



HABERLEŞME UYGULAMALARINDA UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNİN KULLANIMI

Ümit Güler^{1*}, Mehtap ÖZENEN-KAVLAK², Müge DEMİR ÇAKIR³, Serhat AYDEMİR⁴, Hatice Selin AYDEMİR², Şeyma BERK ACET², Hakan Oktay AYDINLI⁵, Mahdi Hassan PASHAEİ²

¹ Türksat Uydu Haberleşme Kablo TV ve İşletme A.Ş., Gölbaşı, Ankara, Türkiye.

² Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye.

³ Müge Çakır Demir Mimarlık Hizmetleri, Eskişehir, Türkiye.

⁴ Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş., Eskişehir, Türkiye.

⁵ BeSafe Danışmanlık, Çankaya, Ankara, Türkiye.

Anahtar Kelimeler

*Coğrafi Bilgi Sistemleri,
Haberleşme,
Uzaktan Algılama.*

Öz

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) yöntemleri çok uzun süredir tarım, haritacılık, hidroloji, jeoloji, madencilik, ormancılık, çevre, şehircilik, afet yönetimi ve arkeoloji gibi çok farklı faaliyet alanlarında, disiplinler arası iş birliğine dayalı olarak farklı yöntemlerle birlikte kullanılmaktadır. UA tarafında farklı mekânsal, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlüğe sahip algılayıcılardan elde edilen fotoğraflar kullanılarak çok çeşitli analizler yapılmakta, bunun sonucunda da planlama süreçleri yürütülmektedir. CBS alanında ise özel yazılım, donanım ve veri tabanı sistemleri kullanılarak coğrafi analizler yapılması noktasında her türlü bilginin birbiri ile ilişkilendirilmesi, işlenmesi, depolanması, analiz edilmesi ve değişiminin izlenmesi sağlanabilmektedir. Ancak haberleşme alanında UA ve CBS kullanımı incelendiğinde, dünya çapında yapılan örnekler bulunmakla birlikte Türkiye’de henüz yeni gelişmekte olan bir alan olduğu dikkat çekmektedir. Bu kapsamda düşünüldüğünde bu çalışmada literatürde Dünya ve Türkiye örneklerinin incelenmesi, UA ve CBS’nin haberleşme altyapı sistemlerinin tasarımı, planlanması, gerekli analizlerinin yapılması ve karar destek süreçlerine katkısının irdelenmesi amaçlanmaktadır. Bu sayede alanında yapılacak olan çalışmalara altlık teşkil edecek örnek bir çalışma ortaya koyulacaktır.

UTILIZATION OF REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR TELECOMMUNICATION APPLICATIONS

Keywords

*Geographic Information System,
Telecommunication,
Remote Sensing.*

Abstract

Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) methods have been used for a long time in many different fields of activity such as agriculture, cartography, hydrology, geology, mining, forestry, environment, urbanism, disaster management, and archeology together with different methods based on interdisciplinary cooperation. Thanks to RS, a wide variety of analyzes are carried out using photographs obtained from sensors with different spatial, spectral, radiometric, and temporal resolutions, and as a result, planning processes are carried out. In the field of GIS, it is possible to process, store, analyze, monitor the change and associate with each other all kinds of information, at the point of geographical analysis by using special software, hardware, and database systems. However, when the use of RS and GIS in the field of telecommunication is examined, it draws attention that it is a newly developing field in Turkey, although there are

* İlgili yazar / Corresponding author: uguler@turksat.com.tr, +90-530-592-3436

examples from around the world. Considering in this context, , it is aimed in this study to examine the World and Turkey examples in the literature and to examine the contribution of RS and GIS to the design and planning of telecommunication infrastructure systems, making necessary analyzes and decision support processes. In this way, an exemplary study will be presented that will serve as a basis for the studies to be carried out in the field.

Alıntı / Cite

Güler, Ü., Özenen-Kavlak, M., Demir Çakır, M., Aydemir, H.S., Berk Acet, Ş., Aydın, H.O. ve Pashaei, M.H., (2022). Haberleşme Uygulamalarında Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 10(2), 761-775.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Ü. Güler, 000-0002-6376-9269
M. Özenen-Kavlak, 0000-0002-5369-4494
M. Demir Çakır, 0000-0002-6885-7188
S. Aydemir, 0000-0001-5237-6083
H.S. Aydemir, 0000-0002-7903-9535
Ş. Berk Acet, 0000-0002-7903-9535
H.O. Aydın, 0000-0001-9596-0079
M.H. Pashaei, 0000-0003-4944-9979

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	25.09.2021
Revizyon Tarihi / Revision Date	02.12.2021
Kabul Tarihi / Accepted Date	11.12.2021
Yayın Tarihi / Published Date	30.06.2022

1. Giriş (Introduction)

CBS, konuma dayalı verilerin işlenmesi, düzenlenmesi, depolanması ve analiz edilebilmesi konularında karar vericilere eşsiz imkanlar sağlamaktadır. CBS alanında iletişim ve bilgi işleme kanalları özeline inildiğinde ise jeoinformatik kavramı ile karşılaşmaktadır. Jeoinformatik, yer bilimi verilerinin ve uygulamalarının entegrasyonu ve analizi yoluyla yeni bilgilerin keşfedilmesine yönelik bir bilişim çerçevesidir (Xue, Cracknell ve Guo, 2002). Burada UA, CBS, GPS, haritacılık, hidroloji, klimatoloji, hava fotoğrafçılığı ve fotogrametri konuları bütüncül bir yaklaşımla ele alınmaktadır (Sinha vd., 2010). Son yıllarda iletişim, veri tabanı yönetimi, görüntü işleme mekanizmaları, uzman sistemler ve yapay zekâ gibi alanlarda gerçekleşen hızlı gelişmelere bağlı olarak konuma dayalı verinin işlenmesi ve analiz edilmesi konularında yeni ürün tasarımları ile teknolojik gelişmelerde bir atılım sağlanmıştır.

CBS'nin yaygınlığı araştırıldığında kullanımının planlama faaliyetlerinde sıklıkla tercih edildiği görülmektedir (Dennis Jr, 2006; Liang ve Liu, 2014; Stevens, Dragicevic ve Rothley, 2007). Çünkü planlama görevleri için çok çeşitli katmanlardan oluşan haritalar ve veri kaynaklarının aynı anda kendi nitelik ve niceliklerinin özellikleri dikkate alınarak analiz edilmesine ihtiyaç bulunmaktadır (Couclelis, 1991). Geçmişte kullanılan sistemlerde analize başlamadan önce gerekli tüm haritaların ve dokümanların (tapu kadastro, yerinde inceleme, toprak analizi, orman inceleme, vb.) farklı yerlerdeki farklı kaynaklardan toplanarak bir araya getirilmesi, farklı ölçeklerde ve projeksiyonlarda olabilen bu verilerin aynı ölçek ve projeksiyona sahip çalışma ortamına dönüştürülmeleri gerekiyordu (Karimi ve Motamed, 2003). El yordamı ile gerçekleştirilen bu süreçler çok maliyetli ve zaman alıcıydı. Günümüzde CBS yardımıyla haritalar sayısal ortamda dünya standartlarına göre koordinat sistemlerine uyumlu bir şekilde (metre veya feet) saklanmakta böylece ölçek dönüştürme ihtiyacı ortadan kalkmaktadır (Kainz, 2004). Buna ek olarak projeksiyon dönüşümleri bilgisayarlar yardımıyla kolaylıkla yapılabilmekte ve mekânsal analiz fonksiyonları planlanan görevler için uygulanabilmektedir. Böylelikle analiz yapma süreci hızlanmakta ve güncelleme, düzenleme ve depolama kabiliyeti artmaktadır.

Teknolojinin gelişimine bağlı olarak yaşanan bir diğer atılım da UA sektöründe gerçekleşmiştir. UA cisimlere temas etmeden, uzaktan algılama teknolojileri kullanılarak onların fiziksel özellikleri hakkında bilgi edinilmesidir (Jia ve Stein, 2017). UA verisinin elde edilmesi için çoğunlukla uydu üzeri algılayıcılar kullanılsa da balon ya da uçak gibi hava araçlarına yerleştirilen algılayıcılar da kullanılabilir (Uça Avcı, Uça Güneş ve Çabuk, 2015). UA kullanılarak elektromanyetik spektrumun geniş bir bölgesinde bir veya birden fazla farklı bant aralıklarında ölçülen gözlem verileri ile cisimleri tespit etmek, ayırt etmek ve sınıflandırmak gibi amaçlara ulaşılması mümkün olmaktadır (Kennedy vd., 2009). UA ile elde edilen görüntülerde öne çıkan özellikler, mekânsal, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlük kavramlarıdır. Mekânsal çözünürlük bir sensör sisteminin anlık olarak algıladığı yer yüzeyini, spektral çözünürlük sensörlerin elektromanyetik spektrumda çalıştığı dalga boylarını, zamansal çözünürlük uydunun yer üzerinde belirlenmiş yörüngesi içerisindeki periyoditesini, radyometrik çözünürlük ise sensör sistemi tarafından elde edilen spektral tepkisini ölçmek için kullanılan sinyal yoğunluk aralığını ifade etmektedir (Walsh, Butler ve Malanson, 1998). Buradan yola çıkılarak çeşitli platformlardan elde

edilen yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarının CBS ile entegre bir şekilde analiz edilebileceği UA yöntemleri geliştirilmiştir. Bu sayede farklı görüntüler işlenerek çeşitli disiplinlerde önemli kazanımlar sağlanmıştır (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2011).

