sustainable life. It is a worldwide accepted fact that the emission of greenhouse gases that increase the climate crisis is mostly caused by vehicles. "It is obvious that the enormous share of the sector in consumed petroleum energy, increasing private vehicle ownership and usage, rapidly growing population and the increasing gasoline pump prices have caused problems" (Varol, Öztürk ve Öztürk, 2018). The development of electric vehicles has gained momentum because the energy obtained from fossil fuels used by internal combustion engines is non-renewable and not economical. Considering the environmental awareness of electric vehicles, it is seen that they contribute to a sustainable life. When we add parameters such as the range of vehicles and current charging station locations at the latest point of electric vehicle technology, charging stations that will make intercity travel efficient which is insufficient currently. This study was carried out on the selection of suitable locations for charging stations, taking into account the charging capacities and car's range of electric vehicles in intercity transportation.

**Keywords:** Electric vehicle, Electric vehicle charging station, Isodistance polygon

## 1. GİRİŞ

Dünya genelinde gelişmekte olan elektrikli araç teknolojisi daha yüksek menzil değerine sahip araçların piyasada artmasına, araç sayısının artması ise şarj istasyonu geliştiren firmaları kullanıcının en büyük şikâyetlerinden biri olan şarj süresinin daha az olduğu yüksek hızlı şarj istasyonları geliştirmeye yöneltmiştir. “Halka açık şarj istasyonlarının artması araç sahiplerinin menzil kaygılarını azaltacak ve potansiyel kullanıcıların araç sahibi olmasında olumlu sonuçlar sağlayacaktır” (Chen, Kockelman ve Khan, 2013). Böylelikle elektrikli araç satın alımı ile şarj istasyonu üretimi arz talep doğrultusunda birbirlerini besleyecektir.

Bu çalışmada gelecekte elektrikli araçların Türkiye’de kullanımının yaygınlaşacağı öngörüsü ile şehirlerarası yolculukta kullanıcının yolda kalma endişesini ortadan kaldırarak, ulaşımını sağlamak amacıyla belirlenen noktalara şarj istasyonlarının yer seçimlerinin yapılması amaçlanmaktadır.

“Şarj istasyonlarının yerini seçerken, halka açık şarj noktasına kaç tane yavaş ve hızlı şarj cihazı takılması gerektiğini belirlemek gerekir. Bu sorunu yönetmek için, belirli bir şarj cihazı türü için ne kadar talebin birim alanında belirli bir zaman aralığında toplanacağını bilmek önemlidir” (Jung, Choi ve Lee).

Mevcut istasyonlara ait konumsal verilerin ve özniteliklerin işlenmesinde ve analizinde ArcGIS Pro yazılımı ve Başarsoft Rotoban uygulaması kullanılmıştır. Çalışmanın amacı coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile öncelikle en düşük araç menzili göz önünde bulundurularak çok değişkenli yer seçimi işlemlerinin hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmesidir. Çalışmada öncelikle Türkiye’nin merkezinde bulunan Kırşehir ili merkez alınarak, daha sonra en batı nokta olan Edirne’den başlanarak Türkiye’deki en kısa menzile sahip olan aracın menzili baz alınıp; karayolu ağı üzerinde alabileceği maksimum uzaklıktaki noktalar belirlenmiş ve eş mesafe poligonları oluşturulmuştur. Bu oluşan poligonlar ile mevcut ulaşım ağı karşılaştırılarak, şarj istasyonu kurulumu için uygun olan noktalar belirlenmiştir.

Çalışmanın başlangıç aşamasında elektrikli araçlar ve elektrikli şarj istasyonları hakkında geniş bir literatür araştırması yapılmış olup; bu araştırmanın akabinde elektrikli araçlar ve elektrikli araç şarj istasyonlarının güçlü ve zayıf yönleri ile dış unsurların sunduğu fırsatlar ve oluşturduğu tehditler SWOT Analizi kapsamında irdelenmiştir.

Coğrafi bilgi sistemleri aracılığıyla Türkiye’de mevcut olarak yer alan, farklı şirketlere ait şarj istasyonlarının konumları belirlenmiş ve tek bir harita üzerinde gösterilmiştir. Bu görselleştirme ile mevcut şarj istasyonlarının kent merkezlerinde yoğunlaştığı anlaşılmıştır. Yapılan literatür araştırmaları ve anket çalışmaları da dünya genelinde elektrikli araçlar ile şehirler arası seyahat edebilmenin pek çok güzergahta olanaksız olduğunu göstermektedir. Bu durum ileriki dönemlerde yapılacak olan şarj istasyonu yatırımlarının şehirlerarası yollar üzerinde konumsallaştırılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Aksi durumda elektrikli araçların yalnızca şehir içi ulaşım ihtiyacını

karşılaktan öte gidemeyeceği, bu bağlamda da sürdürülebilir olamayacağı anlaşılmaktadır.

Tüm bu bilgiler ışığında, bu çalışma Türkiye’de elektrikli araçlarla şehirlerarası seyahatin kesintisiz sağlanabilmesi için, elektrikli şarj istasyonlarının şehirlerarası yollar üzerinde konumlanması gereken noktaların belirlenmesini amaçlamıştır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde Türkiye’de aktif olarak trafikte bulunan elektrikli araçların şarj kapasiteleri, şarj türleri, menzilleri kapsamında incelenen istasyon seçimi ve elektrikli araçlara ait konumlandırılacak istasyonların elektrik altyapısı üzerinde etkilerini barındıran; çalışmalarında CBS’nin de kullanıldığı örnek projeler, makaleler ve çeşitli yayınlar incelenmiş ve temel konu başlıkları üzerinden Tablo 1’de gruplandırılmıştır.

Güç kaynağı elektrik enerjisi olan elektrikli araçlar, yolculuğun hiçbir aşamasında farklı bir enerji kaynağından beslenmezler. Dolayısıyla menzillerinin sonuna geldiklerinde yeniden şarj edilmeleri gerekir. Günümüz teknolojisinde, en verimli koşullar göz önünde bulundurulduğunda, en yüksek menzile sahip araç 470 kilometreye, batarya kapasitesi ise 90 kWh’e çıkabilmektedir. “Batarya şarj zamanı elektrikli aracın batarya tipine, batarya kapasitesine ve şarj cihazının çıkış gücüne bağlı olarak değişir” (Polat vd. 2015). Ayrıca yolun fizibilitesi, trafik yoğunluğu, hava koşulları da batarya kapasitesini etkileyen faktörlerdir. Türkiye’de kullanılan elektrikli araçların özellikleri detaylı şekilde Tablo 2’de verilmiştir.

Araçların kullanım amaçları enerji ihtiyaçları ile doğrudan ilgilidir. Renault Twizy örneğinde (Renault, 2020) de görebileğimiz gibi düşük menzilli araçlar şehir içi ulaşım amacıyla tasarlanmıştır. Ayrıca trafiğin yoğun olduğu bölgelerde yapılan dur kalk eylemi enerji ihtiyacında değişiklik olmasına sebep olabilmektedir.

Tablo 1. Şarj İstasyonu Seçiminde Önceden Yapılan Çalışmalarda Dikkate Alınan Ölçütler.

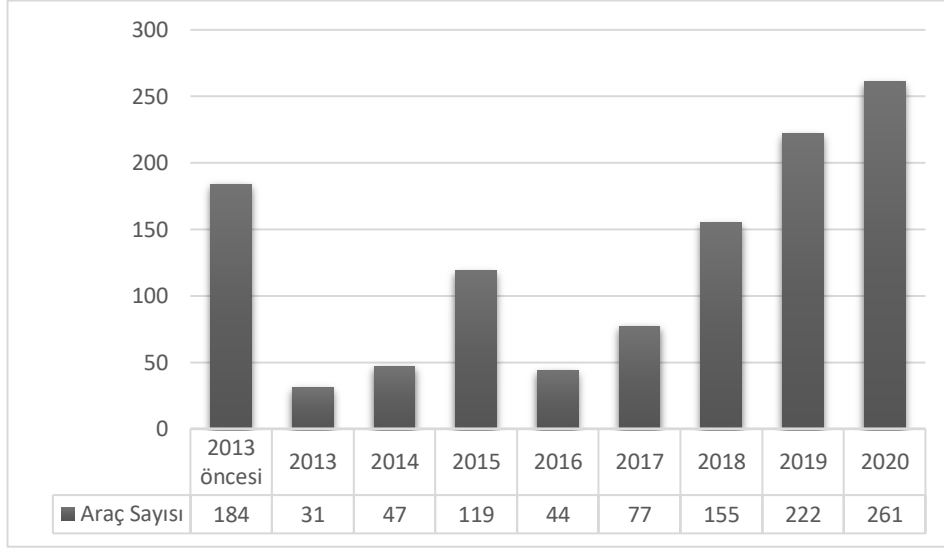
		(Varol, Öztürk, & Öztürk, 2018)	(Birleştirici, Şalçı, Dikkulak, Güler, & Yağcıtekin, Uzunoglu, & Karakaş, 2011)	(Frade, Ribeiro, Gonçaves, & Antunes, 2011)	(Chen, Kockelman, & Khan, 2013)	(Shahraki, Cai, Turkay, & Xu)	(He, Kockelman, & Perrine)	(Anwarzai & Nagasaka, 2017)	(Yomralıoğlu & Güler, 2017)	(Villacrese, Gaona, Martínez-Gómez, & Jijón)	(Polat, Yumak, Sezgin, Yumurtacı, & Gül,
	<b>Ölçüt</b>										
<b>ELEKTRİKLİ OTOMOBİL TEKNOLOJİSİ</b>	Türkiye’de Mevcut Otomobil Sayısı										✓
	Menzil										✓
	Batarya Ömrü										✓
	Batarya Kapasitesi										✓
	Ac/Dc Şarj Süresi			✓							✓
<b>ŞARJ İSTASYONLARI</b>	Mevcut İstasyon Konumları										
	Şartname Ve Mevzuat			✓							
	İstasyonların Teknik Detayları	✓	✓								
	Yeşil Şarj İstasyonları			✓							
	Değiştirilebilir Bataryalar			✓							
	İstasyon Seçim Yöntemleri				✓	✓	✓	✓	✓	✓	
<b>ÇEVRE</b>	Kirlilik	✓									
	Enerji Tüketimi	✓									

Tablo 2: Türkiye’de Kullanılan Elektrikli Araçların Özellikleri.

Elektrikli Araçlar	Ortalama Menzil	Li-İyon Batarya Kapasitesi	Batarya Ömrü	Hızlı Şarj (Dc)	Normal Şarj (Ac)	Super-Charger
BMW i3	260 km	37.9 kWh	8 yıl/100 000 km	%80/42 dk	%80-3 sa 10 dk	
BMW i3s	260 km	37.9 kWh	8 yıl/100 000 km	%80/42 dk	%80-3 sa 10 dk	
Jaguar I-PACE	470 km	90 kWh	8 yıl/160 000 km	%80/40 dk	%80-11 sa (7 kW)	
Smart Fortwo	160 km	17.6 Kw		%80 /40 dk	%80- 6sa	
Renault Zoe	380 km	52 kWh		%80/70 dk	%80- 8 sa (7 kw)	
Tesla Model S	400 km	90 kWh	8 yıl/sınırsız km			%80/30 dk
Tesla Model X	435 km	90 kWh	8 yıl/sınırsız km			%80/30 dk
Tesla Model 3	346 km	90 kWh	8 yıl/sınırsız km			%80/30 dk
MINI COOPER SE	232 km	32.6 kWh	8 yıl/100 000 km	%80/35 dk (50 Kw)	%100-2.5 sa (11 Kw) %80- 4.5 sa (7.4 kw)	

Ulaşım sektörü, Türkiye’de içten yanmalı motorlu araçlar ile sağlandığından tüketilen enerjinin çok büyük bir bölümünü kapsamaktadır. İçten yanmalı motora sahip araçlar çevreye zarar verdiği için ve enerji kaynağı olan petrol sonlu bir kaynak olduğundan ilerleyen zamanlarda enerji krizlerine yol açacaktır. Bu duruma engel olmak için elektrikli araçların sayısı ve teknolojisi gün geçtikçe gelişmektedir. Varol vd. (2018) çalışmalarında motorlu araçların neden olduğu kirlenme, enerji tüketimi ile doğrudan ilgili parametreler, içten yanmalı motorların enerji kaynağı olan petrolün sebep olduğu CO<sup>2</sup> salınımının artmasına ve bu durumların tüm dünyayı etkileyecek çevresel sonuçlarına değinmiştir.

Yapılan uluslararası anlaşmalar ve yaşanan iklim krizi yatırımcıları ve devletleri çevresel sorunları indirgeyebilmek için elektrikli araç ve şarj istasyonu üretimine yönlendirmiştir. Türkiye’de elektrikli araç sayısı (Şekil 1) ise şu an için çok yüksek rakamlara ulaşamamış olsa da, bazı araştırmalar şarj problemi yaşanmasının ve şarj istasyonlarının yeterli aralıklarla olmamasının kullanıcının tereddütte kalmasına neden olduğu sonucunu göstermektedir (Şekil 2).



Şekil 1: Türkiye’de Elektrikli Otomobil Sayısı.

Kaynak: Grafik Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği’ne ait veriler ile haber sitelerinden elde edilen bilgiler derlenerek hazırlanmıştır.



Şekil 2: Kamuya Açık Şarj İstasyonları Yeterlilik Anketi.

Kaynak: (Çetelem Gözlemevi, 2019).

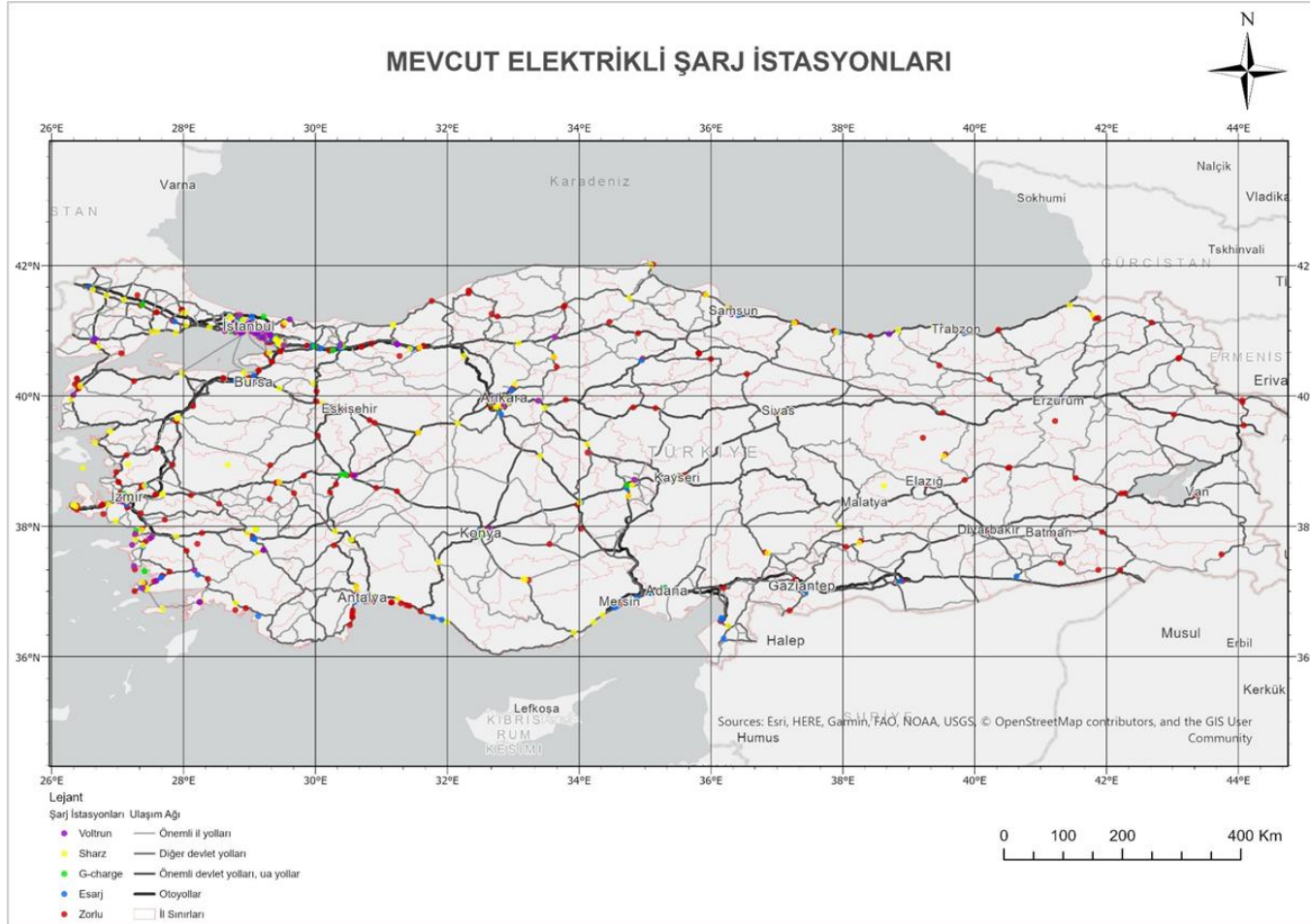
Günümüzde Türkiye’de pek çok şirketin şarj istasyonları yatırımlarına başladığı bilinmektedir. “Türkiye’de şarj altyapıları geliştiren ve sağlayan pek çok şirket bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak; Eşarj, G-Charge (Gersan), Voltrun, Yeşil Güç

(Greenway), Zorlu Energy Solutions (ZES) ve Sharz, istasyon modellerinden bir ya da daha fazlasını ülke genelinde uygulamaya koymuşlardır” (Shura Enerji Dönüşümü Merkezi, 2019).

Ülke geneli incelendiğinde yatırımların İstanbul, Ankara ve İzmir başta olmak üzere kent merkezlerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durumun şarj istasyonu kurulumu yapan şirketlerin politikalarından ya da yasal mevzuattan kaynaklı olduğunu söyleyebilmek mümkündür. Otopark yönetmeliğine göre belirlenen elektrikli şarj istasyonu zorunluluğu ya da kullanıcıların evlerinde ve iş yerlerinde yapılan şarj istasyonu kurulumları şehir içindeki istasyon sayısını arttırırken; şehirler arası yollar için herhangi bir düzenleme olmamasının şehir içi-şehirler arası yol ağları üzerindeki yoğunluk farkına sebep olduğu söylenebilmektedir.

Yukarıda açıklanan sebeplerin Türkiye karayolu ağındaki yansıması harita 1’de görülebilmektedir. Şarj istasyonu yatırımlarının kent merkezlerinde yoğunlaşması; araçların batarya kapasiteleri ve kat edebilecekleri maksimum mesafenin kısalığı gibi nedenlerle şehirler arası yolculuğa engel olmaktadır. Bu bağlamda incelendiğinde gelecekte yapılacak olan şarj istasyonu yatırımlarının, şehirler arası karayolu ağı üzerine konumlandırılması, hem elektrikli araca olan önyargının azalmasına hem de kullanıcının sorunsuz seyahatine olanak tanıyacağı bir kez daha anlaşılmaktadır.

Türkiye’de ve dünyada ulaşım yoğunluğu gün geçtikçe artmakta olup, oluşan emisyon miktarları da buna paralel yükselmektedir. Bu bağlamda içten yanmalı motor teknolojisinde iyileştirmeler yapılmakta, alternatif yakıtlar ve daha verimli alternatif araçlar geliştirilmektedir. Gün geçtikçe artan petrol türevi yakıtlarla sağlanan ulaşım yoğunluğu, emisyon yoğunluğunun artmasına ve tüm dünyayı etkileyecek ciddi sorunlara zemin hazırlamaktadır. Elektrikli araçlar; düşük seviyede emisyon salımı ve yakıt tasarrufu sağladığı için bu sorunlara çözüm getirecek avantajlar sunar. Ancak elektrikli araçlar içten yanmalı motorlara sahip araçlardan daha maliyetli olmasından dolayı yakıt tasarrufu sağlamasına rağmen kullanıcılar tarafından tercih edilmemektedir. Ayrıca uzun menzilli yolculuklar için yeterli şarj istasyonunun bulunmaması, şarj süresinin uzun oluşu gibi sebepler de elektrikli araçların tercih sebebi olmasına engel olmaktadır. Varol vd. (2018) çalışmalarında ayrıca elektrikli araçların avantajları ve dezavantajları üzerinde durmuştur.



Harita 1: Mevcut Şarj İstasyonları Haritası.



İçten yanmalı motorlu araçların yerini elektrikli araçların alması durumunda petrolden sağlanan enerji elektrik enerjisinden karşılanacak, araçların enerji ihtiyacını karşılamak için şarj istasyonlar sistemleri önemli bir ihtiyaç olacaktır. İçten yanmalı motorlu araçların yerini elektrikli araçlar alacak ve elektrikli araçların bataryaları için şarj istasyonları ihtiyacı doğacaktır. Şarj istasyonları uluslararası standartlarca desteklenen, firmalar bünyesinde değişiklik gösterebilen özelliklerde şarj ünitelerinden oluşmaktadır. Birleştirici, vd. (2015) ve Yağcıtekin vd. (2011) çalışmalarında şarj ünitelerinin teknik detaylarına yer vermişlerdir.

Günümüzde kullanılan fosil yakıtlı araçların yakıt dolum süresi yalnızca birkaç dakikada sürerken, elektrikli araçların şarj süresinin birkaç saate kadar uzaması ve ihtiyaç duyulan sıklıkta şarj istasyonu bulunmaması elektrikli araç kullanımının yaygınlaşmasının önünde engel oluşturmaktadır. Şarj süresinin uzunluğu hem aracın hem de şarj istasyonunun özneliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Sürüş konforunun ve elektrikli araç teknolojisinin çekim gücünü arttırabilmek için araçların batarya kapasiteleri ve hızlı şarj olabilme yeteneği geliştirilirken; diğer taraftan şarj istasyonlarının verebileceği hizmet ve elektrik altyapısı üzerinde şarj süresinin kısaltılması için çalışmalar yapılmaktadır.

Elektrikli araçların şarj süresinin uzunluğuna çözüm sağlamak amacıyla bazı firmalar batarya değişim uygulaması sağlayarak kullanıcılara zamandan tasarruf etme imkânı sağlamıştır. Yağcıtekin vd. (2011) çalışmalarında firmaların batarya değişimi konusundaki müşteri memnuniyetine yönelik farklı politikalarından bahsedilmektedir. Ayrıca aynı çalışmada elektrik enerjisi büyük oranda enerji santrallerinden üretilmeye devam ettiğinden 'yeşil şarj istasyonu' şeklinde tanımlanan rüzgâr, güneş, jeotermal enerji gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisinden faydalanan istasyonlarına değinilmektedir.

Elektrikli araçların, klasik araçların yerini alması ile trafikte tüketilen yakıt enerjisinin yerini de elektrik enerjisi alacaktır. Bu durum, enerji talebinde önemli bir artış anlamına gelmektedir. Bu talebin karşılanması, belli bir süreç ve basamakları içerecektir.

"Şarj istasyon sistemi, elektrik enerjisi alt yapısı ve tesisatı ile başlayan, araçlara enerji akışını ve kontrolünü gerçekleştiren üniteler ve bunların haberleşme alt yapısı ile neticelenen bir yapıdır" (Birleştirici vd. 2015).

Araçların kullanım amaçlarında öncelik arz eden şehir içi ve şehirlerarası ulaşım türleri şarj istasyonlarının tiplerinin belirlenmesinde temel ölçütlerdir. Bu bağlamda kullanıcıların konutlarında bulunan ve konutlardaki elektrik şebekesini kullanan yavaş şarj istasyonları, şehir içi ulaşımında kullanabilecekleri şarj süresi ortalama 3-6 saat arasında değişkenlik gösteren işyeri otoparkı, avm, piknik yerleri gibi konumlarda bulunan normal şarj istasyonları ve şehirlerarası ulaşım ve trafik yoğunluğu sebepleriyle kullanıcının zaman kaybını minimuma indireyeen hızlı şarj istasyonları bulunmaktadır.

Araçların şarjı için kullanılan şarj ekipmanları ve bataryalar şarj istasyonlarının bağlı bulunduğu elektrik şebekelerinden beslenmektedir. Elektrik altyapısı şarj

istasyonlarını besleyecek elektriği karşılamakla birlikte şebekede bulunan diğer kaynaklar için sorun teşkil etmeyecek biçimde planlanmalıdır. Farklı araç modellerinin çeşitli şarj istasyonları kullanılarak şarj edilmesi sonucunda elektrik altyapısında oluşacak değişikliklere ve elektrik altyapısı entegrasyonu ile konulara Birleştirici vd. (2015) , Yağcıtekin vd. (2011) ve Cuma vd. (2016) çalışmalarında değinmişlerdir. Özcan (2019) çalışmasında elektrikli araçlara (batarya kapasitesi, şarj süresi, menzil) ve şarj istasyonlarına ait teknik detaylara değinmiş, araçların şebekeye olan etkilerini de göz önünde bulundurarak şarj istasyonları için elektrik şebekesi model örneği sunmuştur.

Şarj istasyonlarının konumlarının belirlenmesine yönelik farklı yöntemler içeren çalışmalar incelenmiştir. Chen vd. (2013) kullanıcının park yerleri konusunda taleplerini inceleyerek ve mesafeleri, ulaşım masraflarını göz ardı ederek şarj istasyonlarının konumlarını belirlemişlerdir. Shahraki vd. büyük ölçekli araç güzergâh verilerini kullanarak istasyona ait konumları ulaşmak istenen konumlarla ilişkilendirerek minimize etmişlerdir. Frade (2011) çalışmalarında mahalle bazlı olarak gece ve gündüz elektrikli araç şarj taleplerine dair tahminde bulunarak beklenen taleple bağlantılı olarak şarj istasyonları için uygun konumları tespit etmişlerdir.

He, Kockelman, ve Perrine şehirler arası ulaşımda istasyonların konumlarını modellemek için bir çalışma yapmışlardır. Daha önce yapılan tüm çalışmaları kapsayan ülke genelinin dahil olduğu bu çalışmada önerilen konumlar belirlenmiştir. Arayıcı, K.C., Poyrazoğlu, G. ,2018 Çalışmalarında Andrews tarafından önerilen metodu kullanmış ve geliştirmişlerdir. Bu metodda sabah, öğle ve akşam vakitlerinde belirledikleri bir lokasyonda araç yoğunluğunu gözlemleyerek en doğru noktalarda şarj istasyonlarını konumlandırmayı hedeflemişlerdir. Kaya, (2019) Elektrikli Araç Şarj İstasyon Konumlarının Karar Verme Teknikleri İle Değerlendirilmesi çalışmasında ÇKKV yöntemi olan AHP'den faydalanmıştır. Şarj istasyonlarının konumlarını etkileyen kriterleri önem derecelerine göre sınıflandırarak CBS uygulamaları ile analiz etmiştir.

“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” (Yomralıoğlu & Güler, 2017).

### 3. YASAL ÇERÇEVE

Dünya'nın içerisinde bulunduğu küresel iklim krizi gerek Birleşmiş Milletleri gerekse pek çok ülkeyi geleceğe yönelik önlemler almaya mecbur kılmıştır. İklim krizine yol açan sera etkisinin oluşmasına neden olan en büyük etmenin CO<sub>2</sub> salınımı olduğu ve salınımı arttırmakta da karayolu taşımacılığının önemli etkisi olduğu bilinmektedir. 1987'de yayınlanan Brundtland Raporu'ndan bu yana, iklim değişikliği konusunda uluslararası çalışmalar yapılmaya başlanmıştır; daha sonraki yıllarda pek çok ülkeyle birlikte Türkiye'nin de imzaladığı Paris İklim Antlaşması ve Kyoto Protokolü kapsamında enerji kaynaklarının kullanımı ve karbon salınımını azaltma üzerine çalışmalara ağırlık verilmeye başlanmıştır.

2016 yılında AB-28'deki toplam sera gazı emisyonlarının %20'si ulaşımdan kaynaklanırken; Türkiye'de aynı yıl içinde ulaşımdan kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonunun %92,4'ünün karayolu ulaşımından kaynaklandığı tespit edilmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, t.y). Aynı zamanda Türkiye'de yurt içi yolcu ve yük taşımacılığının %88-89 oranındaki kısmının karayolu ulaşımı ile sağlandığı bilinmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, t.y). Bu bağlamda karbon salınımını en aza indirmek için yapılacak çalışmaların hem dünya genelinde hem de Türkiye'de kara taşıtları üzerinde önceliklendirilmesi gerekliliği anlaşılmıştır.

Karayolu ulaşımında fosil yakıt kullanan araçların yerine hibrit ve elektrikli araç kullanımının yaygınlaştırılması için Türkiye'de mevzuat düzenlemeleri yapılmakta olup ve her geçen gün geliştirilmeye devam etmektedir. Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul Ve Esaslar Hakkında Yönetmelik ile belediyelere alternatif enerji sistemlerinin teşvik edilmesi için gerekli altyapıların oluşturulması görevi verilmekte olup, otoparklarda elektrikli araç şarj istasyonu kurulmasının gerekliliği belirtilmektedir.

Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nde otoparklar, akaryakıt istasyonları veya diğer uygun yerlerde elektrikli araç şarj yeri yapılabileceği, Otopark Yönetmeliği'nde ise bölge ve genel otoparklar ile AVM'lere ait otoparklarda, her 50 park yerinden en az birinin elektrikli araçlara uygun olarak (şarj ünitesi dâhil) düzenlenmesi gerektiği belirtilmektedir.

2013 yılında T.C. Kalkınma Bakanlığı tarafından hazırlanan 10. Kalkınma Planı'nda "Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı" kapsamında Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılması hedeflenmiş ve bu hedefi gerçekleştirebilmek için elektrikli ve hibrit araç kullanımının yaygınlaştırılması eylemi belirlenmiştir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2013). 2019 yılında T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından hazırlanan 11. Kalkınma Planında ise otomotiv sektöründe belirlenen politikalar içerisinde "Yeni nesil araçlar için uygun altyapı oluşturulacaktır." (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019) İbaresini bulunmaktadır.

