

# YENİ TEKNOLOJİK GELİŞMELERİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİNE ETKİSİ

(Impact of New Technological Developments on Geographical Information Systems)

Emrehan Kutluğ ŞAHİN<sup>1\*</sup>, Rabia BOVKIR<sup>2</sup>, Arif Çağdaş AYDINOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Bolu

<sup>2</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Kocaeli

\*Sorumlu yazar: emrehansahin@ibu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 22.10.2019

Kabul Tarihi (Accepted): 27.12.2019

## ÖZ

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

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

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

## ABSTRACT

In recent years, along with the great discoveries in technology and science, ground-breaking

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

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

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

## 1. CBS'NİN DÜNDEN BUGÜNE GELİŞİMİ

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

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

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

tanıtmıştır (Chrisman, 1998; Drummond ve French, 2008).

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

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

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

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

## 2. CBS ve TEKNOLOJİK TRENDLER

CBS, temelde yazılım, donanım, personel ve veri bileşenlerinden oluşan, birbirlerine bağlı ve sürekli gelişim halindeki döngüsel bir zincire benzetilebilir. Bu nedenle denilebilir ki zincirdeki bir yapının gelişimi kendine bağlı diğer yapıları da beraberinde değişime ve gelişime yönlendirmektedir. Bilgisayar teknolojisinde donanımsal yapıda ki değişimin CBS üzerinde olan etkileri Olaya (2018) tarafından, grafik çıktılar, veri erişimi- depolama ve veri girişi olmak üzere üç temel alanda incelenmiştir. Bilgisayarların grafik çıktılar üretme yetenekleri, ilk günlerinden bu yana büyük ölçüde gelişme göstermiştir. Özellikle 2 boyutlu grafik teknolojisinin 3 boyutlu döneme geçişinde büyük sıçrama yaşanmıştır. CBS’nin 3 boyutlu görsel veri analizi hem dijital alanda hem de basılı çıktılar için gelişmeye devam eden bir süreçtedir. Özellikle 3D Web CBS hizmetlerinin bulut sistemlere taşınmasıyla, mekânsal analiz sonuçları uzman bir kitleyle (yerel personel, CBS uzmanları veya herhangi bir CBS deneyimi olmayan kişiler) kolayca paylaşılabilir hale gelmiştir (Guney ve diğerleri 2012). CBS’de

kullanılan veri kümelerinin büyüklüğü geçen zamanla katlanarak artmaktadır. Eğer teknolojik anlamda veri depolamadaki gelişmeler bu kullanımı karşılamasaydı bugünkü hem veri toplama hem de veri erişimindeki gelişmeleri görmek mümkün olmazdı. CBS’nin geliştirilme sürecindeki ilk zamanlarda veri girişleri tamamen kullanıcı tarafından el ile dijitalleştirilerek gerçekleştirilirdi. Şu an günümüzde sadece haritalar ve bu haritaların konuma dayalı sayısal veya yazılı verilerinin dışında yüksek çözünürlüklü görüntü işleme ünitelerinden gelen veriler veya nokta bulutu ile oluşturulmuş 3 boyutlu verilere kadar farklı yazılım veya araçlarla üretilen birçok verinin girdi olarak kullanılması mümkündür. Nesnelerin interneti kavramı, internet üzerindeki milyonlarca nesne üzerinden iletilen veriler ve verilerin saklandığı bulut bilişim üstleri ile birlikte CBS kullanımına sunulmuş yeni bir altyapı ve dijital veri kaynağıdır. CBS’nin en önemli bileşeni veri olarak kabul edilmesi CBS alanında en kabul görmüş fikirdir. Özellikle sonucun hata götürmez bir doğrulukla yapılması beklenen mühendislik çalışmalarında olduğu gibi CBS için de veri en doğru ve güncel olması beklenen bileşendir. Son on yıl içerisinde Büyük Veri (Big Data) kavramı tıp, siyaset, sosyal alanlar, doğa bilimleri gibi geniş çaplı alanlarda etkili olduğu gibi CBS alanında da etkin kullanıma sahip olmuştur. Yazılım, mekânsal bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek için gereken işlevleri ve araçları sağlayan bir diğer önemli CBS bileşenidir. Tarihte kişisel bilgisayar devriminden sonra yazılım teknolojilerindeki gelişim etkisi ne denli büyükse günümüzde internetin getirdiği her yerde ulaşılabilirlik de yazılım sektöründe yeni bir devrime sebep olmuştur. Son yıllarda, yapay zekâ ve derin öğrenme gibi karmaşık algoritmalar CBS yazılımlarına eklenerek, kullanıcıların konuma dayalı coğrafi problemlerinin çözümünde hızlı, basit ve erişilebilir çözümler sunmaları mümkün olmaktadır. CBS ve benzeri birçok teknolojinin anahtarı bunları geliştiren ve yön veren insanların istekleri, hayal dünyaları ve azimleridir. Teknoloji dünyasındaki yaşanacak bir sonraki gelişmeler için temel kaynak olarak yine insanların bir problemi çözmek için kurguladıkları hedefler ve yapabilecekleriyle sınırlıdır demek yanlış olmayacaktır.