Bu çalışmanın amacı, UA ve CBS'nin haberleşme altyapı sistemlerinde kullanım olanaklarının araştırılması ve karar destek süreçlerine olan katkılarının ortaya konularak, haberleşme bilgi kaynakları yönetiminde etkin bir şekilde rol alıp alamayacağını irdelenmesidir. Bu kapsamda literatürdeki Dünya ve Türkiye örnekleri incelenerek mevcut durum ortaya konulacak, geleceğe dönük çözüm önerileri sunulacaktır.

2. CBS ve UA'nın Tarihi (The History of GIS and RS)

Dünya'nın en eski bilimlerinden birisi haritacılıktır. İlk çağda yaşayan ve öncelikli amacı yaşamak için beslenmek olan insanlar, avlanma ve beslenme bölgelerini, kendilerinin oluşturdukları ortak bir işaret dili ile kayalara oyarak, günümüzün modern haritacılığına dair temelleri atmışlardır. Yazının bulunmasından bile önce insanlar, temel harita figürlerini kullanmışlardır. Bugün bilinen en eski harita benzeri kalıntının tarihinin M.Ö. 6200 olarak belirlenmesi, buna karşın yazının tarihinin M.Ö. 3000 olarak kabul edilmesi bu görüşü destekleyici karakterdedir (Last, 1998).

18. ve 19 yüzyıllarda oluşturulan, çeşitli sorunların tespiti ve çözümü için kullanılan haritalar CBS'nin başlangıcı olarak adlandırılabilir. İlk örnekler olarak, 1781 yılında Louis-Alexandre Berthier tarafından yapılan Yorktown Savaşı Birlik Hareketleri Haritası, 1819 yılında Charles Dupin tarafından yapılan Fransa Nüfus Yoğunluğu ve Suç Haritaları ve 1854 yılında John Snow tarafından yapılan Londra Kolera Salgını-Su Kaynakları İlişkisi Haritası karşımıza çıkmaktadır (Waters, 1998). Dr. Snow, salgın yerleri, yollar, mülk sınırları ve su yollarını haritalamış, kolera vakalarının su yolları boyunca ortaya çıktığını ve su pompası etrafında yoğunlaştığını göstermiştir (Şekil 1). Coğrafya ile halk sağlığını birbirine bağlayan önemli bir gelişme olan bu harita, sadece mekânsal analiz başlangıcı olmakla kalmamakta, aynı zamanda epidemiyoloji alanının başlangıcı olma özelliğini de taşımaktadır. Bu açıdan Dr. Snow'un çalışması, CBS'nin, sorunları çözen bir araç olduğunu göstermektedir (GISGeography, 2021).



Şekil 1. Dr. John Snow'un kolera salgını haritası (Dr. John Snow's cholera epidemic map) (Geraghty, 2016)

20.yüzyıla gelindiğinde teknolojinin de gelişmesiyle birlikte haritalama teknikleri gelişmeye başlamıştır. İlk olarak 1950'li yıllarda Jacqueline Tyrwhitt tarafından ortaya konulan manuel çakıştırma (manuel map overlay) mantığı, 1960'lı yıllarda McHarg tarafından yeniden yorumlanmıştır (Değerliyurt ve Çabuk, 2015). Bu yorum, McHarg'ın Desing with Nature isimli çalışmasında CBS'nin temel mantığını oluşturan çakıştırma (map overlay) örneğinin verilmesi ile zenginleştirilmiştir (McHarg, 1969). Böylece CBS'nin oluşturulmasında da bu mantık kullanılmış ve katman işlevi ortaya çıkmıştır. Waldo Tobler, 1959 yılında MIMO (map in map out) olarak adlandırılan temel bir CBS modeli tasarlamıştır. MIMO sistemindeki amaç; verilerin koordinatlandırılması, saklanması, analiz edilmesi ve görüntülenmesi işlemlerinin bütünüdür (Tobler, 1959). İlk kez çalışan bir CBS programı, 1963 yılında Ottawa'da Federal Ormanlık ve Kırsal Kalkınma Bakanlığı'nca kurulmuştur. Bu program Dr. Roger Tomlinson tarafından geliştirilmiştir. Kanada Coğrafi Bilgi Sistemi (CGIS) adı verilen çalışmada, ziraat, topraklar, yaban hayatı,

su akışı, ormancılık ve arazi kullanımı ile ilgili bilgiler 1:50.000 ölçeğinde haritalandırılmıştır. Kırsal Kanada'nın arazi kabiliyetini tespit etmek amacıyla Kanada Arazi Envanteri (Canada Land Inventory) için toplanan verilerin saklanması, incelenmesi ve işlenmesi bu sistem ile gerçekleştirilmiştir. CGIS dünyadaki bu türden ilk sistem olup, yerleşim, ölçüm ve sayısallaştırma/tarama yeteneklerini sağladığı için harita uygulamalarında bir ilerleme olarak kabul edilmektedir (Tomlinson, 1967). 1966 yılında ise Edgar Horwood tarafından oluşturulan URISA (Kentsel ve Bölgesel Bilgi Sistemleri Kuruluşu) programı Berkeley konferansında resmen kabul edilmiştir. URISA'nın bilgi teknolojisi uygulaması ile kamu işleri, planlama, acil servisler, çevre sorunları vb. ile ilgili sorunları çözmek için çalışılmıştır (Urisa, 2021). Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Harvard Laboratuvarı ise CBS devriminin kıvılcımı olmuştur. Laboratuvardaki araştırmada, poligon (vektör) sınırları kullanarak katman oluşturma metodu geliştirilmiştir. 1970'lerde araştırmacıların Harvard Laboratuvarı'ndan ayrılmaya başlamaları ile CBS'nin özel sektörde yayılımı başlamıştır (Çömert vd., 2016). 1980'lerde bilgisayar ile yazılımlar üretilmeye başlanarak verilere hızlı ve basit ulaşım sağlanmıştır. Bu süreç sonucunda ise CBS temel araştırmalarda ve karar verme süreçlerinde kullanılan bir araca dönüşerek, bilgiyi öğrenen ve uygulayabilen akıllı yazılımlar geliştirilmeye başlanmıştır (Yomralıoğlu, 2000). Bugün mekânsal özelliği olan herhangi bir sorunsalın ortaya konmasında ve analiz edilmesinde CBS vazgeçilmez bir araç haline gelmiş, CBS'nin kullanım alanı ise oldukça genişlemiştir.

UA'nın tarihsel sürecine bakıldığında ise 1850'lerden itibaren balonlar ve uçurtmalar kullanılarak havadan fotoğraflar çekildiği, sonrasında güvercinlere sabitlenen fotoğraf makineleri ile hava fotoğrafları elde edildiği görülmektedir (Bilgi, 2007). Birinci Dünya Savaşında uçakların kullanılmaya başlanmasıyla hızlı bir gelişim göstererek, elde edilen hava fotoğrafları veri olarak kullanılmaya başlanmıştır (Aggarwal, 2004). 1957 yılında Sovyetler Birliği'nin ilk araştırma uydusu "Sputnik"i fırlatmasının ardından (Cracknell ve Varotsos, 2007), 1958'de Amerika Birleşik Devletleri NASA'yı kurmuş ve bu konuda bir rekabet başlamıştır (Heracleous, Yniguez ve Gonzalez, 2019). UA'nın literatüre girişi ise 1960 yılında olmuştur (Bilgi, 2007). 1972 yılında ise UA çalışmaları yapmak üzere Landsat-1 uydusu fırlatılmıştır (White ve Wulder, 2014). Bu tarihten itibaren teknolojinin gelişimine paralel olarak UA uydusu çözünürlükleri de artış göstermiştir (Bilgi, 2007).

