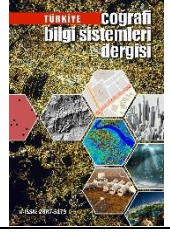




Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi

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

e-ISSN 2687-5179



Su Kaynakları Mühendisliğinde CBS'nin Kullanımı

Aziz Uğur Tona^{*1}, Vahdettin Demir², Lütfiye Kuşak³, Murat Yakar³

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Samsun, Türkiye

²Karatay Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Konya, Türkiye

³Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Mersin, Türkiye

ÖZ

Anahtar Kelimeler:

CBS
Mekânsal analiz
Uzaktan algılama
Su endüstrisi

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), coğrafi verileri toplamak, depolamak, analiz etmek ve görüntülemek için mekânsal olarak dağıtılmış özelliklerin veri tabanı niteliğindeki özel bir bilgi sistemi türüdür. CBS, fiziksel, sosyal ve ekonomik verileri birbirine bağlama yeteneği nedeniyle su kaynakları yönetimi ve havza yönetimi için güçlü bir araç olarak kabul edilmektedir. Su endüstrisi dünya çapında oldukça hızlı büyüyen endüstrilerdendir ve kontrolü ancak bir bilgi sisteminin kullanımı ile mümkün olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı CBS'nin kısa tarihi hakkında bilgiler vermek ve su mühendisliğinde CBS'nin nasıl kullanıldığını çeşitli örneklerle göstermektir.

Use Of GIS in Water Resources Engineering

ABSTRACT

Keywords:

GIS
Spatial analysis
Remote sensing
Water industry

Geographic Information Systems (GIS) is a special type of information system in which the data source is a database of spatially distributed features to collect, store, analyze and display geographic data. GIS has gradually come to be recognized as a powerful tool for watershed management due to its ability to link physical, social and economic data. The water industry is one of the fastest growing industries worldwide and its control is only possible with the use of an information system. This study is prepared to give information about the brief history of GIS and the use of GIS in water resources engineering.

*Sorumlu Yazar

(azizugur.tona@omu.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-7367-7731
(vahdettin.demir@karatay.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-6590-5658
(lutfiyekusak@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-7265-245X
(myakar@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-2664-6251

Kaynak Göster:

Tona A U, Demir V, Kuşak L & Yakar M (2022). Su Kaynakları Mühendisliğinde CBS'nin Kullanımı. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 4(1), 23-33.

1. GİRİŞ

Su endüstrisi dünya çapında hızlı büyüyen endüstrilerdendir. Örneğin, su kalitesi sistemleri ve hizmetleri için ABD pazarı 2000 yılında 103 milyar dolarlık bir değere sahipti (Shamsi, 2005; Johnson & Adrian, 2001) Bu işin en büyük iki bileşeni, 31 milyar dolarlık kamu atık su arıtma pazarı ve 29 milyar dolarlık su tedarik pazarıdır (Farkas & Berkowitz, 2001).

Büyük şehirlerde su, atık su ve yağmur suyu altyapılarındaki en büyük zorluk, mevcut altyapının bakımı ve yeni altyapının inşası hakkındaki bilgileri yönetmektir. Su sorunlarının temelinde, birikimli bir ilerlemenin ürünü olarak küresel ısınma ve kuraklık gibi doğal olguların yanı sıra ekonomik büyüme, tüketim alışkanlıklarının değişmesi, fosil yakıt kullanımının artması, nüfus artışı, kirlilik gibi insan faaliyetleri yer almaktadır (Şahin, 2016). Pek çok hizmet kuruluşu, altyapı sorunlarını krize tepki verme temelinde ele alırlar; bu, geleneksel bilgilere rağmen, en iyi strateji olmayabilir. Bilgiye dayalı altyapı iyileştirme kararları vermek, sürekli olarak büyük miktarda farklı bilgi gerektirir. Bilgi, altyapı sorunlarını çözmenin anahtarı ise, herhangi bir altyapı iyileştirme projesinin ilk adımı, bir bilgi sisteminin geliştirilmesidir. Bilgi sistemi, bir veri kaynağından sorulan sorulara cevaplar sağlayan bir çerçevedir (Shamsi, 2005).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), veri kaynağı ile ilgili coğrafi verileri toplamak, depolamak, geri getirmek, analiz etmek ve görüntülemek için mekânsal olarak dağıtılmış özelliklerin ve prosedürlerin bir veri tabanı niteliğindeki özel bir bilgi sistemi türüdür. Su ve atık su idareleri tarafından kullanılan tüm bilgilerin %80'inden fazlası coğrafi olarak referans alınmaktadır (Shamsi, 2002). Başka bir deyişle, kamu hizmetleri tarafından kullanılan bilginin temel unsuru, coğrafi özellikler ve nesnelere göre konumudur. Hem coğrafyanın hem de bilgi sistemlerinin birleşik gücünü sunan CBS teknolojisi, su endüstrisi altyapısının etkin yönetimi için ideal bir çözümdür. Literatürde CBS teknolojisi Geoteknoloji ve jeo-mekânsal teknoloji olarak da bilinmektedir. Günümüzde kelime işlemciler artık en son teknoloji olarak kabul edilmiyor. Günümüzün teknoloji meraklısı toplumu araştırmacılardan, tüm paydaşları - halkı, düzenleyicileri veya müşterileri - "bilgilendirilmiş" tutabilecek mükemmel iletişimciler olmamızı bekliyor. İyi iletişimciler olmamıza yardımcı olmak için yeni bilgi ve karar destek sistemleri geliştirilmiştir. Bunlardan CBS, jeo-grafik veya mekânsal bilgileri iletmemize yardımcı olan bir araçtır. Aslında, dikkatlice tasarlanmış bir CBS haritası bin kelimedenden daha değerli olabilir. Bazen CBS'nin görsel dili, etkili iletişimin özü olan tek bir kelime söylemeden iletişim kurmamızı bile sağlayabilmektedir (Shamsi, 2005).

2. CBS YAZILIM ve DONANIM

İlk bilgisayarlar, 1960 ve 1970'lerde ABD üniversitelerinin yanı sıra federal ve eyalet kurumlarında da yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu bilgisayarlarda bulunan yazılım kısıtlı erişime sahiptir ve FORTRAN gibi programlama dillerinin, bilgisayarların hesaplama işlevlerini gerçekleştirmesini sağlamak için kullanılmaktaydı. Birkaç coğrafyacı, haritacı, jeolog ve inşaat mühendisi, bu cihazların harita çizmek için kullanılıp kullanılmayacağını araştırmaya başladı (Dixon & Uddameri, 2015).

Bilgisayarla otomatik haritalama uygulamalarına öncülük eden SYMAP, Northwestern Teknoloji Enstitüsü'nde Horward Fisher tarafından geliştirilmiştir ve Harvard Laboratuvarında tamamlanmıştır. Esnek analitik harita yazılımı olan SYMAP, CIA tarafından, Dünya Bankası verileriyle çizgi harita üretmek amacıyla geliştirilen ilk CAM yazılımlarından biridir. Bu program, yaygın olarak dağıtılan ilk otomatik haritalama programıdır (Coppock & Rhind 1991). Bir hava araştırmacısı olan Richard Tomlinson, 1960 yılında Doğu Afrika'nın büyük bölümlerini araştırmakla görevlendirildiği sırada haritalama için daha ucuz ve daha hızlı bir sistem kullanılması gerektiğini belirtmiş ve 1966'da, Kanada Coğrafi Bilgi Sistemini başlatmıştır. 1971'de yüzlerce örnek için 10.000'den fazla harita oluşturmuştur. 1988'den önce yalnızca birkaç CBS yazılım satıcısı bulunmaktaydı (Kindleberger, 1992), 2001 yılında bu sayı 500'ün üzerine çıkmıştır. Bu devrim, CBS endüstrisini teknolojinin uygulamalarına doğru yönlendirdi (Jenkins, 2002). Günümüzde ArcGIS yazılımının tanıtımını yapan Çevresel Sistemler Araştırma Enstitüsü (ESRI), 1969 yılında Jack ve Laura Dangermond (www.esri.com) tarafından Redlands, California, ABD'de kurulmuştur. Aynı zamanda Jim Meadlock, daha sonra Intergraph Corporation olarak anılacak olan M&S Computing Inc.'i kurmuştur. 1976'dan 1980'e kadar, bireysel konumsal veri sistemlerinin sayısı 285'ten 500'ün üzerine çıkmıştır (Dixon & Uddameri 2015).