### a. Yapay Zekâ

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

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

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

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

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

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

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

## b. Derin Öğrenme

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

Derin öğrenme algoritmaları Hinton ve Salakhutdinov'ın yayınladıkları makale ile ilk defa ortaya atılmıştır (Hinton ve Salakhutdinov, 2006) ve sonraki yıllarda pek çok derin öğrenme algoritmaları ortaya çıkmıştır (Doğan ve Türkoğlu, 2018). Derin öğrenme algoritmalarında çok katmanlı bir YSA yapısı mevcuttur. Çok katmanlı YSA temelde giriş katmanı, gizli katmanlar ve çıkış katmanı olmak üzere üç katmandan oluşur.

Öğrenmeyi sağlayan tüm karmaşık işlemler ve öğrenme algoritmaları gizli katmanlarda uygulanır. Giriş ve çıkış katmanlarında herhangi bir işlem yapılmaz. Gizli katman ve çıkış katmanına ait nöron sayıları, çözülmek istenen sorunun içeriğine veya zorluğuna bağlı olarak değiştirilebilir. En popüler derin öğrenme modelleri; 2012 yılında Büyük Ölçekli Görsel Tanıma Yarışması'nı (ILSVRC-ImageNet 2012) kazanan Krizhevsky, Sutskever ve Hinton (2012) tarafından tasarlanan AlexNet; 2013 yılı ImageNet yarışmasını kazanan Matthew Zeiler ve Rob Fergus tarafından tasarlanan ZFNet (İnik ve Ülker, 2017); ImageNet yarışmasının 2014 yılı kazananı GoogLeNet (Szegedy ve diğerleri, 2015), ImageNet 2015 yarışmasının kazananı ResNet (He ve diğerleri, 2016) ve Oxford üniversitesi Görsel Geometri Grubu (VGG) tarafından tasarlanan VGG16 (Chen ve diğerleri, 2016) olarak sıralanabilir.

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

## c. Büyük Veri

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

Tablo 1. Derin öğrenme araştırma grupları ve çalışma alanları

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

Tablo 2. Büyük Veri Tanımları

Kaynak	Tanım	
SAS, 2019	Yapılandırılmış ve yapılandırılmamış bilgilerin kullanılabilirliği, üstel büyümesi ve kullanımını tanımlamak için kullanılan popüler bir terimdir.	Oracle, 2019
IBM, 2019	Her yerden gelen veri; örneğin çevre ve hava bilgilerini toplamak için kullanılan algılayıcılar, sosyal medya sitelerinde yapılan bildirimler, dijital fotoğraflar ve videolar veya cep telefonu GPS sinyalleri.	Gartner Inc., 2017
		NIST, 2018

Geleneksel verinin yanı sıra pek çok yeni veri yapısı ve yönetimini kapsayan bütüncül bir bilgi yönetimi stratejisini tanımlamaktadır.

Büyük veri, daha etkin bilgi ve karar verme için etkili maliyet, yenilikçi bilgi işleme biçimleri talep eden yüksek hacimli, yüksek hızlı ve çok çeşitli bilgi varlıklarıdır.

Verimli depolama, manipülasyon ve analiz için ölçeklenebilir bir mimari gerektiren geniş veri kümelerinden -öncelikle hacim, çeşitlilik, hız ve/veya değişkenlik özelliklerinde- oluşur.

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

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

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

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

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

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

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

Firican 2017) çıkarılmaktadır. Bu ek bileşenleri kısaca tanımlamak gerekirse:

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

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

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

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

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

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

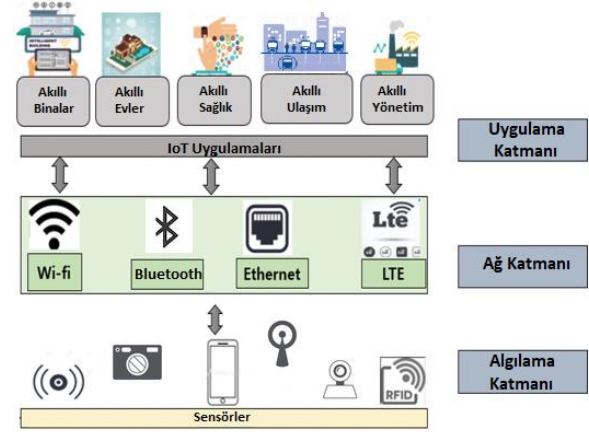


Bu veri tabanı tasarımları, yapısal dağınıklığa izin vererek depolama ve işleme maliyetleri düştüğü için büyük veri uygulamalarının hemen hemen hepsinde, NoSQL sistemler kullanılmaktadır (Schönberger ve Cukier, 2013). MapReduce dağıtık mimaride tutulan büyük boyutlu veri kümelerinin paralel ve hızlı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