UA konusunda Türkiye'deki durum incelendiğinde, uydusu teknolojileri üretim sürecinin 27 Eylül 2003 tarihinde BİLSAT uydusunun fırlatılması ile başladığı görülmektedir (Tubitak Uzay, 2020a). Bu uydusu projesi ile birlikte küçük uyduların tasarımı ve üretimi için gerekli altyapı ve bir yer istasyonu da Tubitak Uzay tesislerine kurulmuştur. BİLSAT uydusundan sonra sahip olduğumuz ikinci UA uydusu olan RASAT Türkiye'de tasarlanıp üretilen ilk yer gözlem uydusudur ve 2011 yılında fırlatılmıştır. 7,5 metre pankromatik ve 15 metre çok bantlı çözünürlüğe, pankromatik, mavi, yeşil ve kırmızı bantlara sahip yüksek çözünürlüklü optik görüntüleme sistemine sahiptir (Şekil 2) (Teke, Seyfioğlu, Ağçal ve Gürbüz, 2014). 2012 tarihinde fırlatılan 2,5 metre pankromatik ve 5 metre çok bantlı çözünürlüğe sahip GÖKTÜRK-2 uydusu, TSK ile kamu kurum/kuruluşlarının görüntü ihtiyacını karşılamak amacıyla üretilmiştir ve halen kullanımdadır (Tubitak Uzay, 2020). 2016 yılında askeri istihbarat amaçlı yüksek çözünürlüklü görüntü elde edilmesi amacıyla fırlatılan GÖKTÜRK-1 uydusu projesi ile aynı zamanda gelecekteki gözlem ve haberleşme uydularının yurtiçinde üretilmesine yönelik kritik bir altyapı olan uydusu montaj, entegrasyon ve test merkezine de sahip olunmuştur (Tusaş, 2021). Halen devam etmekte olan İMECE Uydusu Sistemleri Alt Yapı Projesi ile BİLSAT, RASAT ve GÖKTÜRK-2 projelerinde elde edilen tecrübe kullanılarak metre altı uydularda kullanılabilecek uydusu alt sistemlerinin ülke içerisinde geliştirilmesi için gereken alt yapının oluşturulması hedeflemektedir (Tubitak Uzay, 2020b).



Şekil 2. RASAT uydu görüntüsü (RASAT satellite image) (Tubitak Uzay, 2021)

Günümüze gelindiğinde CBS ve UA uygulamalarının tarım, haritacılık, hidroloji, jeoloji, madencilik, ormancılık, çevre, şehircilik, afet yönetimi ve arkeoloji gibi çok çeşitli alanlardaki kullanımının hızla arttığı görülmektedir (Başarsoft, 2021; Kavzoğlu ve Çölkesen, 2011; Uça Avcı vd., 2015). CBS ve UA'nın disiplinler arası çalışmalarda karar destek sistemi olarak kullanıldığı pek çok sektör bulunmakla birlikte örnekleri Tablo 1'de verilmiştir (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2011). Buna rağmen CBS kullanımı telekomünikasyon bilgi kaynakları (baz istasyonu gibi) yönetiminde oldukça yetersiz kalmaktadır (Shu, Li, Liu, Xie ve Zeng, 2011).

Tablo 1. Temel alanlarda konuma dayalı problemlerin çözümünde UA ve CBS'nin rolü (The role of RS and GIS in solving location based problems in key areas) (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2011)

Problem Alanı	UA	CBS
Haritacılık	Sayısal arazi modellerinin üretilmesi, yeryüzü deformasyonlarının izlenmesi, topoğrafik harita üretimi	Eğim ve bakı haritalarının üretilmesi, 3B şehir haritalarının üretilmesi, topoğrafik harita üretimi
Hidroloji	Su kalitesi analizleri, su kirliliği izleme, sel haritalaması ve izleme, kar dağılımını ve miktarını belirleme, buz erimesi ve buz hareketi gözlem, gemi atıklarını izleme	Su kaynakları yönetimi, Hidrolojik analizler, Kirliliğin etkilerinin belirlenmesi, Taşkın ve sel riski analizleri, Kar ve buz kütleleri için hacim hesabı
Tarım	Arazi kullanımının belirlenmesi, Bitki tipini ayırma, Ürün çeşitliliğinin belirlenmesi, Bitki canlılığının izlenmesi, Bitki gelişimini izleme, Rekolte tahmini, Toprak nemi ve türünü belirleme	Sürdürülebilir arazi yönetimi, Tarla planlama, Hassas tarım çalışmaları, Rekolte tahmini, Sulama ve drenaj ağlarının değerlendirilmesi, Haşere ve hastalık yönetimi
Jeoloji-Maden	Jeolojik yapı araştırmaları, fay, çizgisellik ve kırıkların tanımlanması, jeotermal araştırmalar, deprem araştırmaları, volkanik araştırma çalışmaları ve izleme, maden ve yeryüzü kaynaklarının aranması, petrol aramaları, kayaç tiplerinin tespiti, petrol sızıntılarının tespiti	Sayısal jeoloji haritası üretimi, eğim haritalarının üretilmesi, bakı haritalarının üretilmesi, havza alanlarının belirlenmesi, deprem senaryoları ve risk analizi, volkanik senaryolar ve risk analizi, doğal kaynak yönetimi ve planlaması, yer altı su seviyesi haritasının üretilmesi, maden çıkarma ve petrol arama planlaması
Ormancılık	Orman türlerinin haritalanması, ağaç hastalıklarının izlenmesi, ormansızlaşma ve çölleşme izleme, kereste üretimi tahmini ve planlaması, orman yangınlarının izlenmesi	Orman kaynaklarının yönetimi ve planlanması, habitat korunması, izlenmesi, orman kesiminin planlanması, orman yollarının planlanması, orman yangını için riskli alanlarının belirlenmesi
Çevre	Ekolojik gelişmelerin sürekli ve geniş, ölçekte izlenmesi, arazi örtüsü veya kullanımının haritalanması, akarsu,	Çevresel bilgi sistemi oluşturulması, su kaynakları yönetimi ve planlanması, kıyı değişimlerinin ve riskli bölgelerin analizi,

	deniz ve göl su kirliliklerinin belirlenmesi, kıyı alanlarındaki değişimlerin izlenmesi, sanayi alanları ve çevresindeki değişimlerin izlenmesi, orman alanlarındaki değişimin izlenmesi	gürültü kirliliği haritalarının oluşturulması, katı atık yönetimi ve planlanması, orman envanter haritalarının yapımı
Şehircilik Faaliyetleri	Arazi örtüsü ve kullanımının belirlenmesi, şehirleşmedeki gelişimin izlenmesi, zaman içinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi, altyapı çalışmaları, kaçak yapılaşmanın tespiti, planlama çalışmaları, sayısal yükseklik modeli üretimi	Belediyecilik faaliyetleri, alt yapı sistemlerinin planlanması, şehir içi ulaşım, yol ağlarının analizi ve planlanması, kentsel gelişim alanlarının planlanması, kaçak yapıların tespiti, üç boyutlu şehir modellerinin üretilmesi, taşınmaz değer haritalarının üretilmesi

3. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Haberleşme Sistemlerinde Kullanımı ve Uygulama Örnekleri (Utilization of Remote Sensing and Geographic Information Systems in Communication Systems and Application Examples)

Bu bölümde UA'nın ve CBS'nin haberleşme sistemlerinde kullanımına ilişkin değerlendirmeler yapılmış, kullanım örnekleri makaleler ve çeşitli yayınlarda gözden geçirilmiş ve bu konuda yapılmış olan çalışmalar incelenmiştir.