Gerek yönetmeliklerde gerekse kalkınma planlarında elektrikli araçlara yönelik kararların alınması, devletin elektrikli araçlara ve altyapısına yatırım ve teşvik uygulamaları geliştireceğini/geliştirdiğini göstermektedir.

#### 4. YÖNTEM

Çalışmaya başlarken öncelikle elektrikli araçların ve şarj istasyonlarının öznitelikleri üzerinden literatür araştırması yapılmış; mevcut şarj istasyonu yatırımı yapan şirketlerin vizyon ve misyonları irdelenmiştir. Türkiye kullanılan elektrikli araç yoğunluğunun anlaşılabilmesi için trafikte aktif olan elektrikli araç sayısına erişilmeye çalışılmış; ancak net bir bilgiye erişilememiştir.

Yatırımcı şirketlerin verileri göz önünde bulundurularak, Türkiye’de mevcut olarak kullanılan şarj istasyonlarının konumları ArcGIS Pro yazılımı kullanılarak; Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş.’den elde edilen Türkiye Karayolu Ağı verisinin üzerine işlenmiştir.

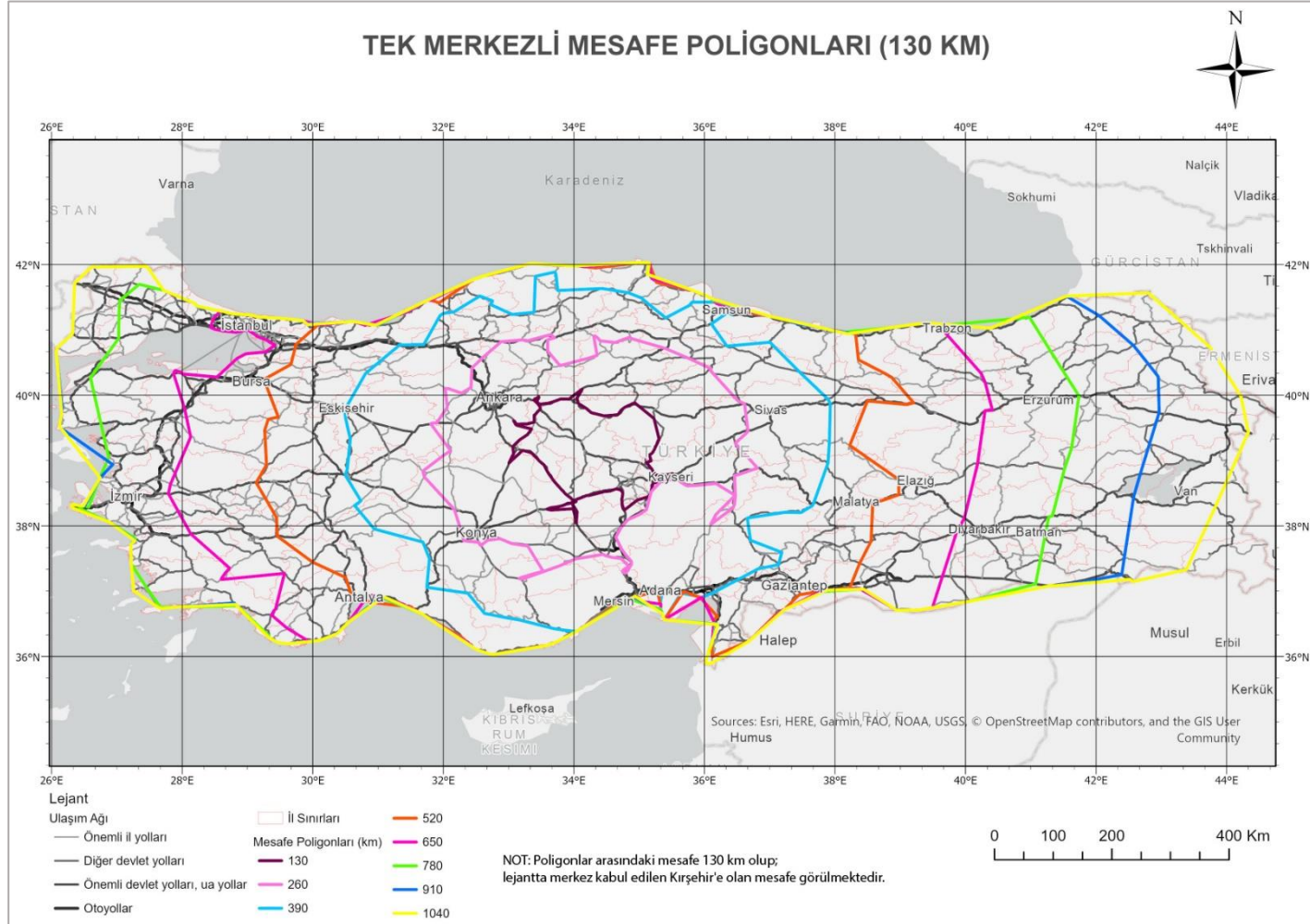
Karayolu ağında yer alan şehirlerarası yollar üzerinde kesintisiz ulaşımı sağlayabilmek için, Başarsoft Rotoban uygulamasının isodistance fonksiyonu kullanılarak iki farklı yaklaşımla eş mesafe poligonları oluşturulmuştur. Bu çalışma sonunda elde edilen veriler ArcGIS Pro yazılımında işlenerek yorumlanmıştır.

İlk olarak Türkiye’nin merkezi konumunda bulunan Kırşehir ili çalışmanın merkezi olarak belirlenmiş; bu noktadan itibaren karayolu ağı üzerinde gidilebilecek 130 km’lik<sup>1</sup> en uç noktalar belirlenerek haritanın en iç kısmındaki poligon oluşturulmuştur. Her poligon arasındaki gidilebilecek mesafenin 130 km olması gerekliliğinden dolayı, mesafe her seferinde bir kat artırılarak aynı merkez referans alınmış, bu çözüm yaklaşımı ile 8 adet poligon oluşturulmuştur (Harita 2).

Ancak bu çalışma metodunda, poligonlar arasında kalan boşluklarda kuzey-güney yönünde uzanan yolların çizilen poligonlar ile kesiştiği yerler dışında 130 km’den daha uzun yollar kaldığı görülmüştür. Bu durumda araçların bazı yollarda kuzey-güney, güney-kuzey yönlerinde seyahat etmeleri halinde herhangi bir şarj istasyonuna denk gelmeden bataryalarının tükeneyeceği öngörülmüştür. Bu nedenle, bu yaklaşımın doğru sonuç vermeyeceği anlaşılacak yöntemde değişikliğe gidilmiştir.

---

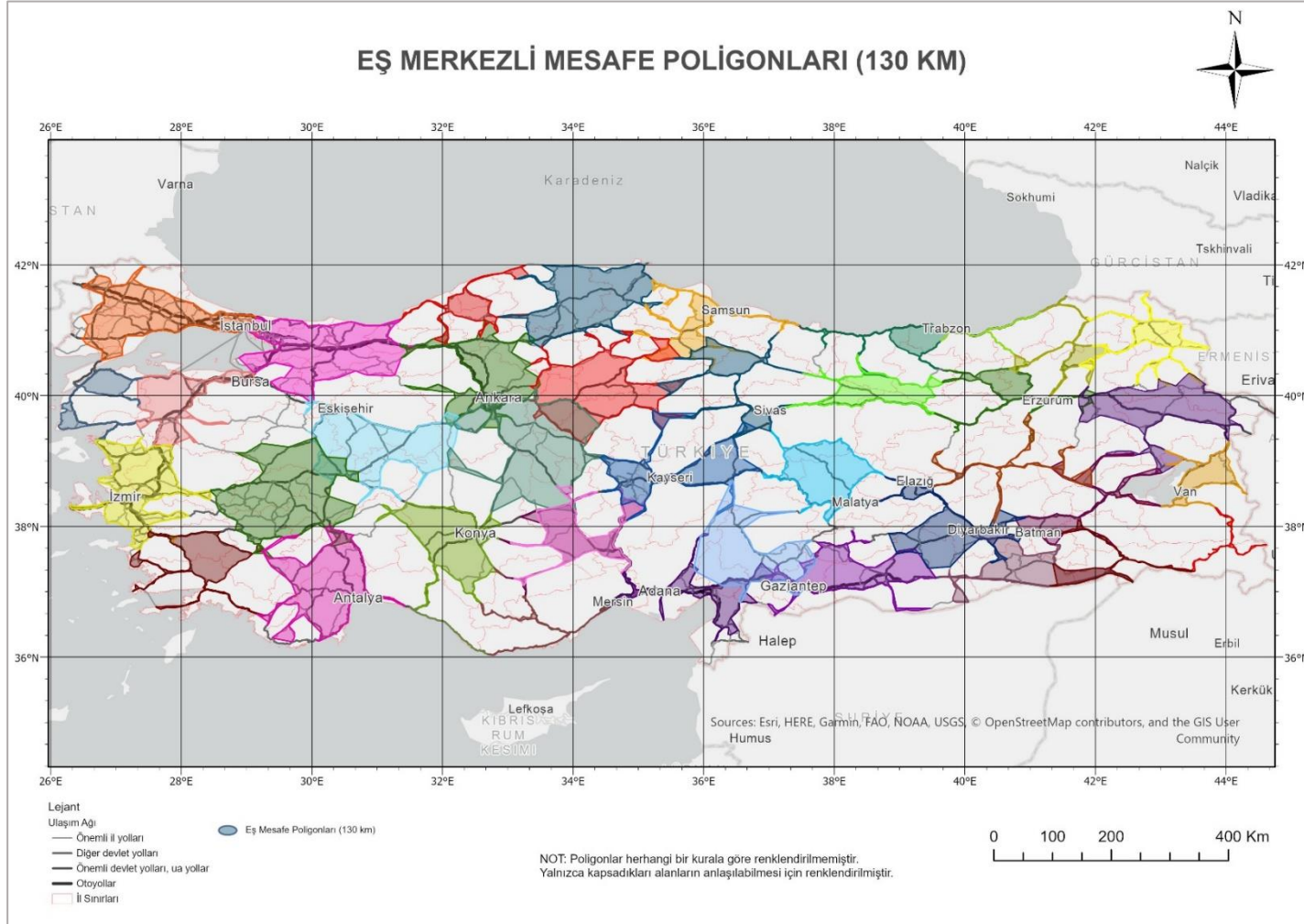
<sup>1</sup> Türkiye trafiğinde aktif olarak kullanılan, 160 km ile en kısa menzile sahip aracın bataryasının olumsuz koşullardan etkilendiği durumlar varsayılarak en kısa menzile olarak 130 km belirlenmiştir.



Harita 2: Tek Merkezli Mesafe Poliğonları (130 km).

Çalışmayı gerçekleştirebilmek için birbirine dokunan ya da birbiriyle kesişen poligonların olması gerektiği düşünülmüş; Türkiye'nin en batısı olan Edirne ili Bulgaristan sınırından başlanarak yine karayolu ağı üzerinde gidilebilecek, 260 km'lik en uç noktalar belirlenmiş ve birleştirilerek poligonlar oluşturulmuştur (Harita 3). Bu poligonların merkezi olan; ana yollar ile poligonların kesiştiği giriş ve çıkış noktalarından 130 km mesafe bulunacak alanlara, yolların doğrultusu göz önünde bulundurularak istasyonlar konumlandırılmıştır. Karayolu ağının tamamı referans alınarak; Türkiye'de bulunan şehirlerarası yolların tamamında kesintisiz ulaşımı sağlayabilecek şekilde diğer şarj istasyonu konumlandırmaları yapılmış ve yapılan kontroller ile gereği bulunmayan şarj istasyonları haritadan çıkarılmıştır. Sonuç olarak Önerilen Şarj İstasyonları Haritası (Harita 4) oluşturulmuştur.

Önerilen şarj istasyonlarının konumları belirlenirken kent merkezlerinde şarjlanma probleminin olmadığı göz önünde bulundurulmuş; ancak bazı şehir merkezlerinden yapılacak transit geçişlerde üst kademe yollardan sürücüyü çıkarmamak adına; bu yollar üzerinde de şarj istasyonu bulunması gereken noktalar belirlenmiştir.



Harita 3: Es Merkezli Mesafe Poliğonları (130 km).

## 5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Türkiye’de kullanılan en kısa menzile sahip araç olarak Renault Twizy görülse de hem üretici firma hem de kullanıcı yorumları bu araçların şehir içi kullanım için tasarlandığını belirtmektedir. Bu nedenle şehirlerarası seyahat için uygun olduğu belirtilen araçlar arasında en kısa menzile sahip olan aracın Smart marka Fourtwo olduğu bilinmektedir. Bu araç 160 km menzile sahiptir. Ancak bazı durumlarda hava koşulları, bataryanın sağlığı gibi faktörler nedeniyle bataryalar tam kapasite çalışmamaktadır. Firmalar tarafından belirtilen bu menziller (Tablo 2) uygun koşullar sağlandığında geçerlidir. Olumsuz şartlar ve kullanıcı yorumları göz önünde bulundurulduğunda oluşturulan en kötü senaryo ile trafikte mevcut en düşük menzile sahip araç için 130 km menzil belirtilmiştir. Bu nedenle, bu çalışma gerçekleştirilirken en kısa menzil olarak 130 km limiti esas alınmıştır.

Belirlenen menzil üzerinden oluşturulan Eş Mesafe Poligonları ile Türkiye karayolu ağı ile karşılaştırılarak, her poligonun giriş çıkış yolları ve merkezleri üzerinde, hiçbir yolda ulaşılabilirlik problemi yaratmayacak şekilde çalışılarak önerilen istasyonların konumları belirlenmiştir (Harita 4).

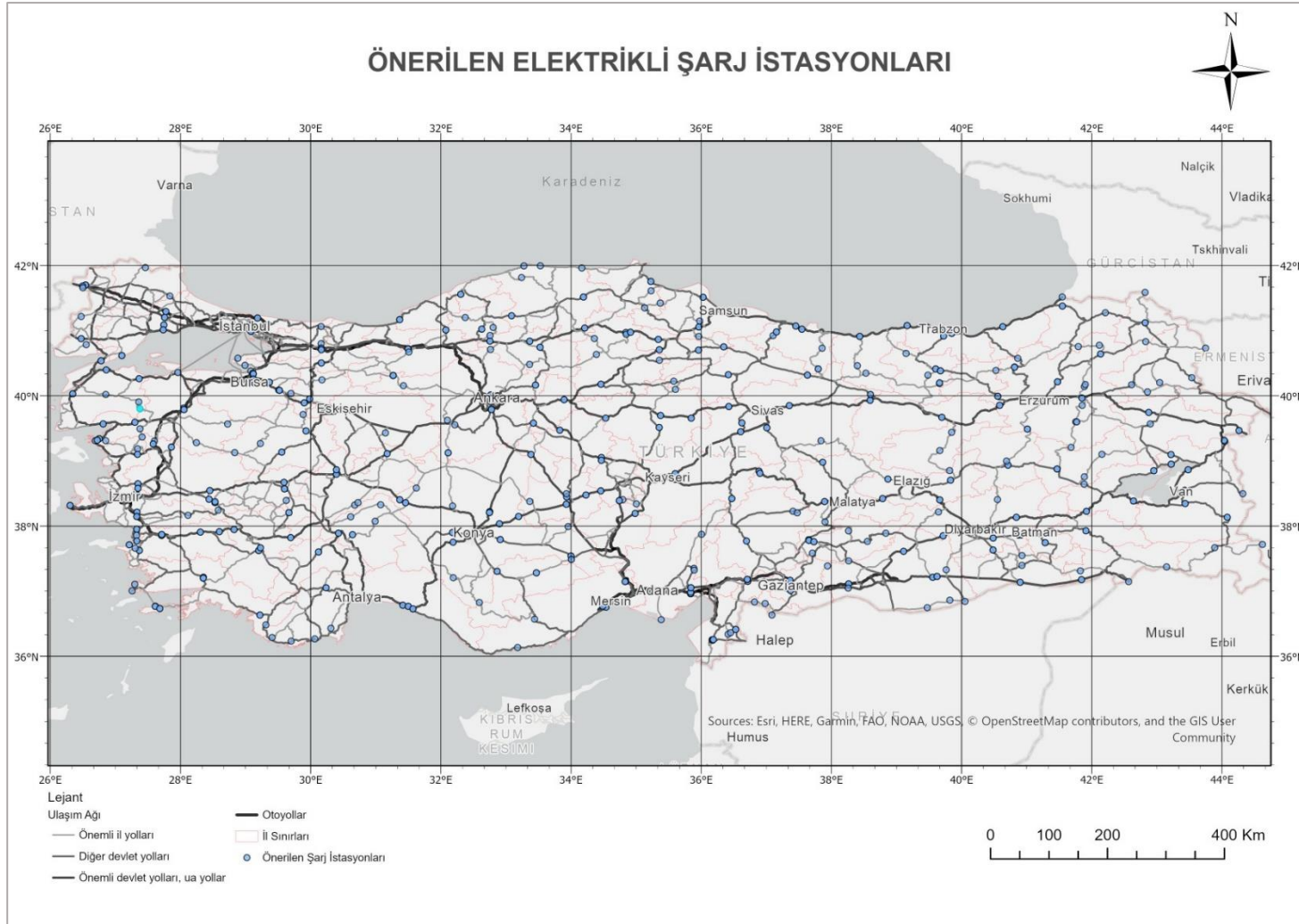
## 6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Çalışmaya başlarken öncelikli olarak Türkiye’de trafikte aktif olarak kullanılan %100 elektrikli araçların sayısı araştırılmıştır. TÜİK, TEHAD, trafik şube, Türkiye Sigortalar Birliği, Şoförler Federasyonu, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü ve elektrikli şarj istasyonu yapan firmalar ile görüşülmüş; net bir veriye ulaşılamamıştır.

Çalışmanın sonucunda, Türkiye ve Avrupa’da elektrikli araç kullanımının önündeki engellerden biri olarak görülmekte olan şehirlerarası yollardaki şarj istasyonu probleminin çözülebilmesinde bir basamak oluşturulmuştur.

Kullanılan yöntemin haricinde, mevcut şarj istasyonlarının bulunduğu konumlar üzerinden bu istasyonların servis alanları hesaplanarak, açıkta kalan alanlar üzerinden önerilen istasyonların konumlarının tespit edildiği bir yöntemin de izlenebileceği bilinmektedir.





Harita 4: Önerilen Elektrikli Şarj İstasyonları

Bu çalışma ileriki aşamalarda topoğrafya, trafik analizleri gibi katmanlarla karşılaştırılarak projenin öncelik fazlarına ayrılması sağlanabilecektir. Ayrıca belirlenecek olan şarj istasyonu konumlarının mevcut elektrik altyapısı ile örtüştürülmesi ile şarj istasyonlarının güç, soket sayısı vs. gibi özniteliklerinin belirlenmesi üzerine de bir çalışma yapılabilecektir.

Elektrikli araçlara gereksinim duyulmasının temel sebebi, içten yanmalı araçların sebep olduğu fosil yakıt tüketimine bağlı olan sera gazı salınımını en aza indirmeye gereksinim duyulmasıdır. Elektrik enerjisi de sonlu bir kaynak olduğu için uygun olan şarj istasyonlarında, yenilenebilir enerji kaynakları olan jeotermal, güneş ya da rüzgâr enerjilerinden elde edilen elektriğin kullanılacağı çalışmaların yapılabilmesi de mümkündür.

Ayrıca trafikteki elektrikli araçlardan elde edilebilecek veriler toplanarak farklı eğim, yol tipi, hava koşulları ve bunların farklı kombinasyonlarında bu araçların tüketim miktarı ölçülerek; elde edilen verilerden yapılacak analizler sayesinde anlık hava durumu ve gelecek hava tahminleri, eğim ve yol tipine göre araçların tükettiği elektrik miktarının tahmin edileceği bir yazılımın geliştirilebileceği düşünülmektedir. Bu tahminlemeye göre elektrikli araçlar için yakıt verimli rota çıkarımı yapılabilecek, tüketim miktarı öngörüsü ve rotadaki benzin istasyonlarının konumları göz önünde bulundurularak seyir esnasında yolda kalmayı engellemek amacıyla en uygun şarj istasyonu secimi sağlanabilecektir.



## KAYNAKÇA

- Birleştirici, A., Şalçı, M., Dikkulak, A., Güler, F., & Turhan, E. (2015). Elektrikli Araç Şarj İstasyonları.
- Cetelem Gözlemevi. (2019). *Elektrikli Taşıtların Gizemi*. Cetelem, 2. TEB Cetelem Tüketici Finansmanı. Erişim Adresi: [http://data.axmag.com/data/201905/20190510/U170332\\_F532403/HTML5/index.html](http://data.axmag.com/data/201905/20190510/U170332_F532403/HTML5/index.html)
- Chen, T., Kockelman, K., & Khan, M. (2013). The Electric Vehicle Charging Station Location Problem: A parking-Based Assignment Method For Seattle. *Ulaşım Araştırma Kurulu 92. Toplantı Bildirileri*. Washington DC.
- Gore, A. (2010). *Tercih Sizin*. (F. Göloğlu, Çev.) İstanbul, Şişli: Optimist Yayınları.
- Jung, J., Choi, M., & Lee, D.-J. (tarih yok). Selecting Optimal Locations of Public Charging Stations for Electric Vehicles Using The Big Data of Driving Behaviors: A Case Study of Seoul, Korea.
- Kaya, Ö. (2019). Elektrikli Araç Şarj İstasyon Konumlarının Karar Verme Teknikleri İle Değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Polat, Ö., Yumak, K., Sezgin, M., Yumurtacı, G., & Gül, Ö. (2015). Elektrikli Araç ve Şarj İstasyonlarının Türkiye'deki Güncel Durumu.
- Renault. (2020, Temmuz). *Renault Twizy İncelemesi*. Yolcu 360. Erişim Adresi: <https://yolcu360.com/blog/renault-twizy-fiyati-renault-twizy-incelemesi/>
- Shura Enerji Dönüşümü Merkezi. (2019). *Türkiye Ulaştırma Sektörünün Dönüşümü: Elektrikli Araçların Türkiye Dağıtım Şebekesine Etkileri*. Fabrika Basım ve Tic. Ltd. Şti.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019). *11. Kalkınma Planı (2019-2023)*. Ankara. Kasım 2020 tarihinde alındı
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (t.y). *Çevresel Göstergeler, Ulaştırma Türlerine Göre Taşınan Yolcu ve Yük Miktarı*. Kasım 2020 tarihinde T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Erişim Adresi: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ulastirma-turlerine-gore-tasinan-yolcu-ve-yuk-miktari-i-85789>
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (t.y). *Çevresel Göstergeler, Ulaştırma Türüne Göre Seragazi Emisyonu*. Kasım 2020 tarihinde T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Erişim Adresi: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ulastirma-turune-gore-seragazi-emisyonu-i-85790>
- T.C. Kalkınma Bakanlığı. (2013). *10. Kalkınma Planı (2014-2018)*. Ankara: T.C. Kalkınma Bakanlığı. Kasım 2020 tarihinde alındı
- TEHAD, EY. (2020). *Türkiye 2030 Elektrikli Ulaşım Yol Haritası Çalıştayı*. Ekim 2020 tarihinde alındı

Demirtaş, M. & Yılmaz, E. & Ünal, C. & Küçükpehlivan, T. & Ağaçasapan, B. & Aksoy, T. (2021). Elektrikli Araçlar ve Şarj İstasyonlarının Konumlandırılması. GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST), 4 (1): 11-32.

Varol, S., Öztürk, Z., & Öztürk, O. (2018). İstanbul'da Karayolu Yolcu Taşımacılığında Elektrikli Araç Kullanımının İncelenmesi.

Yağcıtekin, B., Uzunoglu, M., & Karakaş, A. (2011). Elektrikli Araçların Şarjı ve Dağıtım Sistemi Üzerine Etkileri.

Yomralıoğlu, T., & Güler, D. (2017, Temmuz 28). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Düzenli Deponi Yer Seçimi: İstanbul İli Örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*(Özel Sayı), 261-269. Erişim Adresi: [https://fenbildergi.aku.edu.tr/wp-content/uploads/2017/11/2784\\_Dogusguler-261-269-dogru.pdf](https://fenbildergi.aku.edu.tr/wp-content/uploads/2017/11/2784_Dogusguler-261-269-dogru.pdf)

# GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES (AIST)

*Volume: 4, Issue: 1, p. 33-61, 2021*

## COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİNİN TÜRKİYE'DEKİ TARİHSEL GELİŞİMİ VE MEVCUT DURUMU

### HISTORICAL DEVELOPMENT AND CURRENT SITUATION OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS IN TURKEY

Ceren ÖZCAN TATAR<sup>1</sup>

Emrah YILMAZ<sup>2</sup>

Barış LAFCI<sup>1</sup>

Tuncay KÜÇÜKPEHLİVAN<sup>2</sup>

Talha AKSOY<sup>1</sup>

Balca AĞAÇSAPAN<sup>1</sup>

Serhat SARI<sup>1</sup>

(Received 05.12.2020 Published 01.03.2021) - Review Article

#### Özet

İnsan türü Dünya'da var olduğundan beri doğayı, çevresi ve çevresinde gerçekleşen olayları anlama ve biçimlendirme çabası içerisinde. Yer seçiminden üretime, yapılaşmadan tüketime tüm faaliyetlerinde doğadan edindiği bilgiyi kullanmış; iklim, toprak, topografya gibi çevresel verileri analiz ederek yeni kararlar üretmiştir. Ancak özellikle Sanayi Devrimi sonrası, doğadan kopuş yaşanmış ve doğaya ilişkin bilgiler unutulmaya başlanmıştır. Bunun yanında nüfusun artması ile ihtiyaçlar da artmış ve bu ihtiyaçların karşılanması için doğanın kısıtları göz ardı edilmeye başlanmıştır. Bunların bir sonucu olarak çevresel kaynaklar insan ihtiyaçlarını karşılayamaz ve kendini yenileyemez hale gelmiştir. Yaşanan çevresel felaketler, bu etkinin ne denli keskin olduğunu göstermektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), bu sorunlara çözüm arayışından çıkmış, insanların sınırsız ihtiyaçlarını sınırlı kaynaklarla karşılamak ve gezegenin problemlerini analiz edip onlara çözüm bulmak için kullanılan gelişmiş bir araçtır. Günümüzde CBS, özellikle planlama çalışmaları için etkin bir karar verme mekanizmasıdır. Dünyada CBS kullanımı teknolojinin gelişimine paralel biçimde ilerlemiştir. Türkiye'de CBS kullanımı ise kamu kurumlarında gerekli ve yeterli altyapı eksikliğinden kaynaklı kısıtlı iken çoğunlukla özel sektörde karşılık bulmaktadır. Bu çalışmada, CBS'nin dünyada ve Türkiye'deki tarihsel gelişimi; kamu, özel sektör ve akademik çalışmalar açısından incelenmiş, Türkiye'deki mevcut durumu ortaya konmuş ve geleceği için olanaklar tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Türkiye'de CBS'nin tarihsel gelişimi, CBS'nin tarihi, Kamuda CBS gelişimi, Akademide CBS'nin gelişimi, Özel sektörde CBS'nin gelişimi

<sup>1</sup>Sorumlu Yazar. Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, Eskişehir, Türkiye, [ceren\\_ozcan@eskisehir.edu.tr](mailto:ceren_ozcan@eskisehir.edu.tr), [barislafci@eskisehir.edu.tr](mailto:barislafci@eskisehir.edu.tr), [bagacsapan@eskisehir.edu.tr](mailto:bagacsapan@eskisehir.edu.tr), [talhaaksoy@eskisehir.edu.tr](mailto:talhaaksoy@eskisehir.edu.tr)

<sup>2</sup>Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş., Ankara, Türkiye, [emrah@basarsoft.com.tr](mailto:emrah@basarsoft.com.tr), [tuncay@basarsoft.com.tr](mailto:tuncay@basarsoft.com.tr)

## Abstract

Since its existence on Earth, the humankind has been in an effort to understand and shape the nature, its environment and the events happening around it. Humankind has used the knowledge gained from nature in all activities from location selection to production, construction to consumption, and has made decisions by analysing environmental data such as climate, soil and topography. However, especially after the Industrial Revolution, humankind was detached from the nature, and the information about it began to be forgotten. In addition, with the increase in the population, the needs have also increased, and the constraints of nature were ignored to meet the increasing human needs. As a result, environmental resources have become unable to meet human needs and renew themselves. The environmental disasters prove how sharp this impact is. Geographical Information Systems (GIS) has emerged from the search for solutions to these problems, and it is an advanced tool used to meet the unlimited needs of people with limited resources and to analyse the problems of the planet and find solutions to them. The use of GIS in the world has progressed in parallel with the development of technology. On the other hand, it has not been established necessary and sufficient infrastructure in public institutions in Turkey, therefore, GIS is used by more private sector users. This study examined the historical development of GIS around the world in general and development of GIS in public and private sectors and academic field in Turkey, revealed the current situation in Turkey and the possible opportunities in the future were discussed.

**Keywords:** Development of GIS in Turkey, History of GIS, Development of GIS in public services, Development of GIS in academy, Development of GIS in private sector.

## 1. GİRİŞ

Tarih öncesi çağlardan beri insanlar doğayı, doğada gerçekleşen olayları ve çevresini anlayıp biçimlendirmeye çalışmaktadır. Uygun yerleşim alanlarının belirlenmesi, yapılaşma, tarımsal faaliyetler ve tüketim normları konularında iklim, topografya, toprak özellikleri gibi farklı doğal veriler analiz edilip, analizler sonucu elde edilen bilgiler ile kararlar üretilmiştir. Öte yandan, üretim düzeninin değiştiği ve nüfusun hızla arttığı Sanayi Devrimi sonrasında insan doğaya ilişkin bilgileri göz ardı edip, artan nüfusun ve büyüyen kentlerin ihtiyaçlarını karşılamak için çabalamaya başlamıştır. Bu çaba sonucunda topraktan enerjiye ve hammaddelere, doğal kaynaklar hem kendini yenileyemez hem de insanların ihtiyaçlarını karşılayamaz noktaya gelmiştir (Çabuk, 2014a; Çabuk, 2015b).