### ç. Nesnelerin İnterneti

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

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



Şekil 1. Nesnelerin İnterneti 3 katlı mimari

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

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

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



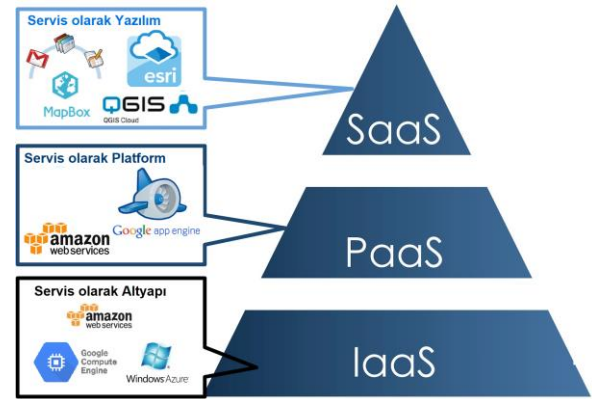
sonuçlarının gözlemlenebildiği katmandır (Çavdar ve Öztürk, 2018). Uygulamalarda haberleşme makineler arası iletişim (M2M), cihazdan-cihaza iletişim (D2D), cihazdan-sunucuya (D2S), sunucudan-sunucuya (S2S) olmak üzere yapılmaktadır (Işıkdağ, 2015; Oral ve Çakır, 2017). Bu katmanda MQTT ve CoAP gibi protokoller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

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

#### d. Bulut Bilişim

Bulut bilişim, çeşitli ve yüksek performanslı bilgi işlem ihtiyaçları için internete bağlanabilen herhangi bir aygıt üzerinden (örn. masaüstü bilgisayar, tablet veya akıllı mobil cihazlar) başka sunuculara bağlanarak yazılım veya veri depolama gibi farklı servisler üzerinde altyapı hizmeti alma modelidir. Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsüne (NIST) göre Bulut bilişim "en az yönetim hizmeti veya servis sağlayıcı müdahalesi ile hızla alınabilen ve verilebilen esnek yapıdaki ayarlanabilir bilişim kaynaklarının (ağ hizmeti, sunucu hizmeti, depolama hizmeti, uygulamalar ve diğer hizmetler gibi) paylaşıldığı

havuza, istendiğinde ve uygun bir şekilde ağ erişimi sağlayan bir model" olarak tanımlanmıştır. Bulut bilişim modelinde, belirli servis hizmetlerini tekli veya çoklu biçimde bir arada barındıran ve hizmet içinde esnek ayarlanabilirlik ile birlikte kullanıcıya sunma esası vardır. Söz konusu hizmetler sırası ile Servis olarak Yazılım (SaaS - Software as a Service), Servis olarak Platform (PaaS - Platform as a Service), Servis olarak Altyapı (IaaS - Infrastructure as a Service) (Şekil 2) ve bulut bilişim hizmetlerinin tümünü tek bir formda ya da farklılaştırarak ihtiyaca göre şekillendirerek sunulmasına Herhangi bir Hizmet (XaaS - Anything as a Service) olarak adlandırılır (Buyya ve diğerleri, 2009; Kim ve Tsou 2013).



Şekil 2. Bulut Bilişim servis katmanları

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

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

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

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

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

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

CBS'nin yakın tarihinde açık kaynak kodlu yazılım desteği, internet ve güçlenen bilgisayar donanımı gibi unsurlar o günler için yeni

gelişmeler ve trendler iken bugün hemen hepsi gerçekleşmiş ve günümüzde CBS uygulamalarının bir parçası konumundadır. 2009 yılında Roger Tomlinson ile yapılan kısa bir röportajda CBS'nin geleceği ile ilgili aşağıdaki öngörülerde bulunulmuştur (Dempsey, 2019):