3.1. UA'nın Haberleşme Sistemlerinde Kullanımı (Utilization of RS in Communication Systems)

UA'nın haberleşme sistemlerinde kullanımı üzerine yapılan literatür araştırması, bu konuda yapılan çalışmaların çok az olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla beraber, SAR teknolojisi yardımıyla sinyal yayma modelleri oluşturulması, haberleşme ağlarındaki zayıf noktaların tespit edilmesi, baz istasyonu ya da iletişim kuleleri gibi altyapıların kurulacağı yerlerin belirlenmesi gibi amaçlarla kullanılma imkânı bulabilmektedir. Örneğin, Hassan, Snunu ve Shaweesh (2003), "Automatic Mobile Communications Network Planning Using Geographical Information System" isimli makalelerinde, Mobil Telekomünikasyon ağları için radyo baz istasyonunun yerini ve sayısını optimize ederek, GSM'in otomatik planlanması için ticari CBS ve UA yazılım araçlarının uygulanmasına dayanan minimum maliyeti göz önünde bulunduran bir çözüm sunmaktadır. Gereken minimum BTS yerleri belirlenirken arazi şartları ve yükseklikleri önemli olduğundan yüksek çözünürlüklü Dijital Yükseklik Modeli (DEM) verileri ve haritalama ve analizler için CBS ve UA yazılımları kullanılmıştır. SPOT 1A uydusu stereo görüntüleri ve uygun şekilde seçilen yer kontrol noktaları kullanılarak DEM verisi oluşturulmuştur. GSM telekomünikasyon sinyallerini yansıtabilecek veya zayıflatabilecek tüm engelleri bulmak için her bölgedeki maksimum yükseklik belirlenmiştir. Bu verilere dayanılarak yazılım sayesinde "Otomatik Hücre Planlama Modülü (ACP)" oluşturularak BTS için 42 alan ve 1 adet Mobil Anahtarlama Merkezi belirlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada geliştirilen ACP modülünün, yapılan çalışmayı otomatikleştirerek ve herhangi bir mobil iletişim ağı için ihtiyaç duyulan yüksek kaliteli hizmetleri garanti ederek zamandan ve emekten tasarruf sağlayacağı ifade edilmiştir. Musa (2007), "The use of remote sensing and geographic information system (GIS) in executing terrain analysis for siting global system for mobile communication (GSM) transmitting masts" adlı makalesinde GSM direklerinin yerlerinin çekim gücüne etkisinin incelenmesinde UA ve CBS'yi kullanmıştır. Üniversite alanında sinyal alışıının bazı bölgelerde sorunsuz olması, bazı bölgelerde kısmen kesintilerin olması ve bazı bölgelerde ise sinyal alınamamasının sebebinin araştırıldığı çalışmada ilk olarak çalışma alanı için DEM oluşturulmuştur. Mevcut direklerin görüş alanı belirlenerek bir görüntü analizi yapılmıştır. Görüş alanını etkileyen faktörlerin başında direklerin yakınında bulunan bir tepenin olduğu anlaşılmıştır. Sonrasında olası bir direk yeri belirlenerek yapılan analizler sonucunda üniversitenin sinyal çekiminin iyileşeceği görülmüştür. GSM direkleri yerleştirilmeden önce bu gibi analizlerin yapılmasının gerektiği vurgulanmıştır. Muralikrishnan, Muralikrishna, Manjunath ve Rao (2007) tarafından Hindistan Uzaktan Algılama uydusu IRS-1C verilerinin yüksek çözünürlüklü pankromatik stereo verilerinin kullanıldığı "Spatially Integrated Approach for Terrain Modelling and Analysis for Mobile Communication Applications" adlı çalışmalarında uzaktan algılama ve raster CBS kullanarak mobil iletişim amacıyla bir kule ağı kurmak için bir planlama stratejisi gösterilmiştir. UA'nın haberleşme sistemlerinde kullanımı konusunda diğer bir örnek, Çabuk, Karademirler, Uyguçgil ve İnceoğlu (2009) tarafından yapılan "GIS and RS Based Location Determination for GSM Transmitters to Minimize the Negative Effects of Electromagnetic Pollution for Improving Quality of Urban Places" adlı çalışmadır. Bu çalışmada en geniş kapsama alanına sahip olacak şekilde, gerekli baz istasyonlarını minimize edecek ve elektromanyetik kirliliği azaltacak şekilde GSM baz istasyonlarının kurulacağı en iyi ve uygun alanların tespit edilmesi amacı ile CBS ve UA destekli bir metot önerilmiştir. Bu metot sayesinde GSM operatörlerinin minimum sayıda GSM vericisi ile en yüksek çıkış seviyesi sağlayabilecekleri ve böylece ciddi oranda ekonomik kazanç sağlayabilecekleri, bu arada da GSM vericilerinden kaynaklanan insan sağlığı etkilerinin minimize edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Baz istasyonlarının halk sağlığına etkileri uzun zamandır güncelliğini koruyan bir araştırma konusudur. Adegbeyega, Oyetunji, Olajuyigbe ve Adesina (2017), Nijerya'nın Ibadan metropolünde sağlık etkilerini minimize ederken optimum sinyal kapsamını garanti edecek baz istasyonları yerleşimi üzerine çalışmışlardır. 30 metre çözünürlüğe sahip Sayısal Yüzey Modeli (Digital Surface Model, DSM), 0,5 metre çözünürlüğe sahip IKONOS uydusu görüntüleri, baz istasyonlarının coğrafi lokasyonları ve Ibadan idari haritasının kullanıldığı çalışmada, baz istasyonu sinyal gücü analizi, DEM ile baz istasyonu uygunluk analizi, eğim analizi ile baz istasyonu uygunluğu analizi, nehirlere yakınlık analizi, bina yoğunluğuna göre baz istasyonu uygunluğu analizi ve entegre uygunluk analizi yapılmıştır. Sonuçta yeni baz istasyonları için yer önerisinde bulunulmuş, 934 binada ikamet eden 13,387 kişinin baz istasyonlarına 10 metre mesafede olduğu, bu nedenle zararlı radyasyonun muhtemel sağlık tehlikelerine maruz kaldıkları tespit edilmiştir. Demetri vd. (2019), IOT (Internet of Things) için kullanılmak üzere geliştirilen ve LoRa (Long Range) olarak isimlendirilen uzun mesafe haberleşme hizmetinin kapsama alanını, kurulum ve yerinde ölçüm değerleri olmadan uzaktan algılamaya dayalı olarak tahmin eden otomatik bir yaklaşım önermişlerdir. LoRa uzun mesafe haberleşme imkânı vermekle birlikte, alıcı ve vericinin bulunduğu çevrenin özelliklerine bağlı olarak heterojen bir kapsama alanına sahiptir. Hedef bölge çok geniş olduğu için bu özelliklerin yerinde ölçümlerle elde edilmesi çok zordur. Çalışmada çok bantlı görüntüler kullanılmış, bu görüntülerdeki çevresel bileşenler makine öğrenmesine dayalı olarak sınıflandırılmış ve hatların paket alım oranları ile yüzey tipi arasında ilişki kurulmuştur. Okumura-Hata Modeli ve uzaktan algılama tabanlı geliştirilen aracın birleşimi ile yapılan doğrulama neticesinde mevcut modellerde 20-40 dBm hata ile elde edilen sinyal gücünün, kompleks şehir ortamında 10 dBm içerisinde bir hata ile tahmin edilebildiği sonucuna varılmıştır.

Uydu ile telemetri, telekomut ve faydalı yük verisine ilişkin haberleşmeyi gerçekleştiren bir uydu yer kontrol istasyonunu çevreleyen binalar, dağlar, tepeler gibi fiziki engeller, uydu ile yer istasyonları arasındaki iletişimin süresini düşürebilir. Yer istasyonu için uygun yerin seçimi bir zorunluluk olduğundan bu engellerin analiz edilmesi gerekir. Rumadi, Kamirul, Armin, Bissa ve Prasetya (2020) tarafından Endonezya'nın Biak adasında bulunan yer istasyonu için gerçekleştirilen çalışmada, bu tür engellerin miktarını ölçen yeni bir yaklaşım tanıtılmıştır. Ortalama engel eğiminin hesaplandığı ve haritalandığı çalışmada kullanılan DSM veri seti, Japon ALOS (Advanced Land Observation Satellite) uydusunda bulunan PRISM (Panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping) optik sensöründen elde edilmiştir. Yatayda 1 arcsec (yaklaşık 30 metre) çözünürlüğe sahip bu veri seti ile yapılan simülasyon sonuçları, LAPAN-A2 ve LAPAN-A3 uydu TT&C (Telemetry, Tracking and Commanding) log kayıtları ile hesaplanan değer ile kıyaslanmış, önerilen yaklaşımın %93,1 doğruluk değerine ulaştığı ifade edilmiştir.

3.2. CBS'nin Haberleşme Sistemlerinde Kullanımı (Utilization of GIS in Communication Systems)

CBS'nin haberleşme sistemlerinde kullanılmaya başlanması ise daha eskilere dayanmaktadır. Zira CBS'nin haberleşme sistemlerinde kullanımı bir zorunluluk olmuştur. CBS kullanımı sayesinde mevcut durum net bir şekilde ortaya konulabilirken, sorunların en kısa sürede çözümlenebilmesi, müşteri ihtiyaçları ve teknolojinin evrimi nedeni ile ihtiyaç duyulan karar alma süreçlerinin yürütülmesi ve genişleme ihtiyaçlarının tespiti kolaylaşmış, bu süreçte zaman, işgücü ve emek kaybının mümkün olduğunca önlenmesi amaçlanmıştır. CBS'nin haberleşme alanında kullanım alanları UA'ya göre daha fazladır.

Haberleşme alanında çözülmesi gerekli temel problemler, kapasite planlama, talep yönetimi, şebeke izleme ve sorunlara müdahale, kaynakların etkin kullanımı ve karar destekleridir. CBS türü sistemler olmadan bunlar çok fazla zaman, para, ekipman, inceleme ve işgücü gerektirecek süreçler olacaktır. Ayrıca eski verilere erişim zorlaşacak, verilerin depolanması için çok fazla yere ihtiyaç olacak, bakım sorunları meydana gelecek, başka birimlere ya da kurumlara veri aktarmak zorlaşacak, şebeke arıza tespiti ve onarımı zaman alacak, kaynakların etkin kullanıldığından ise emin olunamayacaktır. Bütün parametreler bilinmeden karar almak da mümkün olamayacaktır (Gupta, 2012). Bu noktada haberleşme alanında şebeke planlama ve genişletme, şebeke elemanlarının gösterimi, kablolama ve kanal haritalarının hazırlanması, bağlantı kabinlerini içeren kablolama çizimlerinin hazırlanması, bu bilgilerin düzenli olarak güncellenmesi, gerekli harita ve çizimlerin üçüncü şahıslar ile paylaşılması gibi amaçlarla kullanılan CBS'nin getirdiği avantajlar şu şekilde özetlenebilir (C Fry, 1999; Gupta, 2012; Navmart, 2020; Omogunloye, Qaadri, Omogunloye ve Oladiboye, 2013):