1980'lerin başında mini bilgisayarlar kullanıma sunulmuştur. Bu kişisel bilgisayarlar çok daha küçük ve daha ekonomiktir. Bu yeni bilgisayar ve daha verimli haritalama ve mekansal analize duyulan ihtiyaç nedeniyle, dünya çapındaki kurumlar tarafından bir CBS sistemi geliştirilmesi gerektiği fark edilmeye başlanmıştır. 1980'lerden önce çoğu konumsal veri şirketi, yazılım ve donanım geliştirme, veri toplama ve devlet kurumlarında ve özel kurumlarda CBS'nin uygulanmasına yönelik danışmanlık hizmetleri dahil olmak üzere CBS'nin tüm yönlerine odaklanmaya çalışmışlardır. 1980'ler de büyük bir marka farklılaşması görüldü. Örneğin, Intergraph Corporation tarafından kendi yazılım ve donanımı oluşturmaya başlandı ve 1981'de raster grafikler için ilk bilgisayar terminali kuruldu. 1982'de Intergraph, 3B grafikleri döndürme, sürekli yakınlaştırma ve uzaklaştırma, yüzey gölgeleme ve 1

MB bellek ve 4.096 renk paleti içeren bir terminal tanıttı. Intergraph, yüksek kaliteli iş istasyonları, ödüllü yazılımı ve bilgisayar destekli tasarıma (CAD) odaklanması nedeniyle popüler bir şirket haline geldi. Örneğin, 1985'te Intergraph, Özgürlük Anıtı heykelin yenilenmesi için binlerce 3 boyutlu çizimin sayısallaştırılmasına yardımcı oldu (Intergraph 2013). Intergraph, 2010 yılında Hexagon tarafından satın alındı, ancak veri madenciliği ve görselleştirme için sektöre özel yazılımlar yapmaya devam etmektedir (Intergraph, 2022).

CBS'nin yaygınlaşması ve bugün yaygın kullanımı, yazılım ve danışmanlık işlerine odaklanmaya başlayan ve 1983'te ARC/INFO'yu yayınlayan ESRI' sayesinde. 1985'e geldiğinde, ESRI yılda 2.000'den fazla lisans satılıyordu (Coppock & Rhind, 1991). İlk CBS yazılımları çoğunlukla Unix veya benzeri işletim sistemlerinde çalıştırılıyordu. Kişisel bilgisayarların daha güçlü hale gelmesiyle ESRI, 1986 yılında ARC/INFO'nun PC sürümünü tanıttı. 1990'ların başlarında, bilgisayarlar metin tabanlı bir disk işletim sisteminden (DOS) daha grafiksel Windows işletim sistemlerine bir geçiş gördü. ESRI, bu grafik kullanıcı arayüzünü (GUI) kullanan ArcView yazılımını yayınladı. ArcView, ARC/INFO kadar işlevsellik sunmasa da, haritaları kaplamak, verileri görselleştirmek ve temel coğrafi hesaplamaları gerçekleştirmek için yeterli coğrafi işlem gücü sağladı. Bununla birlikte, bu yazılım programcı olmayanların CBS kullanmaya başlamasına izin verdi ve bu durum CBS'nin hızla yaygınlaşması için önemli bir adım oldu. ArcView ve ARC/INFO farklı işlevler sundu ve 1990'larda CBS ile ilgilenen çoğu insan iki farklı yazılım parçası öğrenmek zorunda kaldı. Bu sınırlamanın üstesinden gelmek için ESRI, ölçeklenebilir olan ve bugün ArcView ve ArcInfo sürümlerinde gelen ArcGIS'i 2001 yılında piyasaya sürdü. Versiyondan bağımsız olarak ArcGIS, yazılımı öğrenmeyi çok daha kolay hale getiren ortak bir kullanıcı arayüzünü paylaşmaktadır. 2007'de ESRI, CBS okuyucu olan ArcExplorer adlı ücretsiz bir yazılım yayınladı. Bu yazılım, Google Maps® ile ara yüzüdür ve kullanıcıların mevcut GIS verilerini kaplamasına ve görselleştirmesine ve temel coğrafi işleme operasyonlarını gerçekleştirmesine olanak tanımaktadır (Dixon & Uddameri, 2015).

ArcGIS ticari olarak geliştirilmiş endüstri standardı bir yazılım olmasına rağmen, aynı zamanda federal kurumlar ve üniversiteler tarafından ücretsiz ürünler geliştirme ve sağlama girişimleri de olmuştur. 1985 yılında Coğrafi Kaynak Analizi ve Destek Sistemi (GRASS), ilk büyük açık kaynaklı CBS yazılımı oldu. GRASS, ABD Ordusu Mühendisler Birliği tarafından İnşaat Mühendisliği Araştırma Laboratuvarı'nda (CERL) geliştirilmiştir. GRASS dünya çapında akademik ve devlet kuruluşlarına dağıtılmıştır. Açık kaynaklı doğası göz önüne alındığında, yeni kullanıcılar ve araştırmacılar, GRASS'ı esnek bir araç olarak görmüşlerdir. 1990'ların sonunda, CERL, GRASS'ı geliştirmeyi ve desteklemeyi bırakmıştır. Hannover

Üniversitesi (Almanya), Baylor University Texas (ABD) ve son zamanlarda ITC-first-Centro per la Ricerca Scientifica Tecnologica (İtalya), bir ekip tarafından gerçekleştirilen GRASS CBS'nin gelişimini koordine etmeye devam etmiştir (Neteler & Mitasova, 2008; OGS, 2013). GRASS'a ek olarak, diğer açık kaynaklı GIS programları bugün mevcuttur. Bazı açık kaynaklı GIS yazılımları da R istatistiksel programlama dili ile ara-yüze sahip olmasından dolayı üst düzey veri analizine olanak sağlamaktadır. Örneğin Açık Kaynak Kodlu Yazılımı (AKKY) kullanıcıların analiz etmelerini sağlayan hızlı, güvenilir ve ücretsiz bir yazılım modeli olarak geliştirilmiştir. QGIS, GRASS GIS, OpenJump, uDig GIS, SAGA GIS, gvSIG, vb. gibi yazılımlar bunlardan bazılarıdır (Ayday vd., 2016). Son yıllarda mekânsal analizin öncüsü haline gelmesinde önemli bir rol oynayan bir başka yazılım da Google Earth'tür. Google Earth, 2005 yılında tanıtılmıştır ve CBS konusunda minimum bilgiye sahip olan son kullanıcıların verileri görselleştirmesine ve bunlarla ilgili mekânsal referanslar oluşturmaya olanak sağlamaktadır (Dixon & Uddameri, 2015).

3. CBS UYGULAMALARI NELERDİR?

Uygulama, bir teknolojinin uygulamalı kullanımınıdır. Örneğin, çevrimiçi alışveriş internet teknolojisinin bir uygulamasıdır, otomobil navigasyonu GPS teknolojisinin bir uygulamasıdır ve sürüş yönü haritalarının yazdırılması CBS teknolojisinin bir uygulamasıdır. Bir teknoloji ne kadar asil olursa olsun, uygulamalı kullanım olmadan sadece teorik bir gelişmedir. Uygulamalar, saf bilim ile uygulamalı kullanım arasındaki boşluğu doldurur. Son derece etkili olan su ve atık su hizmetleri, sürekli operasyonel iyileştirmeler ve hizmet mükemmelliği için kullanılmaktadır. CBS uygulamaları, su, atık su ve yağmur suyu sistemlerimizin yönetimini geliştirme ve bunları 21. yüzyılın operasyonel zorluklarına hazırlama potansiyeline sahiptir. Bilhassa coğrafi referans kaynaklı CBS uygulamaları, günümüzde en popüler olan çalışma alanlarının başında gelmektedir (Başçıftçı vd., 2013). Ülkemizde coğrafi mekân referanslı CBS çalışmaları, yeraltı su kaynaklarının tespiti, izlenmesi ve mekânsal analizlerle tematik haritalarının yapılması günümüzde uygulanmaya başlayan çalışmalardır.

3.1. CBS Uygulamalarının Tarihi

Günümüz dünyasında toplanan ve üretilen bilgilerin büyük bir kısmını oluşturan harita tabanlı verilerin elektronik ortamlarda yönetilmesi CBS ile olanaklı hale gelmiştir. Her türlü karar-destek faaliyetinin en önemli aracı haline gelen CBS, sadece teknik değil, yönetim, sosyal ve kültürel alanda da birçok gelişmeyi yönlendirebilen çağımızın güçlü bir bilgi yönetim aracıdır (Nişancı vd., 2010).