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

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

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


Bu yenilikçi teknolojik gelişmeleri takip etmek ve değerlendirmek, CBS ile ilgili herhangi bir kurum, kuruluş veya ilgili için stratejik planlama sürecinin temelini oluşturmaktadır. Son yıllardaki teknolojik gelişmelerin kısa bir süre zarfında CBS ile entegrasyonun hemen gerçekleşmesi beklenemez. Mevcut projelerin entegrasyonu belki küçük ölçekli çalışmalar ve kısmi uygulamalar için kısa sürede mümkün olsa da büyük çaplı projeler için belli bir planlama süresi ve ön hazırlık çalışmaları gerekmektedir. Bu durumda, devlet kurumlarından bireysel kullanıcılara kadar ki geniş bir yelpaze içerisinde, mevcut CBS yetenekleri gelecekte öngörülen gelişmelere kısa ve uzun vadede belirlenen strateji ile hazır olmalıdır. Bu anlamda, belirlenen Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) stratejisi kapsamında, coğrafi verinin yönetimi, birlikte çalışılabilirliği ve gelişen teknolojilerin kullanımına yönelik sorumluluklar ve uygulama süreçleri tanımlanmalıdır. Kısa vadede, eğitim, uzmanlaşma, altyapı eksiklikleri, yasal düzenlemeler gibi ön hazırlık çalışmaları ilk stratejik yatırımlar olacaktır. Özellikle kurulum ve uygulama aşamasında görevli uzman çalışanlar yeni teknolojik konular hakkında bilgilendirilmeli, ileri dönemlerde aksaklık olmaması amacıyla kapasite geliştirme çalışmaları yapılmalıdır. Uzun vadede ise şu anın ve geleceğin ön görülerek

hem mevcut altyapıyı güçlendirmek hem de gelecekteki gelişmeleri yakalayabilmek için gerekli donanımsal altyapı hazırlığı yapılmalıdır. Nesnelerin interneti gibi büyük veri üreten servislerin altyapı gereksinimlerini karşılamak için bulut kaynakları, en gelişmiş depolama ve işleme özelliklerini yerine getirebilecek sunucular hazır edilmelidir. Ayrıca dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardan bir diğeri de veri güvenliği ve kişisel bilgilerin korunması konusunda gerekli yasal altyapının teknolojik gelişmelere göre geliştirilmesi ve yeni düzenlemelerin planlanmasıdır. Yasal düzenlemelerin yanısıra, sadece ülke için hizmet edecek ve denetlenebilecek sunucular ile veri güvenliği koruma altına alınmalıdır.

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

## ORCID

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

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

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

## KAYNAKLAR

- Adalı, E. (2017). Yapay Zekâ. *İTÜ Vakıf Dergisi*, 75, 8-13. Erişim Adresi: <http://www.itu.edu.tr/docs/default-source/haber-sl%C4%B1der---ekler/sayi75.pdf?sfvrsn=2>
- Agrahari, A. ve Rao, D. (2017). Big Data: Technologies, Tools and Trends. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(10), 640-649. Erişim Adresi: <https://www.irjet.net/archives/V4/i10/IRJET-V4I10112.pdf>
- Al Nuami, E., Al Neyadi, H., Mohamed, N., Al-Jaroodi, J. (2015). Applications of big data to smart cities. *Journal of Internet Services and Applications*, 6(25). Doi: 10.1186/s13174-015-0041-5
- Alfaqih, T.M. ve Hassan, M.M. (2016). GIS Cloud: Integration between Cloud Things and Geographic Information Systems (GIS) Opportunities and Challenges. *International Journal of Computer Systems (IJCS)*, 3(5), 360-365. Erişim Adresi: [http://www.ijcsonline.com/IJCS/Vol03\\_Issue05/GIS\\_Cloud\\_Integration\\_between\\_Cloud\\_Things\\_and\\_Geographic\\_Information\\_Systems\\_GIS\\_Opportunities\\_and\\_Challenges.pdf](http://www.ijcsonline.com/IJCS/Vol03_Issue05/GIS_Cloud_Integration_between_Cloud_Things_and_Geographic_Information_Systems_GIS_Opportunities_and_Challenges.pdf)
- Apte, J.S., Messier, K.P., Gani, S., Brauer, M., Kirchstetter, T.W., Lunden, M.M., Marshall, J.D., Portier, C.J., Vermeulen, R.C.H. ve Hamburg, S.P. (2017). High-resolution air pollution mapping with Google street view cars: exploiting big data. *Environmental Science and Technology*, 51, 9333-7008. Doi: 10.1021/acs.est.7b00891
- Atalay M. ve Çelik E. (2017). Büyük Veri Analizinde Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Uygulamaları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(22), 155 – 172. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/387269>
- BalaAnand, M., Karthikeyan, N., Karthik, S. ve Sivaparthipan, C. B. (2017). A Survey on BigData with Various V's on comparison of Apache Hadoop and Apache Spark. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 11(4), 362-369. Erişim Adresi: <https://go.gale.com/ps/anonymouse?id=GALE%7CA498845553>
- Bengio, Y., Lamblin, P., Popovici D. ve Larochelle, H. (2006). Greedy layer-wise training of deep networks. *Proceedings of the 19th International Conference on Neural Information Processing Systems*, 153-160. Erişim Adresi: <http://www.iro.umontreal.ca/~lisa/pointeurs/BengioNips2006All.pdf>
- Beulke, D. (2011). *Big data impacts data management: The 5 Vs of big data*. Erişim Adresi: <http://www.DaveBeulke.com>
- Brdar, S., Gavric, K., Culibrk, D. ve Crnojevic, V. (2016). Unveiling spatial epidemiology of HIV with mobile phone data. *Scientific Reports*, 6, 19342. Doi: 10.1038/srep19342 (2016).
- Buyya, R., Pandey, S. ve Vecchiola, C. (2009). *Cloudbus Toolkit for Market-oriented Cloud Computing*. M. Jaatun, G. Zhao ve C. Rong (Ed.), Cloud Computing (s.2444) içinde. Berlin, Heidelberg: Springer. Doi: 10.1002/9781118640708.ch14
- Chen H., Chiang R.H.L. ve Storey, V.C. (2012). Business intelligence and analytics: from big data to big impact. *MIS Q*, 36, 1165-1188. Doi: 10.1016/c2015-0-01169-8
- Chen, L. C., Papandreou, G., Kokkinos, I., Murphy, K. ve Yuille, A. L. (2016). *Deeplab: Semantic image segmentation with deep convolutional nets, atrous convolution, and fully connected CRFs*. Cornell Üniversitesi Arşivi, arXiv:1606.00915. Doi: 10.1109/tpami.2017.2699184
- Chen, M., Mao, S., Zhang, Y. ve Leung, V. C. M. (2014). *Big data: related technologies, challenges and future prospects*. Springer Briefs in Computer Science. Doi: 10.1007/978-3-319-06245-7
- Chrisman, N. R. (1998). *Academic origins of GIS*. T. W. Foresman (Ed.), The history of geographic information systems: Perspectives from the pioneers (s. 33–43) içinde. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Coppock, John, T. ve David, W. R. (1991). *The History of GIS*. D.J. Maguire, M. F. Goodchild ve D. W. Rhind (Ed.), Geographical Information Systems. (s. 21–43) içinde. London: Longman.
- Çavdar, T. ve Öztürk E. (2018). Nesnelerin interneti için yeni bir mimari tasarımı. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 39-48. Erişim Adresi: <http://www.saujs.sakarya.edu.tr/tr/download/article-file/340882>