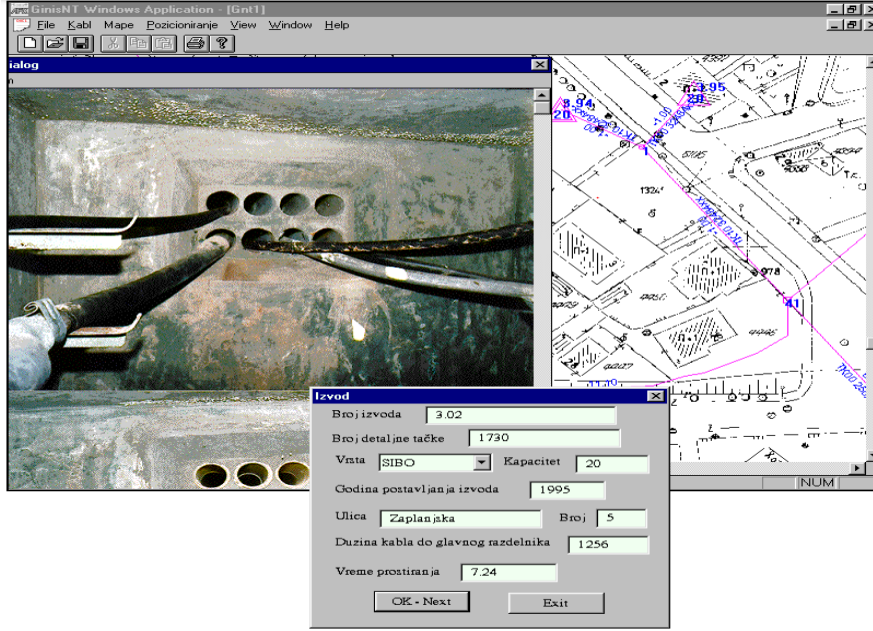
- Şebeke ihtiyaçları ile Pazar potansiyeli arasında ilişki kurulmasını sağlar,
- Kapasite analizi yapmak için mevcut şebeke yükü ile öngörülen talep artışını tanımlar,
- Sahada ihtiyaç duyulan ekipman sayısı anlık olarak gözlenebilir,
- CBS yazılım araçları ile haritalar kolaylıkla oluşturulabilir ve güncellenebilir,
- Tüm veriler sayısal ortamda tutulduğu için veri yönetimi kolaylaşır,
- Az bakım gerektirir,

- Herhangi bir verinin kurum içi ya da kurum dışı paylaşımı kolaylaştırır,
- Şebekenin herhangi bir yerinde hatanın ve lokasyonunun bulunmasını kolaylaştırır,
- Şebekenin ayağa kaldırılmasını kolaylaştırır,
- Kaynakların kullanımı ölçüldüğü için uzun vadeli planların yapılması kolaylaştırır,
- Yeni donanımın yerleştirileceği optimum noktanın belirlenmesi sağlanır,
- Müşterilerin geçmiş arıza kayıtlarına ulaşılabilirdiği için herhangi bir sorunda kaynak nedenin tespiti kolaylaştırır,
- Müşteri sorunları daha kısa sürede çözümlenir,
- Tüm katmanların üst üste çakıştırılabilmesi sayesinde kulelerin nerede olması gerektiği, fiber optik kablolar için en uygun rotanın ne olacağı gibi kararlar daha kolay alınabilir.

Dünya yüzeyi üzerinde bilginin katmanlar ile ifade edilmesi ve bunun nitelik verileri ile desteklenmesi, mühendisler şebekelerin modellenmesi ve herhangi bir yerden erişimi imkânı vermektedir. Bu zamandan ve emekten tasarruf da sağlamaktadır. CBS'nin güçlü otomasyon yetenekleri şebeke tasarım sürecinin hızlı ve doğru işlemini sağlamakta, hataları önleyerek zaman ve para kaybını yok denecek seviyeye indirgemektedir. CBS'nin kural bazlı özellikleri, maliyet veya en kısa rota için optimize edilmiş daha iyi ürünler ortaya çıkmasını sağlamaktadır (Omogunloye vd., 2013).

CBS, telekomünikasyon sektörü için gerekli bir araçtır. Birçok kablosuz şebeke mühendisi, şu an kullanımda olan birçok kablosuz tasarım araçlarının belkemiği olarak CBS'ye aşınadır. DEM kullanarak ve sayısal yükseklik modelleri inşa ederek, kablosuz sistem mühendisleri şebeke kurulmadan kapsama alanlarına ulaşabilmekte, kapasite genişleme ya da kapsama ihtiyacı olan yerleri tespit edebilmekte ve şebeke ve uygulama performans eğilimlerini planlayabilmektedir. Pazarlama amacıyla nüfus verileri aktarılarak şebeke trafik ve kaynak kullanım hesaplamaları yapılabilmekte, binalar düzeyindeki nüfus verileri ile ön kapsama eğrileri çakıştırılarak, şebeke tasarımı başlamadan önce beklenen şebeke karmaşıklığı ve gerekli sermaye harcamaları hakkında istatistiki veriler elde edilebilmektedir. Bu tür rakamlar, gerçek dünya modellerinden elde edildikleri için iş geliştirme tekliflerinde kullanıldığında son derece etkili olabilir (Omogunloye vd., 2013). Beşinci nesil 5G kablosuz haberleşmenin konuşulduğu günümüzde, yeni 5G şebeke lisansları ile gelecek olan yeni taleplere göre Telekom operatörlerinin şebekelerini yeniden tasarlamaları gerekecektir. Bu gibi ihtiyaçlar için de en iyi yöntem CBS sistemi kullanmaktır. CBS ile yapılacak ön analizlerde müşteri verileri, saha verileri ve arazi mülkiyeti bilgileri alınır ve potansiyel anten ve kule konumları tespit edilir. Bu konfigürasyon daha sonra kulelerden yayımlanan kablosuz kapsama alanının simüle edilmesi ile test edilir. Bu da optimum sonuç verdiyse bu sefer alanda testler yapılarak nihayetinde gerçek kurulum aşamasına geçilir. Bu şekilde çok pahalı olan alan testi ihtiyaçlarını azaltacak şekilde tek bir kule için gerekli olan tekrar sayısı düşer. Yani CBS kullanımı planlama ve tasarım maliyetlerini düşürmüştür (Navmart, 2020).

CBS'nin haberleşme sistemlerinde kullanımı için ilk örnekte, Stojanovic, Djordjevic-Kajan, Petkovic ve Stoimenov (1997), "Development and quality control of the spatial database for telecom network management GIS" adlı makalelerinde Sırbistan'ın Niş kentinde bulunan kamuya ait PTT Sırbistan için geliştirilen GeoTT coğrafi bilgi sisteminin temelini oluşturan konumsal veritabanı geliştirme süreçlerini aktarmışlardır. Kablo hatlarının izlenmesi, analiz edilmesi ve devamlılığının sağlanması amacı ile geliştirilen sistem için öncelikle coğrafi bilgi için gerekli ve önemli bilgiler toplanmış, analiz edilmiş, dönüştürülmüş ve raster haritalar elde edilmiş, böylece raster harita veri tabanı oluşturulmuştur (Şekil 3). Sonrasında şebeke veri tabanının oluşturulması amacı ile şebekeyi oluşturan telefon santralleri, kablo segmentleri, kablo kanalları, bağlantılar, bağlantı kutuları, menholler, terminal blokları vb. coğrafi nesnelerin geometrik, topolojik ve tanımsal karakteristiklerine ilişkin tüm bilgilerin toplanması gerekmiştir. Eksik olan bilgiler yerinde inceleme ve GPS teknolojisi kullanılarak toplanmıştır. Vektör ve raster formatta coğrafi veriler üretilmiş ve hibrit bir GIS uygulaması geliştirilmiştir. Sonraki süreçte zaman içerisinde değişen ve evrilen şebekenin idamesinin ve geçmiş durumunun analiz edilmesinin sağlanması için bu konumsal veri tabanının zamansal yetenekler ile genişletilmesinin amaçlandığı, bunun gelecek Telekom şebeke geliştirmelerinin planlanması, simüle edilmesi ve tasarlanmasını sağlayacağı, böylece değişik alternatiflerin önemli özelliklerinin karşılaştırılmasına dayanan karar alma süreçlerini de destekleyeceği ifade edilmiştir.



Şekil 3. Değişik tipte Telekom şebeke ve ekipman bilgileri (Different types of Telecom network and equipment information) (Stojanovic vd., 1997)

Carolyn Fry (1999), "GIS in telecommunications" adlı çalışmada, son yıllarda Telekom pazarının çok fazla büyüdüğü, sektördeki firma sayısının çok arttığı veya tekelleşmenin kırıldığı, bunun da mevcut organizasyonlar üzerinde şebekelerini yeniden tasarlayarak ya da süreçlerini gözden geçirerek daha verimli hale gelmek konusunda baskı oluşturduğu, yatırım maliyetlerinin azaltılması ve müşteriye elde etmek ve elinde tutabilmek noktasında bu süreçte şirket içerisinde değişik birimlerde ayrıık şekilde, dağınık, bazen hatalı ve hatta güncelliğini yitirmiş halde bulunan harita, çizim ve raporlar gibi bilgi varlıklarının yönetimi konusunu yeniden düşünmeye başladıkları ve gelinen noktada CBS'nin Telekom pazarında standart bir teknoloji olduğu ifade edilmiştir (Şekil 4). Çalışmada, bazı ülkelerdeki operatörlerin CBS sistemi kullanımlarına örnekler verilmiş, tüm verinin standartlaştırıldığı, yapısal veri tabanlarında saklandığı ve farklı birimlerin kullandığı farklı sistemler ile arayüzlere sahip sistemlerin trend haline geleceği, bu değişim hızının ülkeden ülkeye değişebileceği belirtilmiştir.