CBS teknolojisi, 1960'larda birlikte kaydedilen kaplamalar için dijital bir katmanlama sistemi olarak tasarlandı. 1960'ların ortalarında başlayan ve bugün hala faaliyet gösteren Kanada CBS, en eski CBS gelişmelerinden birinin bir örneğidir. ABD'deki sivil CBS, 1960'ların askeri ve istihbarat görüntü programlarından hızlı bir başlangıç yaptı. İnternet, üniversitelerdeki bilgisayarların ve araştırmacıların birlikte çalışmasını sağlamak için ABD Savunma Bakanlığı tarafından 1970'lerde ortaya çıkmıştır. CBS teknolojisi, İnternetin doğuşundan önce kullanılmaktaydı. Teknoloji yaşam tarzımızı ve çalışma alışkanlıklarımızı değiştirdiği gibi CBS'yi de değiştirdi. CBS sanatı 1960'lardan beri var olmasına rağmen, bilim yetenekli CBS profesyonelleriyle sınırlıydı. 1990'ların ortaları, CBS teknolojisinin gücünü giriş seviyesi bilgi işlem becerilerine sahip ortalama kişisel bilgisayar (PC) kullanıcılarına aktaran yeni nesil kullanıcı masaüstü CBS yazılım paketlerinin başlangıcına tanık oldu. Günümüzde PC tabanlı CBS uygulamaları çok daha ekonomiktir ve CBS uygulamalarının maliyetini büyük ölçüde düşürmüştür. Günümüzün CBS kullanıcıları, güçlü ve uygun fiyatlı donanım ve yazılımların ortaya çıkması nedeniyle, her zamankinden daha hızlı, daha ucuz ve daha kullanışlıdır (Shamsi, 2005).

CBS, yazılım endüstrisinin en hızlı büyüyen pazar sektörlerinden biridir. Çünkü CBS uygulamaları, şehir planlamacılarından emlak vergisi değerlendiricilerine, kolluk kuvvetlerine ve kamu hizmetlerine kadar geniş bir kullanıcı kitlesine sahiptir. Ayrıca CBS, su endüstrisinin neredeyse tüm alanlarında kullanılmaktadır. 1992'de American City and County'de yayınlanan bir CBS makalesi, daha hızlı bilgisayar ve ağlar öngörüyordu ve etkili veri tabanı yönetimi ve yazılım, CBS uygulamalarının, 1990'larda mülk kaydetme, değerlendirme ve vergilendirme işlevlerinden çok daha çeşitli uygulamalara taşınmasını sağlayacağını ifade etmekteydi (Kindleberger, 1992). Bu makale, gelecekteki CBS uygulamalarının multimedya, görüntü ve ses kullanımları açısından zengin olacağını öngörüyordu. CBS uygulamalarının, mimarlar ve mühendisler tarafından kullanılan CAD'in 3B dünyasına daha yakından bağlanması bekleniyordu. 1992'de tahmin edilen neredeyse tüm GIS uygulamaları, kask ve veri eldivenleri giyen bir "sanal gerçeklik" ortamında CBS verileriyle etkileşimde bulunulması dışında artık kullanılabilir durumdaydı. Coğrafi verileri kullanan birçok alan olması nedeniyle CBS literatürü geniştir. Aynı şekilde, su endüstrisindeki CBS uygulamalarını tanımlayan literatür de oldukça geniştir (Shamsi, 2005).

3.2. CBS'nin Kısa Tarihçesi ve Su Kaynakları Mühendisliğinde Kullanımı

Bu bölümde, CBS'nin kısa bir tarihçesini ve su kaynakları mühendisliği ve biliminde ve doğal kaynak yönetimi gibi diğer yardımcı alanlardaki

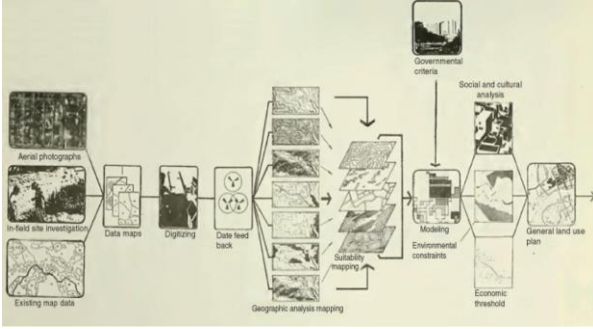
erken (en eski) uygulamaları açıklanmıştır. Tüm erken CBS uygulamaları ve bunların zaman içindeki değişimi kayıt altına alınmaya çalışılmamaktadır. CBS uygulamalarının geliştirilmelerindeki amaç, karar vericilerin ya da kullanıcıların, konumsal verilerden ve bu verilere adreslenmiş diğer verilerden etkin bir şekilde yararlanabilmelerini sağlamaktır. Bu çalışmada hedeflenen, CBS'nin ilk öncülerinin, yalnızca literatürde tartışılan projeleri kullanarak ellerinde bulunan sınırlı bilgi işlem kaynakları ile hayal ettikleri ve başardıkları şeyler hakkında özetleme yapmaktır.

3.3. Su Kaynakları Uygulamalarında CBS'nin Tarihçesi

1974'te ESRI, Maryland Eyalet Planlama Departmanı ve Maryland Üniversitesi, Maryland Otomatikleştirilmiş Coğrafi Bilgi Sistemini (MAGI) geliştirdi. Eyalet, veri yönetim aracı olarak bir CBS kullanan uzaktan algılama teknikleriyle bir hidrolojik model geliştiren üniversitelerden biriydi (Antenucci, 1982). Merkezi sistem 91.8 dönümlük bir çözünürlükte 88.000 hücrelik bir alandı. MAGI'nin kullanıldığı projelerden bazıları tarımsal arazi haritalama, eyalet çapında açık alan planlaması, kıyı kullanım çalışmaları, enerji santrali konumlandırma, su kalitesi çalışmaları, petrol sızıntısı acil durum planları ve habitat çalışmalarını içeriyordu. 1968'de MAGI sistemi için kullanılan Univac 1108 CPU'nun maliyeti yaklaşık 500.000 ABD dolarıydı. Ek olarak, birimin belleğe, manyetik bant sürücülerine, teyp ve tambur denetleyicilerine, kart okuyucusuna, delgeç ve yazıcıya ihtiyacı vardı. Bu kalemler tipik olarak toplam bir milyon ABD dolarından fazlaya mal olmaktadır (Walker, 1996). İlk nesil bilgisayarları yalnızca yüksek eğitimli kişiler kullanılabilmektedir. CBS kullanıcıları, her proje için Maryland Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Merkezi teknik danışmanlarına güvenmek zorunda kalmıştı. Bilgisayarı kullanmak gerektiğinde, danışmanlara zamanlarının karşılığını vermek zorundaydı ve bilgisayara telefon bağlantısı ile erişiliyordu (Antenucci, 1982).

MAGI sistemi erken CBS ve su kaynakları yöneticileri için önemliydi çünkü temel haritalar birkaç ilgili veri katmanını gösterebilir. Her bir su sınıfı için (I, II, III, IV), biri standartları karşılayan suları, diğeri standartları karşılamayan suları gösteren iki katman vardı. Araştırmacılar ayrıca balık tutma yeri ve dağıtımına açık ve yakın istiridye ve istiridye yatakları da dahil olmak üzere katmanlar eklediler. Bu anketler başlangıçta 1:20.000 ölçekte toplanmış ve haritalanmıştır. Şekil 1, MAGI'nin analiz ve planlama yoluyla hava fotoğrafları, saha incelemelerini ve mevcut harita verilerini toplamadan akışını göstermektedir. Şekil 1 ayrıca her adımdaki harita örneklerini göstermektedir. Son yaklaşımlar, daha yüksek uzay-zamansal çözünürlük ve doğrulukta verilere sahip olmamız dışında, MAGI ile kullanılandan çok farklı değildir. Ayrıca, daha kısa

sürede daha fazla sayı hesaplanabilir ve elbette donanım çok daha az maliyetlidir ve çok daha kolay erişilebilir durumdadır (Dixon & Uddameri, 2015).



Şekil 1. MAGI sistem akışı ve harita örnekleri (Dangermond & Antenucci, 1974).