- Çetin, Y. (2014). *MapReduce Kullanarak RDFS Üzerinde Dağıtık Çıkarsama* (Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi. (UMI No:361082)
- Dean, J. ve Ghemawat, S. (2004, Aralık). *MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters*. Sixth Symposium on Operating System Design and Implementation, San Francisco, CA. Erişim Adresi: <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/tr//archive/mapreduce-osdi04.pdf>
- Delalleau, O. ve Bengio, Y. (2011). Shallow vs. Deep sum-product networks. *Proceedings of the 24th International Conference on Neural Information Processing Systems*, 556-565. Erişim Adresi: <https://papers.nips.cc/paper/4350-shallow-vs-deep-sum-product-networks.pdf>
- Demchenko, Y. ve Membrey, P. (2014, Mayıs). *Defining Architecture Components of the Big Data Ecosystem*. International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS), Minneapolis, MN, USA. Doi:10.1109/CTS.2014.6867550
- Dempsey, C. (2019). *Future of GIS*. Erişim Adresi: <https://www.gislounge.com/future-of-gis/>
- Di, Q., Kloog, I., Koutrakis, P., Lyapustin, A., Wang, Y. ve Schwartz, J. (2016). Assessing PM2.5 exposures with high spatiotemporal resolution across the continental United States. *Environmental Science and Technology*, 50(9), 4712–21. Doi: 10.1021/acs.est.5b06121
- Doğan, F. ve Türkoğlu, İ. (2018). Derin Öğrenme Algoritmalarının Yaprak Sınıflandırma Başarımlarının Karşılaştırılması. *Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences*, 1, 9-21. Erişim Adresi: <http://saucis.sakarya.edu.tr/tr/download/article-file/479189>
- Doğan, K. ve Arslantekin, S. (2016). Büyük Veri: Önemi, Yapısı ve Günümüzdeki Durum. *TCF Dergisi*, 56(1), 15-36. Doi: 10.1501/Dtcfder\_0000001461
- Drummond, W.J. ve French, S.P. (2008). The Future of GIS in Planning: Converging Technologies and Diverging Interests. *Journal of the American Planning Association*, 74, 161-174. Doi: 10.1080/01944360801982146
- Du, P., Chen, J., Sun, Z., Li, Y. (2015, Kasım). *Design of an IoT-GIS emergency management system for public road transport networks*. 1st ACM SIGSPATIAL International Workshop, Washington, USA. Doi: 10.1145/2835596.2835611
- Elmas, Ç. (2011). *Yapay Zekâ Uygulamaları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Emekli, H., Guney, C. (2019). Toward building a 3D Web-based spatial decision framework for apartment selection. *Journal of Housing and the Built Environment*, 34(3), 769-789. Doi: 10.1007/s10901-019-09663-1
- Fang, S., Xu, L. D., Zhu, Y., Ahati, J., Pei, H., Yan, J., Liu, Z. (2014). An Integrated System for Regional Environmental Monitoring and Management Based on Internet of Things. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(2), 1596-1605. Erişim Adresi: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6725615>
- Firican, G. (2017). *The 10 Vs of Big Data*. Erişim Adresi: <https://tdwi.org/articles/2017/02/08/10-vs-of-big-data.aspx>.
- Foresman, T. W. (1998). *The History of Geographic Information Systems: Perspectives from the Pioneers*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR. Doi: 10.5860/choice.36-2183
- Fosso Wamba, S., Akter, S., Edwards, A., Chopin, G. ve Gnanzou, D. (2014). How 'big data' can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study. *International Journal of Production Economics*, 165, 234-246. Doi: 10.1016/j.ijpe.2014.12.031
- Gartner INC., (2017). Erişim Adresi: <http://www.gartner.com/it-glossary/bigdata/>
- Görçün, Ö. F. (2016). *Endüstri 4.0 Dördüncü Endüstri Devrimi*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Guney, C., Girginkaya, S.A., Cagdas, G., Yavuz, S., (2012). Tailoring a geomodel for analyzing an urban skyline. *Landscape and Urban Planning*, 105(1-2), 160-173. Doi: 10.1016/j.landurbplan.2011.12.016
- Hashem, I. A. T., Yaqoob, I., Anuar, N. B., Mokhtar, S., Gani, A. ve Ullah Khan, S. (2015). The rise of "big data" on cloud computing: *Review and open research issues*. *Information Systems*, 47, 98–115. Doi: 10.1016/j.is.2014.07.006