Şekil 4. Sinyal girişim temelli, baz istasyonlarının konumlanmasında CBS kullanımı (Use of GIS for positioning base stations based on signal interference) (C Fry, 1999)

Her ne kadar CBS son yıllarda hızla gelişmekte ve çeşitli sektörlerde uygulanmakta olsa da telekomünikasyon gibi bilgi kaynakları yönetiminde CBS'nin uygulanmasının diğer alanlardaki uygulamaların çok gerisinde kaldığı da burada not düşülmesi gereken bir husustur. Buna rağmen CBS'nin haberleşme sistemleri için kullanımı konusunda

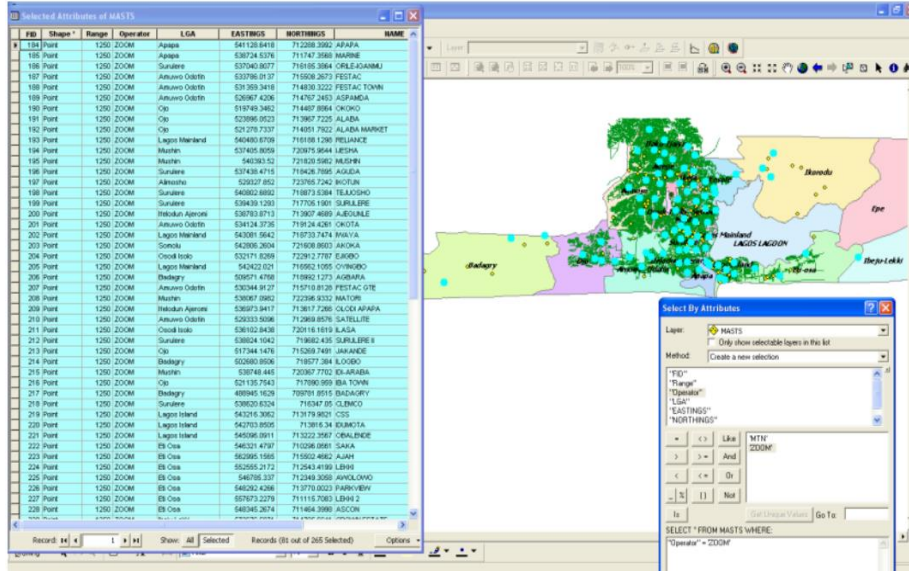
farklı çalışmalara da rastlanmaktadır. Shu vd. (2011) "Application of GIS in Telecommunication Information Resources Management" adlı makalelerinde Google Earth API kullanılarak haritada baz istasyonu gibi telekomünikasyon bilgi kaynaklarını işaretleme ve görüntüleme işlevi uygulamışlardır (Şekil 5). Bu tür uygulamaların, geliştirme zorluklarını ve maliyeti önemli ölçüde azalttığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 5. Baz istasyonunun konumu ve bilgisi (Location and information of the base station) (Shu vd., 2011)

Literatürde, CBS'nin evrensel hizmet amacı ile verilecek hizmetlerin planlanması amacı ile kullanılmasına yönelik uygulamalara da rastlanmıştır. Khan ve Butt (2011), "GIS as a planning tool for the USF Co rural telecom and e-service project in Pakistan" adlı çalışmalarında, Pakistan Bilgi Teknolojiler Bakanlığının altında faaliyet gösteren evrensel hizmet vakfının, kırsal, uzakta veya küçük kırsal veya şehir bölgelerinde yaşayan ve haberleşme hizmeti alamayan veya az alan vatandaşlarına yönelik verilecek hizmetlerin planlanmasında, farklı operatörlerin kapsama alanlarını, demografik veriyi, mevcut altyapılara uzaklıkları ve sosyo-ekonomik ve gelişim faktörlerini CBS ve UA teknolojileri ile haritalayarak belirlediğini ifade etmiştir. Bu amaçla SUPARCO'dan alınan uydu verileri ile CBS katmanları kullanılarak ülke "hizmet alan", "hizmet alamayan" ve "yetersiz hizmet alan" olarak üç kategoriye ayrılmış, Map Info V9, Arc GIS 9.x, Arc View 3.2 and Adobe Photoshop CS3 kullanılan çalışmada, değişik kaynaklardan topoğrafik haritalar, kılavuz haritalar, gelir yönetimi haritaları gibi raster verileri ve uydu görüntüleri toplanmış, tüm operatörlerin sabit ve hücresel haberleşme bilgileri alınmış, nüfus verileri toplanmış, "hizmet alan", "hizmet alamayan" bölge sınırları tespit edilmiş, "hizmet alamayan" bölgelere düşen nüfus hesaplanmış ve bu verilere göre evrensel hizmet planlaması yapılmıştır. Çalışmada, CBS ve UA'nın kırsal Telekom ve e-hizmet projelerini daha başarılı hale getirdiği sonucuna varılmıştır.

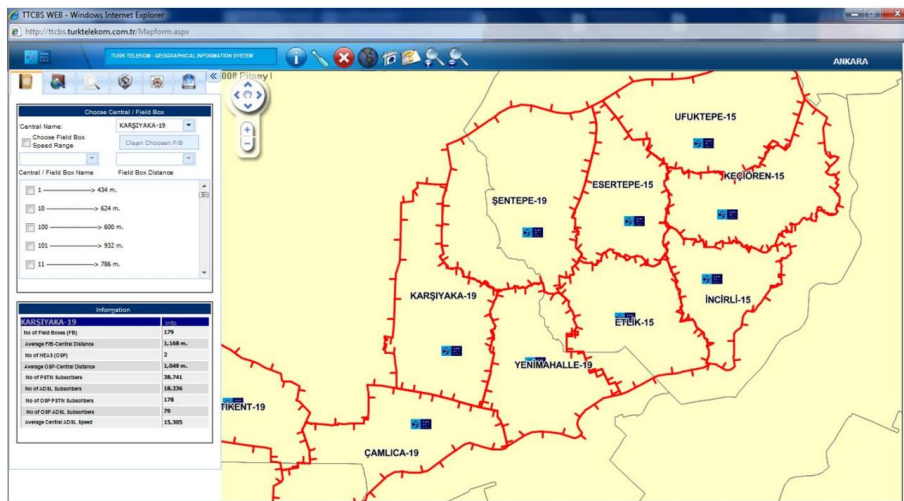
Omogunloye vd. (2013), "Analysis of Mast Management Distribution and Telecommunication Service Using Geospatial Technique" adlı çalışmada CBS sisteminin GSM telekomünikasyon sektöründe, özellikle şebeke planlaması ve yönetimi, karar ve operasyonel destek, pazarlama ve satış, müşteri hizmetleri ve katma değerli hizmetler alanlarında üretkenliği nasıl arttırabileceğinin göstermeyi amaçlamış (Şekil 6), proje sonucunda şebeke problemlerine müdahale süresinin geliştiği, yeni servis ve teknolojilerin kurulum ve desteğinin hızlandığı, müşteri ve şebeke davranışları konusundaki anlayışın geliştiği ve şebeke maliyetlerinin düştüğü sonucuna varılmıştır.



Şekil 6. Query sonucu, mevcut kulelerin yerleri (Query result, locations of existing towers) (Omogunloye vd., 2013)

Geçmişte Telekom şirketleri kendi geliştirdikleri yazılımları kullanıyorlar ya da ihtiyaç duydukları bilgileri toplamak için sistemler satın alıyorlardı. Bu sistemler birbirleri ile çalışacak şekilde tasarlanmamışlardı. Firmalar, başka firmalar ile veri transferi yapmıyorlardı. Bugün ise farklı sistemlerin entegrasyonu, veri transferi, farklı operatörler tarafından kullanılan şebekelerin ortaklaştırılması gibi ihtiyaçlar nedeni ile CBS uygulamaları tüm Telekom operatörleri tarafından kullanılmaktadır (Navmart, 2020).