1975'te ESRI, New Castle County Delaware Kamu Yönetimi Enstitüsü Su Kaynakları Ajansı (WRA) ile çalıştı. "Delaware'de CBS'nin Babası" olarak anılan Vern Svatos liderliğindeki WRA GIS kullanıcıları, CBS'yi aktif olarak birçok alana dahil ettiler ve üniversitelerde ders vermeye ve konferanslarda araştırma yapmaya devam ettiler. WRA Kamu Yönetimi Enstitüsü ile birleştiğinde, CBS hizmetleri planlama, arazi kullanımı, havza yönetimi, kirlilik kontrolü ve dijital haritalamayı içerecek şekilde genişledi. Ayrıca devlet okulu yönetiminde CBS kullanımını uygulamaya başladılar (IPA, 2013).

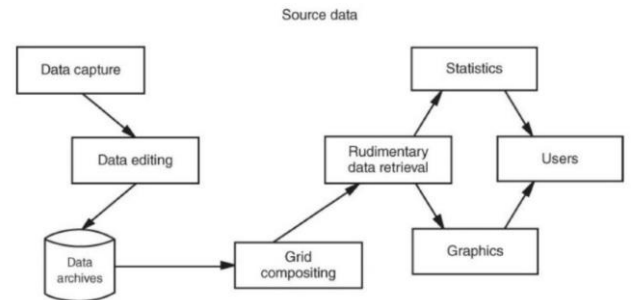
1976'da Minnesota Üniversitesi Kentsel ve Bölgesel Analiz Merkezi Minnesota Arazi Yönetim Bilgi Sistemini (MLMIS) oluşturdu. MLMIS dijital arazi kullanım haritaları, hava fotoğrafçılığı ile birleştirildi. MLMIS, raster tipi haritalar oluşturmak için 40 dönümlük kaba bir ızgara kullandı. MLMIS, birkaç yüz GIS projesini destekledi ve 1980'lerin başında 200'den fazla müşteriye sahipti. Minnesota, "10.000 Gölün Ülkesi" olarak bilinir ve CBS, su kaynakları yöneticileri, geliştiricileri ve eyalet planlamacıları için yararlı bir araçtır. Eyalet, Su Bilgi Kataloğuna eklemek için MLMIS'i kullandı ve Minnesota Kıyı Bölgelerini North Shore Veri Atlası'na ekledi. Ek olarak, araştırmacılar Minnesota'nın nehir kıyısındaki arazi sahiplerini (Mark vd., 1996) ve Minnesota İdare Departmanını (2001) desteklemeyen birkaç tartışmalı rapor yazdılar. MLMIS, Minnesota Eyaleti için hızla önemli hale geldi ve diğer eyaletler de onların örneğini izledi. New York, Delaware, New Jersey ve Connecticut, planlama ve kaynak yönetimi için CBS kullanımını eyalet düzeyinde benimseyen diğer örneklerdendir (Dixon & Uddameri, 2015).

25.000 ABD dolarından daha düşük maliyetli mini bilgisayarlar 1970'lerde popüler olmaya başladı ve üretiminin artmasıyla hesaplama gücü mühendisler ve bilim adamları için daha da erişilebilir hale geldi. Su kaynakları mühendisleri ve planlamacıları, bilgi işleme ihtiyaçları için bu teknolojiyi keşfetmeye istekli hale geldi. 1979'da Kentucky Doğal Kaynaklar ve Çevre Koruma Departmanı, KNRIS (Kentucky Ulusal Kaynak Bilgi

Sistemi) adlı kendi CBS uygulamasını geliştirdi. Prime 750 mini bilgisayar, 300 MB disk sürücüsü ve 1 MB belleğin yanı sıra, yaklaşık 500.000 ABD dolarına mal oluyor. Bu oran MAGI'nin maliyetinin yaklaşık üçte birine tekabül ediyor. Sistem, MAGI'ye göre çok büyük bir gelişme olan 10 dönümlük bir çözünürlükte çokgenleri haritalama yeteneğine sahipti. Her iki sistem de ESRI'nin grid yazılımını kullandı. Bununla birlikte, Kentucky'nin bilgisayarı ESRI'nin PIOS (poligonal) yazılımını da kullanabilmekteydi (Antenucci, 1982). Bunun yanı sıra, federal düzeyde, Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırması (USGS) 1973'te GIRAS'ı (Coğrafi Bilgi Erişim ve Analiz Sistemi) geliştirmeye başladı. İlk başta amaç, sayısallaştırılmış arazi kullanımı, politik, hidrolojik, nüfus sayımı ve federal ve eyalet toprak sahipliği veri tabanlarını düzenlemektir. Zaman zaman istatistiksel ve grafiksel standartlara ihtiyaç duyuldu ve GIRAS, aşağıda gösterilen yöntemlerin yanı sıra günümüz CBS yazılımında yaygın olarak bulunan birçok jeo-prosesleme işlemini gerçekleştirebilmektedir (Mitchell vd., 1977).

1. Sayısallaştırma yoluyla verileri yakalama
2. Verilerin GIRAS formatına dönüştürülmesi
3. Nokta ve çizgi eleme yoluyla veri boyutunu küçültme
4. Arc verilerindeki hataları algılama ve düzenleme
5. Kullanıcıların hat verilerini manuel olarak düzenlemesine izin verme
6. Poligonları arc verileriyle birleştirme ve etiketleme
7. Poligon verilerini manuel olarak düzenleme
8. Yeni bir harita bölümünün kenarını komşu harita bölümleriyle eşleştirme.

Şekil 2'de veri toplamadan kullanıcıya grafik ve istatistiksel çıktılar yoluyla GIRAS iş akışını göstermektedir.



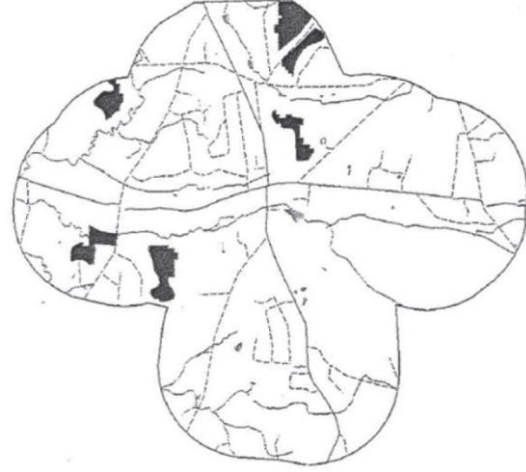
Şekil 2. GIRAS'ın genel sistem akışı (Mitchell vd., 1977).

GIRAS'ta nihai çıktı hazır olduğunda, kullanıcılar koordinat sistemlerini döndürebilmekte, çevirebilmekte, ölçeklendirebilmekte ve harita projeksiyonlarını değiştirebilmekteydi. Bütün bunlara ek olarak GIRAS en yakın altı veri noktasının ağırlıklı ortalamasını kullanarak eksik veriler için enterpolasyon yapabilmektedir. Görüntü yetenekleri içerisinde renk veya desen gölgeleme, sınır ve öznelik çizimi, desen simgeleştirilmesi,

koroplet haritalama, histogram çizimi ve perspektif görünüm kontur eşlemesi, blok diyagramları ve pim diyagramları yer almaktadır. 1975 ile 1977 arasında, GIRAS 80 milyon baytın üzerinde işlem yapmıştır; bu, 1 GB'ın yüzde 1'inden daha düşüktür (Mitchell vd., 1977). En ucuz ve en az süslü cep telefonları bile bundan fazlasını kaldırabilirken, GIRAS yine de araştırma için büyük miktarda sorunlu veri kullanmak ile hükümetler ve işletmeler için verileri ekonomik olarak kullanabilmek, arasındaki boşluğu doldurmak için önemli bir sistemdi. Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (USEPA's) BASINS (Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources) yazılımı hala GIRAS (Land Use/Land Cover) LULC veri setlerini içermektedir (Water, 2022).