1962'de Rachel Carson tarafından yazılan 'Sessiz Bahar' (*Silent Spring*), insan türünün çevre üzerindeki etkilerini çarpıcı bir şekilde gözler önüne sermiş ve küresel ölçekte çevre hareketlerinin doğmasına yol açmıştır. Çevre hareketlerinin birçok farklı sonucundan biri ise Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) geliştirilmesidir. CBS, yaşanan çevresel sorunlara çözüm arayışlarından doğmuş ve sınırlı kaynakların kendini yenileyerek sınırsız insan ihtiyaçlarını karşılaması ve gezegenin diğer problemlerini anlayıp çözüm bulunması için geliştirilmiştir (Çabuk, 2015a; 2015b; Geo spatial World, 2020). Teknolojinin gelişmesi ile CBS araçları da ilerlemiş ve daha önceleri asetat kağıtlarla katman çakıştırma ile yapılan analizler ve günler süren harita üretim

süreçleri, bilgisayar yazılımları aracılığıyla kolayca ve kısa sürede yapılabilir hale gelmiştir. Günümüzde CBS, özellikle planlama alanında, karar verme süreçlerinde kullanılmasının yanı sıra çevre koruma, ziraat, kültürel miras, harita mühendisliği, jeoloji, yer bilimleri, sosyoloji, lojistik gibi birçok farklı alanda da kullanılmaktadır.

## 2. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ

CBS, dünya üzerinde karşılaşılan ekonomik, çevresel, sosyal vb. sorunlara çözüm bulmaya yönelik konumsal karar verme süreçlerinde kullanılmak üzere, konumsal verinin, başka bir deyişle coğrafi bilginin sistemli şekilde toplanması, saklanması, güncellenmesi, işlenmesi, analiz edilmesi, yeni veriler elde etme amacıyla tekrar kullanılması, yani anlamlı hale getirilmesi için oluşturulmuş, yazılım, donanım ve işgücü barındıran bilgi sistemleri olarak tanımlanabilir. Başka bir tanımla, mekânsal nesnelere, bu nesnelere ait özniteliklerin tek bir ortamda işlenip birleştirilmesini ve bu verilerin belirli bir amaç doğrultusunda sorgulanmasını, analiz edilmesini ve farklı formatlarda çıktı alınmasını sağlayan sistemlerdir (Aranroff, 1991; Yomralıoğlu, 2000; Uyguçgil, 2011). Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS, 2) CBS'yi, coğrafi olarak referans verilen bilgileri yani benzersiz bir konuma eklenen verileri analiz eden ve görüntüleyen bilgisayar sistemleri olarak tanımlamaktadır. ESRI (2020a) ise CBS'yi kısaca verileri toplamak, yönetmek ve analiz etmek için bir çerçeve olarak tanımlamaktadır.

CBS'nin temel çalışma ilkesi, belli bir coğrafi nesne için konumsal ve konumsal olmayan (öznitelik) verilerinin ilişkilendirilmesi, farklı katmanlar olarak saklanabilmesi ve bu katmanlar üzerinde gerekli analizlerin yapılabilmesine dayanır. Öznitelik verileri, bağlantılardan oluşan bir veri tabanı yönetim sistemi ile tablo verileri olarak tutulurken aynı zamanda bağlantılı konumsal veri ile de ilişkilidir. Konumsal veriler daha çok fiziki, doğal ve yapay elemanlardan oluşurken, öznitelik verileri bu elemanlara ait bilgilerin tablolarından oluşmaktadır. CBS'de konumsal veriler, vektör veri ve raster veri olarak ikiye ayrılır. Raster veriler, mekânsal verilerin pikseller yani hücresel veriler olarak ifade edilmesidir. Her bir hücre, denk geldiği coğrafi alana bağlı olarak renklendirilmekte ve temsil ettiği alanı tanımlamaktadır. Hücrelerin boyutları, veri seti çözünürlüğünü ve verinin detayını ifade etmektedir. Taranmış haritalar, planlar, orto fotolar, uydu fotoğrafları gibi görüntü dosyaları raster verilere örnek gösterilebilir. Vektör veriler ise, yeryüzünde koordinatları kesin olarak bilinen konumsal nesnelere ifade etmektedir. Vektör veriler temel olarak 3 çeşittir; noktalar (direkler, ağaçlar, odak noktaları vb.), çizgiler (akarsular, yollar, fay hatları, enerji hatları vb.) ve kapalı alanlar ya da poligonlar (yapılar, parseller, toprak sınıfları, jeolojik birimler, etki alanları vb.) (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019). Vektör veriler koordinat (x,y) değerleriyle kodlanarak depolanmaktadır.

CBS'de kullanılan temel işlevler dört ana başlık altında toplanabilir:



1. Veri işlemleri: Bu işlev, verilerin toplanmasına, sayısallaştırılmasına, üretilmesine, depolanmasına ve güncellenmesine ilişkin tüm işlemleri içermektedir.
2. Sorgulama işlemleri: CBS'de yapılan sorgulamalar konuma dayalı ve özniteliğe dayalı olarak iki grupta incelenebilir. Özniteliğe dayalı sorgulamalar oluşturulmuş veri tabanı yönetim sistemi içindeki verilerde sorgulama işlemlerini içermektedir.
3. Mekânsal analiz işlemleri: Temel mekânsal analizler, ağ analizleri, geometrik ve istatistiksel işlemler, sayısal yükseklik modelleri ve üç boyutlu analizler gibi veriler üzerinde çalışılan işlemleri kapsamaktadır.
4. Senaryo analiz işlemleri: Yukarıda söz edilen mekânsal analiz işlevlerin miktarı ve veri yapısı sebebiyle farklı senaryoların oluşturulup analiz edilmesi işlemlerini içermektedir.

CBS aşağıda yer alan sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır;

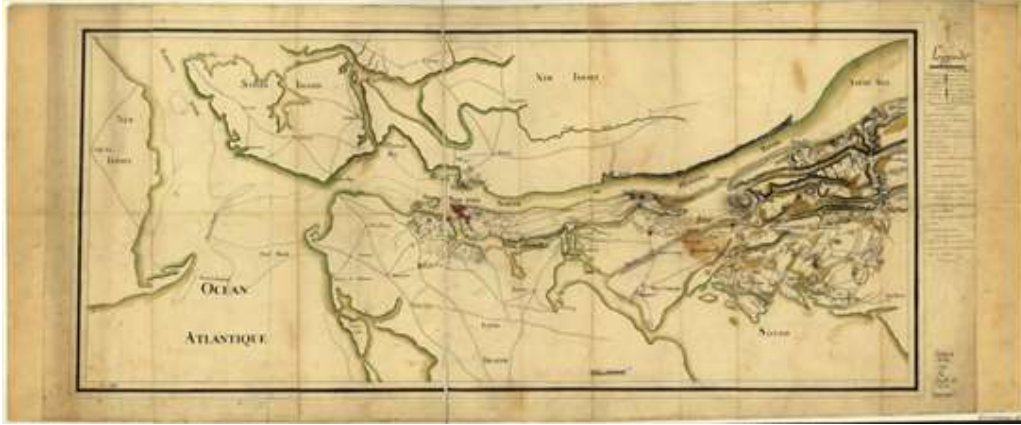
- Jeodezi
- İnşaat Mühendisliği
- Jeoloji
- Harita Mühendisliği
- Şehir ve Bölge Planlama
- Madencilik
- Oşinografi
- Kadastro
- Hidrografi
- Jeofizik
- Biyoloji (ekoloji, biyo-coğrafya)
- Meteoroloji
- Afet, acil ve olağanüstü durum yönetimi
- Coğrafya
- Tarım
- Arkeoloji
- Peyzaj Mimarlığı
- Çevre ve Yer Bilimleri
- Sosyoloji
- Siyasal Bilimler
- Kriminoloji
- Lojistik
- Ulaşım
- Petrol Mühendisliği
- Savunma
- Geomatik vd.

### 3. CBS'NİN TARİHSEL GELİŞİMİ

CBS, 1960'lı yıllarda çevresel hareketlerin bir sonucu olarak geliştirilmeye ve kullanılmaya başlanmış, bilgisayar teknolojilerinin gelişimi ile birlikte ise büyük atılımlar yaşamıştır. Öte yandan çevre hareketleri ve bilgisayar teknolojilerinin henüz başlamadığı 18. ve 19. yüzyıllarda da CBS çalışması olarak görülebilecek çalışmalar yapılmıştır. Bu bölümde CBS'nin öncelikle dünyadaki gelişimi, ardından Türkiye'de kamu, özel sektör ve akademideki gelişimi irdelenmiştir.

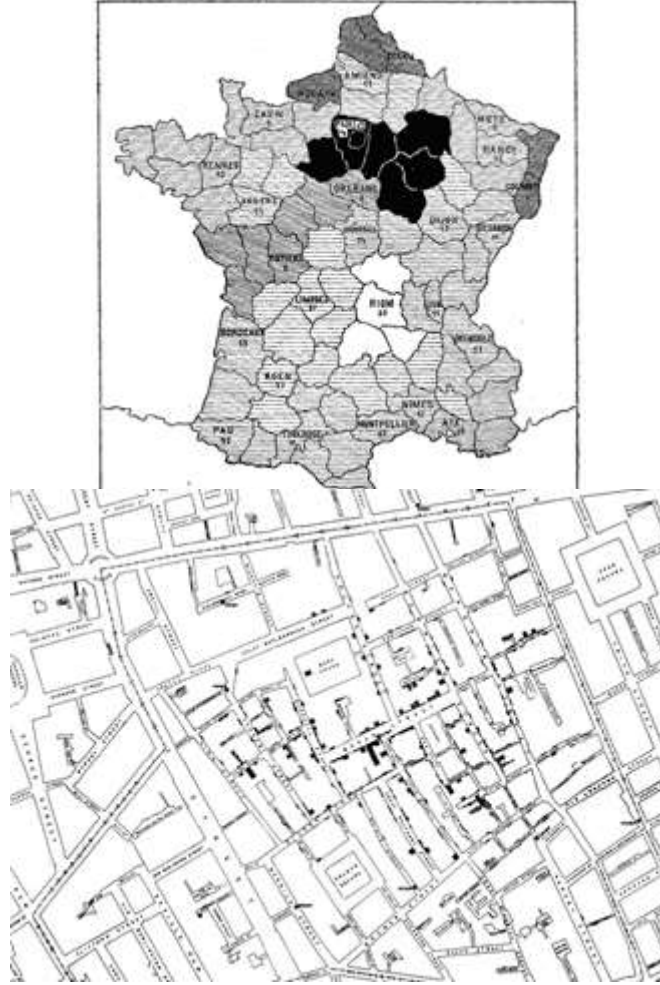
### 3.1.CBS'nin Dünyadaki Tarihsel Gelişimi

CBS'nin başlangıcı olarak görülen ilk çalışmalar 18. ve 19. yüzyıllarda farklı coğrafyalarda, farklı sorunlara çözüm bulmak amacıyla yapılmıştır. Louis-Alexandre Berthier tarafından 1781 yılında yapılmış Yorktown Savaşı Birlik Hareketleri Haritası (Şekil 1a), 1819 yılında Charles Dupin tarafından yapılan Fransa Nüfus Yoğunluğu ve Suç Haritaları (Şekil 1b) ve John Snow tarafından 1854'de yapılan Londra Kolera Salgını-Su Kaynakları İlişkisi Haritası (Şekil 1c) sıklıkla bahsedilen ilk örneklerdir (Waters, 1998). Snow'un kolera ölümlerinin görüldüğü noktaları ve su tulumalarını Londra haritasına işlemesi sonucunda ölümlerin çoğunun Broad Sokağı tulumbasından su alan evlerde olduğunu saptamış ve tulumbanın kullanımına son vererek kolera hastalığının yayılması engellenmiştir (Vinten-Johansen, ve arkadaşları, 2003; Uyguçgil, 2011). Bu örnekte de görüldüğü gibi 20. yüzyıl öncesinde farklı haritaların üst üste çakıştırılması ve mekânsal olmayan verilerin haritalara işlenmesi ile CBS'nin temelleri atılmıştır. 20. yüzyılın başında ise, birçok farklı planlama yarışmasında izlenen yol gibi, 1912'de Duesseldorf planlama yarışmasında da, planlamada karar vermeye destek olarak analizler için CBS yöntemleri kullanılmıştır (Steinitz ve ark. 1976).



Şekil 1a: Berthier Yorktown Savaşı Birlik Haritası

Kaynak: <https://www.wdl.org/en/item/16993/> adresinden 14.10.2020 tarihinde erişilmiştir.



Şekil 1b: Dupin Fransa Suç Haritası

**Kaynak:** <http://euclid.psych.yorku.ca/SCS/Gallery/milestone/sec5.html> adresinden 14.10.2020 tarihinde erişilmiştir.

Şekil 1c: Snow Londra Kolera Haritası

**Kaynak:** <https://www.nationalgeographic.org/activity/mapping-london-epidemic/> adresinden 14.10.2020 tarihinde erişilmiştir.

20. yüzyılın ilk yarısında Jacqueline Tyrwhitt ve Jack Whittle kitapları '*Town and Country Planning Textbook; An Indispensable Book for Town Planners, Architects, and Students*'da, harita çakıştırmaları ile yapılan mekânsal analizlerin yöntemlerini detaylandırmıştır (Steinitz ve ark. 1976). Ancak bu yöntemler, ekolojik planlamanın öncüsü, Ian Mc Harg'ın 1969 yılında yayınladığı '*Design with Nature*' kitabı sayesinde popüler hale gelmiş ve sistematikleşmiştir. Mc Harg'ın kitabında CBS temelli birçok analize yer verilmiştir. Öte yandan CBS, yazılım olarak da, donanım olarak da ilerlemeden önce daha çok askeri alanda kullanılmış ve geliştirilmiştir. Örneğin 1959-1972 yılları arasında CIA tarafından US CORONA ve SAGE programlarında keşif uydularıyla analitik kartografi yöntemiyle askeri ihtiyaçlara yönelik kullanılmıştır.

CBS'nin gelişimi Coppock ve Rhind (1991) tarafından 4 döneme ayrılmış, Waters (2017) ise bu ayrıma bir 5. dönem daha eklemiştir. Bu dönemler:

1. 1955-1975: Öncü Dönem
2. 1975-1980: Devlet Destekli Deneyimler Dönemi
3. 1980-1990: Ticari Dönem
4. 1990-2005: Kullanıcı Baskın Dönem
5. 2005 sonrası: Küresel ve Yerel Ağ Dönemi

Kısaca dönemlerin özelliklerine ve öne çıkan gelişmelere değinmek CBS'nin gelişimini anlamaya yardımcı olacaktır.

### 3.1.1 1955-1975: Öncüler Dönemi

1955-1975 arasındaki öncü dönemde haritaların çakıştırılması yönteminin yanında Brian Belly tarafından oluşturulan coğrafi veri matrisi de kullanılmıştır. Bu matriste sütunlar konumları, satırlar ise öznitelikleri içermektedir. İlk yazılımlarla ilişkilendirildiğinde standart veri tabanı teknolojisine uyması için bu matris transpoze edilmiştir. IBM karar destek sistemleriyle ilgili çalışmalar yaparken bu matrisi planlama temelli yazılımlarla ilişkilendirmiştir (Waters, 1998). Bu çalışmalara paralel olarak 1960 yılında, Roger Tomlinson'ın şirketi ve kamu desteği ile tamamen işlevsel vektör tabanlı ilk CBS yazılımı Kanada CBS (CGIS) kurulmuş ve CBS alanında lazer tarama gibi donanım alanında ve resimlerin sayısallaştırılması, raster katmanlarının sınıflandırılması gibi yazılım alanında da bir dizi yenilik geliştirilmiştir. Tomlinson bu katkılarında dolayı CBS'nin babası olarak anılmaktadır (Waters, 2008; 2017; Yomralıoğlu, 2010).

1965'te bilgisayar teknolojilerinin de gelişmeye başlaması ile Howard Fisher tarafından Harvard Bilgisayar Grafikleri ve Mekânsal Analiz Laboratuvarı kurulmuştur. Bu laboratuvarın ana algoritmik katkılarının yanında günümüzde kullanılan yazılımların başlangıcı sayılan SYMAP ve ODYSSEY gibi haritalama yazılımları geliştirmiştir. Üretilen yazılımların bir kısmı 2D ve 3D haritalar ve izohips haritaları üretmeyi sağlamaktadır (Coppock ve Rhind, 1991). Laboratuvarın başına 1969'da William Worntz'un geçmesiyle yazılımlarda yeni geliştirmeler yapılmış, yüzeyleri tanımlamayı sağlayan TIN modelin üretilmesi gibi kavramsal gelişmeler sağlanmıştır (Chrisman, 2006; Waters, 2017).

1967 yılında David Bickmore tarafından Deneysel Kartografi Ünitesi (*Experimental Cartography Unit*) kurulmuştur. Bu birim bilgisayar destekli haritalama konusunda gelişmelerde öncü bir rol üstlenmiştir. 1969 yılında Jack Dangermond tarafından, günümüzde en çok kullanılan CBS yazılımlarından birinin üretici firması olan ESRI kurulmuştur (ESRI, 2020b). 1970 yılında ABD Nüfus Bürosu ilk jeokodlu nüfus sayımını yapmıştır. Sokakların topolojik yapısı sağ-sol bloklar olarak ayrılıp kimlik numaraları atanarak tanımlanmıştır. Ayrıca x,y koordinatları ve adresleri kaydedilmiştir. Bu çalışma günümüzdeki DIME dosyalarının kökenini oluşturmuştur (Mark ve ark. 1997; Waters, 2017).

### 3.1.2 1975-1980: Devlet Destekli Deneyimler Dönemi

1975-1980 yılları arası bilgisayarların küçülmesiyle yeni yazılımların geliştirildiği, başta Avrupa'da olmak üzere CBS çalışmalarının devlet tarafından fonlandığı ya da desteklendiği ve yeni sistemlerin geliştirildiği bir dönem olmuştur (Waters, 1998). Bu dönemde yapılan çalışmaların kayda değer örneklerinden biri büyük bilgisayarlarda hazırlanan, Minnesota Arazi Yönetim Bilgi Sistemi'dir. Sistemde raster temelli kaynak envanteri yapılmıştır. Öte yandan devlet fonlu çalışmalar döneminde büyük bilgisayarların kullanıcı dostu olmayışı, veri kesinliği sağlayamaması, maliyetli oluşu ve iş istasyonlarının geliştirilmesi gibi sebeplerle terkedilmeye başlanmıştır (Waters, 2017).

### 3.1.3 1980-1990: Ticari Dönem

1980-1990 arasındaki dönemde kamu kurumları özel şirketler tarafından geliştirilen yazılımları kullanmaya başlamıştır. Bu dönemde CBS ulaşım ve tesis planlaması ve yönetimi, kadastral sistemler, tarım, çevre, orman ve inşaat sektörlerinde kullanılıp önemli gelişmelere sahne olmuştur (Tomlinson, 1987; Coppock ve Rhind, 1991). 1982 yılında ESRI şirketi ilk ticari yazılım olan Arc/Info yazılımını kullanıcılara sunmuştur. ESRI bu yazılımda CGIS'in mekânsal ve öznitelik verilerinin ayrı ele alan sistemini benimsemiştir. IBM kişisel bilgisayarları piyasada çok talep görünce ESRI Arc/Info'nun PC için olan versiyonunu da üretmiştir. 1988 yılında ABD Ulusal Bilim Vakfı ülkedeki üniversitelerin CBS alanında çalışması için bir konsorsiyum kurmuş ve bu oluşuma yıllık 5 milyon dolar hibe etmiştir. Buna ek olarak Ulusal Coğrafi Bilgi ve Analiz Merkezi bir dönemde 25 ders olacak şekilde 75 derslik bir CBS müfredatı hazırlamıştır. Bu müfredatta 35 yazar çalışmıştır ve 1995'te 1300 kopyası yetmişin üzerinde ülkeye gönderilip farklı dillere çevrilmiştir (Tomlinson, 1987; Waters, 2017).

### 3.1.4 1990-2005: Kullanıcı Baskın Dönem

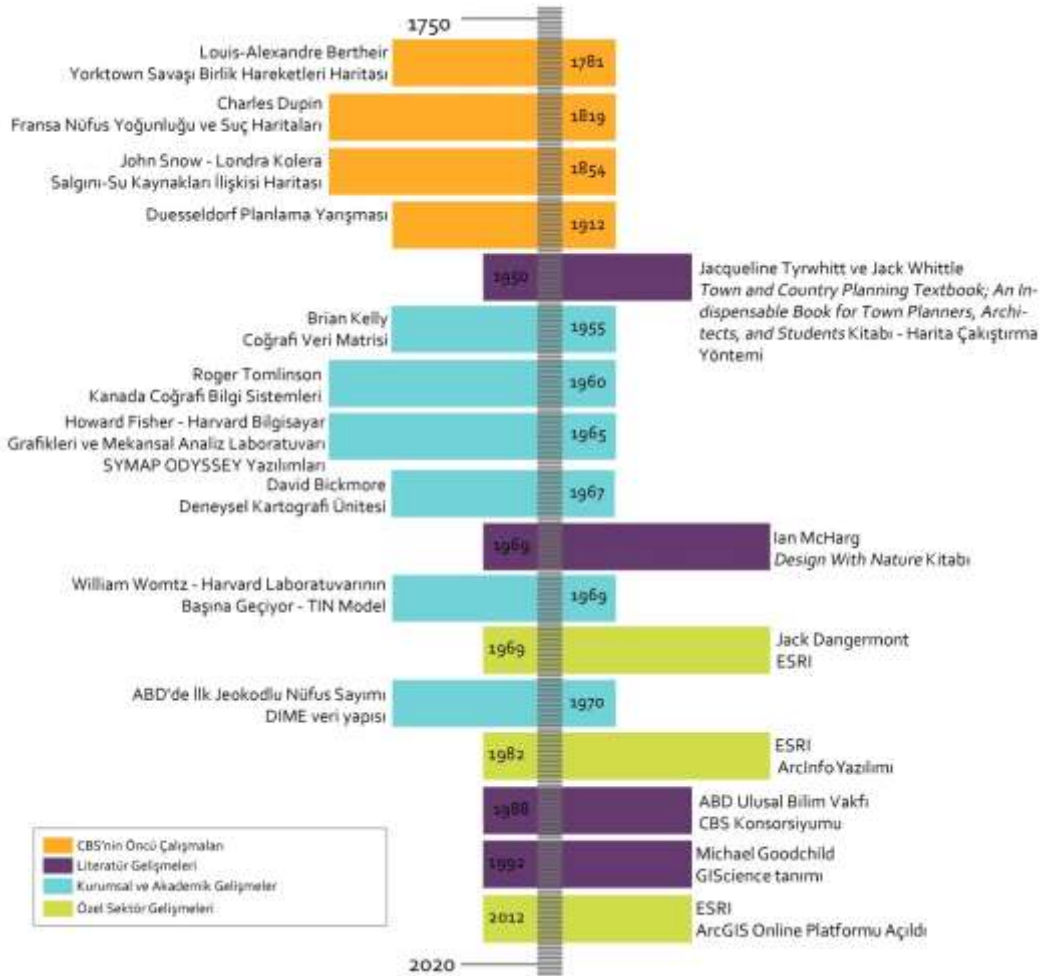
1990-1995 arası dönem CBS yazılımları üreten firmaların kullanıcılar için çekişmeye girdiği yani kullanıcıların baskın olduğu dönemdir. Bu dönemde CBS'ye ilişkin birçok konferans ve yayın yapılmıştır (Waters, 1998). Bu çekişme sonucunda ESRI ve Intergraph gibi öne çıkan yazılım şirketleri dikkat çekici gelişmeler sağlamıştır. Yazılımların arayüzü kullanıcı dostu olmuş ve grafik kalitesi yükselmiştir. Bu dönemde TransCAD ve Idrisi gibi özel yazılımlar da geliştirilmiştir (Waters, 2017).

1995-2005 arası dönem GIScience olarak adlandırılmaktadır. Bu dönemde coğrafi bilgi sistemlerinden coğrafi bilgi bilimine geçiş yaşanmıştır. Goodchild (1992) Coğrafi Bilgi Bilimleri adlı makalesinde önceden uydu ve bilgisayar teknolojileri güdümlü gelişim amaçlanırken, şimdi çok sayıda verinin veri tabanlarında nasıl ele alınacağıнын düşünülmesi gerektiğini belirtmiştir. Buna göre Coğrafi Bilgi Bilimleri disiplini veri modelleme, mekânsal veri temini, veri toplama ve yönetimi, veri yakalama, mekânsal istatistikler, veri yapısı, mekânsal veri teorisi, algoritma ve süreçler, veri gösterimi, analitik araçlar ve kurumsal ve etik meseleler üzerine çalışmalıdır. Bu dönemde, Goodchild'ın işaret ettiği bu eğilim bilimsel dergilerin başlıklarında bile sistemden

bilime geçiş şeklinde gözlemlenmiştir (Goodchild, 1992; 2010; Longley ve ark., 2001; Waters, 2013; 2017).

### 3.1.5 2005 sonrası: Küresel ve Yerel Ağ Dönemi

2005 sonrası dönemde yine bilgisayar teknolojilerinde yaşanan gelişmeler CBS alanına yansımaya başlamıştır. Hem verilerin sınırsız erişilebilirliği, hem de açık kaynak kodlu programların geliştirilmesi CBS'de de önemli atılımlar olmasını sağlamıştır (Goodchild, 2007; 2010). Verilerin internet altyapısıyla küresel erişime açılması, araç ve mobil telefonlardaki GPS ve navigasyon altyapısının gelişmesiyle CBS yazılımları ve donanımları fiziksel olarak görünmez hale gelip farklı sistemlere temel oluşturmaya başlamıştır. Google Earth ve Open Street Map gibi hizmetlerle kullanıcılar için mekânsal sorgu sistemleri geliştirilmiştir. Bulut teknolojisinin gelişmesi sayesinde ArcGIS yazılımı çevrimiçi düzlemde işlerlik kazanmış, veriler ve yapılan çalışmalar küresel anlamda erişilebilir hale gelmiştir (Miller, 2007; Miller ve Goodchild, 2015; Waters, 2017).



Şekil 2: CBS'nin dünyadaki gelişimi

### 3.2 CBS'nin Türkiye'deki Tarihsel Gelişimi

Türk tarihinde 16. yüzyılda denizcilik için Piri Reis tarafından hazırlanan Kitab-ı Bahriye, CBS'nin erken uygulamalarından biri olarak görülebilir (Yılmaz, 2019). İstanbul'un yangınlarında önlem amaçlı sigortalamalar için Jacques Pervititch tarafından 1922-45 arasında kadastro temelli sigorta haritaları hazırlanmıştır. Bu haritalar, kot yüksekliği, yapı kullanımı, kat adedi, yapı girişleri, çatı kırmaları ve çıkma benzeri yapı elemanları, ada ve sokak kodlaması gibi öznelik bilgileri işlenmiş olduğu için CBS'nin bir diğer erken uygulamalarından biri olarak görülebilir (Şekil 3). Modern anlamda ise CBS'nin kullanımı 1980'li yıllarda başlamış, ilerleyen dönemde daha çok kamu projeleri üzerinden devam etmiştir. Bu süreçte veri standardizasyonu ve ortak bir ağ kurulma çalışmaları yapılmıştır.



Şekil 3: Jacques Pervititch tarafından hazırlanmış Balat Sigorta Haritası

**Kaynak:** <https://www.istanbulium.net/2017/06/eski-istanbul-haritalari.html> adresinden 23.11.2020'de erişilmiştir.

Türkiye'de CBS'nin gelişimini 4 dönem altında toplamak mümkündür;

1. 1980-1992 arası öncü projeler dönemi
2. 1993-2001 arası kurumsallaşma ve bağımsız kamu yatırımları dönemi
3. 2002-2010 arası e-dönüşüm ve standardizasyon çalışmaları dönemi
4. 2010 sonrası standardizasyon ve koordinasyon dönemi.

Bu dört dönem kamu ve yerel yönetim çalışmaları, özel sektör yatırımları ve akademik çalışmalar açısından ele alınmıştır.



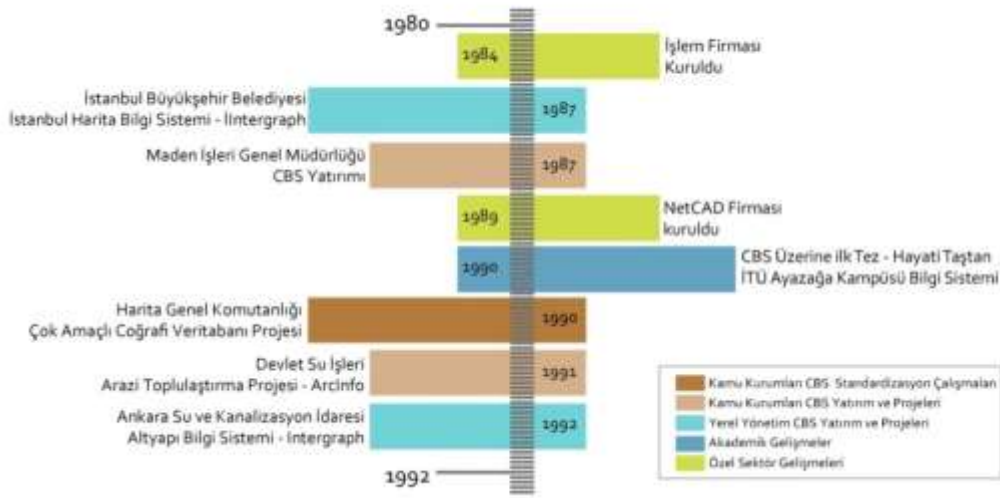
### 3.2.1 1980-1992 Arası Öncü Projeler Dönemi

Türkiye'nin CBS ile ilk tanışması 1980'li yılların başlarında üniversitelerdeki tez çalışmalarıyla olmuştur (Dicle, 2011). Bunun yanında, dünyada büyük şirketlerin gelişip kullanıcılara yönelik politikalar geliştirdiği 1980-90 arası dönemde, CBS yazılımları Türkiye pazarına da girmiş, bazı yerel yönetim ve kamu projelerinde kullanılmıştır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi 1987 yılında İstanbul Harita Bilgi Sistemine yönelik olarak 1/1000 ölçekli sayısal fotogrametrik haritaların üretimi için Intergraph şirketinden cihaz satın almıştır (Cömert ve ark., 2005). Bu yatırım ülkedeki ilk CBS yatırımı olarak değerlendirilebilir. Yine 1987 yılında, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na bağlı Maden İşleri Genel Müdürlüğü CBS yatırımları yapmış, geliştirilen CBS yazılımı ile ülkedeki maden sahalarına ilişkin paftalar, koordinat bilgileri, işletme ve ruhsat bilgileri sisteme işlenmiştir. Bu bilgiler aracılığıyla maden sahaları ve maden rezervleri tespit edilebilmekte, maden gruplarına ve cinsine göre sorgulamalar yapılabilmektedir (Dicle, 2011). 1991 yılında DSİ, arazi toplulaştırma projesine yönelik olarak ESRI'nin ArcInfo yazılımını kullanmıştır. Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi (ASKİ) ise 1992 yılında altyapı bilgi sistemi için Intergraph kullanmıştır. Bu dönemde artan veri üretimini standardize etmek amacıyla Harita Genel Komutanlığı (HGK) 1990 yılında Çok Amaçlı Coğrafi Veri Tabanı Projesi'ni başlatmıştır (Dicle, 2011).