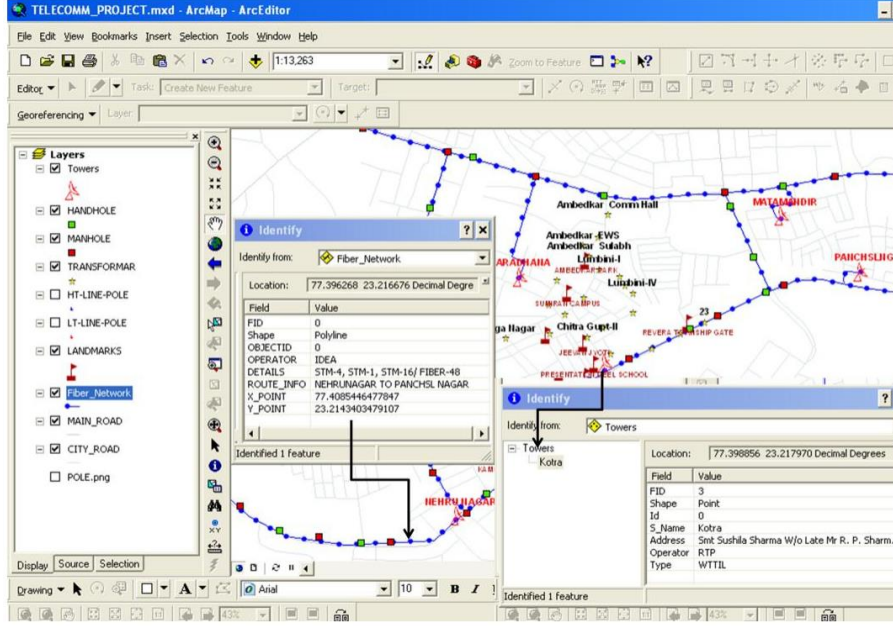
CBS'nin bir Telekom operatörü için kullanılmasına yönelik çalışmalardan biri ise ülkemizde Türk Telekom ile yapılan çalışmaları özetleyen Dabanlı (2010) tarafından yapılan "Developing A Spatial Decision Support System for Telecom Wireline Infrastructure of Ankara City" adlı çalışmadır. Burada Türk Telekom için kablo altyapılarının sayısallaştırılması, müşterilerin konum bilgilerinin izlenmesi ve bu bilgilerin paylaşımını, yatırımı da içeren bakım süreçleri gerektiren bölgelerin belirlenmesini içeren bir CBS sisteminin kurulması amaçlanmıştır (Şekil 7) Çalışmada MapInfo Pro 9.5 yazılımı kullanılmış, uygulamalar Orland Delphi v7 ve Visual Studio 2008 .NET Framework yazılımı ile geliştirilmiş, veri tabanı yönetimi için Oracle Spatial 10g sistemi seçilmiş ve 3^o UTM/GK projeksiyonu kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, CBS'nin Türk Telekom altyapısında kullanılabileceği değerlendirilmiştir.



Şekil 7. ADSL Hız Analizleri (ADSL Speed Analysis) (Dabanlı, 2010)

CBS'nin bir Telekom operatörü için kullanılmasına yönelik çalışmalardan bir diğeri Persai ve Katiyar (2013)'ün "GEO-Informatics and Infrastructure Management for Telecommunication Utilities" isimli makalesinde açıklanmaktadır. Burada yakın geçmişe kadar Telekom planları tarafından el yordamı ile üretilen ve kağıt ortamında tutulan veriler yerine, haberleşme hizmetlerinin planlanması ve karar destek süreçlerinin daha iyi hale

getirilmesi noktasında coğrafi olarak kodlanmış bilginin depolanması, geri çağırılması, işlenmesi ve görsel olarak sunulmasını sağlayan coğrafi veri tabanı oluşturulması ve idamesi amacıyla haberleşme sistemlerine yönelik coğrafi bilgi sisteminin gereksinimleri, hedefleri, çözümleri ve faydaları analiz edilmiş, kule, elektrik/telekom bağlantıları, fiber güzergahları, kablo kanallarına ilişkin veriler toplanmış, bu veriler ESRI ArcGIS 9.3 yazılımı ile CBS ortamına aktarılmış, Google haritaları da kullanılarak veri tabanları oluşturulmuş, çalışma sonucunda Telekom şebekelerinin yönetiminin CBS teknolojisi kullanılarak bütün yönetim aktivitelerinde yüksek performans, nitelik ve fayda ile yönetiminin net bir şekilde sunulduğu ifade edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Fiber şebeke ve kule konumları (Fiber network and tower locations) (Persai ve Katiyar, 2013)

İyi tasarlanmış CBS veri modelleri yalnızca standart CBS işlevlerini desteklemekle kalmaz, aynı zamanda Telekom ağını yetkin bir şekilde bağlantı noktası düzeyine kadar modelleyebilir. Harita üzerinde somutlaştırılan bu modeller, fiziksel Telekom ağının coğrafi bir temsili sağlar ve bunlar doğrudan müşteri iletişiminden, hizmet siparişinden, ağ planlamasından, mühendislikten ve diğer birçok işlevsel alandan çeşitli operasyonel ve iş işlevlerini destekler. Hussain, Kazmi ve Arsalan (2017)'in "Integration of Telecom Databases with Geodatabase Model for The Effective Telecom Network Management Through Geo-Informatics" adlı makalesinde, Pakistan'daki Telekom ağının etkin yönetimi için entegre bir coğrafi veri tabanı modeli verilmiş, pazar talepleri ve Telekom trendleri ile başa çıkabilmek için geleneksel planlama yaklaşımlarından uzun süreli stratejik şebeke planlama, şebeke yönetimi ve operasyon destek süreçlerine geçiş yapılmasının gerekliliği tespit edilmiştir.



Şekil 9. Telekom şebeke altyapısı, kablo arızaları, hizmet talepleri, dağıtım noktaları, müşteri yoğunluğu, müşteri getiri dağılım görünümüleri (Telecom network infrastructure, cable failures, service demands, distribution points, customer density, customer return distribution views) (Hussain vd., 2017)

4. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Bu çalışmada UA ve CBS'nin haberleşme sistemlerinde kullanımı üzerine bir araştırma yapılmıştır. Çok sayıda makale ve çeşitli yayınların gözden geçirilmesi ve bu konuda yapılmış olan çalışmaların incelenmesi sonucunda, literatürde haberleşme alanında UA ve CBS kullanım örneklerine rastlanılmış ancak Türkiye özelinde henüz geliştirilmeye açık ve yeni bir alan olduğu sonucuna varılmıştır. UA teknolojisi kullanılarak istasyonlarda sinyal yayma modelleri yapılabilmekte, optimum istasyon konumlandırılmalarının belirlenebilmesi, halihazırda bulunan baz istasyonlarının insan sağlığını etkileme düzeyinin saptanabilmesi ve bunların makine öğrenmesi vb. yöntemlerle otomasyon sistemlerinin kurulabilmesi mümkün olabilmektedir. CBS kullanılarak ise haberleşmede kullanılan altyapılar için en uygun yer analizi uygulamaları, istasyonlar arasındaki kule ağlarının konumuna yönelik analizler, kentsel genişleme alanlarının tespit edilerek ileriye dönük altyapı uygulamalarının tespiti, mevcut şebekelerin izlenmesi ve sorunlara anında müdahale, elektromanyetik dalgaların insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerini en aza indirmek için uygun konumlandırma yapılabilmesi gibi pek çok destek hizmet sunulabilmektedir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde yazarlar UA ve CBS'nin sayısız faydalarının ülkemizdeki mevcut haberleşme sektöründe de etkin bir şekilde kullanımına yönelik araştırmaların ve çalışmaların artırılması gerektiğini savunmaktadırlar. Bu sayede yüksek kaliteli hizmet sunma ve insan kaynaklarının daha optimize kullanılabilmesi ile hem zamandan hem de emekten fayda sağlanabilmesi mümkün olabilecektir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu makale Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri A.B.D. bünyesinde yürütülen Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Stüdyosu IA. dersi kapsamında hazırlanmıştır. Yazarlar çalışma kapsamında emeği geçen sayın Prof. Dr. Saye Nihan Çabuk, Prof. Dr. Alper Çabuk ve Dr. Öğr. Üyesi Emrah Pekkan'a teşekkür ederler.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

Adegboyega, S. A.-A., Oyetunji, I. A., Olajuyigbe, A. E. ve Adesina, F. A., 2017. GIS-based site suitability and vulnerability assessment of telecommunication base transceiver station facilities in Ibadan metropolis, Nigeria. Applied Geomatics, 9(3), 205-217.