1983'te ARC/INFO'nun piyasaya sürülmesi, su kaynakları bilim adamları ve mühendislerinin CBS araçlarıyla daha fazla etkileşime girmesinin yolunu açtı. 1984 yılında, USGS ve Connecticut Çevre Koruma Departmanı, otomatik CBS'yi ve mekansal doğal kaynak verilerinin geliştirilmesi, depolanması, analizi ve görüntülenmesi yeteneğini geliştirmek için ortaklık kurdu. ESRI tarafından geliştirilen ARC/INFO yazılımı birincil CBS olarak kullanıldı. Dört "model" uygulama geliştirildi: Endüstriyel Saha Seçim Modeli, Kamu Su Temini Yeraltı Suyu Keşif Modeli, 3B Yeraltı Suyu Modellemesi için bir Veritabanı ve 7 günlük, 10 yıllık Düşük Akış Modeli. (USGS/Connecticut GIS Project, 1985). Bu proje muhtemelen su kaynakları için tam olarak geliştirilmiş ilk entegre CBS ve modelleme uygulamasının başlangıcını oluşturdu. Projenin genel amacı, eğim, toprak, sulak alanlar, sel, hassas çevre alanları, su kalitesi, arazi alanı ve kamu hizmetlerinin mevcudiyetine dayalı alanları göz önünde bulundurarak işletmelere Connecticut'a taşınmalarında yardımcı olmaktı. Bu veri katmanları, Sanayi Bölgesi Seçim Modeline girdi. Connecticut su kalitesi sınıflandırma programı, önerilen kamu su temini sahalarına sınıflandırmalar atadı. Bu çalışma için, kamusal su kaynaklarının artırılmasına yönelik bir öneri için tek bir su hizmet sahası seçilmiştir. Veri katmanlarını analiz etmek için bir odak alanı olarak hizmet vermek üzere yarım millik bir tampon oluşturuldu (Şekil 3). Projenin yeraltı suyu gelişimi ile uyumlu bir alan bulması gerekiyordu. LULC katmanlarının ormanlık veya ormanlık sulak alan olması, iyi su kalitesine sahip olması, kirlilik kaynaklarından 500 m'den fazla olması, atık alıcı akarsulardan 100 m'den daha uzakta olması, mevcut kuyulardan 100 m'den fazla olması ve imarlı alanlar içinde olmaması gerekir. Son katman, 40 ft'den fazla doymuş iri taneli akifer içermelidir. USGS/Connecticut GIS projesinin bir başka benzersiz özelliği, 3D yeraltı suyu modeli oluşturmak için ARC/INFO'nun USGS 3D Sonlu Fark Yeraltı Suyu Akışı modeli ile birleştirilmesiydi. Model, kara yüzeyi, su tablası ve ana kaya kotları, havza sınırları, hidrolik iletkenlik, akarsu konumu ve katman sınırlarından 2D veri girişlerini kullandı. Modeli kaplamak için ARC/INFO'da alanın ızgaralı

bir haritası oluşturuldu. CBS kullanımı, modelde kullanılmak üzere veri hazırlama süresini önemli ölçüde azaltmıştır (Dixon & Uddameri, 2015).



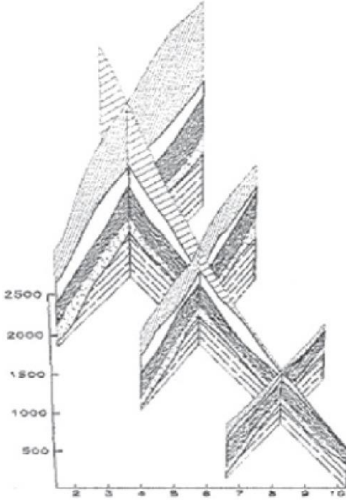
Şekil 3. Potansiyel kamu su temini kuyu alanları (USGS/Connecticut GIS Project, 1985).

Şekil 4-6, 1982'de USGS tarafından hazırlanan CBS'nin bazı yeteneklerini göstermektedir. Şekil 4, Wisconsin'deki Fox-Wolf Nehir Havzası için beş dijital tarama veri setini içerir (havza sınırları, göller, nehirler, ülke sınırları ve sıvı atık sahaları). Bu alan, su kaynakları için dijital bilgilerin ve haritalamanın uygulanmasını test etmek için seçilmiştir (Moore vd., 1983).

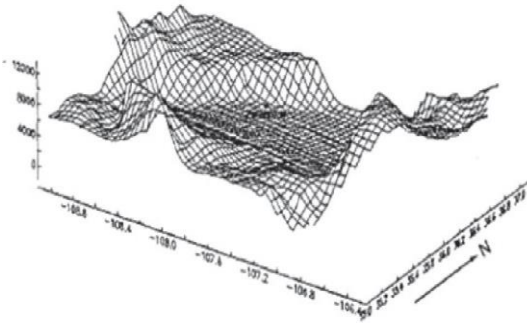
Şekil 5 ve 6, erken 3D dijital haritalama örnekleridir. Şekil 5, New Mexico'daki Fruitland Formasyonunu içeren kömürün çit diyagramıdır. Şekil 6, San Juan Havzası'ndaki Dakota Kumtaşı üssünün ağ perspektifidir. Erken haritalarla karşılaştırıldığında, modern CBS paketlerinden ve mekansal olarak açık modellerden elde edilen çıktılar çekicidir ve kolaylıkla oluşturulabilir. Bununla birlikte, anlamlı bir harita veya model oluşturmak için, kullanıcının temel ilkeleri anlaması gerekir (Dixon & Uddameri, 2015).



Şekil 4. Ayrı veri kümelerinin bir CBS'ye entegrasyonu (Moore vd., 1983).



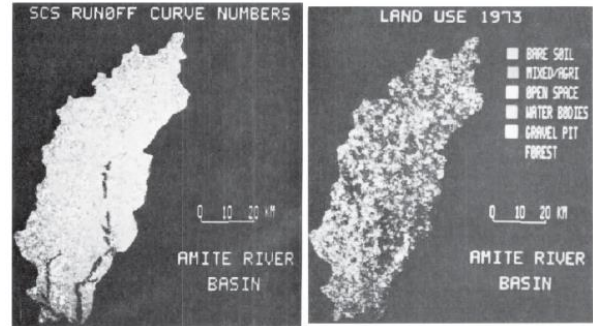
Şekil 5. Ulusal Kömür Kaynakları Veri Sisteminden alınan çit diyagramı örneği (USGS/Connecticut GIS Project, 1985).



Şekil 6. San Juan Havzasındaki Ulusal Kömür Kaynakları Veri Sisteminden ağ perspektif örneği (Rice vd., 1989).

CBS, fiziksel, sosyal ve ekonomik verileri birbirine bağlama yeteneği nedeniyle yavaş yavaş su havzası yönetimi için güçlü bir araç olarak kabul edilmeye başlandı (Starr & Anderson, 1982). Bu bağlamda, taşkınlar için havza ölçek planlaması ve taşkınla ilgili etkilerin değerlendirilmesi, su kaynakları alanındaki CBS araştırmalarının ana itici gücü olmuştur. Bu uygulama alanı, uzaktan algılanan verilerin mevcudiyetinden büyük ölçüde yararlanmış ve yararlanmaya devam etmektedir. Giriş hidroloji sınıfında, açık havzalardan su akışını tahmin etmek için Toprak Koruma Araştırmasının Eğri Numarası (SCS-CN) tekniğiyle muhtemelen karşılaşmıştır. Bir yüzey ne kadar sızdırmazsa, akış o kadar büyük olur. Aynı şekilde, eğim ne kadar yüksekse, yüzey akışı o kadar büyük olur. Arazi örtüsü özellikleri, kara yüzeyinde emilen veya atmosfere geri yansıyan elektromanyetik enerji miktarını etkiler. Uydulardaki sensörler bu yansımayı ölçer ve bu nedenle bu sensörlerden gelen bilgiler, LULC özelliklerini sınıflandırmak ve eğri numaralarını (CN'ler) tahmin etmek için kullanılabilir. Benzer şekilde, radar uydularındaki sensörlerden gelen veriler (RADARSAT-1 gibi), yükseklik verilerini tahmin etmek ve coğrafi rahatlamayı haritalamak için kullanılabilir. Mevcut

dijital arazi yükseklik verileri, eğimleri ve akış yönlerini hesaplamak ve su havzalarının sınırlarını belirlemek için CBS kullanılarak işlenebilir. Bugün bile, su havzalarının sınırlandırılması ve geçirgen olmayan yüzeylerin haritalanması, entegre CBS ve uzaktan algılama yöntemleri için kritik bir görev olmaya devam etmektedir. Louisiana Eyalet Üniversitesi'nde (LSU) Dr. John Hill tarafından Amite Nehri Havzası'ndaki kentleşme nedeniyle taşkın davranışındaki değişiklikleri değerlendirmek için yapılan bir çalışma, CBS teknolojilerinin su havzası modellemesi ile birleştirildiği ilk çalışmalardan birini temsil etmektedir (Hill vd., 1987). Bu çalışma, havza hidrolojisini simüle etmek için CBS ve Havza Hidrolojisi Simülasyonu (WAHS) Modelini birleştirmiştir. Landsat'tan uzaktan algılanan katmanlar, LULC verilerini sınıflandırmak için CBS'de dijital olarak kaplandı. Bu katmanların yanı sıra topografik haritalar, yağış miktarı ve akarsu akış verileri, 50 m'lik hücrelerde Toprak Koruma Hizmeti (SCS) akış CN'sini elde etmek için birleştirildi (Şekil 7). Bu veriler, doğrudan akış hidrografını tahmin etmek için WAHS modeliyle entegre edildi. Doğrudan akış hidrografı, sekiz farklı olay için hesaplandı. Model tahminleri, gözlenen değerlerle benzer şekilde, yükselme süresine, durgunluk süresine ve tepe özelliklerine sahip hidrografları içermektedir. Bununla birlikte, en yüksek deşarj hatası % 7,5 ile % 63,2 arasında değişmektedir (Hill vd., 1987). Sonuçlar genellikle çok doğru olmasa da, havza modellerinin CBS ve uzaktan algılama teknolojileriyle nasıl eşleştirileceğine dair değerli göstergeler elde edilmiştir (Dixon & Uddameri, 2015).