- He, K., Zhang, X., Ren, S. ve Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 770-778. Doi: 10.1109/cvpr.2016.90
- Helmi, A.M., Farhan, M.S. ve Nasr, M.M. (2018) A framework for integrating geospatial information systems and hybrid cloud computing. *Computer & Electrical Engineering*, 67, 145-158. Doi: 10.1016/j.compeleceng.2018.03.027
- Hinton, G. E. ve Salakhutdinov, R. R. (2006). Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks. *Science*, 313(5786), 504–507. Doi: 10.1126/science.1127647
- Internet of Things Global Standards Initiative, (2012). Erişim Adresi: <https://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>
- İşıkdağ, Ü. (2015, Ekim). BIM and IoT: A Synopsis from GIS Perspective. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-2/W4. Doi: 10.5194/isprsarchives-xl-2-w4-33-2015
- İnik, Ö. ve Ülker, E. (2017). Derin Öğrenme ve Görüntü Analizinde Kullanılan Derin Öğrenme Modelleri. *Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research*, 6(1), 85-104. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/380999>
- James, P., Jankowska, M., Marx, C., Hart, J.E., Berrigan, D., Kerr, J., Hurvitz, P.M., Hipp, J.A. ve Laden, F. (2016). Spatial energetics”: integrating data from GPS, accelerometry, and GIS to address obesity and inactivity. *American Journal of Preventive Medicine*, 51(5), 792–800. Doi: 10.1016/j.amepre.2016.06.006
- Jin, X., Wah, B. W., Cheng X. ve Wang, Y. (2015). Significance and Challenges of Big Data Research. *Big Data Research*, 2, 59–64. Doi: 10.1016/j.bdr.2015.01.006
- Khan, M. A., Uddin, M. F. ve Gupta, N. (2014, Nisan). *Seven V's of Big Data: Understanding Big Data to extract Value*. Conference of the American Society for Engineering Education, Bridgeport, CT, USA. Doi: 10.1109/aseezone1.2014.6820689
- Kim, I.H. ve Tsou, M.H. (2013). Enabling Digital Earth simulation models using cloud computing or grid computing - two approaches supporting high-performance GIS simulation frameworks. *International Journal of Digital Earth*, 6, 383-403. Doi:10.1080/17538947.2013.783125
- Krajcak, S. ve Tuwanur, P. (2015, Eylül). A Survey on IoT Architectures, Protocols, Applications, Security, Privacy, Real-World Implementation And Future Trends. 11th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM), Shanghai, Çin. Doi: 10.1049/cp.2015.0714
- Krizhevsky, A., Sutskever, I. ve Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in neural information processing systems*, 25(2), 1097-1105. Doi: 10.1145/3065386
- Landmark Solutions, (2015). *The 7 pillars of Big Data. White Papers*. Erişim Adresi: [https://www.landmark.solutions/Portals/0/LMS Docs/Whitepapers/The\\_7\\_pillars\\_of\\_Big\\_Data\\_Whitepaper.pdf](https://www.landmark.solutions/Portals/0/LMS Docs/Whitepapers/The_7_pillars_of_Big_Data_Whitepaper.pdf)
- Li, S., Dragicevic, S., Castro, F. A., Sester, M., Winter, S., Coltekin, A., Pettit, C., Jiang, B., Haworth, J. ve Stein, A. (2016). Geospatial big data handling theory and methods: a review and research challenges. *The ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 115, 119–33. Doi: 10.1016/j.isprsjprs.2015.10.012
- Lin, Y., Chiang, Y.Y., Pan, F., Stripelis, D., Ambite, J.L., Eckel, S.P. ve Habre, R. (2017, Kasım). *Mining Public Datasets for Modeling Intra-City PM2.5 Concentrations at a Fine Spatial Resolution*. International Conference on Advances in Geographic Information Systems, Redondo Beach, CA, USA. Doi: 10.1145/3139958.3140013
- Mann, S. ve Benwell, G. L. (1996). The integration of ecological, neural and spatial modeling for monitoring and prediction for semi-arid landscapes. *Computers and Geosciences*, 22(9), 1003- 1012. Doi: 10.1016/s0098-3004(96)00038-6
- Matharu, G.S., Upadyay, P. ve Chaudhary, L. (2014, Aralık). *The Internet of Things: Challenges & Security Issues*. International Conference on Emerging Technologies (ICET), Islamabad, Pakistan. Doi: 10.1109/icet.2014.7021016