- Aggarwal, S., 2004. Principles of remote sensing. Satellite remote sensing and GIS applications in agricultural meteorology, 23, 23-28.
- Başarsoft, 2021. Uzaktan Algılama. Erişim adresi: <https://www.basarsoft.com.tr/uzaktan-algilama/>).
- Bilgi, S., 2007. Fotogrametri ve uzaktan algılamada veri elde etme yöntemlerinin gelişimi ve kısa tarihçeleri. Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi(96), 48-55.
- Couclelis, H., 1991. Requirements for planning-relevant GIS: a spatial perspective. Papers in regional science, 70(1), 9-19.
- Cracknell, A. P. ve Varotsos, C. A. (2007). Editorial and cover: Fifty years after the first artificial satellite: from sputnik 1 to envisat. In: Taylor & Francis.
- Çabuk, A., Karademirler, S. N., Uyguçgil, H. ve İnceoğlu, M., 2009. GIS and RS Based Location Determination for GSM Transmitters to Minimize the Negative Effects of Electromagnetic Pollution for Improving Quality of Urban Places. International Journal of Natural & Engineering Sciences, 3(3).
- Çömert, R., Bilget, Ö., Olcay, F., Aksoy, T., Şenöz, E. ve Çabuk, A., 2016. Geotasarımın tarihsel gelişimi ve coğrafi bilgi sistemleri ile ilişkisi. Doğu Coğrafya Dergisi, 21(35), 17-38.
- Dabanlı, A., 2010. Developing a spatial decision support system for telecom wireline infrastructure of Ankara city.
- Değerliyurt, M. ve Çabuk, S. N., 2015. McHarg'ın doğayla tasarımı ve geotasarım. The Journal of Academic Social Science Studies, 39, 293-306.
- Demetri, S., Zúñiga, M., Picco, G. P., Kuipers, F., Bruzzone, L. ve Telkamp, T. (2019). *Automated estimation of link quality for LoRa: A remote sensing approach*. Paper presented at the 2019 18th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN).
- Dennis Jr, S. F., 2006. Prospects for qualitative GIS at the intersection of youth development and participatory urban planning. Environment and Planning A, 38(11), 2039-2054.
- Fry, C., 1999. GIS in Telecommunications. Geographical information systems, 2, 819-826.
- Fry, C., 1999. GIS in telecommunications. In *Geographical Information Systems, Volume 2, Management Issues and Applications*: John Wiley & Sons, Inc.
- Geraghty, E. (Producer). (2016). Why Health is so Spatial. Erişim adresi: <https://www.youtube.com/watch?v=3p70FICg9Ak>
- GISGeography, 2021. The Remarkable History of GIS. Erişim adresi: <https://gisgeography.com/history-of-gis/>).
- Gupta, A., 2012. Role of gis in telecommunications Erişim adresi: <https://www.slideshare.net/akhilgupta89/role-of-gis-in-telecommunications>).
- Hassan, M., Snunu, S. ve Shaweesh, M., 2003. Automatic Mobile Communications Network Planning Using Geographical Information System. Cartography, 32(2), 65-69.
- Heracleous, L., Yniguez, C. ve Gonzalez, S. A., 2019. Ambidexterity as historically embedded process: Evidence from NASA, 1958 to 2016. The Journal of Applied Behavioral Science, 55(2), 161-189.
- Hussain, A., Kazmi, J. H. ve Arsalan, M. H., 2017. Integration of Telecom Databases with Geodatabase Model for The Effective Telecom Network Management Through Geo-Informatics. Journal of Basic and Applied Sciences, 13, 272-280.
- Jia, P. ve Stein, A., 2017. Using remote sensing technology to measure environmental determinants of non-communicable diseases. International journal of epidemiology, 46(4), 1343-1344.
- Kainz, W., 2004. Geographic Information Science (GIS). Lecture Notes, Division of Cartography and Geoinformation, University of Vienna, Austria.
- Karimi, K. ve Motamed, N. (2003). *The tale of two cities: Urban planning of the city Isfahan in the past and present*. Paper presented at the 4th International Space Syntax Symposium.
- Kavzoğlu, T. ve Çölkesen, İ., 2011. Uzaktan algılama teknolojileri ve uygulama alanları.
- Kennedy, R. E., Townsend, P. A., Gross, J. E., Cohen, W. B., Bolstad, P., Wang, Y. ve Adams, P., 2009. Remote sensing change detection tools for natural resource managers: Understanding concepts and tradeoffs in the design of landscape monitoring projects. Remote sensing of environment, 113(7), 1382-1396.
- Khan, S. ve Butt, U. F., 2011. GIS as a planning tool for the USF Co rural telecom and E-service project in Pakistan. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 19, 11-20.
- Last, J., 1998. A design for life: interpreting the art of Çatalhöyük. Journal of material culture, 3(3), 355-378.
- Liang, X. P. ve Liu, Q. (2014). *Research of Urban Planning and Design Based on 3D Visualization GIS*. Paper presented at the Applied Mechanics and Materials.
- McHarg, I. L., 1969. Design with nature: American Museum of Natural History New York.
- Muralikrishnan, S., Muralikrishna, I., Manjunath, A. ve Rao, K., 2007. Spatially integrated approach for terrain modelling and analysis for mobile communication applications. Geocarto International, 22(4), 297-307.
- Musa, A., 2007. The use of remote sensing and geographic information system (GIS) in executing terrain analysis for siting global system for mobile communication (GSM) transmitting masts. FUTY Journal of the Environment, 2(1), 63-71.
- Navmart, 2020. Using GIS in the telecom industry. Erişim adresi: <https://www.navmart.com/blog/gis-data-for-telecommunications/>).
- Omogunloye, O., Qaadri, J., Omogunloye, H. ve Oladiboye, O., 2013. Analysis of Mast Management Distribution and Telecommunication Service Using Geospatial Technique. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and food Technology, 3(3), 58-75.
- Persai, P. ve Katiyar, S. K., 2013. Geo-informatics and infrastructure management for telecommunication utilities.
- Rumadi, R., Kamirul, K., Armin, F., Bissa, S. Y. C. ve Prasetya, S. (2020). *Quantification of Physical Blockage Based on Digital Surface Model (DSM) Dataset*. Paper presented at the 2020 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET).

- Shu, Z., Li, H., Liu, G., Xie, Q. ve Zeng, L. (2011). *Application of GIS in telecommunication information resources management system*. Paper presented at the 2011 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering.
- Sinha, A. K., Malik, Z., Rezgui, A., Barnes, C. G., Lin, K., Heiken, G., Thomas, W. A., Gundersen, L. C., Raskin, R. ve Jackson, I., 2010. Geoinformatics: transforming data to knowledge for geosciences. *GSA Today*, 20(12), 4-10.
- Stevens, D., Dragicevic, S. ve Rothley, K., 2007. iCity: A GIS-CA modelling tool for urban planning and decision making. *Environmental Modelling & Software*, 22(6), 761-773.
- Stojanovic, D., Djordjevic-Kajan, S., Petkovic, M. ve Stoimenov, L., 1997. Development and Quality Control of the Spatial Database for Telecom Network Management GIS.
- Teke, M., Seyfioglu, M. S., Ağçal, A. ve Gürbüz, S. Z. (2014). *Optimal pansharpening of RASAT satellite imagery*. Paper presented at the 2014 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU).
- Tobler, W. R., 1959. Automation and cartography. *Geographical Review*, 49(4), 526-534.
- Tomlinson, R., 1967. An introduction to the geo. information system of the Canada Land Inventory. Ottawa, Department of Forestry and Rural Development, ARDA.
- Tubitak Uzay, 2020a. BİLSAT. (11.04.2021). Erişim adresi: [https://uzay.tubitak.gov.tr/tr/uydu-uzay/bilsat#:~:text=SSTL%20\(Surrey%20Satellite%20Technology%20Limited,Eyl%C3%BCI%202003%20tarihinde%20y%C3%B6r%C3%BCngeye%20yerle%C5%9Ftirilmi%C5%9Ftir.\)](https://uzay.tubitak.gov.tr/tr/uydu-uzay/bilsat#:~:text=SSTL%20(Surrey%20Satellite%20Technology%20Limited,Eyl%C3%BCI%202003%20tarihinde%20y%C3%B6r%C3%BCngeye%20yerle%C5%9Ftirilmi%C5%9Ftir.)).
- Tubitak Uzay, 2020b. İMECE. (11.04.2021). Erişim adresi: <https://uzay.tubitak.gov.tr/tr/uydu-uzay/imece>).
- Tubitak Uzay, 2021. RASAT. (11.04.2021). Erişim adresi: <https://uzay.tubitak.gov.tr/tr/uydu-uzay/rasat>).
- Tusaş, 2021. GÖKTÜRK-1. (11.04.2021). Erişim adresi: <https://www.tusas.com/urun/gokturk-1>).
- Tubitak Uzay, 2020. GÖKTÜRK-2. Erişim adresi: <https://uzay.tubitak.gov.tr/tr/uydu-uzay/gokturk-2>).
- Uça Avcı, D., Uça Güneş, E. P. ve Çabuk, A., 2015. Uzaktan eğitim ile uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri eğitimlerinin verilmesine dair bir değerlendirme. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(3), 53-68.
- Urisa, 2021. History. (11.04.2021). Erişim adresi: <https://www.urisa.org/about-us/history/>).
- Walsh, S. J., Butler, D. R. ve Malanson, G. P., 1998. An overview of scale, pattern, process relationships in geomorphology: a remote sensing and GIS perspective. *Geomorphology*, 21(3-4), 183-205.
- Waters, N. (1998). Geographic Information Systems. In *Encyclopedia of Library and Information Science* (Vol. 63, pp. 98-125).
- White, J. C. ve Wulder, M. A., 2014. The Landsat observation record of Canada: 1972-2012. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 39(6), 455-467.
- Xue, Y., Cracknell, A. ve Guo, H., 2002. Telegeoprocessing: The integration of remote sensing, geographic information system (GIS), global positioning system (GPS) and telecommunication. *International Journal of Remote Sensing*, 23(9), 1851-1893.
- Yomraloğlu, T., 2000. Coğrafi bilgi sistemleri: temel kavramlar ve uygulamalar. İstanbul: Akademi Kitapevi.