Intergraph'ın Türkiye'deki yatırımlarda kullanılmasının tetikleyici bir etki yarattığı düşünüldüğünde, bu dönemde ilk CBS firmaları da kurulmaya başlanmıştır. 1985 senesinde İşlem GIS firması kurulmuş ve 1989 senesinde ERDAS yazılımının dağıtıcılığını üstlenmiştir. 1991 yılında ise ESRI'nin distribütörlüğünü alarak faaliyetlerini CBS üzerine yoğunlaştırmıştır (İşlem GIS, 2020). 1989 yılında NetCAD Yazılım firması kurulmuş, kamuya yönelik CAD ve CBS araçlarının ikisini de içeren bir yazılım üretme çabası içine girilmiştir.

CBS üzerine olan akademik çalışmalar, yazılımların ve bilgisayar teknolojilerinin üniversitelerde erişilebilir hale gelmesi ile yoğunlaşmıştır. 1991 yılında Hayati Taştan tarafından İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Ayazağa Kampüsü'nün sayısallaştırıp bilgi sistemi oluşturulmasına yönelik olarak hazırladığı tez, CBS'nin akademik çalışmalarda yer alması açısından Türkiye'de yazılmış ilk tez olarak görülmektedir (Taştan, 1991).





Şekil 4: CBS'nin 1980 - 1992 yılları arası Türkiye'deki gelişimi

### 3.2.2 1993-2001 Arası Kurumsallaşma ve Bağımsız Kamu Yatırımları Dönemi

1993 yılında Dünya Bankası'nın Türkiye için yaptığı bir çalışmada, ülkedeki verimliliğin ve rekabet potansiyelinin artırılabilmesi için bilgi teknolojilerine yatırım yapılmasının önemli olduğunu vurgulamıştır. Bu dönemde hazırlanan Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) kalkınma planları ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu (TÜBİTAK) stratejik politikalarında yine bu konu vurgulanmıştır (Sevinç, 2006). 1993-2001 arası dönemde, bu vurguya uygun olarak, kamu kurumlarının çoğunda bağımsız CBS müdürlükleri kurulmuş ve her kurum kendi CBS altyapısını geliştirmeye çalışmıştır. Kurumlar arası bu uyumsuzluk sebebiyle veriler farklı formatlarda, farklı dosyalama yapılarıyla kaydedilmiş ve kurumlar arası veri paylaşımında sorun yaşanmıştır. Bu sorunun bir sonucu olarak bu dönemde ilk koordinasyon çalışmalarına da başlanmıştır. Kamudaki CBS çalışmalarına karşı artan ilgi özel sektörde yeni şirketlerin kurulmasına, akademiye ise hazırlanan tez çalışması sayılarında artışa neden olmuştur.

Kamuda yapılan çalışmalara bakıldığında, Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı 1993 yılında ilk yazılım edinen kurumlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Edindiği yazılımlar ile ilk olarak 1995 yılında Datça - Bozburun Su Kaynakları Yönetim Projesini hazırlamıştır. 1993 yılında Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı tarafından Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Araştırma Merkezi kurulmuş ve Tarımsal İşletme Kayıt Sistemi Projesi başlatılmıştır. 1995 yılında Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) ilk CBS projesi olan jeoloji haritalarının sayısallaştırılması için Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı CBS Birimi'nde farklı ölçeklerdeki jeoloji, heyelan envanter ve diri fay haritalarını ve 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritalarının üretimine başlamıştır (Dicle, 2011). 1993 yılında TÜBİTAK ile ilk cihaz çalışmalarını yapan Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) 1995 yılında Bursa, Eskişehir, Konya ve Gaziantep illeri için CBS tabanlı bir altyapı projesi ihalesi açmıştır. 1996 yılında Milli

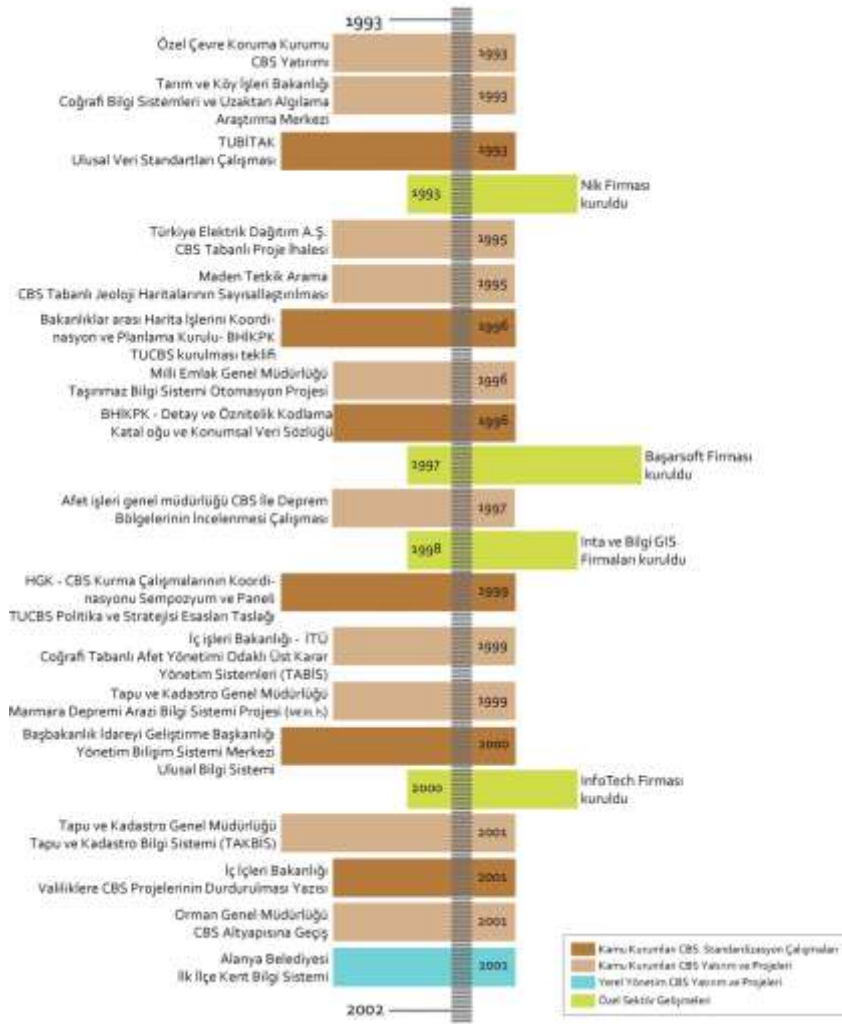
Emlak Genel Müdürlüğü bir otomasyon projesi başlatmış ve taşınmaz bilgi bankası oluşturmuş, 1997 yılında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü CBS ile deprem bölgelerini inceleme çalışması başlatmış, 1999 yılında İçişleri Bakanlığı ve İTÜ iş birliği ile Coğrafi Tabanlı Afet Yönetimi Üst Karar Yönetim Sistemini (TABİS) tasarlamış, aynı yıl Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) Marmara Depremi Arazi Bilgi Sistemi Projesini (MERLİS) başlatmış, 2001 yılında ise Orman Genel Müdürlüğü CBS altyapısına geçiş yapıp orman kadastro çalışmalarını CBS ortamına aktarmaya başlamıştır. Aynı yıl ilk ilçe kent bilgi sistemi olarak Alanya Kent Bilgi Sistemi hayata geçirilmiştir. 2001'de Türkiye'nin en büyük CBS projelerinden biri olan Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi (TAKBİS), TKGM tarafından mülkiyete dayalı bilgilerin yasal ve güncel kullanımına yönelik olarak tüm kurum ve kuruluşların ihtiyaçlarını bir merkezden karşılamaları amacıyla başlatılmıştır (Cömert ve ark. 2005; Dicle, 2011).

Farklı kurumlarca, farklı zamanlarda başlatılan ve farklı veri yapıları ve depolama sistemleri kullanılan bu projelerin kurumlar arası bilgi alışverişini zorlaştırması sonucunda standardizasyon çalışmaları başlatılmıştır. 1993 yılında HGK ve TÜBİTAK Ulusal Veri Standartları çalışmasını başlatmıştır. Çalışmalar sonucunda bir veri kataloğu hazırlanmış ve ilgili kurumlara gönderilerek görüş bildirilmesi talep edilmiştir. 1996 yılında Bakanlıklar Arası Harita İşlerini Planlama ve Koordinasyon Kurulu (BHİKPK) tarafından gerçekleştirilen toplantıda Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi'nin (TUCBS) kurulmasına yönelik karara varılmıştır. Bu doğrultuda bir anket hazırlanmış ve iş birliği sağlamak adına ilgili kurumlara iletilmiştir. Anket sonucunda veri tabanı oluşturma ve veri depolama merkez arşivinin kurumlarda ya da HGK'da olup olmamasına dair iki farklı görüş ortaya çıkmıştır. 1997 toplantıda ulusal veri standartlarına yönelik ihtiyacı tartışılmış ve standartların oluşturulması için bir çalışma grubu kurulmuştur. Bu ekibin çalışmaları sonucunda Detay ve Öznitelik Kodlama Kataloğu ve Konumsal Veri Sözlüğü hazırlanmıştır. İlgili kurumların görüşleri alındıktan sonra Türk Standartları Enstitüsü'ne (TSE) gönderilen katalog ve taslak için yapılan çalışmalar sonuçlandırılmamıştır. 1999 yılında HGK tarafından CBS Kurma Çalışmalarının Koordinasyonu Sempozyum ve Paneli düzenlenmiş; yapılan görüşmelerin sonucu olarak TUCBS Politika ve Strateji Esasları Taslağı hazırlanmış ve BHİKPK tarafından ilgili kurumlara görüş almak için gönderilmiştir. Taslak metin görüşler doğrultusunda düzenlenerek 1999 yılı BHİKPK toplantısında son halini almıştır. Söz konusu taslakta kurumların kendi çalışma alanlarına göre ihtiyaç duydukları coğrafi bilgilerin ilgili kurum yetki sorumluluklarına göre üretimi ve güncellenmesi için uygulanacak ilkeler belirlenmiştir. Hazırlanan taslak doküman BHİKPK tarafından Millî Savunma Bakanlığı'na (MSB) gönderilmiştir. MSB ilgili taslağın yürürlüğe girebilmesi için öncelikle yasal düzenlemeler yapılarak hukuki bir dayanak oluşturulması gerektiğini belirtmiştir (TKGM, 2005).

HGK ve BGİKPK çalışmalarının dışında 2000 yılında Başbakanlık İdareyi Geliştirme Başkanlığı Yönetim Bilişim Sistemi Merkezi tarafından bir Ulusal Bilgi Sistemi (UBS) çalışması başlatılmıştır. Bu çalışma CBS çalışmalarına vurgu yapsa da ilerleyen zamanda daha çok kamudaki teknolojik ihtiyaçlara yönelik altyapı

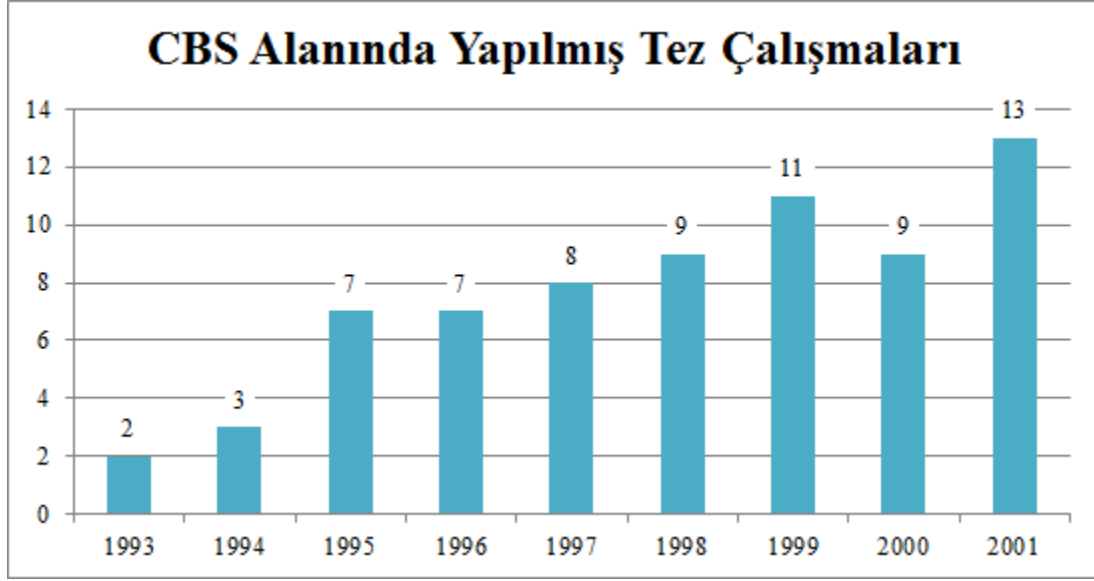
çalışmalarına öncelik vermiştir. Bir diğer çalışma ise İçişleri Bakanlığı tarafından üstlenilmiştir. Bakanlık ve İTÜ ortak çalışması olan TABİS çalışmasının ardından, İçişleri Bakanlığı ortak CBS standartlarının geliştirilmesinden bahsederek, Valilik ve Kaymakamlık ve Belediyelere, henüz ihale edilmemiş ve başlanmamış çalışmaların durdurulması ve söz konusu çalışma sonucunda oluşturulacak standartların sonucunun beklenmesine ilişkin bir yazı gönderilmiştir. Ancak bu çalışma İçişleri Bakanının değişmesinin ardından devam ettirilememiştir (Cömert ve ark., 2005).

Kamuda görülen bu hızlı proje üretimi ve standardizasyon çalışmaları özel sektöre CBS yatırımları konusunda ivme kazandırmıştır. 1993 yılında NİK Sistem firması kurulmuştur. Firma başlangıçta CBS üzerine çalışırken daha sonra uzaktan algılama yöntemlerine yoğunlaşmıştır (NİK, 2020). 1997'de Başarsoft kurulmuş ve 1999 yılında ESRI-ArcMap ile beraber CBS için en çok kullanılan yazılımlardan biri olan MapInfo'nun Türkiye distribütörlüğünü almıştır. Şirket bunun yanında navigasyon sistemleri üzerine de yoğunlaşmıştır (Başarsoft, 2020). 1998 - 1999 yıllarında Inta ve Bilgi GIS firmaları kurulmuştur. Inta ilerleyen yıllarda faaliyetlerine son vermiştir. Bilgi GIS ise çalışmalarına askeri alanda devam etmiştir. 2000 yılında Infotech firması kurulmuş, önceleri GISMap ile ardından MapInfo ile çalışmıştır. Ancak şirket daha sonra araç takip sistemleri üzerine yoğunlaşmıştır (Infotech, 2020). Bu dönemde kurulan şirketler genellikle kamu projelerine yazılım sağlayabildikleri ölçüde ayakta kalmıştır. Bunun yanında, GSM şirketlerinin yaygınlaşması ve CBS ile çalışmasıyla beraber, GSM şirketleri ile çalışan Başarsoft gibi firmalar pazarlarını genişletmişlerdir.



Şekil 5: CBS'nin 1993-2001 yılları arasında Türkiye'deki gelişimi

Akademik çalışmalara bakıldığında, 1993-2001 yılları arasında CBS üzerine tez çalışmaları üniversitelerin jeoloji, jeodezi, şehir ve bölge planlama, peyzaj mimarlığı, orman, inşaat, çevre, maden ve bilgisayar mühendisliği ve coğrafya bölümlerinde yapıldığı görülmektedir. 1993 yılından itibaren zaman geçtikçe CBS alanında yapılmış tez sayısı artış göstermektedir. 1993 - 2001 yılları arasında konuya ilişkin toplam 69 tez çalışması yapılmıştır (Şekil 6). Yapılan çalışmalar CBS'nin planlama, çevre yönetimi, mühendislik alanları ve eğitimde kullanımı, jeoloji, orman ve hidrografyaya yönelik modellerin oluşturulması, toprak sınıfları ve jeolojik birimlerin belirlenmesi, veri tabanı, veri kalitesi ve yöntemlere yönelik modellerin oluşturulması, afet yönetimi, teknik altyapı yatırımlarında CBS yöntemlerinin yerini gibi konular üzerinde yoğunlaşmıştır (YÖK, 2020).



Şekil 6: 1993- 2001 yılları arası Türkiye’de CBS alanında yapılmış tez çalışmaları sayıları

Kaynak: YÖK Ulusal Tez Merkezi verilerinden derlenmiştir.

### 3.2.3 2002-2010 Arası E-Dönüşüm ve Standardizasyon Çalışmaları Dönemi

2002-2010 yılları arasındaki dönem, Türkiye’de bilgi altyapısının önem kazandığı, e-dönüşüm projesi doğrultusunda stratejik planlar ile veri ve sistem standardının oluşturulmaya çalışıldığı bir dönem olarak öne çıkmaktadır. Öte yandan, bu süreçte kamu kurumları yine kendi altyapı yatırımlarına devam etmiş, yerel yönetimler de altyapı kurma çalışmalarına başlamıştır. Özel sektörde önceki dönemlerde kurulan şirketler piyasada yerini sağlamlaştırmıştır. Akademik ortamda ise ülkedeki dönüşüm sürecine paralel olarak CBS’ye yönelik anabilim dalları kurulmuş ve tez çalışmaları yapılmıştır.

2000 yılında Avrupa Konseyi toplantısında Avrupa’yı bilgi toplumuna dönüştürmeye yönelik altyapı kurulmasını hedefleyen e-Avrupa 2020 Eylem Planı kabul edilmiştir. Avrupa’ya uyumlanma sürecinde, Türkiye de bu adımı 2002 yılında E-Dönüşüm Türkiye girişimi ile takip etmiştir. E-Dönüşüm Türkiye Projesi bilgi sistemleri uygulamaları için bir dönüm noktası teşkil etmektedir. Girişimin başlıca hedefi, kamu kurumlarının vatandaşlarına daha hızlı ve kaliteli hizmet verebilmesi için şeffaf, katılımcı ve etkin süreçlere sahip bir devlet yapısının koşullarının hazırlanması olarak öne çıkmaktadır. E-Dönüşüm Türkiye kapsamında yapılan eylem planlarının her birinde CBS alanında özellikle TUCBS Projesi tanımlanmıştır (Çabuk, 2014b). 2003 yılında E-Dönüşüm Türkiye Projesi için 205 eylemden oluşan Kısa Dönem Eylem Planı (KDEP) hazırlanmış ve Eylem 47’de ‘Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin oluşturulması için bir ön çalışma yapılması’ kararına varılmıştır. Çalışmadan sorumlu olarak da TKGM belirlenmiştir (Cömert ve ark., 2005; Dicle, 2011; Çabuk, 2014b). DPT, TSE, HGK ve ilgili kamu kurum ve kuruluşları ise çalışmanın paydaşları olarak belirtilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda 2005 yılında TKGM tarafından ‘Türkiye

Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Oluşturulabilmesi İçin Ön Çalışma Raporu' hazırlanmıştır. Raporla ulusal ve uluslararası düzeyde gerçekleştirilen CBS faaliyetleri incelenmiştir. Ayrıca ilgili kurum ve kuruluşlara HGK - TKGM tarafından anketler yapılmış ve anket sonuçlarına göre yaşanan sorunlar ve beklentiler derlenmiştir. Bunların sonucunda yasal, kurumsal, teknolojik, mali öneriler, koordinasyon ve uygulama planı önerileri sunulmuştur (TKGM, 2005).

KDEP'in 2005 yılında sonlanması sonrasında, yeni ve KDEP'de tamamlanamayan toplam 70 eylemi içeren 2005 Eylem Planı yürürlüğe girmiştir. 2005 Eylem Planında Eylem 36'da e-Devlet kategorisi altında, 6 aşama ile TUCBS Oluşturmaya Yönelik Altyapı Hazırlıkları Çalışmaları eylemi tanımlanmıştır. Eylem 36'dan sorumlu kurum olarak TKGM, iş birliği yapılacak kurumlar olarak DPT, TÜBİTAK, HGK, Devlet İstatistik Enstitüsü, İller Bankası ve çeşitli kurum ve kuruluşlar olarak belirlenmiştir. Eylem 36 çalışmaları kapsamında TUCBS Politika ve Strateji Dokümanı hazırlanmış, dokümanda vizyon, misyon ve politikaların yanında, TUCBS içeriği ve stratejisi de yer almıştır. Politika ve stratejiler belirlenirken e-Avrupa'nın coğrafi bilgi altyapısı olan INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in the European Community*) örnek alınmıştır. Hem Eylem 47 hem de Eylem 36 sonunda çıkan dokümanlarda CBS'ye yönelik standartların ve kurumlar arası koordinasyonun oluşturulmasına yönelik öneriler geliştirilmiştir (Dicle, 2011; Çabuk, 2014b).

KDEP ve 2005 Eylem Planı'nda tanımlanan kısa vadeli hedeflerin tamamlanmasının ardından, e-Dönüşüm Türkiye girişiminin devam ettirilmesi için 2006-2010 Bilgi Toplumu Stratejisi oluşturulmuştur. Bu stratejide de TUCBS'ye yönelik hedefler devam etmiş ve önceki eylem planlarındaki eylemler temel alınarak 'Kamu Yönetiminde Modernizasyon Stratejik Alanı' başlığı altında 'CBS Altyapısı Kurulumu' Eylem 75 olarak tanımlanmıştır. Bu eylemde ulusal bir CBS altyapısı kurulması, kamu kurumlarının ellerinde bulunan verilerin ortak altyapı üzerinden kullanıcılara sunacakları bir portal oluşturulması, coğrafi verilerin ve veri değişimlerinin standartlarının oluşturulması amaçlanmış, ancak eylem 75'e yönelik çalışmalar hiçbir zaman bazı raporlamaların ötesine geçip portal ve standart oluşturacak seviyeye ulaşamamıştır (Dicle, 2011; Çabuk, 2014b).

Eylem Planı çalışmalarının yanında, 2006 yılında İçişleri Bakanlığı Merkez Teşkilatı ulusal bir CBS altyapısı oluşturulması için bir çalışma başlatmış, DPT ile mevcut CBS çalışmaları hakkında fikir alışverişi yapmıştır. Bu görüşme ardından CBS çalışmalarının tek elden yürütülüp farklı iller tarafından kurulacak CBS altyapıları sebebiyle iller arası teknik ve idari sorunların önüne geçilecek şekilde sorumluluğun DPT'ye verilmesi konusunda görüş birliği sağlanmıştır. Bu doğrultuda 81 ilde CBS çalışmaları durdurulmuş ve 2007 yılında İçişleri Bakanlığı tarafından CBS Genelgesi ve eki olarak Teknik Kılavuz yayınlanmıştır. Ancak daha sonra DPT bu çalışmaların TUCBS ile bitlikte yürütülmesi gerektiği görüşüne vararak İçişleri Bakanlığı'nın çalışmalarını onaylamamıştır (Dicle, 2011). İçişleri Bakanlığı'nın bu çalışması dışında, 2008 yılında AB Mevzuatına Ulusal Uyum Programı Kapsamında, INSPIRE Direktifine entegre olunabilmesi için Resmî Gazete'de yayınlanan Ulusal Programda Çevre ve

Orman Bakanlığı'na CBS altyapısı kurulması için görev verilmiştir. Çevre ve Orman Bakanlığı kendi ve diğer 13 kurumun verilerini kapsayacak TEIEN (*Technical Assistance for the Establishment of a Turkish Environmental Information Exchange Network*) projesini INSPIRE direktifine göre düzenleyip veri paylaşımı için servisler geliştirmiştir. Ancak proje uygulama süresi sonunda, 2010 yılında bitirilmiştir (Dicle, 2011).

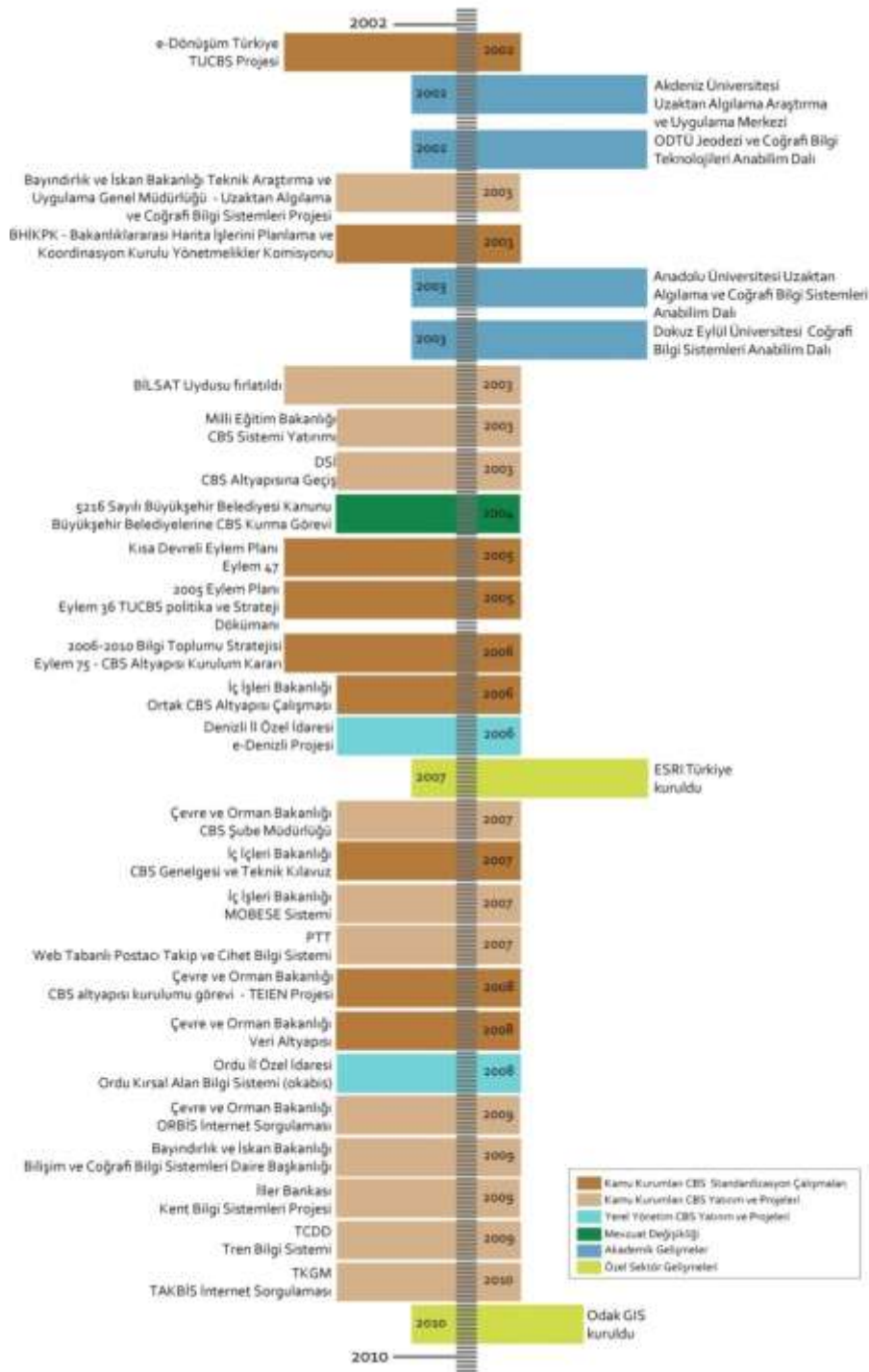
2003-2010 arası dönem standardizasyon çalışmalarının yanında teknolojiye ve yasal mevzuata da önem verilen bir dönem olmuştur. 2003 yılında Türkiye'nin ilk yer gözlem ve uzaktan algılama uydusu olan BİLSAT uzaya fırlatılmıştır. Mevzuat açısından bakıldığında 2004 yılında çıkan 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu'nda büyükşehirlerin görevlerini tanımlayan 7. madde h bendinde coğrafi ve kent bilgi sistemlerinin kurulması da büyükşehir görevleri arasında sayılmış ve kanunda yer almıştır. Öte yandan 2005 yılında yapılan TÜİK çalışmasında çalışmaya dahil olan 3066 belediyenin yalnızca 126'sında kent bilgi çalışması olduğu belirlenmiştir (Cömert ve ark, 2005; Dicle, 2011). Öte yandan kent bilgi sistemleri konusunda belediyelerin dışında İl Özel İdareleri de çalışmıştır. 2006 yılında Denizli İl Özel İdaresi e-Denizli projesi kapsamında afet yönetimi, yatırım takibi, köy, yönetim ve ruhsat bilgi sistemleri ile araç takip sistemi için bir CBS altyapısı oluşturmuştur, bu altyapı günümüzde hala kullanılmaktadır. İl Özel İdarelerinin bir başka öncü çalışması ise 2008 yılında Ordu İl Özel İdaresi tarafından oluşturulan Ordu Kırsal Alan Bilgi Sistemi (OKABİS)'tir. Karar destek sistemi olarak tasarlanan sistemde köy sınırları, köy yollarının ölçümü ve bağlantıları, sosyal ve teknik altyapı bilgileri işlenmiş ve kullanıcılara internet aracılığıyla verileri ulaşım ve sorgulama imkânı da sunulmuştur (Dicle, 2011).