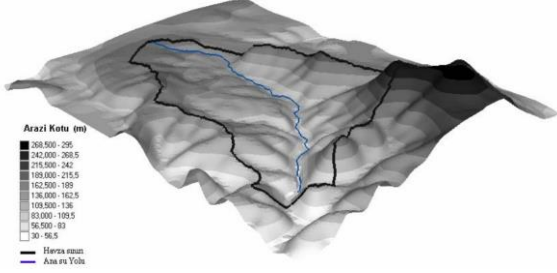


Şekil 7. SCS eğri numaralarının katmanları ve Amite Nehri Havzası için arazi kullanımı (Hill vd., 1987).

4. YAKIN TARİHTE SU MÜHENDİSLİĞİNDE CBS UYGULAMALARI

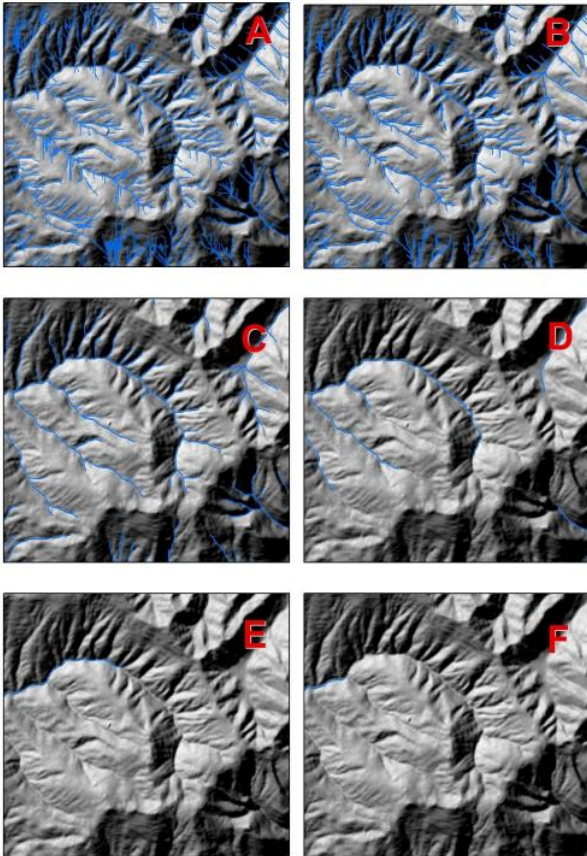
Coğrafi bilgi sistemleri, su mühendisliğinin her aşamasında kullanılmaktadır. CBS olanakları ile havza alanı, havza çevre uzunluğu, havza maksimum, minimum ve ortalama yükseklikleri, yöney, ortalama eğim, ana su yolu eğimi, ağırlık merkezinin ana su yolundaki izdüşümünden, havza çıkışına kadar olan uzaklık ve drenaj yoğunluğu gibi havza özellikleri belirlenebilir. Aslan (2005), CBS olanakları ile Bursa-Karacabey-İnkaya gölet havzasındaki bazı özellikleri belirlemeye çalışmıştır. Çalışmanın sonucunda havza alanı 11,47 km², havza çevre uzunluğu

15722,63 m, havza minimum, maksimum ve ortalama yüksekliği sırasıyla 56, 279, 131,44 m, havza yöneyi kuzey-batı, güneydoğu, havza ana su yolu uzunluğu 6336,19 m, havza ortalama eğimi % 10,92, drenaj yoğunluğu değeri ise 1645 m/km² olarak bulunmuş ve çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli oluşturmuştur. Havza için oluşturulan 3 boyutlu sayısal yükseklik modeli Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Çalışma alanına ilişkin sayısal yükseklik modelinin 3 boyutlu gösterimi ve belirlenen su toplama havzası (Aslan, 2005).

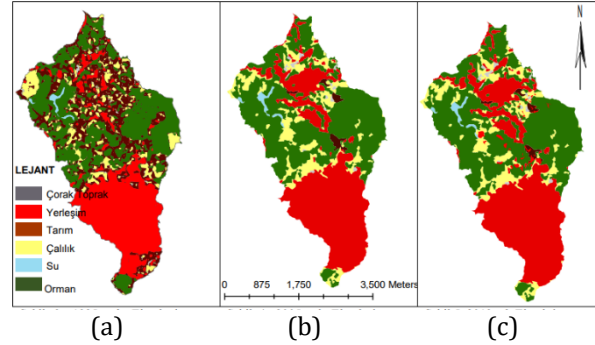
Elbaşı (2015), Marmara Denizi üzerindeki Akarsu Havzalarının analizi üzerine yaptığı çalışmada sahanın 1/25000 ölçekli topografik haritasından sayısalleştirilen eşyüksekti eğrileri temin etmiş, bu veriyi kullanarak sahanın 10 metre çözünürlüklü Sayısal Yükselti Modelini üretmiştir.



Şekil 9. Farklı eşik değerler kullanılarak üretilen raster akarsu ağı karşılaştırması; A:50, B:100, C:1000, D: 10000, E: 50000, F: 100000 eşik değeri kullanılarak üretilmiştir (Elbaşı, 2015).

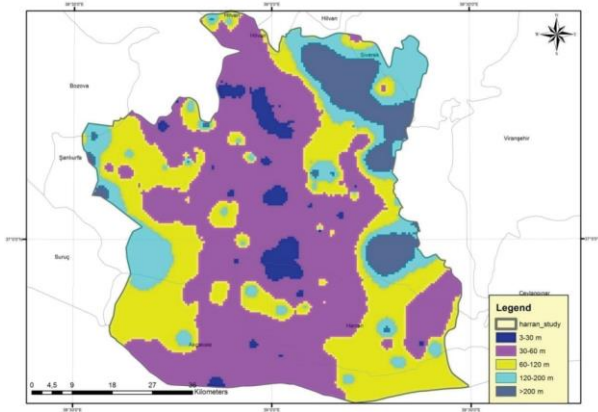
Çalışmada havzaların akarsu ağlarını belirlemeye çalışmış ve bu havzaların drenaj akım ağlarını D8 akım modeli ile oluşturmuştur. Belirlenen havzaların morfolojik karakterlerinin ortaya konması amacıyla morfometrik analizleri CBS yöntemleriyle uygulamıştır. Farklı eşik değerler kullanılarak üretilen raster akarsu ağının CBS ortamında karşılaştırılması Şekil 9'da gösterilmiştir.

Geymen (2016)'da su havzalarındaki doğal kaynakların CBS kullanılarak izlenmesi için yapmış olduğu çalışmada, İstanbul'un en büyük su ihtiyacını karşılayan ve arazi kullanım durumundan olumsuz yönde etkilenen su havzalarından bir tanesi olan ve İstanbul'a içme suyu temin eden havzalardan biri olan Elmalı havzasını çalışma alanı olarak belirlemiştir. Yapmış olduğu çalışmada, Elmalı havzasındaki arazi kullanım değişiminin zamana bağlı olarak değişimini 1995, 2005 ve 2013 yıllarına ait olan Landsat uydu görüntüleri ile sınıflandırarak gerçekleştirmiştir. Sınıflandırılmış görüntülerden elde edilen arazi yüzeyleri değişimlerinin tematik haritaları Şekil 10'da gösterilmiştir. Uydu görüntülerini Erdas Imagine 9.1 yazılımında değerlendirerek elde ettiği sonuçları CBS'ye aktarmıştır. Çalışmanın sonucunda ise su havzalarındaki mevcut planların uygulanamaması nedeniyle arazi kullanımında değişimler olduğunu tespit etmiş ve doğal kaynakların hızla azaldığını vurgulamıştır.