- McCulloch, W. S. ve Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5(4), 115–133. Doi: 10.1007/bf02478259
- Microsoft Research. (2013). *The Big Bang: How the Big Data Explosion Is Changing the World*. Erişim Adresi: <https://news.microsoft.com/2013/02/11/the-big-bang-how-the-big-data-explosion-is-changing-the-world/>
- Miloudi, L. ve Rezeg, K. (2018, Ekim). *Leveraging the Power of Integrated Solutions of IoT and GIS*. 3rd International Conference on Pattern Analysis and Intelligent Systems (PAIS), Tabessa, Cezayir. Doi: 10.1109/pais.2018.8598500
- Montufar, G. F. (2014). Universal approximation depth and errors of narrow belief networks with discrete units. *Neural computation*, 26(7), 1386–1407. Doi: 10.1162/neco\_a\_00601
- Mutlu, H. E. (2018). *Hiperspektral Görüntü ve Lidar Verisinin Derin Öğrenme ile Sınıflandırılması* (Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi. (UMI No:493938)
- Mutlu, H. E. (2018). *Hiperspektral Görüntü ve Lidar Verisinin Derin Öğrenme ile Sınıflandırılması*. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1*, 172-177. Erişim Adresi: <http://hdl.handle.net/11655/4183>
- NIST, (2018). *Big Data Interoperability Framework: Definitions*. Information Technology Laboratory-National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg. Doi: 10.6028/nist.sp.1500-1r1
- Olaya, V. (2018). *Introduction to GIS*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- IBM, (2019). *Official Webpage of IBM Company*. (2019). Erişim Adresi: <http://www.ibm.com/software/data/bigdata/>
- SAS, (2019). *Official Webpage of SAS Company*. (2019). Big Data: What it is and why it matters. Erişim Adresi: <http://www.sas.com/big-data/>
- Oracle, (2019). *Official Webpage of Oracle Company*. (2019). Erişim Adresi: <http://www.oracle.com/big-data/guide/what-is-big-data.html>
- Openshaw, S. (1992). Some suggestions concerning the development of artificial intelligence tools for spatial modelling and analysis in GIS. *The Annals of Regional Science*, 26, 35-51. Doi: 10.1007/978-3-642-77500-0\_2
- Oral, O. ve Çakır, M. (2017). Nesnelerin İnterneti Kavramı ve Örnek Bir Prototipin Oluşturulması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1*, 172-177. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/328807>
- Özvural, G. (2015). *Nesnelerin İnterneti İçin Sistem Tasarımı ve Kablosuz Kişisel Alan Ağlarında Ağ Kodlama Uygulamaları* (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul). YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi. (UMI No:397971)
- Russom, P. (2011). *The Three Vs of Big Data Analytics: VOLUME*. Erişim Adresi: <https://tdwi.org/blogs/tdwi-blog/2011/06/three-vs-of-big-data-analytics-1-data-volume.aspx>
- Sağıroğlu, S. ve Sinanç, D. (2013, Mayıs). Big data: A review. International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS). San Diego, USA. Erişim Adresi: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6567202>
- Schönberger, V. M. ve Cukier K. (2013). *Büyük Veri: Yaşama Çalışma ve Düşünme Şeklimizi Dönüştürecek Bir Devrim*. İstanbul: Paloma.
- Shahrokni, H., Van der Heijde, B., Lazarevic, D., ve Brandt, N. (2014, Ağustos). *Big data GIS analytics towards efficient waste management in Stockholm*. The 2nd International Conference ICT for Sustainability, Stockholm, Sweden. Doi: 10.2991/ict4s-14.2014.17
- Suo, H., Wan, J., Zou, C. ve Liu, J. (2012, Mart). *Security in the Internet of Things: A Review*. International Conference on Computer Science and Electronics Engineering, Hangzhou, Çin. Erişim Adresi: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6188257>
- Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., ve Rabinovich, A. (2015). *Going Deeper with Convolutions*. Cornell Üniversitesi Arşivi, arXiv:1409.4842. Doi: 10.1109/cvpr.2015.7298594