Yukarıda değinildiği gibi, standardizasyon çalışmaları sürdürülürken kamu kurumları e-Dönüşüm Türkiye projesi kapsamında kendi CBS birimlerini ve altyapılarını kurmaya başlamıştır. 2003 yılında Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü altında Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri projesi başlatmış, proje kapsamında Mekâna Dayalı Sayısal Bilgi Sistemi Altyapısı kurulması amaçlanmıştır. Bakanlık 2009 yılında kendi bünyesinde Bilişim ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Dairesi Başkanlığı kurmuştur. Aynı yıl Millî Eğitim Bakanlığı tarafından bir CBS sistemi kurulmuştur ancak sistem üzerinde çalışma yapılmamıştır. Yine 2003 yılında Devlet Su İşleri (DSİ) de CBS altyapısına geçmiş ve ilerleyen yıllarda tüm projelerinde CBS kullanmıştır. 2001 yılından itibaren CBS uygulamaları kullanan Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007 yılında Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğünü kurmuş ve bu yıldan itibaren orman kadastrosuna dair tüm çalışmalarını CBS kapsamına geçirmiştir. 2008 yılında CBS konusundaki koordinasyon yetkisi bakanlıktaki Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığına aktarılmıştır. 2009 yılında bakanlık CBS için bir sistem altyapısı oluşturmuş ve veri tabanlarını internet üzerinden sorgulama işlemine açmıştır. 2007 yılında İçişleri Bakanlığı tarafından görüntü, ses ve konum bilgilerinin elde edilebileceği, işlenerek sonuçlar üretilmesini sağlayan bir kent güvenlik yönetim sistemi olarak MOBESE sistemi kurulmuştur. MOBESE sistemi ile Polis Teşkilatı'nın CBS tabanlı mobil uygulama ihtiyacının güvenli bir şekilde

karşılanması amaçlanmıştır. Yine 2007 yılında PTT internet tabanlı postacı takip ve cihet bilgi sistemlerini geliştirmiş ve CBS aracılığıyla her cihet için servis alanları belirlemiştir. 2009 yılında İller Bankası kent bilgi sistemleri projelerinin üretilmesi, mevcutta olan ve yeni üretilecek verilerin CBS aracılığıyla yönetimi için Türkiye Kent Bilgi Sistemleri Merkezi Analizler Projesi'ni başlatmıştır, bu proje daha sonra Çevre ve Şehircilik Bakanlığına devredilmiştir. Aynı yıl, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) Tren Bilgi Sistemi isimli CBS uygulamasını başlatmıştır. Sistem aynı anda 1700 trenin izlenmesini, tüm trenlerin sürat, kalkış ve varış zamanı, hareket güzergahları gibi bilgilere ulaşılmasını sağlamaktadır. Son olarak e-dönüşüm sürecinin en büyük çalışmalarından biri olan TAKBİS sistemi 2010 yılında e-Devlet Kapısı üzerinden sorgulanmaya açılmıştır. 2010 yılında 957 Tapu Sicil Müdürlüğü'nün 468'i sistemi kullanmaya başlamıştır (Dicle, 2011).

Kamu kurumlarında görülen bu yapılanma ne yazık ki özel sektöre yansımamış, 2010 yılında Odak GIS gibi firmalar kurulmuşsa da büyüyememiştir. 200 yılında İşlem GIS, ESRI Türkiye'nin kurucu ortakları arasında yer alarak ESRI ürünlerinin distribütörlüğünü ESRI Türkiye'ye devretmiştir (İşlem GIS, 2020). Bu dönemde önceki dönemlerde kurulmuş şirketler piyasada pazar paylarını genişleterek yerlerini sağlamlaştırmıştır.

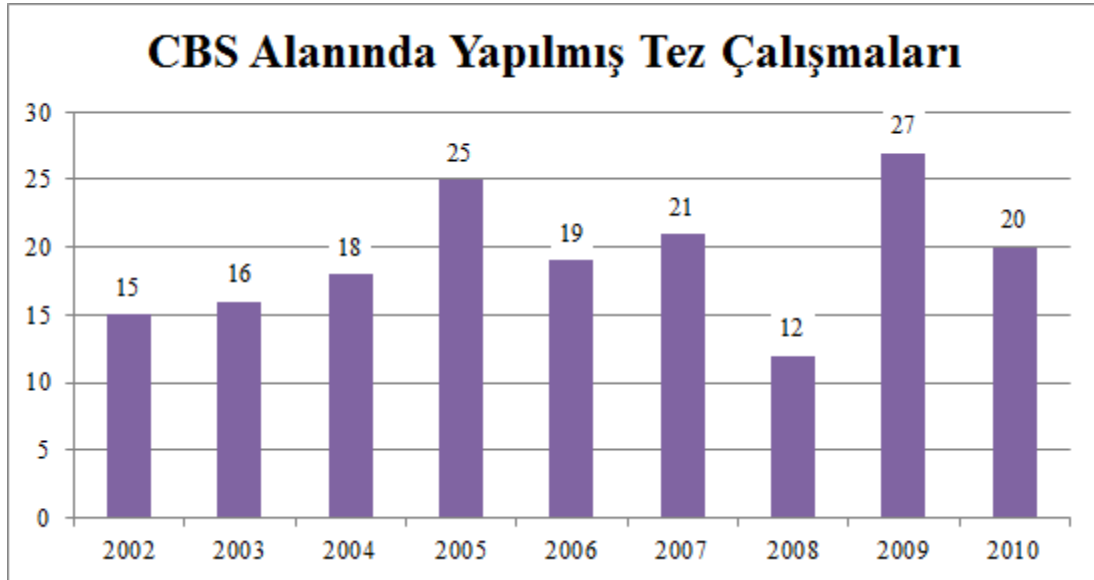




Şekil 7: CBS'nin 2002-2010 yılları arasında Türkiye'deki gelişimi

2002 yılında e-Dönüşüm Türkiye girişimi ile birlikte CBS'ye önem verilmesi akademi tarafından da reaksiyon almıştır. 2002 yılında Akdeniz Üniversitesi'nde Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı kurulmuştur.

2003 yılında ise Anadolu Üniversitesi Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı ve Dokuz Eylül Üniversitesi Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı kurulmuştur. Bu dönemde CBS programları dışında mimarlık, şehir ve bölge planlama, peyzaj mimarlığı, endüstri, inşaat, ulaşım, maden, jeoloji ve jeodezi, fotogrametri, harita, çevre, su ürünleri, bilgisayar, elektrik ve elektronik, orman ve ziraat mühendislikleri, işletme, eğitim bölümlerinde de CBS alanında toplamda 173 tez çalışması tez çalışması yapılmıştır (Şekil 8). Yapılan tez çalışmaları şehir planlama, peyzaj mimarlığı, afet yönetimi, jeoloji ve jeodezi, çevresel etki değerlendirme, arkeoloji, kültürel miras ve doğa koruma, atık yönetimi, tarımsal üretim, biyoloji, sosyoloji, altyapı çalışmaları, ulaştırma, suç ve trafik kazaları, hidroloji, meteoroloji, gayrimenkul değerlendirme, sağlık bilimleri, eğitim alanları ve veri yapıları ve web-CBS gibi dünyaca tartışılan konular üzerine yapılmıştır (YÖK, 2020).



Şekil 8: 2002-2010 yılları arası Türkiye'de CBS alanında yapılmış tez çalışmaları sayıları **Kaynak:** YÖK Ulusal Tez Merkezi verilerinden derlenmiştir.

### 3.2.4 2010 Sonrası Standardizasyon ve Koordinasyon Dönemi

2010 sonrası dönemde TUCBS altyapısı ve veri kılavuzları son hallerini almış, kurumlar arası veri paylaşımı için sistemler geliştirilmiştir. Bu dönemde üniversitelerde yeni anabilim dalları kurulmuş ve CBS üzerine yapılan çalışmalar hız kazanmıştır.

2011 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde CBS Genel Müdürlüğü kurulmuş ve TUCBS projesini devralmıştır. Aynı yıl TÜRKSAT tarafından hazırlanmış Coğrafi Bilgi Sistemleri Altyapısı Kurulumu Fizibilite Etüdü, 2012 yılında CBS Genel Müdürlüğü tarafından tamamlanmış ve Revize Fizibilite Raporu oluşturulmuştur. Bu raporda veri standartları ve setleri, veri envanterleme ve paylaşma ve uygulama şemalarına hukuki dayanak sağlayacak taslak bir yönetmeliğe dair çalışmalar yer almaktadır. 2013 yılında CBS Genel Müdürlüğü TUCBS portalının oluşturulması için

bir özel şirket ile anlaşma yapmıştır (Dicle, 2011; Çabuk, 2014b). Saye Nihal Çabuk'un (2014b) aktardığına göre 2014 yılında CBS Genel Müdürlüğü, internet sayfasında kullanıcılara açık biçimde taslak veri ve şema dokümanları ile TUCBS'nin 1.1 versiyon dokümanları paylaşılmıştır. TUCBS Portalı Atlas adıyla 2020 yılında kullanıcıların erişimine açılmıştır. Atlas Portalı coğrafi verilerin üreticisi olan kamu kurum ve kuruluşlarında ürettikleri ya da güncelledikleri verileri kullanıcılara sunmak üzerine hazırlanmış modüler bir portaldır. Veriler dünya genelinde CBS standartlarını belirleyen Open GIS Consortium (OGC) standartlarına göre oluşturulmaktadır. Üretilen veriler portal üzerinden kullanıcılara iki ve üç boyutlu olarak sunulmaktadır (CBS Genel Müdürlüğü, 2020).

2019 yılında 30941 sayılı Resmî Gazete'de 49 Numaralı Coğrafi Bilgi Sistemleri Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi yayınlanmıştır. Kararnamede CBS altyapısına ilişkin olarak kamu kurum ve kuruluşlarının koordinasyonunun sağlanması, coğrafi veri temaları için bilginin üretilmesi ve güncellenmesi, yönetilmesi, erişilmesi, güvenliği, paylaşılması, dağıtımı ve kullanılmasına yönelik esaslar ve standartlar belirlenmesi, Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemi Kurulu, Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemi Yürütme Kurulu ve Çalışma Heyetlerinin oluşturulması amaçlanmıştır. Yönetmelik CBS altyapısının kurulumundan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nı sorumlu tutmaktadır. Kararnameye göre kurulacak olan Türkiye CBS Kurulu konu üzerine ulusal hedefleri belirleyip uygulamak, veri sorumluluk ve paylaşım matrislerini onaylayıp kurumların koordinasyonunu sağlamak ve coğrafi veri temalarını onaylamaktan sorumludur. CBS Yürütme Kurulu CBS hizmetlerinin uygulamadaki koordinasyonunu sağlamak, Ulusal Coğrafi Veri Sorumluluk ve Paylaşım Matrislerini hazırlamak ve coğrafi veri temalarını tespit etmekten sorumludur. Çalışma heyetleri ise veri sorumluluk matrisinde yer alan coğrafi veri temalarına ait teknik tanımlama dokümanlarının hazırlanmasından sorumludur. Coğrafi veri temaları toplamda 32 başlık altında tanımlanmıştır (Resmî Gazete, 2019).

#### Veri temaları;

- Koordinat Referans Sistemleri ve Coğrafi Grid Sistemleri
- Coğrafi Yer Adları
- Bina
- İdari Birimler
- Kadastro
- Adres

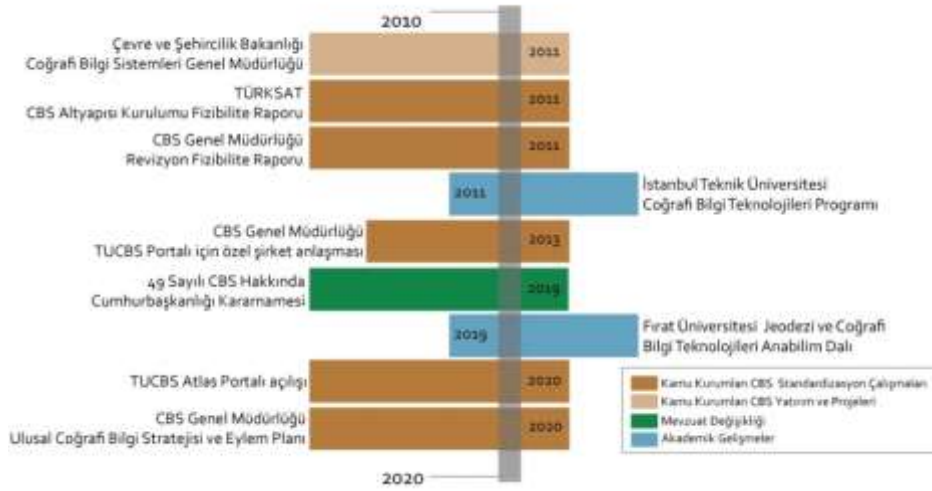
- Yükseklik
- Ulaşım Ağları
- Jeoloji
- Arazi Kullanımı
- Koruma Bölgeleri
- Altyapı
- Madenler
- Nüfus Dağılımı - Demografi
- Sanayi Tesisleri
- Kamu Yönetim Bölgeleri
- Habitat Bölgeleri
- Deniz ve Tuzlu Su alanları
- Meteoroloji Verileri
- Orta görüntü
- Hidroğrafya
- Arazi Örtüsü
- Toprak
- Doğal Afet Riski Bölgeleri
- Enerji Kaynakları
- İnsan Sağlığı ve Güvenliği
- Çevre İzleme Tesisleri
- Tarım Tesisleri
- Tür Dağılımı
- Biyocoğrafya Bölgeleri
- Atmosfer Verileri
- İstatistiksel Raporlama Bölgeleri

Başlıkları altında toplanmıştır (Resmi Gazete, 2019)

2020 yılı Haziran ayında CBS Genel Müdürlüğü Türkiye CBS Kurulu çalışması sonucu olarak Ulusal Coğrafi Bilgi Stratejisi ve Eylem Planı yürürlüğe girmiştir. Eylem planı ile birlikte veri sorumluluk matrisi de uygulamaya konmuştur. Eylem Planında 6 amaç, 27 hedef ve 46 eylem tanımlanmıştır. Amaçlar;

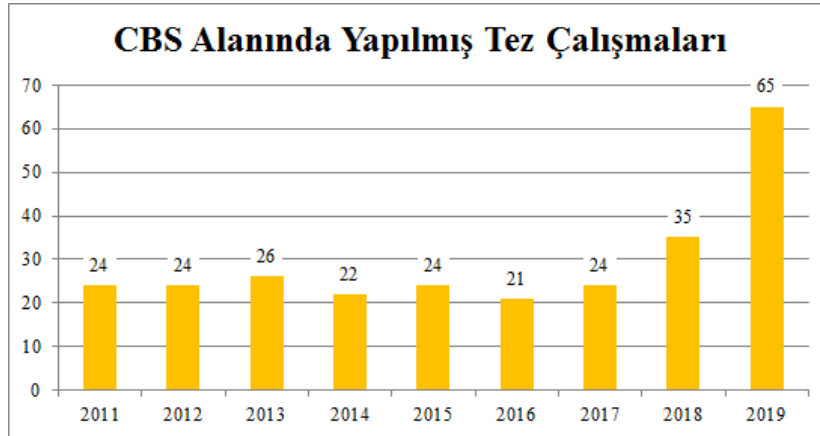
- Herkes için güncel coğrafi veri erişilebilirliği ve bunun sürdürülebilir yönetiminin sağlanması,
- Tüm süreçlerde coğrafi verileri etkin kullanarak coğrafi bilgi hizmetlerinin yaygınlaştırılması,
- Kurumsal süreçlerin yenilenme ve dönüşüme imkân sağlayacak coğrafi bilgi endüstrisinin geliştirilmesi,
- Sürdürülebilir kurumsal yapılanma ve mali destek sistemlerinin oluşturulması,
- Nitelikli eğitimi artırmak ve yaşam boyu öğrenim fırsatlarının özendirilmesi

Karar destek sistemlerine uygun, süreçlere doğrudan bağlı, üretici ve kullanıcı gereksinimlerini dikkate alan izleme ve raporlama sisteminin oluşturulması olarak özetlenebilir (Resmî Gazete, 2020).



Şekil 9: CBS'nin 2010-2020 yılları arasında Türkiye'deki gelişimi

Bu dönemde özel sektörde büyük bir gelişme yaşanmamıştır ancak akademide ilerlemeler kaydedilmiştir. 2011 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programı, 2019 yılında Fırat Üniversitesi Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı eğitime başlamıştır. 2010-2019 yılları arasında CBS üzerine toplamda 265 tez çalışması yapılmıştır (Şekil 10). Tez çalışmaları önceki dönemlerde de değinildiği gibi CBS'nin kullanıldığı farklı alanlar üzerine çalışılmıştır (YÖK, 2020).



Şekil 10: 2011-2019 yılları arası Türkiye'de CBS alanında yapılmış tez çalışmaları sayıları

Kaynak: YÖK Ulusal Tez Merkezi verilerinden derlenmiştir.

#### 4. CBS'NİN TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT DURUMU

Türkiye'de CBS çalışmalarının mevcut durumu incelendiğinde geçmişten gelen büyük bir bilgi birikimi olduğu ancak bu bilgilerin, diğer bir deyişle verilerin farklı kurumlarca kendi metodlarıyla, farklı tip, ölçek ve özelliklerde tutulduğu görülmektedir. Bu durumun önüne geçilmesi için gösterilen standardizasyon çabası 2010'ların son yılları ve 2020 başında nihayete ermiş gözükmektedir. Öte yandan bu entegrasyon henüz çok yeni olduğu için kamu kurumlarındaki tüm veriler henüz

sisteme entegre olamamıştır, farklı kurumlar verilerini sisteme uygun hale getirmekle ilgili çalışmalar yapmaktadır. Yerel yönetimler ise verilerini genellikle CBS yerine CAD programlarında (yoğunlukla NetCAD uygulamasında) tutmakta, konumsal nesnelerin bir veri tabanı ile bağlanamaması, her öznitelik verisinin ayrı CAD dosyalarında tutulmasını gerektirmekte, çoklu ilişkilerin ve yazı formatındaki bilgilerin verileri tutulamamakta, bu nedenle veri depolama ve yönetimi konusunda zorluklarla karşılaşmaktadır.

Özel sektöre bakıldığında, önceki dönemlerde piyasada yerini sağlamlaştırmış belli başlı köklü şirketler kamu, yerel yönetimler ve diğer özel sektör firmalarına yazılım sağlamaktadır. Başarsoft ve ESRI Türkiye Türkiye'deki CBS yazılımı hizmetleri konusunda önde gelen iki firma olarak öne çıkmaktadır. İki firma da hizmet verdiği kurum ve kuruluşların ihtiyaçları doğrultusunda yazılımlarda güncelleme yapıp, kurumların gerek duyduğu alternatifleri oluşturmaktadır.

Akademik çalışmalar önceki senelere göre hiç olmadığı kadar artmış durumdadır. CBS üzerine açılmış anabilim dalları, lisansüstü ve ön lisans bölümleri çok farklı kademelerde CBS uzmanı yetiştirmektedir. Yetiştirilen CBS uzmanları yalnızca uygulama kullanıcıları değil, uygulama geliştiricileri olarak da istihdam potansiyeli oluşturmaktadır.

## 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada Türkiye'de CBS'nin nasıl bir gelişim gösterdiği, farklı sektörlerde nasıl etkilere ve değişimlere sahip olduğu incelenmiştir. Çalışma boyunca görülmüştür ki, CBS çalışmaları bundan 30 yıl önce başlamış olmasına rağmen verilerin farklı kurumlarda farklı formatlarda, ölçeklerde, projeksiyonlarda ve farklı standartlarda tutulmuş olması sebebiyle bugün istenilen seviyeye gelinememiştir ve istenilen kalitede veri üretilmemektedir. CBS uygulamalarında en çok zaman alan ve pahalı aşama kurulum aşaması olarak değerlendirilebilir. Sağlık Bakanlığı, Millî Eğitim Bakanlığı, Ulaştırma Bakanlığı, Çevre ve Orman Bakanlığı, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı gibi bakanlıklar ve bu bakanlıklara ait DSİ, KGM, OGM, MGM gibi genel müdürlükler yıllar içinde defalarca yazılım ve uydu görüntüleri satın almış olmalarına rağmen, günümüzde bu yatırımların karşılığını verecek işlerliğe sahip değildir. Bu durumun sebebinin kamu kurumlarında CBS üzerine yeterli nicelikte eleman bulunmaması ve yatırımı yapan idare değişince projelerin sahipsiz ve takipsiz kalıp boşa çıkması olarak değerlendirilebilir.

Bunun yanında 1993 yılından bu yana verilere ve CBS altyapısına bir sistem oturtulmaya çalışılmış ancak bu süreçlerde de kurumların birbirinden bağımsız çalışmalar yürütmesi hem emek hem de zaman israfına yol açmıştır. Kurumların farklı standartlarda tuttukları verilerin ortak bir standartta buluşturulmasının zor olması yanında, yine projeleri başlatan idarelerin görev süreleri bittiğinde projenin devam etmemesi durumu standardizasyon süreçlerinin de devam edememesine sebep olmuştur. Bu nedenle, Türkiye'de ulusal düzeyde konumsal veri ve CBS altyapısına

yönelik standartların oluşturulması ve veri paylaşımı için uygun bir ortamın hazırlanmasına yönelik çalışmalar 30 yıl öncesinde başlamış olmasına rağmen bugün istenilen noktaya ancak gelinebilmiştir.

Türkiye gibi hızlı gelişen, büyük kamu projeleri ve hızlı kentleşmenin ekonominin merkezinde olduğu ülkelerde CBS altyapısı, çevresel ve maddi kayıpların önüne geçilmesine yönelik karar destek sistemleri için hayati öneme sahiptir. Yapılan yatırımların çevresel değerlere zarar vermemesi, kamu yararına aykırı olmaması, adil ve etkin olabilmesi için çevrenin iyi analiz edilmesi gerektiği düşünülmektedir. Yatırımların dışında, küresel iklim krizinin etkilerinin yoğun şekilde hissedildiği Türkiye'de hem olası afet ve acil durumların önüne geçilmesi hem de iklim krizine etkilerin azaltılması için bir an önce önlemler alınması gerekmektedir. Mevcut durum ve etkilerin iyi analiz edilmesi, bu önlemlerin alınabilmesine büyük katkı sağlayacaktır. Bütün bu analizlerin en doğru şekilde yapılabilmesi için CBS kullanımının kaçınılmaz olduğu düşünülmektedir. CBS kullanımının bu denli önemli olduğu konularda verilerin eksiksiz ve güncel olarak elde edilebilmesi için standartlara uygun veri üretimi ve paylaşımı yapılmasının uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle tüm veri üreticilerinin mevcut verileri standartlara uygun hale getirip, yine standartlara uygun yeni veriler üreterek TUCBS Atlas Portalı'na yüklemesi ve verileri paylaşımına açması hem kamu hizmetlerinde hem de akademik çalışmaların gelişimine katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

- 49 No'lu Coğrafi Bilgi Sistemleri Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi. (2019). T.C. Resmi Gazete (30941, 7 Kasım 2019).
- Aranoff, S. (1989). *Geographical Information Systems: A Management Perspective*, Ottawa: WDL Publications.
- Başarsoft Bilgi Teknolojileri. (2020). *Firma Profili*. <https://www.basarsoft.com.tr/firma-profil/> adresinden 24.11.2020 tarihinde alınmıştır.
- Carson, R. (2011). *Sessiz Bahar* (Çev. Ç. Güler), Ankara: Palme Yayıncılık.
- CBS Genel Müdürlüğü (2020). *ATLAS*. <https://cbs.csb.gov.tr/atlas-i-5439> adresinden 25.11.2020 tarihinde erişilmiştir.
- Chrisman, N. (2006). *Charting the Unknown: How Computer Mapping at Harvard Became GIS*. Redlands, CA: Esri Press.
- Coppock, John T., Rhind D.W.. (1991). The History of GIS. D. Maguire, M. F. Goodchild, and D. W. Rhind (Ed.), *Geographical Information Systems* içinde (ss. 21–43). Londra: Longman.
- Cömert Ç., Durduran S.S., Ekincioğlu İ., Gül H., Güngör H., Haşal F., Özege Z., Şeker D.Z. (2005). *Ülkemizde ve Sektörümüzde Coğrafi Bilgi Sistemleri Alanındaki Gelişmeler*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 28 Mart - 1 Nisan, Ankara.

- Çabuk, A. (2015a, 25 Ağustos). Heroes of the 21<sup>st</sup> Century. *GIM International*. <https://www.gim-international.com/> adresinden erişilmiştir.
- Çabuk, A. (2015b, 10 Nisan). Delicate Touches of Geomatics on the Earth. *GIM International*. <https://www.gim-international.com/> adresinden erişilmiştir.
- Çabuk, S. N. (2014a). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Tasarlamak: Geo tasarım Kavramı. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1), 37-54.
- Çabuk, S. N. (2014b). CBS'de Proje Planlama ve CBS'nin Ülkemizdeki Gelişimi. Erdoğan, S. (Ed.), *Bilgisayar Destekli Harita Yapımı ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temelleri – 1* içinde (ss. 278-351). Ankara: Uyum Ajans
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı CBS Genel Müdürlüğünden Türkiye CBS Kurulu Kararı. (2020). T.C. Resmî Gazete (21171, 30 Haziran 2020)
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2019). *Plan CBS Masasıüstü Uygulaması Kullanım Kılavuzu*. [http://www.bulut-kbs.gov.tr/giris/content/plan/dosya/PlanCBS\\_HTML\\_V.1.0/cografi\\_bilgi\\_sistemleri\\_nde\\_veri\\_yap\\_s\\_.htm?ms=AQQ=&mw=MjQw&st=MA==&sct=Nzc=](http://www.bulut-kbs.gov.tr/giris/content/plan/dosya/PlanCBS_HTML_V.1.0/cografi_bilgi_sistemleri_nde_veri_yap_s_.htm?ms=AQQ=&mw=MjQw&st=MA==&sct=Nzc=) adresinden 19.11.2020 tarihinde erişilmiştir.
- Dicle, M. (2011). *Türk Kamu Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Uygulamaları ve TR83 Bölgesi Örneği*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Tokat: Gaziosmanpaşa Üniversitesi.
- ESRI. (t.y.a). *What is GIS?*. <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview> adresinden 19.11.2020 tarihinde erişilmiştir.
- ESRI. (t.y.b) *Who We Are?*, <https://www.esri.com/en-us/about/about-esri/who-we-are> adresinden 21.11.2020 tarihinde erişilmiştir.
- Geospatial World (2020, 22 Ocak). *Jack Danger mondshares his journeyfrom a land scapearchitecttothe GIS pioneer* [video]. <https://www.youtube.com/watch?v=xQ8T4RIuJMM> adresinden 19.11.2020 tarihinde erişilmiştir.
- Goodchild, M. F. (2010). Twenty Years of Progress: GIScience in 2010. *Journal of Spatial Information Science*, 1, 3-20.
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as Sensors: The World of VolunteeredGeography. *GeoJournal*, 69: 211–221.
- Goodchild, M. F. (1992). Geographical Information Science. *International Journal of Geographical Information Systems*, 6(1), 31–45.
- Infotech. (2020). *Hakkında*. <https://www.infotech.com.tr/hakkında> adresinden 24.11.2020 tarihinde erişilmiştir.
- İşlem GIS. (t.y.). *Tarihçe*. <https://www.islem.com.tr/contents/tarihce> adresinden 23.11.2020 tarihinde erişilmiştir.



- Longley, P. A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., ve Rhind D.W. (2001). *Geographic Information Systems and Science*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Mark, D. M., Chrisman N. , Frank A.U.. (1997). The GIS History Project. *UCGIS Summer Assembly*, Bar Harbor, ME.  
[http://www.ibrarian.net/navon/paper/The\\_GIS\\_History\\_Project.pdf?paperid=1965613](http://www.ibrarian.net/navon/paper/The_GIS_History_Project.pdf?paperid=1965613) adresinden 14 Ekim 2020 tarihinde erişilmiştir.
- McHarg, I. L. (1969). *Design with Nature*. New York: Doubleday.
- Miller, H. J. (2007). Place-Based versus People-Based Geographic Information Science. *Geography Compass*, 1(3): 503–535.
- Miller, H. J., ve Goodchild M.F. (2015). Data-Driven Geography. *GeoJournal*, 80: 449–461.
- NİK Sistem. (2020). *Hakkımızda*. [http://www.nik.com.tr/content\\_main.asp?id=4](http://www.nik.com.tr/content_main.asp?id=4) adresinden 24.11.2020 tarihinde erişilmiştir.
- Sevinç, İ. (2006). *Bilgi Teknolojilerinin Kullanımının Kamu Kurumları Üzerindeki Etkileri: Kavramsal ve Ampirik Bir Çalışma (Konya Örneği)*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Konya: Selçuk Üniversitesi
- Steinitz, C., Parker, P. ve Jordan L. (1976). Hand-drawn Overlays: Their History and Prospective Uses. *Landscape Architecture*, 66(5): 444–455.
- Tomlinson, R.F. (1987). Current and Potential Uses of Geographical Information Systems: The North American Experience. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1(3): 203–218.
- USGS. (t.y.) *What is geographic information system (GIS)?*. [https://www.usgs.gov/faqs/what-a-geographic-information-system-gis?qt-news\\_science\\_products=0#qt-news\\_science\\_products](https://www.usgs.gov/faqs/what-a-geographic-information-system-gis?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products) adresinden 19.11.2020 tarihinde erişilmiştir.
- Uyguçgil, H. (2011). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Tarihçesi. Çabuk, A. (Ed.), *Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş* içinde (ss. 134- 136). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Taştan, H. (1991). *Coğrafi Bilgi Sistemleri, Bir Coğrafi Bilgi Sisteminin (AKBIS) Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- TKGM. (2005). *Türkiye'de Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin Oluşturulması İçin Ön Çalışma Raporu – Eylem 47*, Ankara.
- Vinten-Johansen, P., Brody, H., Paneth, N, Rachman S, ve Rip M. (2003). *Cholera, Chloroform and the Science of Medicine: A Life of John Snow*. Oxford: Oxford University Press.