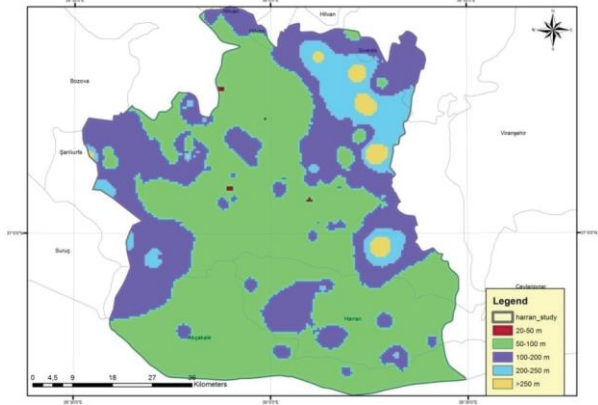


Şekil 10. 1995 yılı Elmalı Havzası Arazi Kullanımı (a), 2005 yılı Elmalı Havzası Arazi Kullanımı (b), 2013 yılı Elmalı Havzası Arazi Kullanımı (c) (Geymen, 2016).

Çelik vd. (2017), Şanlıurfa kent merkezinin sınırları içinde yer alan kamu kurum ve bireylere ait su kuyularını incelemiştir. Yeraltı sularının akışıyla beslenen havzada önceden belirlenen seçilmiş kuyuların verilerini kullanarak, Harran Ovası yeraltı su potansiyelini belirlemeyi amaçlamıştır. Havza'nın yeraltı su statik su seviye, dinamik su seviyeleri ile potansiyel yeraltı su verimi haritalarını CBS kullanarak tematik haritalar üretmiştir. Statik su seviyesi, dinamik su seviyesi ve kuyu verim değerlerini sınıflandırarak ve tematik haritalar CBS programlarını kullanarak kuyulardan elde edilen veriyi modellemeyle çalışmayı sonuçlandırmıştır. Çalışma sonucunda sınıflandırılan tematik haritalar Şekil 11 ve Şekil 12'de gösterilmiştir.

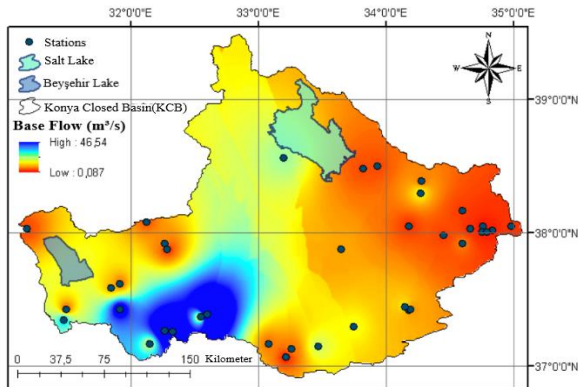


Şekil 11. Sınıflandırılmış statik su seviyesi tematik haritası (Çelik vd., 2017).



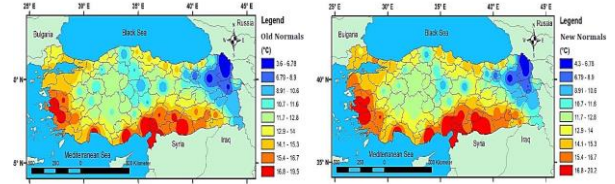
Şekil 12. Sınıflandırılmış dinamik su seviyesi tematik harita (Çelik vd., 2017).

Ayrıca literatürde yer alan su mühendisliği ile ilgili çalışmalarda, çalışma alanı, havza alanı, çalılan meteorolojik veya akım istasyonlarının konumlarının belirlenmesinde sıklıkla CBS sistemleri kullanılmaktadır. Örneğin Horzum vd. (2022), baz akımına bağlı yer altı su seviyelerinin Konya kapalı havzasında değişimini inceledikleri çalışmada, akım gözlem istasyonlarının konumları CBS ve IDW enterpolasyon tekniği kullanılarak görselleştirilmiştir. Şekil 13'te istasyon konumları, havza sınırları ve baz akımları yer almaktadır.



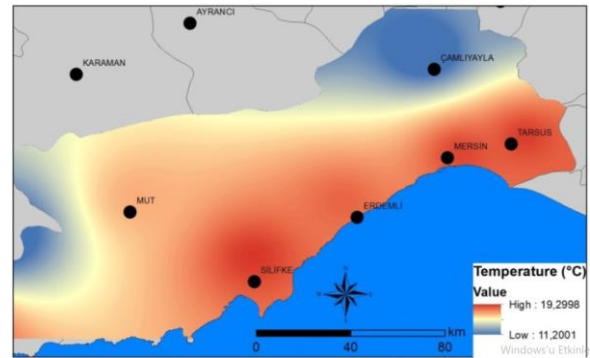
Şekil 13. Çalışma alanı ve istasyon konumlarını gösteren örnek bir çalışma (Horzum vd., 2022).

Su kaynaklarının yönteminde, iklim değişikliği çalışmaları önemli bir yere sahiptir. Örneğin yağışların değişimi, sıcaklıkların değişimi, buharlaşmanın değişimi vb. hidro-meteorolojik parametrelerin değişiminin bilinmesi gelecek su projeksiyonlarının oluşturulmasında kullanılmaktadır. Bu anlamda CBS sonuçların görselleştirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin Taha vd. (2022) çalışmalarında Türkiye'nin sıcaklık ve yağışlarının son iklim periyodundaki değişimi CBS teknikleri kullanarak yorumlamışlardır. Şekil 14'te sıcaklıkların değişimini gösteren harita yer almaktadır.

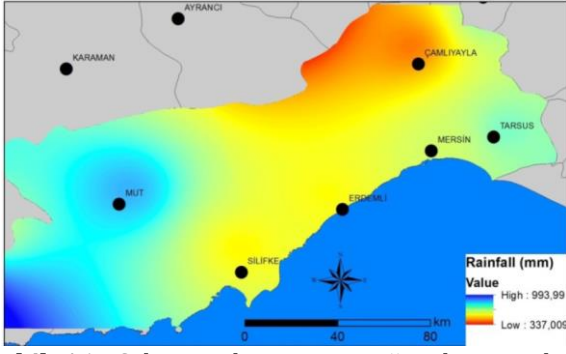


Şekil 14. İklim değişimi çalışmalarında CBS uygulaması (Demirgöl vd., 2022).

Kuraklık seviyesi bütün dünyada (son 900 yılda) ciddi yüksekliklere çıkmıştır. Türkiye'de de Doğu Akdeniz havzasında ciddi oranda kuraklıklar görülmektedir. Çelik ve Gülersoy (2018)'de iklim sınıflandırması ve kuraklık üzerine bir çalışma yapmışlardır. Analizler aylık, yıllık ve mevsimlik şeklinde uygulanmıştır. Analizler için 3 farklı indis kullanmışlardır. Erinç kuraklık indisine göre son 15 yılda ekstrem iklim olayları sıklıkla yaşanmıştır. SPI indisine göre yapılan analiz sonuçlarında 2008 yılında tüm aylarda az yağış olduğu tespit edilmiştir. PNI indisine göre yapılan analizler 1965-2014 arasına ait yağış verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu analizde 2008 yılı kurak olarak çıktığı görülmüştür. Mersin ve bazı ilçelerine ait sıcaklık ve yağış diyagramlarının yanısıra bölgesel sıcaklık yağış diyagramları Şekil 15 ve Şekil 16'da gösterilmektedir.



Şekil 15. Çalışma alanına ait sıcaklık haritası (Çelik & Gülersoy, 2018).



Şekil 16. Çalışma alanına ait yağış diyagramları (Çelik & Gülersoy, 2018).

Bu çalışmada, su mühendisliğinde CBS kullanımı ile ilgili tüm çalışmalar yer almayıp, başlıca ve/veya sıklıkla kullanılan çalışmalar incelenmiştir. Böylece su mühendisliği ile ilgili problemlerin çözümünde CBS ile ilgili uygulamaları özetleyen temel bir kılavuz oluşturulması amaçlanmıştır.

5. SONUÇLAR

CBS; verilerin toplanması, saklanması, analiz edilmesi, kullanıcıya sunulması gibi işlevleri bütünleştiren, en güncel teknolojilerden biridir. Hem coğrafyanın hem de bilgi sistemlerinin birleşik gücünü sunan CBS teknolojisi, su endüstrisi altyapısının etkin yönetimi için ideal bir çözümdür. Su endüstrisi dünya çapında oldukça hızlı büyüyen endüstrilerdendir. Bu çalışmada CBS ile su sistemlerinin yönetimi arasındaki ilişki anlatılarak CBS'nin önemi vurgulanmaya çalışılmıştır.