- Şeker, A. (2017). *Derin Öğrenme Yöntemleri ve Uygulamaları Hakkında Bir İnceleme*. Doktora Semineri, Yıldız Teknik Üniversitesi. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/394923>
- Tao, W. (2013). Interdisciplinary urban GIS for smart cities: advancements and opportunities. *Geo-spatial Information Science*, 16(1), 25-34. Doi: 10.1080/10095020.2013.774108
- TechAmerica Foundation's Federal Big Data Commission, (2012). *Demystifying big data: A practical guide to transforming the business of Government*. Erişim Adresi: [https://bigdatawg.nist.gov/\\_uploadfiles/M0068\\_v1\\_3903747095.pdf](https://bigdatawg.nist.gov/_uploadfiles/M0068_v1_3903747095.pdf).
- Tektaş, M., Akbaş, A. ve Topuz, V. (2002, Mayıs). *Yapay zekâ tekniklerinin trafik kontrolünde kullanılması üzerine bir inceleme*. Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi ve Fuarı, Ankara, Türkiye. Erişim Adresi: <http://kadirgurbetci.com.tr/yonetim/dosya/0444e4fab9hnk.pdf>
- Tomlinson, R. (1998). *The Canadian geographic information system*. T. W. Foresman (Ed.), The history of geographic information systems: Perspectives from the pioneers. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Uygunoğlu, T. ve Yurtçu, Ş. (2006). Yapay Zekâ Tekniklerinin İnşaat Mühendisliği Problemlerinde Kullanımı. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1, 61–70.
- Viceconti, M., Hunter, P. ve Hose, R. (2015). Big Data, Big Knowledge: Big Data for Personalized Healthcare. *IEEE Journal Of Biomedical And Health Informatics*, 19(4), 1209-1215. Doi: 10.1109/jbhi.2015.2406883
- VoPham, T., Hart, J. E., Laden, F. ve Chiang, Y. Y. (2018). Emerging trends in geospatial artificial intelligence (geoAI): potential applications for environmental epidemiology. *Environmental Health*, 17, 40. Doi: 10.1186/s12940-018-0386-x
- Vozenilek, V. (2009, Kasım). *Artificial intelligence and GIS: mutual meeting and passing*. International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, INCoS 2009, Spain, Barcelona. Doi: 10.1109/incos.2009.83
- Waters, N. (2017). *GIS: History*. D. Richardson, N. Castree, M. F. Goodchild, A. Kobayashi, W. Liu ve R. A. Marston. (Ed.), International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology. USA: John Wiley & Sons, Ltd. Doi:10.1002/9781118786352.wbieg0841
- White, M. (2012). Digital workplaces: vision and reality. *Business information review*, 29(4), 205–214. Doi: 10.1177/0266382112470412
- Wieczorek W.F. ve Delmerico, A.M. (2009). Geographic Information Systems. *Computation Stat*, 1, 167-186. Doi:10.1002/wics.21
- Yang, C.W., Goodchild, M., Huang Q., Nebert, D., Raskin, R. ve Xu, Y. (2011). Spatial cloud computing: how can the geospatial sciences use and help shape cloud computing? *International Journal of Digital Earth*. 4, 305-329. Doi: 10.1080/17538947.2011.587547
- Yang, Z., Yue, Y., Yang, Y., Peng, Y., Wang, X. ve Liu, W. (2011, Temmuz). *Study and Application on the Architecture and Key Technologies for IOT*. 2011 International Conference on Multimedia Technology, Hangzhou, Çin. Doi: 10.1109/icmt.2011.6002149
- Yen, J. ve Langari, R. (1999). *Fuzzy Logic: Intelligence, Control, and Information*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall.
- Yin, S. ve Kaynak O. (2015). Big Data for Modern Industry: Challenges and Trends. *Point of View*, 103(2), 143-146. Doi: 10.1109/jproc.2015.2388958
- Yomralloğlu, T. (2002). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar*. (2. Baskı). Trabzon: Akademi kitapevi.