- Waters, N. (2017) GIS: History. Richardson, D. vd. (Eds.) *The International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology* içinde (ss. 1-12), Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell Publishing.
- Waters, N. (2013): The Geographic Information Science Body of Knowledge 2.0: Toward a New Federation of GIS Knowledge." Arnold, O., Spickermann, W., Spyrtos, N., ve Tanaka, Y. (eds.) *Webble Technology* içinde (ss. 129–142). *Communications in Computer and Information Science* 372. Heidelberg: Springer.
- Waters, N. (1998). Geographic Information Systems. *Encyclopedia of Library and Information Science*, 63: 98–125.
- Yomralıoğlu, T. (2010) Coğrafi Bilgi Teknolojileri, *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 710: 48-51.
- Yomralıoğlu, T. (2000). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar*. İstanbul: Akademi Kitabevi.
- YÖK (2020). *Ulusal Tez Merkezi*. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/giris.jsp> adresinden 24.11.2020 tarihinde erişilmiştir.

# GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES (AIST)

Volume: 4, Issue: 1, p. 62-75, 2021

## AĞIRLIKLI HİYERARŞİ SÜRECİNİN (AHS) COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) DESTEKLİ PLANLAMA ÇALIŞMALARINDA KULLANIMI

### THE USE OF ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) BASED PLANNING STUDIES

Ceren ÖZCAN TATAR<sup>1</sup>

Emrah YILMAZ<sup>2</sup>

Barış LAFCI<sup>1</sup>

Talha AKSOY<sup>1</sup>

(Received 11.01.2021 Published 01.03.2021) - Research Article

#### Özet

Yer seçimi, kaynak tahsisi gibi mekânsal sorunların ortaya konulması ve çözümünde hem çok büyük miktarda bilgi kullanılmakta, hem de bu verilerin sürece dâhil edildiği farklı kriterler uygulanmaktadır. Bu kararların üretilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojileri, bir araç olarak planlama çalışmalarında, çok kriterli analizlerin yapımında sıklıkla tercih edilmektedir. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) olarak anılan bu süreçlerde kullanılan AHS bu yöntemler arasında en sık tercih edilenlerden biridir ve karar verme süreçlerini barındıran farklı alanlarda kullanılmaktadır. Diğer kullanım alanları hariç tutularak bu çalışmada CBS destekli planlama çalışmalarına odaklanılmıştır. Mekânsal sorunların çözümlerinde çok miktarda bilginin çok farklı kriterlere göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu değerlendirme sürecinde birçokkriterli karar verme yöntemi olan analitik hiyerarşi süreci, coğrafi bilgi sistemleri ile entegre olarak kullanıldığında, çalışma sonucunda hedeflenen alternatif sonuçların seçimi hem kolaylaşmaktadır hem de daha doğru olmaktadır. Bu çalışmada analitik hiyerarşi sürecinin nasıl işlediği ve 9 farklı çalışmada kullanım alanları, kriterleri ve çıktıları üzerinden analitik hiyerarşi sürecinin coğrafi bilgi sistemleri destekli planlama çalışmalarındaki kullanımı incelenmiştir. AHS'nin CBS destekli planlama çalışmalarında kullanımını anlamaya yönelik olarak bir inceleme yapılmıştır. İnceleme sonucunda AHS'nin planlamada kentsel ve bölgesel ölçekte tesis yer seçimi, rota planlaması, işlev kararları, zemin değerlendirmesi gibi farklı alanlarda karar verici olan plancıya oldukça yardımcı olduğu görülmüştür.

Öte yandan incelenen makalelerde AHS metodu için ya manuel hesaplamaların ya da CBS'den ayrı bir yazılımın kullanıldığı saptanmıştır. Bu durum, AHS'nin CBS destekli planlama çalışmalarında daha faydalı kullanımı için CBS yazılımlarına entegre bir AHS modülünün

---

<sup>1</sup>SorumluYazar. Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, Eskişehir, Türkiye. [ceren\\_ozcan@eskisehir.edu.tr](mailto:ceren_ozcan@eskisehir.edu.tr). [barislafci@eskisehir.edu.tr](mailto:barislafci@eskisehir.edu.tr). [talhaaksoy@eskisehir.edu.tr](mailto:talhaaksoy@eskisehir.edu.tr)

<sup>2</sup>BaşarsoftBilgiTeknolojileri A.Ş., Ankara, Türkiye, [emrah@basarsoft.com.tr](mailto:emrah@basarsoft.com.tr)

tasarlanmasının olumlu olacağını göstermiştir. Bunun yanında gelişen ileri teknolojinin yardımı ile yapay zekâ ve makine öğrenmesi ile planlama kararlarının daha verimli üretebileceği öngörülmektedir. Yığın veri ile plancılara yardımcı çok fazla verinin kullanılarak sonuç kararlar üretilerek süreç oldukça kısalabilmektedir. Sonuç olarak insan yaşamında yerleşime ilişkin oldukça önemli konuların karar verilmesinde CBS, AHS ve yapay zekâ yöntemlerinin entegre olarak kullanımı zaman ve maliyet sorunlarını ortadan kaldırıp daha uygun sonuçların elde edilmesini sağlayabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Analitik Hiyerarşi Süreci, AHS, Coğrafi Bilgi Sistemleri, CBS, Planlama Çalışmaları

### **Abstract**

In determining and solving spatial problems such as location selection, resource allocation, a huge amount of information is used, and different criteria are applied in which these data are included in the process. Geographic Information Systems (GIS) technologies are frequently preferred as a tool in planning studies and making multi-criteria analysis in the production of these decisions. The Analytic Hierarchy Process (AHP) used in these processes, referred to as multi-criteria decision-making (MCDM), is one of the most preferred methods among different MCDM methods and is used in different areas involving decision-making. Excluding other areas of use, this study focused on GIS supported planning studies. In solving spatial problems, a large amount of information should be evaluated according to very different criteria. In this evaluation process, when the analytical hierarchy process is used in integration with GIS, the selection of the objected alternative results becomes easier and more accurate. In this study, how the analytical hierarchy process works and its usage areas, criteria and outputs in 9 different studies are examined. The usage of analytical hierarchy process in geographic information systems supported planning studies are examined. A review has been made to understand the use of AHP in GIS supported planning studies. As a result of the study, it has been seen that the AHP is very helpful to the planner who is the decision maker in different areas such as urban and regional scale facility location selection, route planning, function decisions, land suitability evaluation. On the other hand, in the reviewed articles, it was determined that either manual calculations or a separate software was used for the AHP method. This situation has shown that it would be helpful to design an AHP module integrated with GIS software for more beneficial use of AHP in GIS supported planning studies. In addition, it is predicted that with the help of advanced technology, artificial intelligence and machine learning can produce planning decisions more efficiently. The process can be shortened considerably by generating final decisions using mass data and a lot of data that help planners. As a result, the integrated use of GIS, AHP and artificial intelligence methods in deciding very important issues related to settlement of humans can eliminate time and cost problems and provide more appropriate results.

**Keywords:** Analytic Hierarchy Process, AHP, Geographical Information Systems, GIS, Planning Studies

## 1. GİRİŞ

Karmaşıklığın git gide arttığı bir dünyada, şirketler, kamu kurumları ve diğer karar vericiler tarafından en iyi kararı vermek zorlayıcı bir görev haline gelmektedir. Bu nedenle Karar vericilerin hisleri ve sezileri ile karar vermesi yerini git gide sayısal ve analitik yöntemlere bırakmıştır. Uygulamalı matematik alanında geliştirilen birçok yöntem zorlu karar verme süreçlerinde karar vericiye destek olmak için kullanılmaktadır. Bunların içinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) git gide kullanışlı bir yer edinmiştir (Brunneli, 2015). Yer seçimi, kaynak tahsisi gibi farklı mekânsal sorunların çözümünde de hem çok büyük miktarda bilgi kullanılmakta, hem de farklı kriterler uygulanmaktadır. Bu kararların üretilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojileri, planlama çalışmalarında, çok kriterli analizlerin yapımında sıklıkla tercih edilmektedir. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) olarak anılan bu süreçlerde birçok farklı yöntem kullanılmaktadır, AHS bu yöntemler arasında en sık tercih edilenlerden biridir.

Bu çalışmanın amacı bir ÇKKV yöntemi olarak AHS'nin irdelenmesi, CBS ve planlama çalışmalarındaki yerinin incelenip birkaç örnek üzerinden tartışılmasıdır. Bu kapsamda AHS'nin kullanıldığı 9 farklı CBS tabanlı planlama çalışması kullanım alanı ve kriterlerine göre incelenmiştir.

## 2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ OLARAK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ

Kullanılan alan her ne olursa olsun, karar üretim sürecinde kararı etkileyen kriterlerin artması doğru kararın verilmesini ya da uygun alternatiflerin seçilmesini zorlaştırmaktadır. Çok kriterli karar verme olarak adlandırılan bu karar verme süreçlerinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. AHS ise bu yöntemler arasında sık tercih edilenlerden biri olarak öne çıkmaktadır. AHS, karar verme sürecinde kullanılan kriterlerin farklı seviyelerde ikili karşılaştırılması ve ağırlıklandırılması, bunun sonucunda da alternatif kararların üretilmesi yöntemidir (Cheng et al., 2002; R. W. Saaty, 1987). AHS, ekonomik, sosyal ve idari birimlerdeki yapılandırılmamış problemlerin modellenerek etkili kriterlerin göreceli ölçümünü sağlamaktadır (Brunneli, 2015; Shim, 1989). Genel olarak AHS, aynı anda çok sayıda kriteri ele alarak karşılaştıran, bir sentez veya sonuca varmak için kriterlerin sayısal olarak değerlendirmesini yapan bir yöntemdir ve karşılaştırma sürecinde yalnızca somut ve ölçülebilir kriterleri değil, somut olmayan, öznel konuların da değerlendirilmesini sağlamaktadır (Brunneli, 2015; R. W. Saaty, 1987; Vargas, 1990). AHS'nin öne çıkan bir diğer özelliği ise lineer programlama, kalite işlev dağıtımı ve bulanık mantık (*fuzzylogic*) gibi farklı tekniklerle de entegre edilebilmesidir. Bu durum, kullanıcının farklı yöntemlerin avantajlarından aynı anda faydalanıp hedeflenen amaca daha iyi şekilde ulaşmayı kolaylaştırmaktadır (Vaidya & Kumar, 2006).

AHS 1971-1975 yıllarında T. L. Saaty tarafından, ordu için kıt kaynak tahsisi ve planlama ihtiyaçlarına çözüm olarak geliştirilmiş, 1980 yılında yayınlanan *The Analytic*

*Hierarchy Process* kitabında genel arka planı, benzer ve ilişkili yöntemlerle süreçler ve birçok uygulama örneği ile açıklanmıştır (Cheng et al., 2002; R. W. Saaty, 1987; T. L. Saaty, 1980; Shim, 1989). Alanda yapılan literatür taramalarına göre gün geçtikçe daha çok alanda, daha çok kişi tarafından tercih edilmiştir (Sipahi & Timor, 2010; Vaidya & Kumar, 2006; Vargas, 1990; Shim, 1989). Vaidya ve Kumar'a (2006) göre AHS'nin kullanımı Amerika Birleşik Devletleri gibi bilimsel araştırmaların yoğun olarak çalışıldığı ülkelerde başlamış ancak zamanla gelişmekte olan ülkelerde hem akademi hem kamu hem de özel sektörde daha fazla kullanılmıştır. AHS'nin daha çok kişi tarafından kullanılmasına paralel olarak 1980'li yıllarda, halen tercih edilen *Expert Choice* ve *Decision Analysis System* gibi farklı yazılım programları da geliştirilmiş ve popüler olarak kullanılmaya başlanmıştır (R. W. Saaty, 1987; Shim, 1989).

Saaty AHS'nin birçok faydası olduğunu belirtmiştir (T. L. Saaty, 1980). Bunlar dört maddede toplanabilir:

1. Yapılandırılmamış bir problemi mantıksal karar hiyerarşisine göre ayrıştırır.
2. Farklı seviyelerde yapılan ikili karşılaştırma kullanılarak uzmanlardan veya karar vericiden daha fazla bilgi elde edilebilir.
3. Kriterler ağırlık atamak için hesaplamaları düzenler.
4. Uzmanlardan alınan değerlendirmenin tutarlılığını doğrulamak için tutarlılık ölçüsü kullanır.
5. Hem nitel hem de nicel kriterleri değerlendirebilir (Cheng et al., 2002).

AHS temelde 6 ana adım içermektedir (Cheng et al., 2002; R. W. Saaty, 1987; T. L. Saaty, 1980; Shim, 1989; Vaidya & Kumar, 2006; Vargas, 1990):

1. Yapılandırılmamış problemin tanımlanması
2. Problemin sistematik hiyerarşi yapısında ayrıştırılması: Bir karar ağacına benzer şekilde farklı kriterler farklı seviyelerde yer alır. Problem en temel seviyedir, bunun altında anahtar ögeler belirlenir, daha altında ise alt kriterler belirlenir. Problem yapısına göre 3-4 farklı seviye de üretilebilir. Genel bir kural olarak, hiyerarşi genelden (üst seviyelerden) özele (alt seviyelere) veya belirsiz veya kontrol edilemezden (üst seviyeler) daha kesin veya kontrol edilebilir olana (alt seviyeler) geliştirilir
3. İkili karşılaştırma metodu uygulanır: Hiyerarşideki her bir grup bir matris oluşturur. N kriter için  $n(n-1)/2$  adet ikili karşılaştırma yapılır. Bu gruptaki ögelerin karşılaştırılması için genellikle uzmanlara ya da karar vericilere hangisinin daha önemli ya da etkili olduğunu soran, Saaty tarafından oluşturulmuş 9 puanlık bir skalayı barındıran bir anket uygulanır (Tablo 1).
4. Hiyerarşinin her seviyesindeki bileşen için göreceli ağırlıklar hesaplanır: Bu ağırlıklar satır ya da sütunlarda 1'e göre ya da yüzdelik şekilde normalize edilebilir, eigenvalue ya da geometrik orta yöntemi kullanılabilir.
5. Tutarlılık ölçümü yapılır. Tutarlılık oranı 0.1'den büyük olmamalıdır.
6. Göreceli ağırlıklar problem çözümünde karar alıcının senaryolarına göre farklı hesaplarda kullanılır.

AHS'nin uygulanmasında ikili karşılaştırmalar esas alınır. Öncelikle göreceli önemleri açısından kriterler ikişerli değerlendirilerek ana kriterler için öncelikli olanlar belirlenir. Bunun için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmalıdır. Köşegende birbiriyle aynı kriterler birbiriyle kıyaslanacağı için 1 değerini alır. Bir sonraki adım ana kriterler birinin alt kriterlerinin bu şekilde karşılaştırılmasıdır.

Tablo 1 Temel Ölçekler (R. W. Saaty, 1987)

Mutlak ölçekte önem yoğunluğu	Tanım	Açıklama
1	Eşit önem/etki	İki faaliyet nesneye eşit derecede katkıda bulunur
3	Birinin diğerine göre ılımlı önemi/etkisi	Deneyim ve muhakeme, bir aktiviteyi diğerine şiddetle tercih eder
5	Esas ya da güçlü önem/etki	Deneyim ve muhakeme, bir aktiviteyi diğerine şiddetle tercih eder
7	Çok güçlü önem/etki	Bir faaliyet şiddetle tercih edilir ve hâkimiyeti pratikte gösterilir
9	Ekstrem önem/etki	Bir faaliyeti diğerine tercih eden kanıt, mümkün olan en yüksek onay sırasındadır.
2,4,6,8	İki bitişik yargı arasındaki ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde
Çift taraflı	i aktivitesi, j aktivitesi ile karşılaştırıldığında yukarıdaki sayılardan birine atanmışsa, o zaman j, i ile karşılaştırıldığında bunların tersine değer alır	
Oransal	Ölçüden kaynaklanan oranlar	Matrisi yaymak için sayısal değerler elde edilerek tutarlılık zorlanacaksa

N sayıda karşılaştırılan eleman, ölçekle belirtilenden daha yakınsa, 1.1, 1.2, ... ölçeği daha ince, uygun bir iyileştirme için kullanılabilir.

Eğer eigenvalue, tutarlılık oranı ve tutarlılık göstergesi başarılı ise normalleştirilmiş değerlere göre karar üretilir, eğer başarılı değil ise hedeflenen aralığa gelene kadar işlem tekrarlanarak düzenlenir. Eigenvalue yöntemi AHS'de ağırlık hesaplamak için en yaygın kullanılan yöntemdir, bunun yanında geometrik ortalama yöntemi de yaygın olarak kullanılır. Bu iki yöntemin dışında daha az kullanılan yöntemler ise en küçük kareler ve normalize edilmiş sütunlar yöntemleridir.

AHS, ÇKKV süreçleri içeren her alanda kullanılabilir. Bu skala kişisel kararlardan ticari, kurumsal ve yönetsel büyük ölçekli kompleks problemlere kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Kullanım alanları aşağıdaki gibidir (Brunneli, 2015; R. W. Saaty, 1987; Vargas, 1990).

- Ekonomi/işletme
  - Denetleme
  - Veritabanı seçimi
  - Tasarım
    - Mimari
    - Büyük ölçekli problemler
  - Finans
  - Makro-ekonomi öngörülleri
  - Pazarlama
    - Tüketici tercihleri
    - Ürün tasarımı
    - Strateji
  - Planlama
  - Portfolio seçimi
  - Tesis konumlandırma
  - Öngörü-tahmin
  - Kaynak tahsisi
    - Bütçe
    - Enerji
    - Sağlık
  - Sıralı kararlar
  - Politika/strateji
  - Ulaşım
  - Su araştırmaları
- Politik sorunlar
  - Ordu kontrolü
  - Çatışma ve müzakereler
  - Politik adaylıklar
  - Güvenlik değerlendirmeleri
  - Savaş kararları
  - Dünya etkileşim
- Sosyal problemler
  - Mücadelede davranış
  - Eğitim
  - Çevre
  - Sağlık
  - Hukuk
  - İlaç
    - İlaç etkileme
    - Terapi seçimi
  - Nüfus dinamikleri
    - Bölgeler arası göç deseni
    - Nüfus büyüklüğü
  - Kamu sektörü
- Teknolojik problemler
  - Pazar seçimi
  - Portfolio seçimi
  - Teknoloji transfer

AHS çok tercih edilen ve sonuç alınan bir yöntem olmakla birlikte, yöntem hakkındaki herhangi bir yanlış anlama ya da yorum uygun olmayan kullanımlara yol açıp yanlış kararlar ya da teorilerin üretilmesine sebep olabilmektedir. Bu da doğrudan kararı veren kuruma ya da şirkete derin ve kalıcı hasarlar verilmesine sebep olabilir. AHS'nin hatalı kullanımı genel olarak 3 pratik soruna yol açar:

1. Sonuçların yorumu anlamsız olur, bu da çalışmanın değerini düşürebilir.
2. Çalışma sonucunda kaynaklar yanlış bulgular sebebiyle hatalı biçimde tahsis edilebilir
3. Çalışmanın okuyucuları hatalı AHS metodunu kendi çalışmalarında kullanarak yanlış yöntem benimseyebilir (Cheng et al., 2002).

Yukarıda da değinildiği gibi AHS farklı tekniklerle entegre edilebilmektedir. Bu teknikler arasında en yaygın kullanımlar Fuzzy AHS ve analitik ağ sürecidir (AAS).



Fuzzy AHS’de ikili karşılaştırma için oluşturulan matriste Saaty tarafından belirlenmiş değerler değil Fuzzy numaraları kullanılmaktadır. AAS ise aslında AHS’nin genellemesi olarak görülebilir. Brunneli’ye (2015) göre tek bir karar verici tamamen rasyonel ve pozitif gerçek sayıları kullanarak tüm bağımsız alternatifler ve kriterler üzerindeki tercihlerini tam olarak ifade edebilir. Ancak bazı kararlarda iki kriterin birbirini etkilemesi mümkündür. Hiyerarşinin bölümleri arasındaki karşılıklı bağımlılıkları ele almak için en iyi bilinen metodoloji, Analitik Ağ Süreci’dir. Başka bir deyişle, AHSAAAS’nin bağımlılıklar olmayan özelleşmiş hali olarak tanımlanabilir.

## 2.1 AHS’nin CBS’de Kullanımı

CBS 1960’larda geliştirildiği ilk dönemlerinden beri teknik, bilgi ve tecrübe anlamında önemli gelişmeler yaşamıştır. 1970’lerden bu yana bilgiler CBS ile mekânsal veriler daha sistemli şekilde analiz edilebilmektedir. Bu sayede CBS tabanlı çok kriterli analizlerin kullanımı yer seçimi gibi farklı mekânsal problemlerin çözümündeki payı büyük ölçüde artmıştır. CBS ve ÇKKV’nin entegre kullanımı mekânsal sorunlara doğru ve kullanışlı çözümler üretilmesini kolaylaştırmaktadır (Chandio et al., 2013).

Mekânsal sorunların çözümünde genellikle çok fazla miktarda bilginin, çok sayıda farklı kriterlere göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu ÇKKV sürecinde doğru kararın verilmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. AHS bu yöntemler arasında en sık tercih edilenlerden biridir. AHS desteğiyle karar vericiler CBS çalışmalarında kullanışlı uygun sonuçlar elde edebilmektedir. CBS tabanlı ÇKKV çalışmalarında AHS kullanılarak çevresel planlama, ekoloji yönetimi, şehir ve bölge planlama, hidroloji ve su kaynakları, ormancılık, ulaşım, tarım, doğal risk yönetimi, tesis yer seçimi ve kaynak tahsisi gibi farklı konularda kararlar üretilebilmektedir (Chandio vd., 2013; Vahidnia vd., 2008).

AHS, CBS tabanlı ÇKKV süreçleri için çok güçlü bir araç olarak kullanılıyor olsa da bazı uzmanlar 1-9 arası tamsayıları kullanarak harita üretmenin ve kişisel tercih ve yargıların AHS sonuçları üzerinde çok etkili olmasının AHS yöntemini zayıflattığını düşünmektedir. 1-9 arası sayıların karar vericinin içsel belirsizliğini yeterince ifade edemediği konusunda AHS yöntemi eleştirilmektedir. Bu nedenle AHS’ye alternatif bir yöntem olarak bulanık (*fuzzy*) AHS (FAHS) yaklaşımı geliştirilmiştir. FAHS birçok karar verme probleminin ortak özelliği olan muğlaklığı tolere edebilmekte ve belirsizliği kontrol edebilmektedir. Tam sayılar bir insanın düşünce sistemini doğru biçimde yansıtamazken, karar vericiler FAHS ile aralık vererek belirsizlikleri daha iyi ifade edebilirler. Bu nedenle mekânsal kararların üretilmesi sürecinde ÇKKV yöntemlerinden olan FAHS’de AHS’ye alternatif olarak tercih edilebilmektedir (Kordi, 2008; Vahidnia et al., 2008)

## 2.2 AHS’nin Kent Planlama Çalışmalarında Kullanımı

Kent planlama sosyo-kültürel, çevresel, fiziksel ve ekonomik bilgilerin bir arada değerlendirilip, insan refahı, kamu yararı ve sürdürülebilirlik ilkelerine göre insan yerleşimlerinin tasarlanması olarak tanımlanabilir. Tanımda da görüldüğü üzere

planlama çalışmalarında çok fazla bilgi, farklı kriterlere göre değerlendirilip farklı alternatif çözüm önerilerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Bir ÇKKV süreci olan planlamada, AHS, planlamanın farklı alanlarında ve süreçlerinde tercih edilmektedir. Yer uygunluk ya da yer seçim analizleri, AHS'nin en çok kullanıldığı alan olarak öne çıkmaktadır. Ancak yer seçiminin yanında plan hedeflerinin ve sonuçlarının değerlendirilmesi (Palka vd., 2020; Ranasinghe & De Silva, 2016), kentsel yenileme uygulamaları (Lee & Chan, 2008), çevresel etki değerlendirme ve sosyal etki değerlendirme (Ramanathan, 2001) gibi planlamaya ilişkin diğer konularda da AHS tercih edilmektedir.

AHS, çevresel ve sosyo-ekonomik etki değerlendirme süreçlerinde farklı sosyo-ekonomik arka planlardan gelen insanların planlama sürecindeki düşüncelerini toplamayı kolaylaştırırken, kentsel yenileme uygulamalarında çoğunluğun ihtiyacını karşılayıp kamu yararı uyarınca karar almayı kolaylaştırmaktadır (Lee & Chan, 2008; Ramanathan, 2001). Öte yandan planların yapım süreci dışında, plan hedeflerinin etkinliğini değerlendirmek için de kullanılmaktadır. Ranasinghe ve Silva'ya (2016) göre planlama çalışmalarının sonuç çıktılarının başarısı teorik olarak ölçülebilir olsa da, pratikte kolayca ölçülememekte, plancı tarafından yaptığı planın etkisi izlenememektedir. Ayrıca Palka ve arkadaşlarına (2020) göre, her plan kendi ölçeğinde, kente ve planın yapıldığı kentte yaşayan insanların yerel sorunlarına özel olarak tasarlandığı için karşılaştırılmalı olarak da etkinlikleri incelenememektedir. Bu nedenle planların etkinliği yönetim ve dış kuvvetler üzerinden incelenebilir. Hiyerarşiye göre yönetim plan yapımı ve uygulama kriterlerinden, plan yapımı planlama deneyimi, aktörler arası koordinasyon, bölgesel lider, vatandaş ve uzmanlar gibi aktörlerin oluşturduğu alt kriterlerden, planlama uygulaması ise fonlama, kaynak dağıtımı ve farklı seviyeler arası iş birliği alt kriterlerinden oluşabilir. Dış kuvvetler ise planlama mevzuatı, planlama yetkileri, kent ile merkezi hükümet arasındaki siyasi iş birliği, özel aktörlerin rolü ve sosyo-çevresel kaygılar olarak belirlenebilir. Bu şekilde planlama çalışmalarının hem tekil, hem de karşılaştırmalı olarak etkinliği incelenebilir (Palka et al., 2020).

### **3. AHS'NİN CBS TABANLI PLANLAMA ÇALIŞMALARINDA KULLANIMI**

Kontrolsüz hızlı kentleşme ve büyüme fiziksel, çevresel ve sosyo-ekonomik açıdan büyük zararlara sebep olmaktadır. Bu zararların önüne geçebilmek için çok boyutlu kapsayıcı planların yapılması gerekmektedir. Kapsayıcı planlar yapılabilmesi için bir planlama alanında etkili olan tüm güçlerin kriter olarak ele alınması ve değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Sık sık CBS desteğinin kullanıldığı planlama süreci üç temel aşamadan meydana gelir:

1. Problemin tanımlanması için bilgi toplanması ve irdelenmesi,
2. Alternatiflerin üretimi için tasarım ve
3. Alternatifler arasından en iyisinin belirlenmesi için seçim yapılması (Chandio vd., 2013).

Bu şekildeki CBS tabanlı planlama çalışmalarında her üç aşamada da AHS kullanımı uzmanlarca sıkça tercih edilmektedir. Bu doğrultuda, bu çalışmada AHS'nin CBS tabanlı planlama çalışmalarındaki kullanımını görmek amacıyla farklı yerlerde, farklı uzmanlarca farklı amaçlarla gerçekleştirilmiş 9 çalışma kronolojik olarak incelenmiştir.

Piantana kulchai ve arkadaşları (2003) Tayland'da yapılan bir ulaşım planlama çalışmasında alternatiflerin değerlendirilerek doğru yer seçiminin yapılması için FAHS yöntemini kullanmıştır. FAHS analizinde kriterler olarak enerji tüketimi, titreşim, gürültü etkisi, hava kirliliği, yapıların yer değiştirmesi, görsel müdahale, toplumsal ayrışma, ekonomik kalkınma, proje maliyeti, yatırım getirisi, güvenlik, erişilebilirlik, seyahat maliyeti ve seyahat süresi olarak belirlenmiştir. Her bir kriter bulanık mantığa göre sınıflandırılmış ve ardından ağırlıklandırmaya göre en kısa rota hesaplaması ve en düşük maliyetli yol tasarımı yapılmıştır. Çalışmanın bir çıktısı olarak en düşük maliyetli yolun aynı zamanda sosyal olarak da en tercih edilir yol olduğu saptanmıştır.

Wei ve arkadaşları (2011) Çin, Pekin'de yapılan yangın istasyonu yer seçiminde AHS-CBS entegrasyonunu kullanmıştır. Çalışmada Pekin 3. çevre yollarındaki yol ağı verileri, Pekin'deki binaların alanları, Pekin 3. çevre yollarındaki itfaiye istasyonlarının konumu ve nüfus yoğunluğu verileri kullanılmıştır. Değerlendirme kriterleri olarak birinci, ikinci ve üçüncü derece yollar, nüfus yoğunluğu, yola olan uzaklık ve yapı kayıplar belirlenmiştir. Yapılan çalışma ile mevcut itfaiye istasyonlarının belirli bir zamanda ulaşabileceği bölgeleri ve planlanan itfaiye istasyonlarının belirli bir zamanda ulaşabileceği bölge haritaları oluşturulmuştur. Planlanan itfaiye istasyonlarıyla 4 dakikada varılabilecek alanın %82'den %95,2'ye çıktığı, 3 dakikada ulaşılacak alanın %56'dan %78,3'e çıktığı, 2 dakikada ulaşılacak alanın ise %28,9'dan %44,8'e çıktığı görülmüştür.