CBS, fiziksel, sosyal ve ekonomik verileri birbirine bağlama yeteneği nedeniyle yavaş yavaş su havzası yönetimi için güçlü bir araç olarak kabul edilmeye başlanmıştır. CBS uygulamaları, su, atık su ve yağmur suyu sistemlerimizin yönetimini geliştirmekte büyük bir öneme sahiptir. Günümüzde, su havzalarının sınırlandırılması ve geçirimsiz yüzeylerin haritalanması, CBS ve uzaktan algılama yöntemleri için kritik bir görev olmaya devam etmektedir. CBS teknolojisi geçmişten bugüne büyük bir değişim geçirmiştir. Bu çalışmada CBS'nin tarihçesinden bahsedilerek ne kadar öneme sahip olduğu ve su sistemleri ile ilişkisi anlatılmaya çalışılmıştır. Günümüzdeki CBS su endüstrisinin neredeyse tüm alanlarına girmektedir. Sonuç olarak incelenen çalışmalar CBS'nin su kaynaklarında kullanımı ilgisinin arttığını göstermektedir. Ayrıca bu çalışma CBS yazılımının geçmişten günümüze büyük bir gelişim göstermesine rağmen su kaynakları bilimi ve mühendisliğinde hala kullanımını sınırlayan zorlukların bulunduğunu gösterilmeye çalışılmıştır.

Yazarların Katkısı

Yazar1, 2, 3: Metodoloji, Makale Tarama ve Yazma

Yazar4: Gözden Geçirme, Düzenleme ve Son kontrol.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Çalışma yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

KAYNAKÇA

- Antenucci J A (1982). A GIS generation Gap: MAGI and KNRIS. *Computers Environmental Urban Systems Journal*, 7, 269-273.
- Aslan Ş T A (2005). Coğrafi bilgi sistemi olanakları ile bazı havza özelliklerinin belirlenmesi, *KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(2),128-134.
- Ayday C, Yaman N, Keser K & Sabah L (2016). Açık Kaynak Kodlu Yazılımlar ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), 4. *Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, Antalya, Türkiye, 643-653.
- Başçıftçı, F., Durduran, S.S. & İnal, C. (2013). Konya Kapalı Havzasında Yeraltı Su Seviyelerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İle Haritalanması *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi* 5(2), 1-15.
- Çelik A M & Gülersoy E A (2018). Climate Classification and Drought Analysis of Mersin, *MCBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(1), Doi 10.18026.
- Çelik R, Aslan V & Akyıldız M H (2017). Harran Ovası'nın Yeraltısu Potansiyelinin Coğrafi Bilgi Sistemi İle Modellenmesi, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 8(1),53-64.
- Coppock J T, & Rhind, D W (1991). The history of GIS. *Geographical information systems: Principles and applications*, 2, 21-43.
- Dangermond J, & Antenucci J (1974). Maryland Automated Geographic Information System (MAGI) Maryland Department of State Planning, https://scholar.google.com/scholar_lookup?&title=Maryland%20Automated%20Geographic%20Information%20System%20%28MAGI%29&publication_year=1974&author=Antenucci%2C&author=Dangermond%2C [Erişim Tarihi: 03.04.2022].
- Demirgöl T, Yılmaz C B, Zıpır B N, Horzum F S, Perhiz M F, Demir V & Sevimli M F (2022). Investigation of precipitation and temperature changes in Turkey in the last climate period. *2nd Advanced Engineering Days*, Mersin, Turkey, 69-71.
- Dixon B, Uddameri V (2015). GIS and Geocomputation for Water Resource Science and Engineering, *Copyright © 2016 John Wiley & Sons, Ltd.*, DOI:10.1002/9781118826171
- Elbaşı E (2015). Marmara Denizi Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 119 s.
- Farkas A L & Berkowitz J B (2001). State-of-the-industry report. *Environmental Engineer, American Academy of Environmental Engineers*, 37(4), 22-26.
- Geymen A (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Su Havzalarındaki Doğal Kaynakların İzlenmesi: Elmalı Havzası Örneği, *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*,19(2),174-180.
- Hill J M, Singh V, & Aminian H (1987). A Computerized Database For Flood Protection Modeling. *Journal of American Water Resource Association*. 23(1), 21-27.

- Horzum F S, Demir V & Sevimli M F (2022). Investigation of Base Flow Reserve in Konya Closed Basin. *2nd Advanced Engineering Days*, Mersin, Turkey, 99-102.
- Intergraph. (2013). http://www.intergraph.com/about_us/history_80s.aspx. [Erişim Tarihi: 03.05.2013].
- Intergraph (2022), <http://www.intergraph.com>. [Erişim Tarihi: 03.03.2022].
- Johnson R & Adrian M (2001). "Opening the Floodgates: Why Water Privatisation Will Continue" Policy Brief 17. Reason Foundation: Los Angeles. Accessed through <http://www.rppi.org/pbrief17.html> [Erişim Tarihi: 03.05.2021].
- IPA (2013). Delaware Institute for Public Administration. Geographic Information Systems at WRA. Retrieved from www.ipa.udel.edu/wra/gis. [Erişim Tarihi: 03.04.2013].
- Jenkins D (2002). Making the leap to ArcView 8.1. *Geospatial Solutions*, 46-48.
- Kindleberger C (1992). Tomorrow's GIS. *American City & County*, 38-48.
- Mark D, Chrisman N, Frank A, McHaffie P, & Pickles, J (1996). The GIS History Project. Retrieved from http://www.ncgia.buffalo.edu/gishist/bar_harbor.html. [Erişim Tarihi: 03.03.2021].
- Minnesota Administration Department (2001). Land Management Information Center: An Inventory of Its Records. Retrieved from <http://www.mnhs.org/library/findaids/admin015.pdf> [Erişim Tarihi: 03.05.2021].
- Mitchell W B, Guptill S C, Anderson K E, Fegeas R G, & Hallam C A (1977). GIRAS: A Geographic Information Retrieval and Analysis System for Handling Land Use and Land Cover Data. USGS Professional Paper 1059. [Pubs.usgs.gov/pp/1059/report.pdf](http://pubs.usgs.gov/pp/1059/report.pdf) [Erişim Tarihi: 07.04.2021].
- Moore G K, Batten L G, Allord G J, & Robinove C J (1983). Application of Digital Mapping Technology to the Display of Hydrologic Information. *USGS Water Resources Investigation Report*, 83-4142.
- Neteler M, & Mitasova H (2008). Open source GIS: a GRASS GIS approach, 3rd ed. Springer: New York, 420 pages. ISBN-10: 038735767X; ISBN-13: 978-0387357676).
- Nişancı, R., Yıldırım, V., Çolak, H. E., (2010). Coğrafi Bilgi Sistem Uygulamaları, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi 58-63.
- OGS, (2013). Open GeoSpatial OGC history, <http://www.opengeospatial.org/ogc/historylog>. [Erişim Tarihi: 08.10.2021].
- Rice D D, Clayton J L & Pawlewicz M J, (1989). Characterization of coal-derived hydrocarbons and source-rock potential of coal beds, San Juan Basin, New Mexico and Colorado, U.S.A., *International Journal of Coal Geology*, 13(1-4), 597-626.
- Şahin B (2016). Küresel Bir Sorun: Su Kıtlığı ve Sanal Su Ticareti, Hitit Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Hitit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çorum 110s.
- Shamsi U M (2002). GIS Tools for Water, Wastewater, and Stormwater Systems, *ASCE Press*, ISBN (PDF): 978-0-7844-7084-8.
- Shamsi U M (2005). GIS Applications for Water, Wastewater, and Stormwater Systems, *CRC Press*, ISBN 9780849320972
- Starr L E & Anderson, K. E. (1982). Some Thoughts on Cartographic and Geographic Information Systems for the 1980s. *Proceedings Pecora 7 Symposium*, Sioux Falls, USA, 41-56.
- USGS/Connecticut GIS Project, (1985) <https://www.usgs.gov/products/maps/gis-data>. [Erişim Tarihi: 03.08.2021].
- Walker J (1996). Typical Univac 1108 Prices: 1968. <http://www.fourmilab.ch/documents/univac/config1108.html>. [Erişim Tarihi: 03.12.2021].
- Water (2022). Water Epa, http://water.epa.gov/scitech/datait/models/basins/metadata_giras.cfm [Erişim Tarihi: 23.2.2022].



© Author(s) 2022.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>