Chandio ve arkadaşları (2011) Pakistan, Larkana şehrinde parkların yer seçimi için yaptığı çalışmada karar verme yöntemi olarak AHS'yi kullanmıştır. Çalışmada arazi kullanım, arsa değerleri, nüfus yoğunluğu ve gelir düzeyi verileri kullanılmıştır. Bu verilerin değerlendirilmesi için ise boş arazi, mevcut parklar, arsa değerleri, yollar, nüfus yoğunluğu ve gelir seviyesi grupları kriter olarak belirlenmiştir. Sonuçlarda arazi değeri, arazi kullanılabilirliği ve nüfus yoğunluğu senaryolarına göre potansiyel araziler belirlenmiştir. Sonuçlara göre nüfus yoğunluğu senaryosu en yüksek potansiyel araziye (%69) sahipken bunu arazi değeri (%64) ve arazi kullanılabilirliği (%10) takip etmiştir.

Bunruamkaew ve Murayama'nın (2011) Tayland Surat Thani Bölgesinde eko turizme yönelik alan uygunluğunu inceliği çalışmada AHS-CBS entegrasyonuna başvurulmuştur. Çalışmada sınırlar, arazi kullanımı, turist dağılımı, doğal çekim noktaları, korunan alanlar, milli parkların merkezleri, Surat Thani vahşi yaşam alanları, topografya, kültürel çekim noktaları, yol ağı ve nüfus verileri kullanılmıştır. AHS'de kullanılmak amacıyla manzara/doğallık (görünürlük ve arazi kullanımı/örtüsü), vahşi yaşam (koruma ve tür çeşitliliği), topografya (yükseklik ve

eğim), erişilebilirlik (kültürel alanlara yakınlık ve yollardan uzaklık), topluluk karakteri(yerleşim alanının büyüklüğü) kriterleri belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarında eko turizm için uygunluk haritasından, marjinal olarak uygun alanın yaklaşık%69,68 olduğu ve bunların ilin orta kesiminde yer aldığı tespit edilmiştir. Orta derecede uygun alan yaklaşık%29,02'dir ve bunlar ilin Doğu ve Batı kesimlerindedir. Alanın yalnızca birkaç yüzdesi (%0,89 ve%0,41) sırasıyla uygun değil ve oldukça uygun olarak sınıflandırılmıştır.

Özşahin'in (2014) Türkiye, Antakya'da kütle hareketlerinin duyarlılığının değerlendirilmesine yönelik AHS kullanarak yaptığı çalışmada kriter olarak litoloji, fay hatlarına uzaklık, yer şekilleri, eğim, eğim şekli, topografik nemlilik indeksi, baki, yağış, akarsulara uzaklık, toprak, arazi kullanımı, arazi örtüsü verileri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Antakya şehrinde kütle hareketlerinin oluşma potansiyelinin düşük olduğu saptanmıştır. Şehir alanının %41'inde düşük (%35) ve çok düşük (%6) kütle hareketleri duyarlılığı altında olduğu tespit edilmiştir.

Bozdağ ve arkadaşları (2016) Türkiye, Konya, Cihanbeyli'de sürdürülebilir kentsel tarıma yönelik alan uygunluğu yaptığı çalışmada AHS yöntemini kullanmıştır. Arazi kullanımı ve toprağa uygunluk haritaları, sayısal yükseklik modeli, eğim, baki, 30 yıllık meteoroloji verisi, 75 farklı noktadan su örneklerine ilişkin veriler kullanılmıştır. Bu verilere göre kriterler yükseklik, eğim, açı, toprak uygunluğu, arazi kullanımı, yağış, su tablası derinliği (DWT), sodyum absorpsiyon oranı (SAR), klorür (Cl-mg / l), ve yeraltı suyunun elektriksel iletkenliği (ECw-IS / cm) olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre kuru çiftlik tarımı için "son derece uygun" ve "uygun" araziler, hâlihazırda sulu ve kuru çiftlik tarımı için kullanılmaktadır. Hâlihazırda sulu ve kuru çiftlik tarımı için kullanılan alanlar hariç tutulduğunda, 588,75 km<sup>2</sup>'lik bir alan potansiyel olarak kuru çiftlik tarımı açısından kalkınmaya uygundur. Kurak ve yarı kurak bir iklime sahip olan bölgede yüksek sulama oranları yeraltı suyu seviyesinin düşmesine neden olmaktadır.

Başegmez, Yıldırım ve Bediroğlu (2019) tarafından Türkiye, Uşak'ta okul alanı yer seçimine yönelik CBS'de AHS kullanımıyla yapılan çalışmada idari sınır, akarsu, demiryolu, yüksek basınçlı doğalgaz hattı eğitim kurumları, yüksek/orta gerilim hattı, havaalanı kanalizasyon hattı, karayolu toprak, jeoloji, eğim, nüfus, yerleşim alanlarına ilişkin veriler kullanılmıştır. Çalışmada taşkın sahası, yüksek/orta, gerilim hattı, eğim, gürültü, ana yollara olan uzaklık, yerleşim alanlarına uzaklık, altyapı planlaması, nüfus, havaalanlarına yakınlık, toprak, kimyasal tesislere yakınlık, yakıt tanklarına yakınlık, nükleer tesislere yakınlık, yüksek basınçlı doğal gaz hatlarına yakınlık, benzin istasyonlarına yakınlık, basınçlı kanalizasyon hatlarına yakınlık, yüksek basınçlı su boru hatlarına yakınlığı, jeoloji, itfaiye alanlarına yakınlık ve mevcut okullara yakınlık kriter olarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarında Uşak ili Merkez ilçesi pilot bölgesinde yapılan okul alanları yer seçim analizi sonucunda yüzey haritası oluşturulmuştur. Değerlendirmeler bu harita üzerinden yapılmıştır. Çalışma alanında bulunan 132 adet eğitim kurumunun %2'i daha uygun, %5'i uygun, %17'si daha az

uygun, %76'sı uygun olmayan alanlarda yer alırken en uygun alanlarda hiçbir eğitim kurumu yer almadığı tespit edilmiştir.

Gümüş, Balta ve Durduran (2019) Türkiye, Niğde'de alışveriş merkezi yer seçimi için AHS-CBS entegrasyonunu kullanmıştır. Çalışmada kriterler olarak arazi eğimi, bakı durumu, arazi büyüklüğü, otoyol/ana caddelere yakınlık, kavşak noktalarına yakınlık, toplu taşıt duraklarına yakınlık, yakıt dolum istasyonlarına yakınlık, mevcut alışveriş merkezlerine yakınlık, sosyo-kültürel alanlara yakınlık, eğitim alanlarına yakınlık, sağlık alanlarına yakınlık, ticari alanlarına yakınlık, idari alanlarına yakınlık, nüfus yoğunluğu, arazi m<sup>2</sup> birim fiyatları belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda kent merkezinin güney, güney batı, güney doğusunun alışveriş merkezi yer seçimi için oldukça uygun olduğu görülmüştür.

Singh ve arkadaşları (2019) tarafından Hindistan, Allahabad'da rota planlaması amacıyla FAHS destekli CBS çalışması yürütülmüştür. Çalışmada topografik Harita, 23.5 Metre çözünürlüklü LISS-III Uydu Görüntüsü, Yüksek çözünürlüklü ASTER DEM uydu verisi, 2009 yılı 14 farklı bant elektromanyetik spektrum, ARCGIS Eğitim aracı ile hazırlanmış eğitim verisi kullanılmıştır. Çalışmada kriter olarak arazinin morfolojik şekli, yollar, demir yolları, drenaj, tarım ve sanayi alanları, akarsular, su kütleleri, ormanlar, kumul alanlar, kentsel alanlar, kırsal habitat ve nüfus yoğunluğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda en az maliyetli rota analizi yapılmış, yalnızca karayolunda değil demiryolu ve altyapı ağları için de en iyi rota seçimi konusunda CBS-AHS entegrasyonunun oldukça işe yarar bir yöntem olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2'de görüleceği gibi AHS ve FAHS CBS destekli planlama çalışmalarında alanın zemin hareketlerinden ulaşım planlamasına, eğitim kurumu ve park gibi sosyal hizmetlerden alışveriş merkezi yer seçimine ve alan uygunluk analizlerine kadar çok farklı konularda plan tasarım süreçlerine destek olması amacıyla kullanılmaktadır. Bu kısa inceleme çalışması göstermiştir ki, AHS daha basit bir yapıya sahip olduğu için FAHS'den daha sık tercih edilmektedir. Ancak FAHS'den alternatiflere yönelik daha kullanışlı sonuçlar elde edilmektedir.

Tablo 2. AHS'nin CBS Destekli Planlama Çalışmalarında Kullanımına Örnek Çalışmalar

Sıra No	Yazar	Uygulama Alanı	Yöntem
1	Piantanakulchai ve arkadaşları (2003)	Ulaşım planlama - rota seçimi	FAHS
2	Wei ve arkadaşları (2011)	Yangın istasyonu - yer seçimi	AHS
3	Chandio ve arkadaşları (2011)	Yeşil alan - yer seçimi	AHS
4	Bunruamkaew ve Murayama(2011)	Ekoturizm - alan uygunluğu	AHS
5	Özşahin(2014)	Kütle hareketleri duyarlılığı	AHS
6	Bozdağ ve arkadaşları (2016)	Sürdürülebilir kentsel tarım - alan uygunluğu	AHS
7	Başegmez, Yıldırım ve Bediroğlu(2019)	Eğitim kurumu - yer seçimi	AHS

	Gümüş, Balta ve Durduran		
8	(2019)	Alışveriş merkezi - yer seçimi	AHS
9	Singh ve arkadaşları (2019)	Rota planlama	FAHS

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada AHS'nin CBS destekli planlama çalışmalarında kullanımını anlamaya yönelik olarak az sayıda makale ile bir inceleme yapılmıştır. İnceleme sonucunda AHS'nin planlamada kentsel ve bölgesel ölçekte tesis yer seçimi, rota planlaması, işlev kararları, zemin değerlendirmesi gibi farklı alanlarda karar verici olan plancıya oldukça yardımcı olduğu görülmüştür. Öte yandan incelenen makalelerde AHS metodu için ya manuel hesaplamaların ya da CBS'den ayrı bir yazılımın kullanıldığı saptanmıştır. Bu durum, AHS'nin CBS destekli planlama çalışmalarında daha faydalı kullanımı için CBS yazılımlarına entegre bir AHS modülünün tasarlanmasının ihtiyacını hissettirmiştir.

CBS yazılımlarına entegre bir AHS modülüne ek olarak, her seferinde farklı uzmanlardan bilgi almanın ve olası hatalı değerlendirmelerin önüne geçmek için yapay sinir ağlarından faydalanarak mekânsal planlama sorunlarının çözümünde planlıların makine öğrenmesi ve yapay zekâ teknolojilerinden de faydalanabileceği ön görülmektedir. Çok miktarda verinin ayrı ya da entegre AHS çözümleri kullanarak planlılar tarafından irdelenmesi ve seçim yapılması uzun bir süre alacakken, yapay zeka desteği ile oluşturulacak bir yazılım ile değerlendirme ve seçim yapma süreci oldukça kısalabilir (Erol & Başlıgil, 2005). Sonuç olarak insan yaşamında yerleşime ilişkin oldukça önemli konuların karar verilmesinde CBS, AHS ve yapay zekâ yöntemlerinin entegre olarak kullanımı zaman ve maliyet sorunlarını ortadan kaldırıp daha uygun sonuçların elde edilmesini sağlayabilir.

#### KAYNAKÇA

- Başgeçmez, M., Yıldırım, V., & Bediroğlu, Ş. (2019). CBS ve AHP yöntemiyle en uygun okul yer seçimi analizi: Uşak- Merkez örneği. *TMMOB 6. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, October*.
- Bozdağ, A., Yavuz, F., & Günay, A. S. (2016). AHP and GIS based land suitability analysis for Cihanbeyli (Turkey) County. *Environmental Earth Sciences*, 75(9). <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5558-9>
- Brunneli, M. (2015). Introduction to the Analytic Hierarchy Process. In *SpringerBriefs in Operation Research*.
- Bunruamkaew, K., & Murayama, Y. (2011). Site suitability evaluation for ecotourism using GIS & AHP: A case study of surat Thani Province, Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 21, 269–278. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.07.024>
- Chandio, I. A., Matori, A. N. B., WanYusof, K. B., Talpur, M. A. H., Balogun, A. L., & Lawal, D. U. (2013). GIS-based analytic hierarchy process as a multicriteria decision analysis instrument: A review. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(8), 3059–

3066. <https://doi.org/10.1007/s12517-012-0568-8>

- Chandio, I. A., Matori, A. N., Lawal, D. U., & Sabri, S. (2011). GIS-based land suitability analysis using AHP for public parks planning in Larkana City. *Modern Applied Science*, 5(4), 177–189. <https://doi.org/10.5539/mas.v5n4p177>
- Cheng, E. W. l., li, H., & ho, D. C. k. (2002). Analytic hierarchy process (AHP):A defective tool when used improperly. *Measuring Business Excellence*, 6(4), 33–37. <https://doi.org/10.1108/13683040210451697>
- Erol, V., & Başlıgil, H. (2005). Analytic Hierarchy process and Artificial Neural Networks Model for Management Information Systems Software Selection in Companies. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 4, 107–120.
- Gümüş, M. G., Balta, M. Ö., & Durduran, S. S. (2019). Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Alışveriş Merkezi Kuruluş Yeri Seçimi: Niğde Örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(1), 134–146. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.495245>
- Kordi, M. (2008). Comparison of fuzzy and crisp analytic hierarchy process ( AHP ) methods for spatial multicriteria decision analysis in GIS. *Decision Analysis*, September, 1–55.
- Lee, G. K. L., & Chan, E. H. W. (2008). The analytic hierarchy process (AHP) approach for assessment of urban renewal proposals. *Social Indicators Research*, 89(1), 155–168. <https://doi.org/10.1007/s11205-007-9228-x>
- Özşahin, E. (2014). Coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi süreci kullanılarak antakya şehrinde kütle hareketleri duyarlılığının değerlendirilmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 23(2), 19–35.
- Palka, G., Oliveira, E., Pagliarin, S., & Hersperger, A. M. (2020). Strategic spatial planning and efficacy: an analytic hierarchy process (AHP) approach in Lyon and Copenhagen. In *European Planning Studies*. <https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1828291>
- Piantanakulchai, M., Saengkhaio, N., & Student, G. (2003). Evaluation of alternatives in transportation planning using multi - stakeholders multi - objectives AHP modeling. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 4(May), 1613\*1628. [https://www.researchgate.net/profile/Mongkut\\_Piantanakulchai/publication/228426663\\_Evaluation\\_of\\_alternatives\\_in\\_transportation\\_planning\\_using\\_multi-stakeholders\\_multi-objectives\\_AHP\\_modeling/links/00b495170ef3578dff000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mongkut_Piantanakulchai/publication/228426663_Evaluation_of_alternatives_in_transportation_planning_using_multi-stakeholders_multi-objectives_AHP_modeling/links/00b495170ef3578dff000000.pdf)
- Ramanathan, R. (2001). A note on the use of the analytic hierarchy process for environmental impact assessment. *Journal of Environmental Management*, 63(1), 27–35. <https://doi.org/10.1006/jema.2001.0455>

- Ranasinghe, G., & De Silva, L. (2016). Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) in Evaluating the Achievement Level of Objectives of Urban Development Plan. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 3(2), 79–85. <https://doi.org/10.11113/ijbes.v3.n2.123>
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3–5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.
- Shim, J. P. (1989). Bibliographical research on the Analytic Hierarchy Process (AHP). *Socio-Economic Planning Sciences*, 23(3), 161–167. [https://doi.org/10.1016/0038-0121\(89\)90013-X](https://doi.org/10.1016/0038-0121(89)90013-X)
- Singh, M. P., Singh, P., & Singh, P. (2019). Fuzzy AHP-based multi-criteria decision-making analysis for route alignment planning using geographic information system (GIS). In *Journal of Geographical Systems* (Vol. 21, Issue 3). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/s10109-019-00296-0>
- Sipahi, S., & Timor, M. (2010). The analytic hierarchy process and analytic network process: An overview of applications. *Management Decision*, 48(5), 775–808. <https://doi.org/10.1108/00251741011043920>
- Vahidnia, M. H., Alesheikh, a, Alimohammadi, a, & Bassiri, a. (2008). Fuzzy analytical hierarchy process in GIS application. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(B2), 593–596.
- Vaidya, O. S., & 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>
- Vargas, L. G. (1990). An overview of the Analytic Hierarchy: Process and its applications. *European Journal of Operational Research*, 48, 2–8.
- Wei, L., Li, H. L., Liu, Q., Chen, J. Y., & Cui, Y. J. (2011). Study and implementation of fire sites planning based on GIS and AHP. *Procedia Engineering*, 11, 486–495. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.687>



# GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES (AIST)

*Volume: 4, Issue: 1, p. 76-88, 2021*

## BLOKZİNCİR UYGULAMALARI VE GELECEK ÖNGÖRÜLERİ BLOCKCHAIN APPLICATIONS AND FUTURE PROJECTIONS

Arif Furkan MENDİ<sup>1</sup>

(Received 17.01.2020 Published 01.03.2021) – Review Article

### Özet

Blokszincir teknolojisi, yeni nesil teknolojiler arasında en popüler olanlardan biridir ancak blokszincir teknolojisi nedir diye sorulduğunda cevabın blokszincirden ziyade Bitcoin üzerine olduğunu görmekteyiz. Bitcoin, blokszincir teknolojisi kullanılarak geliştirilmiş bir uygulama olmasına rağmen, finansal açıdan beklenmedik yükselişi sebebiyle blokszincir teknolojisinden daha fazla tanınır hale gelmiştir. Blokszincir teknolojisi, müşterilerin ve sağlayıcıların üçüncü bir tarafın onaylamasına gerek kalmadan birbirleriyle doğrudan güvenli bir şekilde çalışmasını sağlar. Tüm işlemler, kriptografi kullanılarak dağıtılmış bir veritabanında saklanır, böylece istemci ve sağlayıcı arasındaki bu alışveriş güvenli bir şekilde yapılabilir. Bu dağıtık yapının değiştirilebilmesi için, ilgili değişikliklerin sistemdeki tüm bilgisayarlara kaydedilmesi gerekir. Blokszincir teknoloji kullanılarak oluşturulan ağa yapılacak herhangi bir siber saldırının başarılı olabilmesi için, bilgisayarların en az %50'sinden fazlasında doğrulanması gerekir, bu da olasılığı neredeyse imkânsız hale getirmektedir. Blokszincir teknolojisinin siber tehditlere karşı güvenilirliği ve alıcı ile satıcı tarafın güvenli alışveriş yapma talepleri bir araya getirildiğinde blokszincir uygulama alanları ortaya çıkmaktadır. Blokszincir teknolojisi kullanılarak birçok farklı alanda uygulamalar geliştirilmektedir. Akıllı sözleşmeler, nesnelerin interneti (IoT) bu alanların en popülerleridir. Bugüne kadar hâlihazırda çok sayıda uygulama geliştirilmiş olup, önümüzdeki dönemde de uygulama sayısının artacağı öngörülmektedir. Bu çalışmada blokszincir teknolojisi ile geliştirilen uygulamalar gözden geçirip ileride olası kullanım senaryoları tartışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Blokszincir, Blokszincir Uygulamaları, BlokszincirIoT

---

<sup>1</sup>HAVELSAN, Simülasyon Otonom ve Platform Yönetim Teknolojileri, 06510, Ankara, Türkiye  
afmendi@havel-san.com.tr

### **Abstract**

Blockchain technology is one of the most popular technologies in recent technology trends, but we can see that the answer to be asked about the definition of Blockchain is largely on the bitcoin rather than Blockchain. Although Bitcoin is an application that has been developed using Blockchain technology, it has gained more and more recognition from Blockchain technology, along with the elevation that most people are not expecting from the financial standpoint. Blockchain technology enables clients and providers to operate securely with each other directly without the need for a third party to approve. All transactions are stored in a distributed database using cryptography so that this exchange between client and provider can be done securely. In order to be able to modify this distributed structure, the relevant changes must be recorded on all computers in the system. In order to succeed in any chain of cyber-attacks, it is necessary to verify over at least 50% of the computers, which makes the probability almost impossible. When we combine the reliability of Blockchain technology against cyber threats and the demands of clients and providers to make a secure purchase, Blockchain application areas are emerging. Many different field applications have been developed using Blockchain technology and are still being developed. Smart contracts, the Internet of Thing (IoT) are the most popular of these areas. Up to date a lot of application has already been developed and it is predicted that the number of applications will increase in the coming period. In this work, we will be reviewing the applications developed with the Blockchain technology and describing possible use scenarios in the future.

**Keywords:** Blockchain, Blockchain Applications, BlockchainIoT

## 1. GİRİŞ

Blokzincir, merkezi olmayan bir işlemsel veri tabanı teknolojisidir. İlk olarak Bitcoin kripto para birimi bu teknolojiyi kullanmaya başlamıştır. Blokzincir teknolojisinin geçmişi çok daha eski olmasına rağmen bu teknolojiye olan ilgi, Bitcoin'in 2008'de icat edilmesiyle birlikte ciddi artış göstermiştir. Blokzincir teknolojisine olan ilgi, merkezi olmayan özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bunlar işlemlerin güvenliği, şeffaflığı ve işlemlerin herhangi bir üçüncü şahıs kontrolü olmaksızın veri bütünlüğünün sağlanmasıdır.

Kişiler veya şirketler arasındaki para işlemleri genellikle merkezileştirilir ve üçüncü bir tarafın kontrolünde yönetilir. Bir dijital ödeme veya para transferi işlemini gerçekleştirilmesi için bir banka veya kredi kartı sağlayıcısı gereklidir. Ayrıca, bu dış dahiller her işlem için ücret alır. Benzer şekilde oyunlar, müzik, yazılım gibi diğer birçok alan için de benzer şekilde uygulanabilmektedir. Mevcut durumda bu süreç tamamen merkezi olarak yürütülmekte; tüm veri ve bilgiler, işlemde yer alan iki taraf dışında üçüncü bir şahıs tarafından kontrol edilip yönetilmektedir. Bu noktada blokzincir teknolojisi aracı işlem imkânı ile çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Blokzincir teknolojisinin amacı işlemlerin ve verilerin herhangi bir üçüncü tarafın kontrolü altında olmadığı merkezi olmayan bir ortam yaratmaktır.

Blokzincir, sürekli büyüyen veri kayıtlarının bir listesinin depolandığı ve düğümlerin (zincirlerin) birbirine eklenmesiyle doğrulama işleminin gerçekleştirildiği dağıtılmış bir veritabanı çözümdür. Veriler, gerçekleştirilen her bir işlemle ilgili bilgilerin kaydedildiği "Dağıtık Defter" içerisine kaydedilir. Blokzincir ağında gerçekleştirilen işlemlerle ilgili bilgiler herkesle paylaşılır ve tüm düğümler tarafından kullanılabilir. Bu özellik, şeffaflık sağlamak ve üçüncü bir dış dâhilin kontrolündeki merkezi sistemlerden farklılaşmaktadır. Ayrıca, Blokzincir ağındaki tüm düğümler anonimdir, bu da diğer düğümlerin işlemleri doğrulamasını daha güvenli hale getirir.

Blokzincir teknolojisi, alıcı ve satıcı tarafların üçüncü bir tarafın onaylamasına gerek kalmadan birbirleriyle doğrudan güvenli bir şekilde çalışmasını sağlar. Tüm işlemler, kriptografi kullanılarak dağıtılmış bir veritabanında saklanır, böylece istemci ve sağlayıcı arasındaki bu alışveriş güvenli bir şekilde yapılabilir. Bu dağıtık yapıda, herhangi bir bloğun değiştirilebilmesi için ilgili değişikliklerin sistemdeki tüm bilgisayarlara kaydedilmesi gerekir. Blokzincir teknoloji kullanılarak oluşturulan ağa yapılacak herhangi bir siber saldırının başarılı olabilmesi için, bilgisayarların en az %50'sinden fazlasında doğrulanması gerekir, bu da olasılığı neredeyse imkânsız hale getirmektedir.

Blokzincir teknolojisinin temel aldığı beş önemli unsur bulunmaktadır (Mooney 2011):

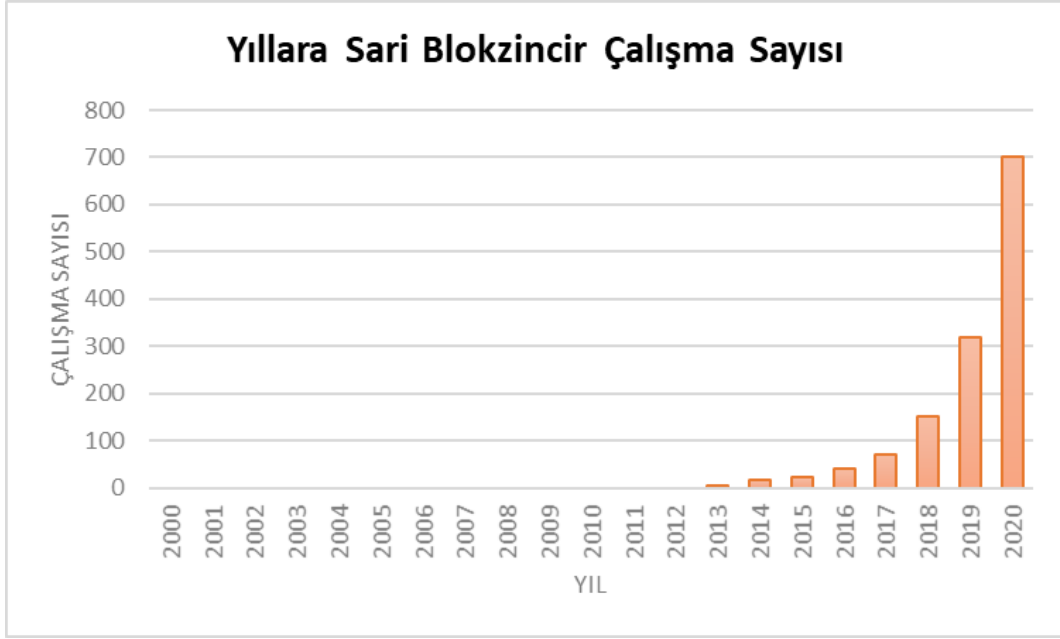
- *Dağıtık Veri Tabanı Yapısı:* Ağdaki her katılımcı, tarihçesi ile birlikte tüm verilere sahiptir. Tek bir kontrol noktası veya merkezi otorite yoktur.
- *Uçtan uça iletişim:* İletişim, merkezi bir düğüm yerine doğrudan eşler arasındadır. Her düğüm bilgileri depolar ve diğer tüm düğümlere iletir.

- *Pseudonymity*: Pseudonymity kavramı blokzincir ile birlikte oluşmuştur. Her işlem ve ilgili değeri, sisteme erişimi olan herkes tarafından görülebilir. Blokzincir ağı üzerindeki her düğüm veya kullanıcının, onu tanımlayan benzersiz bir adresi vardır. Kullanıcılar anonim kalmayı veya başkalarına kimliklerini kanıtlamayı seçebilirler. İşlemler, blokzincir adresleri arasında gerçekleşir.
- *Kayıtların Değiştirilemezliği*: Veritabanına bir işlem kaydedildikten ve hesaplar güncellendikten sonra, kendilerinden önce gelen her işlem kaydına bağlantıları sağlandığı için, kayıtların değiştirilebilmesi veya güncellenebilmesi mümkün değildir. Veritabanındaki kaydın kalıcı, kronolojik olarak sıralı ve ağıdaki diğer herkes tarafından kullanılabilir olmasını sağlamak için çeşitli hesaplama algoritmaları ve yaklaşımları kullanılır. Herhangi bir siber saldırının başarılı olabilmesi için, bilgisayarların en az %50'sinden fazlasında doğrulanması gerekir, bu da olasılığı neredeyse imkânsız hale getirmektedir.
- *Hesaplama mantığı*: Defterin dijital yapısı, blokzincir ağındaki işlemlerinin hesaplama mantığına bağlanabileceği ve özünde programlanabileceği anlamına gelir. Diğer bir ifadeyle, kullanıcılar düğümler arasındaki işlemleri otomatik olarak tetikleyen algoritmalar ve kurallar oluşturabilir.

Tüm bu göz alıcı avantajlar göz önünde bulundurulduğunda birçok şirketin blokzincir teknolojisini kullanarak yeni uygulamalar geliştirmeye başladığı görülmektedir. Blokzincir teknolojisinin siber tehditlere karşı güvenilirliği ve alıcı ile satıcı tarafın güvenli alışveriş yapma talepleri bir araya getirildiğinde blokzincir uygulama alanları ortaya çıkmaktadır. Blokzincir teknolojisi kullanılarak birçok farklı alanda uygulamalar geliştirilmektedir. Akıllı sözleşmeler, nesnelere interneti (IoT) bu alanların en popülerleridir. Bugüne kadar hâlihazırda çok sayıda uygulama geliştirilmiş olup, önümüzdeki dönemde de uygulama sayısının artacağı öngörülmektedir. Bu çalışmada blokzincir teknolojisi ile geliştirilen uygulamalar gözden geçirip ileride olası kullanım senaryoları tartışılacaktır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bitcoin kripto para birimiyle birlikte 2008 yılında kullanılmaya başlansa da blokzincir teknolojisinin geçmişi çok daha eskidir. Fakat Bitcoin'in sanyasyonel yükselişi sebebiyle onun gölgesinde kaldığı görülmektedir. Ancak özellikle son beş yılda blokzincir farkındalığı artmış ve bu alanda birçok çalışma başlatılmıştır. Büyük akademik veri tabanlarında (Science Direct ve Knovel gibi) blokzincir uygulamaları ile ilgili literatür çalışmalarına baktığımızda, 2012 yılına kadar yapılan işlerin büyük çoğunluğunun Bitcoin üzerinde olduğunu görüyoruz. 2012'den sonra blokzincir teknolojisinin diğer alanlarına yönelik çalışmaların da yaygınlaşmaya başladığı, özellikle 2013'ten sonra uygulama sayısında ciddi bir artış olduğu görülmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: Kripto paraları dışında blokzincir çalışmalarının yıllara dağılımı

### 3. GERÇEKLEŞTİRİLEN ÇALIŞMA

Araştırmaya başlamadan önce Bitcoin ile ilgili araştırmaların çalışma kapsamında yer alıp almayacağı belirlenmesi gerekiyordu. Bitcoin günümüzün sıcak konusu olmasına rağmen yeni bir uygulama alanı değildir, blokzincir teknolojisinin en popüler kullanımınıdır. Kullandıkları blokzincir altyapısı sayesinde Bitcoin ve diğer kripto para birimlerinin gelecekte de var olacağı rahatlıkla ifade edilebilir. Tüm bu sebeplerle, Bitcoin'i çalışma kapsamının dışında tutmaya karar verdik.

Blokzincir teknolojisinin artan popülaritesi ile bu teknolojiye temel alan uygulamaların sayısı da artmaktadır. Blokzincir teknolojisinin uygulama alanları oldukça geniş olmasına rağmen, akıllı sözleşmeler ve nesnelerin interneti (IoT) alanları en popülerleri olarak karşımıza çıkmaktadır.

#### 3.1 Akıllı Sözleşmeler

Akıllı sözleşmeler, akıllı sahiplik, dijital içerik dağıtımını, blokzincir teknolojisinin yaygın olarak kullanıldığı alanlardır. Akıllı sözleşmeler tüm bu uygulamaların temelini oluşturduğundan, onu bir uygulama alanı yerine bir uygulama platformu olarak düşünmek daha doğru olacaktır. Akıllı sözleşme platformlarını kullanarak blokzincir uygulamaları geliştirilmektedir.

Akıllı sözleşmeler fikri ilk olarak 1997'de Nick Szabo tarafından önerilmiştir (Szabo 2018). Bununla birlikte, mülkiyet durumunu ve mülkün transferini izlemek için blokzincir teknolojisini kullanma fikri ilk olarak Mike Hearn tarafından "Akıllı Mülkiyet" makalesinde açıklanmıştır (Mike Hearn 2018).

Ethereum, Bithalo, Hyperledger, Filecoin veelektronik sözleşme imzalama sistemi, blokzincir akıllı sözleşmelerin popüler uygulamalarındandır.

### **3.1.1 Ethereum**

Akıllı sözleşme altyapısı sunan popüler uygulamalara baktığımızda ilk olarak Ethereum karşımıza çıkmaktadır. Ethereum, Bitcoin gibi bir kripto para birimidir. Ayrıca, blokzincir teknolojisi kullanılarak merkezi olmayan veritabanı yapısına dayanmaktadır. Bitcoin'den temel farkı, bir akıllı sözleşme yapısına izin vermesidir (Founder and Gavin 2017). Ethereum, Vitalik Buterin ve ekibi tarafından tasarlanıp kodlanmış ve ilk olarak 30 Temmuz 2015'te Bitcoin konferansında duyurulmuştur. Ağustos 2015'te çıkış yapan Ethereum, özellikle merkezi olmayan yazılım protokolleri aracılığıyla aynı işletim sistemi içinde ve aynı zincir bloğu üzerinde başka alt kripto paraların oluşturulmasına izin veren protokolleri ile öne çıkmaktadır. Şu anda piyasada bilinen alt kriptopara birimlerinin çoğu Ethereum altyapısını kullanmaktadır. Ethereum, en yaygın kullanılan akıllı sözleşme altyapısını sunar. Bu nedenle bir bilgi işlem platformu olarak kullanılabilir(Huckle et al. 2016).

Yeni bir blok eklerken gereken kısa doğrulama süresi özelliği bir başka önemli avantajıdır. Bitcoin'de bir bloğun oluşması 10 dakika sürerken, Ethereum akıllı sözleşmelerinde bu süre sadece 12 saniyedir (Huh, Cho, and Kim 2017).

Tüm bu avantajlar değerlendirildiğinde; doğrulamak için daha az zamana ihtiyaç duyulması, geliştirilmeye hazır bir platformun sunulması, uygulamayı kullanan başarılı örnekler Ethereum'unne den tercih sebebi olduğunu ortaya koymaktadır.

### **3.1.2 Bithalo**

Bithalo kendisini akıllı sözleşmelerin atası olarak tanımlamaktadır. Sundukları servisin bir akıllı bir sözleşme protokolü olduğunu söyleyebiliriz (Anon 2018a).

Ethereum ve Bithalo arasındaki fark nedir diye sorduğumuz önemli bir noktada farklılaştıklarını görüyoruz. Bithalo, anlaşmaların uygulanması için bir protokoldür. Bir iş oyunu teorisi protokolü kullanmamız gerekirse, Ethereum'un bile kendi sözleşmelerini uygulamak için onu kullanmak zorunda kalacağını söyleyebiliriz. Bithalo sözleşme protokolünü; piyasadaki en iyi hazırlanmış protokollerden biri olarak tanımlayabiliriz. Bu nedenle kısa vadede iletişim protokolü alanında rakip bulunmadığını söyleyebiliriz. Öte yandan Ethereum, kullanıcıların esnek konfigürasyona sahip akıllı sözleşmeler geliştirmesine olanak tanır. Bu konfigürasyon esnekliği bir takım konfigürasyon ihtiyaçları ortaya çıkarmakta ve bunlar geliştiricilerin inisiyatifine kalmaktadır. Uygulamayı yapılandırabilmekte ve ayrıca kodlama yapabilmektedirler. Burada dikkat edilmesi gereken husus, esneklik nedeniyle ortaya çıkacak veri boyutu ve güvenliği gibi konuları dikkate almaları gerekliliğidir.

Bithalo'nun örnek bir kullanımına baktığımızda; Bigi'nin kullanımı karşımıza çıkmaktadır. Bigi, Bithalo'dan esinlenerek merkezi olmayan bir akıllı sözleşme

protokolü geliştirmiştir. Bitcoin'in protokolüne dayanan bu protokolün uygulanabilirliğinin doğrulandığını söyleyebiliriz. Yaklaşım, oyun teorisi ile resmi modellerin birleşimidir. Bu örnek kullanımı değerlendirdiğimizde, önerilen sözleşme sisteminin umut verici bir yaklaşım olduğu ve daha fazla çalışma ve geliştirmeye değer olduğu ortaya konmuştur (Bodei, Ferrari, and Priami 2015).

### 3.1.3 Hyperledger

Blokzincir teknolojisini uygulamanın temel sorunlarından biri, henüz bir standardın mevcut olmamasıdır. Açık kaynak sistemi, birçok farklı yazılım grubunun farklı idealler doğrultusunda şekillendirmesi sebebiyle standart bir yaklaşım belirlenememektedir. Bu standart oluşturamama sorununu çözmek için IBM, Cisco, Fujitsu ve JP Morgan gibi birçok büyük teknoloji şirketi ve Accenture gibi finans şirketlerinin de dâhil olduğu toplam 54 şirketten oluşan bir grup, "Hyperledger" adında bir açık kaynak kod grubu oluşturmuştur. Organizasyonun arkasında Linux açık kaynak kod geliştirme grubu vardır. Temmuz 2017'de Fabric 1.0'ı piyasaya çıkarttılar. şubat 2017'de ise, Sawtooth 1.0 sürümünü piyasaya sürdüler. Piyasadaki bu iki sürüm ve daha sonra sürecekleri yeni versiyonlar üzerinden alacakları geri bildirimlerle geliştiriciler için olgun bir sürüm oluşturmayı hedeflemektedirler. Olgunlaşacak çalışmalar ile birlikte, sektörler arası büyük bir altyapı elde edilmesi hedeflenmektedir. Bu altyapı ile internet dünyasında ve finans alanında farkındalık yaratılabileceği düşünölmektedir (Anon 2018d).

### 3.1.4 Filecoin

Filecoin, bir başka akıllı sözleşme uygulama örneğidir. Filecoin, kullanıcıların akıllı sözleşmeler aracılığıyla kullanmadıkları disklerini kiralamalarını sağlar. Kullanıcılar kiraladıkları diskleri karşılığında Filecoin kripto parası kazanırlar. Buna ek olarak, filocoin.io' nun diğer para birimleriyle (USD, BTC, ETH vb.) takası da sistemde desteklenmektedir (Anon 2018c).

### 3.1.5 Merkezi Üçüncü Taraf Kullanmadan Elektronik Sözleşme İmzalama

Elektronik sözleşme imzalama, akıllı sözleşme altyapısının kullanılabilceği diğer bir örnektir. Wan ve diğerleri, potansiyel olarak birbirine güven duymayan veya duymak zorunda olmayan iki tarafın bir ağ üzerinden eşzamanlı olarak bir elektronik belgeyi dijital olarak imzalamasına izin veren bir yöntem sunmaktadır. Elektronik sözleşme imzalama için benzer çözümler olsa da ya güvenilir bir üçüncü tarafın katılımını gerektirir ya da iletişim ve hesaplamada karmaşıklık veya pahalılık mevcuttur. Burada ise, herhangi bir güvenilir üçüncü şahıs onayına ihtiyaç duymadan iki taraf arasında elektronik bir sözleşme imzalama protokolü önerilmekte, imzalayan iki taraf arasında güvenlik garanti edilmektedir. Bugüven, protokolde güvenilir bir zaman damgası hizmeti kullanılarak elde edilmektedir (Chen and Walsh 2015).

### 3.2 Internet of Things (IoT)

Akıllı sözleşmeler kavramının blokzincir uygulamalarının temeli olduğu düşünülse de popülerlik noktasında bu fikri gölgede bırakabilecek bir uygulama alanı daha gündemimize girmeye başlamıştır, o da nesnelerin interneti (IoT)'dir. Dijitalleşme ile birlikte akıllı cihaz sayısı artmakta ve nesnelerin interneti kavramı giderek daha popüler hale gelmektedir. Nesnelerin interneti uygulamalarında güvenlik, cihazların senkronize tutulması, cihazların yazılımlarının güncellenmesi gibi hususlarda devrimsel çözümlere ihtiyaç vardır. Bu noktada "Nesnelerin Blok Zinciri" kavramı, bu kısıtlamaların blokzincir teknolojisinin avantajlarıyla ortadan kaldırılabileceği fikri ile ortaya çıkmaktadır.

IBM, blokzincir-IoT ilişkisinin cihazlar arasındaki iletişim ve koordinasyon için bir çerçeve olduğunu değerlendirmektedir. Her akıllı cihaz kendi rollerini ve davranışlarını yöneterek "Merkezi Olmayan, Otonom Nesnelerin interneti" kavramını ortaya çıkarmaktadır. Bunun dijital dünyanın demokratikleşmesini sağlayacağı belirtilmektedir (Brody and Pureswaran 2015). IoT cihaz sayısının fazlalığı ile cihazların senkronize tutulması ve sunucudaki herhangi bir sorundan etkilenmemesi gerekmektedir. Huh vd. IoT cihazlarının eş zamanlı tutulabileceğini iddia etmektedir. Blokzincir dağıtık defter veri yapısının bu sorunları çözebileceğini, ayrıca mutabakat modeli ile DOS saldırıları gibi siber tehditlere karşı koruma sağlayabileceğini savunmaktadır (Huh et al. 2017).

Ayrıca, Christidis ve diğerleri IoT platformlarının merkezileştirilmiş yaklaşımının sürdürülebilirliğin maliyetini artırdığını, şeffaflık ve güvenliğin sağlanması gerektiğini, bu nedenle blokzincir teknolojisinin önemli bir fırsat olduğunu belirtmektedir. Blokzincir teknolojisine geçilmesi durumunda, üreticiler en son ürün yazılımı güncellemelerini akıllı sözleşmelerle ağ üzerinden gönderecekler, cihazlar bu bilgileri alıp sözleşmenin uygunluğuna göre sipariş edebilecektir. Ayrıca belirli bir süre sonra üretici, istediği takdirde yazılımı sağlamayı kesebilecektir. Tüm bunlar, ağ üzerinden herhangi bir kullanıcı etkileşimi olmadan gerçekleştirilebilecektir. Ayrıca kripto para ile ödemelerin yapıldığı ve transfer işleminin gerçekleştirildiği katmanlar üzerinden hizmet ödemeleri de yapılabilecektir (Christidis and Devetsikiotis 2016).

Dağıtık ağ uygulamaları Dapp olarak tanımlanır. Huckle, IoT ve blokzincir sistemlerinin birlikte çalışan devrim niteliğindeki özelliklerinden bahsetmekte ve bazı uygulama örnekleri vererek bu uygulamaların gelecekte büyüyeceğini ve potansiyel kullanım örneklerini içereceğini savunmaktadır (Huckle et al. 2016). Aşağıda bazı güncel blokzincir Dapp uygulamaları ve fikirleri bulunmaktadır.

#### 3.2.1 Slock.it

Slock.it uygulaması ile Airbnb daireleri tam otomatik hale gelmekte, akıllı nesnelere ve kişisel motorlu araçlar kiralanabilmektedir (Anon 2018e). Kullanıcılar,



üçüncü şahısların dâhili olmadan evlerini ve arabalarını kiralayabilecekler, Ethereum tabanlı akıllı sözleşmelerle alıcı doğrudan satıcıya ödeme yapabilecektir. Anlaşmanın her iki tarafça onaylanmasının ardından akıllı mülk (ev, araba vb.) üzerindeki kilit kaldırılacak ve alıcı mülkü kullanmaya başlayabilecektir. Bu sistem, blokzincir teknolojisinin devrim niteliğindeki bir uygulama alanı olarak sayılabilir. Bu uygulamanın tüm dünyaya yayılacağı tahmin edilmektedir.

### **3.2.2 Micropayment API Market Place**

21 Market Place, API'lerin alışverişinin yapıldığı sanal bir pazar yeri oluşturmuştur. Geliştiricilerin ilk aşamada dijital ürün satın almalarına izin veren bu pazarın başında, alım satım yapabilmek için "21 Bitcoin Bilgisayar" adlı bilgisayarlara sahip olunması gerekmektedir (John Granata 2018). Buna, Bitcoin üzerinden PayPal benzeri uygulamaların yapıldığı bir mikro ödeme pazarı diyebiliriz. İlk mikro ödeme API pazar yeridir. Bu uygulamanın diğer mikro ödeme uygulamalarına yön verdiği söylenebilir.

EtherAPI uygulaması 21 Market Palace uygulaması ile benzerdir. Merkezi olmayan, güvenli bir ağ üzerinden mikro ödemeli API değişimi, bu Ethereum tabanlı uygulamada da yapılabilmektedir.

### **3.2.3 Enerji**

Enerji sektörü, blokzincir teknolojisinin kullanıldığı ve gelecekte kullanım sayısında artış beklenen alanlardan biridir. Uçlar arası iletişim imkânı sayesinde cihazlar enerjilerini satabilir veya enerji satın alabilir. Uygulama örneklerini incelediğimizde karşımıza Transactive Grid şirketinin geliştirdiği güneş enerjisinden üretilen enerjinin akıllı sözleşmelerle alım satımının yapıldığı bir sistem karşımıza çıkmaktadır. New York'taki güneş panellerinde üretilen enerjinin çoğunun, akıllı sözleşmelerle komşu bölgelere satıldığı belirtilmektedir (Rutkin 2018). Dolayısıyla bu, enerji alanında blokzincir teknolojisinin kullanımının canlı örneğidir.

### **3.2.4 Tedarik Zinciri Yönetimi**

Tedarik zinciri yönetimi, özellikle Endüstri 4.0 konsepti ile gündemdeki sıcak konuların başında gelmektedir. Blokzincir uygulamalarının avantajları, tedarik zinciri yönetiminde de kullanılabilirliğini göstermektedir. Tedarik edilecek konteynerin yoldaki teslimat trafiği, başka bir katılımcıya ihtiyaç duymadan IoT cihazları ile izlenebilmektedir. Alıcı ve satıcı bir araya geldiğinde akıllı sözleşmelerle mevcut teslimat onaylanarak bir sonraki teslimat adımı için yeni bir akıllı sözleşme hazırlanabilmektedir. Blokzincir teknolojisinin farklı kullanımlarının benimsenebileceğini ve gelecekte Endüstri 4.0 konsepti ile çeşitli uygulamalarla karşılaşacağımızı söyleyebiliriz.

Filament firması, blokzincir tabanlı tedarik zinciri takip sistemi ile öne çıkmaktadır. "Taps" adı verilen uzun menzilli radyo sensörleriyle mash ağları

oluşturulmaktadır (Anon 2018b). Bu ağlar aracılığıyla, Telehash adlı bir protokol üzerinden birbirleriyle güvenli bir şekilde iletişim kurarlar ve blokzincir teknolojisi ile sağlanan ortak bir platformda akıllı sözleşmeler yoluyla birbirleriyle etkileşimde bulunurlar (Anon 2018f). Maliyeti düşürmek için, internet üzerinden gerçekleştirilecek bir bağlantı yerine, kurulan ağ üzerinden bir iletişim gerçekleştirilmektedir.

### 3.2.5 IoT Sensör Verilerinin Alışverişi

IoT sensör verilerinin satın alınması, literatürde pek çok kez karşımıza çıkan bir kavramdır. Dominic Wörner, sensör verilerinin önermiş olduğu sistem sayesinde Bitcoin ile alım satımının yapılabileceğini savunmaktadır. Alıcı ve satıcı, önerilen sistemi kullanarak mutabakata varmalarının akabinde; veri ambarındaki sensör verileri alıcı tarafına aktarılırken, anlaşılan miktardaki Bitcoin de satıcının hesabına aktarılacaktır (Wörner and von Bomhard 2014).

Zhang ve Wen, bu yaklaşımı biraz daha ileri götürerek Bitcoin ve blokzincir protokollerine dayanarak, IoT coin adlı yeni nesil bir kripto para birimi tasarlamıştır. IoT coin kripto para biriminin ücretli sensör verilerinin veya akıllı mülklerindeğişimi için kullanılabileceği savunulmaktadır. IoT coins, akıllı mülk, ücretli veriler ve dijital olarak trafiği kontrol edilebilen enerji gibi birçok IoT ürününün mülkiyetini sunmak için kullanılabilmektedir (Zhang and Wen 2015).

### 3.2.6 IoT Enerji Tasarruf Uygulaması

Akıllı ev sistemlerinde IoT blokzincir uygulamalarına baktığımızda Ethereum akıllı sözleşmelerin kullanıldığı bir enerji tasarrufu uygulama prototipini görmekteyiz. Sistem, bir akıllı telefon ve üç Raspberry Pi kullanmaktadır. Bu üç Raspberry Pi klima, ısıtma sistemi ve ampul gibi yüksek elektrik tüketen cihazların ölçümünde sayaç olarak kullanılmaktadır. Kullanıcı, akıllı telefonu kullanarak sistem politikasını ayarlayabilmektedir. Örneğin, kullanıcı cihazları güç kullanımı 150 kW olduğunda enerji tasarrufu modunu açacak şekilde ayarlayabilir. Kullanıcı konfigürasyonu bir akıllı telefona yüklediğinde, veriler Ethereum ağına gönderilir. Bu arada, ampul veya klima gibi cihazlar da periyodik olarak Ethereum'dan politika değerlerini alır. Sayaç ayrıca elektrik kullanımını izler ve Ethereum'da günceller. Böylece sistemde aynı anda üç farklı işlem gerçekleştirilmiş olur (Huh vd. 2017). Akıllı cihazların evde kullanımının artması ile gelecekte bu tür uygulamaların veya yeni kombinasyonlarının oluşturulması görülecektir. Böylelikle blokzincir teknolojisinin kullanıldığı akıllı ev sistemi uygulamalarının sayısının artacağını da rahatlıkla söyleyebiliriz.

### 3.2.7 Depolama Denetimi

Conoscenti blokzincir teknolojisinin, verilerin herhangi bir şekilde yetkisiz olarak silinmesini veya değiştirilmesini tespit etmek için kullanılabileceğini savunmaktadır. Bu kontroller, verinin hash kodunu blokzincir ağı üzerinde depolayarak gerçekleştirilecektir. Veri sahibi periyodik olarak veri sunucusuna bir istek gönderir ve ağdaki hash değerini kullanarak yanıtın doğruluğunu kontrol eder. Verilerin yetkisiz

bir şekilde silinmesi veya değiştirilmesi durumunda yanlış bir yanıt gelecek, böylelikle de herhangi bir kötüye kullanım kolaylıkla tespit edilecektir (Conoscenti and Carlos De Martin 2016).

### **3.2.8 Autopay**

Blokzincir teknolojisinin araç içinde kullanımı "Autopay" uygulaması ile karşımıza çıkmaktadır. Uygulama ile kullanıcı evden ayrıldığında "Yolculuk Planlayıcı" modülü devreye girer ve işe gitmek için iş rotası otomatik olarak oluşturulur. Yakıt gerekli ise tespit edilir, en uygun akaryakıt istasyonuna ulaşmak için güzergâh güncellenir. Akaryakıt alındıktan sonra ödeme otomatik olarak akıllı sözleşme ile yapılır. Daha sonra işyerindeki otopark dolu ise en yakın otoparka yönlendirilir ve otopark ücret ödemesi için akıllı sözleşmelerle gerçekleştirilir. Ayrıca günlük ev ihtiyaçları için "Akıllı Sepet" modülü mevcuttur. Bu modül kullanılarak en uygun market bulunmakta ve sipariş verilmektedir. Ürünlerin teslimat zamanlaması da kullanıcının eve dönüş zamanına göre planlanır. Yine, bu ödeme için de akıllı sözleşmeler kullanılmaktadır. Autopay uygulamasında, sistem başka bir sürücü tarafından kullanılıyorsa tüm bu özellikleri devre dışı bırakmak veya sınırlamak da mümkündür (Huckle et al. 2016).

### **3.2.9 Akıllı Döviz Kiosku**

İnsanlar uluslararası seyahatlerinden döndüklerinde, genellikle yanlarında o ülkenin para biriminden belirli bir meblağ yanlarında kalmaktadır. Bu para, ana ülkeye döndükten sonra kullanılamaz hale gelir. Uluslararası seyahat sayıları ve ihtiyaçları göz önüne alındığında, bu yabancı para birimlerinin geri dönüşümü önemli hale gelmektedir. Önerilen blokzincir uygulaması ile yurt dışı seyahatlerinin ardından kalan para, akıllı sözleşmelerle havalimanında bulunan akıllı kiosklara bırakılır. Yurt dışına giden ve gideceği ülkenin para birimine ihtiyacı olan kullanıcı kioska gelir. Alıcı, para birimini terk eden kullanıcının belirlediği döviz kuru ile mevcut parayı alır. Böylelikle üçüncü şahıs döviz bürolarının komisyonları piyasadan kaldırılarak alıcı ve satıcının karlı ve güvenilir alım/satım yapmasına olanak sağlanır (Huckle et al. 2016). Sistem, bu aşamada sadece bir fikir olmasına rağmen, bir uygulama haline gelebilir ve gelecekte kullanılabilir.

### **3.2.10 Dijital Hakların Yönetimi**

Günümüzde, birçok eser sahibi eserlerinin ücretini alabilme hususunda sorun yaşamaktadır. Eserleri kullanılmasına rağmen telif ücretleri kendilerine ulaşmamaktadır. Bu sorunun çözümü blokzincir teknolojisi ile mümkündür. Bu noktadan yola çıkarak Kishigami ve arkadaşları, blokzincir tabanlı bir dijital içerik dağıtım sistemi hazırlayıp prototipini sunmaktadır. Önerdikleri fikir içerik oluşturucular, içerik sahipleri ve dijital içerik sahipleri dâhil olmak üzere toplam 100 kişiye sunulmuştur. Geri bildirimler incelendiğinde, merkezi olmayan mekanizmanın son derece başarılı bulunduğu tespit edilmiştir (Kishigami vd. 2015).

Kishigami'nin önerisine benzer şekilde Huckle, dijital hakların korunması için blokzincir teknolojisini önermektedir. Böylelikle telif hakkı sorunsuz bir şekilde tüm sahiplerine (distribütör, mekanik vb.) ödenecek, hem de ödeme anında gerçekleştirilebilecektir (Huckle vd. 2016). Bu tarz blokzincir dijital hak yönetimi uygulamaları ile telif haklarının yönetimi kolaylıkla sağlanabilecektir.

#### 4. SONUÇ

Blokzincir teknolojisi, merkezi olmayan birleşimsel veri tabanı teknolojisidir. Bu teknolojiye olan ilginin son yıllarda giderek arttığını görmekteyiz. Bu ilginin nedeni sistemin merkezi olmayan yapısının sunmuş olduğu avantajlardır. Bunlar işlemlerin güvenliği, şeffaflığı ve işlemlerin herhangi bir üçüncü taraf olmaksızın veri bütünlüğü ile gerçekleştirilebilmesidir. Bu ve bunun gibi göz alıcı avantajları sayesinde blokzincir teknolojisi kullanılarak geliştirilen uygulama sayısı giderek artmaktadır. Blokzincir teknolojisinin uygulama alanları oldukça geniş olmasına rağmen, akıllı sözleşmeler ve nesnelerin interneti (IoT) bu alanlardan en popüler olanlarıdır. Hyperledger ve Ethereum gibi akıllı sözleşme altyapıları kullanılarak birçok uygulama geliştirildiği ve geliştirilmekte olduğunu da görüyoruz. Bu tarz uygulamaların sayısının artacağını, IoT alanında da kullanımın yoğunlaşması ile birlikte "Nesnelerin Blok Zinciri" kavramının oluşmaya başlayacağını öngörebiliriz. Özellikle IoT cihazların güvenlik, cihazların senkronize tutulması ve cihazların yazılımlarının güncellenmesi ihtiyaçlarını karşılama noktasında sunmuş olduğu avantajlar ile blokzincir teknolojisi büyük önem arz etmektedir. IoT alanında blokzincir kullanımı ile alıcı ve satıcının güvenilir bir üçüncü taraf olmaksızın güvenli bir şekilde akıllı cihazlarını ve mallarını kiraya vermesi veya satabilmesi mümkün olacak Slock.it tarzı uygulamaların sayısı artacaktır.

#### KAYNAKÇA

- Anon. 2018a. "Bithalo." Retrieved May 19, 2018 (<http://bithalo.org/>).
- Anon. 2018b. "Enabling the Future of IoT Filament." Retrieved April 8, 2018 (<https://filament.com/>).
- Anon. 2018c. "Filecoin." Retrieved April 8, 2018 (<https://filecoin.io/>).
- Anon. 2018d. "Hyperledger." Retrieved May 19, 2018 (<https://www.hyperledger.org/>).
- Anon. 2018e. "Slock.It." Retrieved May 20, 2018 (<https://slock.it/>).
- Anon. 2018f. "Telehash - Encrypted Mesh Protocol." Retrieved April 8, 2018 (<http://telehash.org/>).
- Bodei, Chiara, Gian-Luigi Ferrari, and Corrado Priami. 2015. *Programming Languages with Applications to Biology and Security Essays Dedicated to Pierpaolo Degano on the Occasion of His 65th Birthday*.
- Brody, Paul, and Veena Pureswaran. 2015. "Device Democracy: Saving the Future of the Internet of Things IBM." *IBM Global Business Services Executive Report*.
- Chen, Thomas M., and Patrick J. Walsh. 2015. *Guarding Against Network Intrusions*.
- Christidis, Konstantinos, and Michael Devetsikiotis. 2016. "Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things." *IEEE Access* 4:2292–2303. doi:

- 10.1109/ACCESS.2016.2566339.
- Conoscenti, Marco, and Juan Carlos De Martin. 2016. "Blockchain for the Internet of Things: A Systematic Literature Review." *The Third International Symposium on Internet of Things: Systems, Management and Security* 1–6. doi: 10.1109/AICCSA.2016.7945805.
- Founder, Gavin Wood, and Ethcore Gavin. 2017. "Ethereum: A Secure Decentralised Generalised Transaction Ledger." 1–32.
- Huckle, Steve, Rituparna Bhattacharya, Martin White, and Natalia Beloff. 2016. "Internet of Things, Blockchain and Shared Economy Applications." *Procedia Computer Science* 58:461–66. doi: 10.1016/j.procs.2016.09.074.
- Huh, Seyoung, Sangrae Cho, and Soohyung Kim. 2017. "Managing IoT Devices Using Blockchain Platform." *International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT* 464–67. doi: 10.23919/ICACT.2017.7890132.
- John Granata, Ali Fathalian. 2018. "21MarketPalace." Retrieved April 8, 2018 (<https://medium.com/@earndotcom/the-first-micropayments-marketplace-38c321127d12>).
- Kishigami, Jay, Shigeru Fujimura, Hiroki Watanabe, Atsushi Nakadaira, and Akihiko Akutsu. 2015. "The Blockchain-Based Digital Content Distribution System." *Proceedings - 2015 IEEE 5th International Conference on Big Data and Cloud Computing, BDCloud 2015* 187–90. doi: 10.1109/BDCloud.2015.60.
- Mike Hearn. 2018. "Smart Property - Bitcoin Wiki." Retrieved March 31, 2018 ([https://en.bitcoin.it/wiki/Smart\\_Property](https://en.bitcoin.it/wiki/Smart_Property)).
- Mooney, Chris. 2011. "The Truth About ." *Scientific American* (August):80–85. doi: 10.1016/j.annals.2005.11.001.
- Rutkin, Aviva. 2018. "Blockchain-Based Microgrid Gives Power to Consumers in New York." Retrieved April 8, 2018 (<https://www.newscientist.com/article/2079334-blockchain-based-microgrid-gives-power-to-consumers-in-new-york/>).
- Szabo, Nick. 2018. "The Idea of Smart Contracts." Retrieved March 31, 2018 (<http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/idea.html>).
- Wörner, Dominic, and Thomas von Bomhard. 2014. "When Your Sensor Earns Money." *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing Adjunct Publication - UbiComp '14 Adjunct* 295–98. doi: 10.1145/2638728.2638786.
- Zhang, Yu, and Jiangtao Wen. 2015. "An IoT Electric Business Model Based on the Protocol of Bitcoin." *2015 18th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks, ICIN 2015* 184–91. doi: 10.1109/ICIN.2015.7073830.