

Bölüm 6

Madencilikte Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Yardımcı Teknolojiler

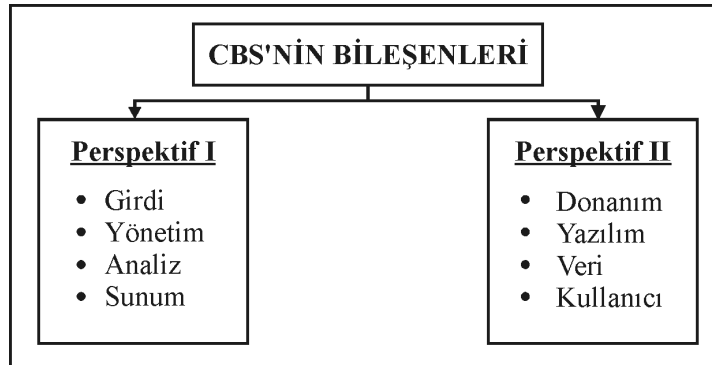
Doç. Dr. H. Şebnem DÜZGÜN

İÇİNDEKİLER

6.1. GİRİŞ	317
6.2. CBS'DE VERİ SAKLAMA YÖNTEMLERİ	319
6.3. CBS'İN TEMEL FONKSİYONLARI	319
6.3.1. Veri İşlemleri	319
6.3.2. Sorgulamalar	320
6.3.3. Mekansal Analizler	320
6.3.3.1. Temel mekansal analizler	320
6.3.3.2. Ağ analizleri	323
6.3.3.3. Geometrik ve istatistiksel işlemler	324
6.3.3.4. Sayısal arazi/yükseklik modelleri (SAM/SYM)	324
6.3.4. Senaryo Analizleri	325
6.3.5. Sunumlar	325
6.4. CBS'yi DESTEKLEYİCİ TEKNOLOJİLER	325
6.4.1. Küresel Konumlama Sistemleri (KKS)	325
6.4.2. Uzaktan Algılama (UA)	327
6.4.3. Madencilikte CBS ve Yardımcı Teknolojiler	330
KAYNAKLAR	334

6.1. GİRİŞ

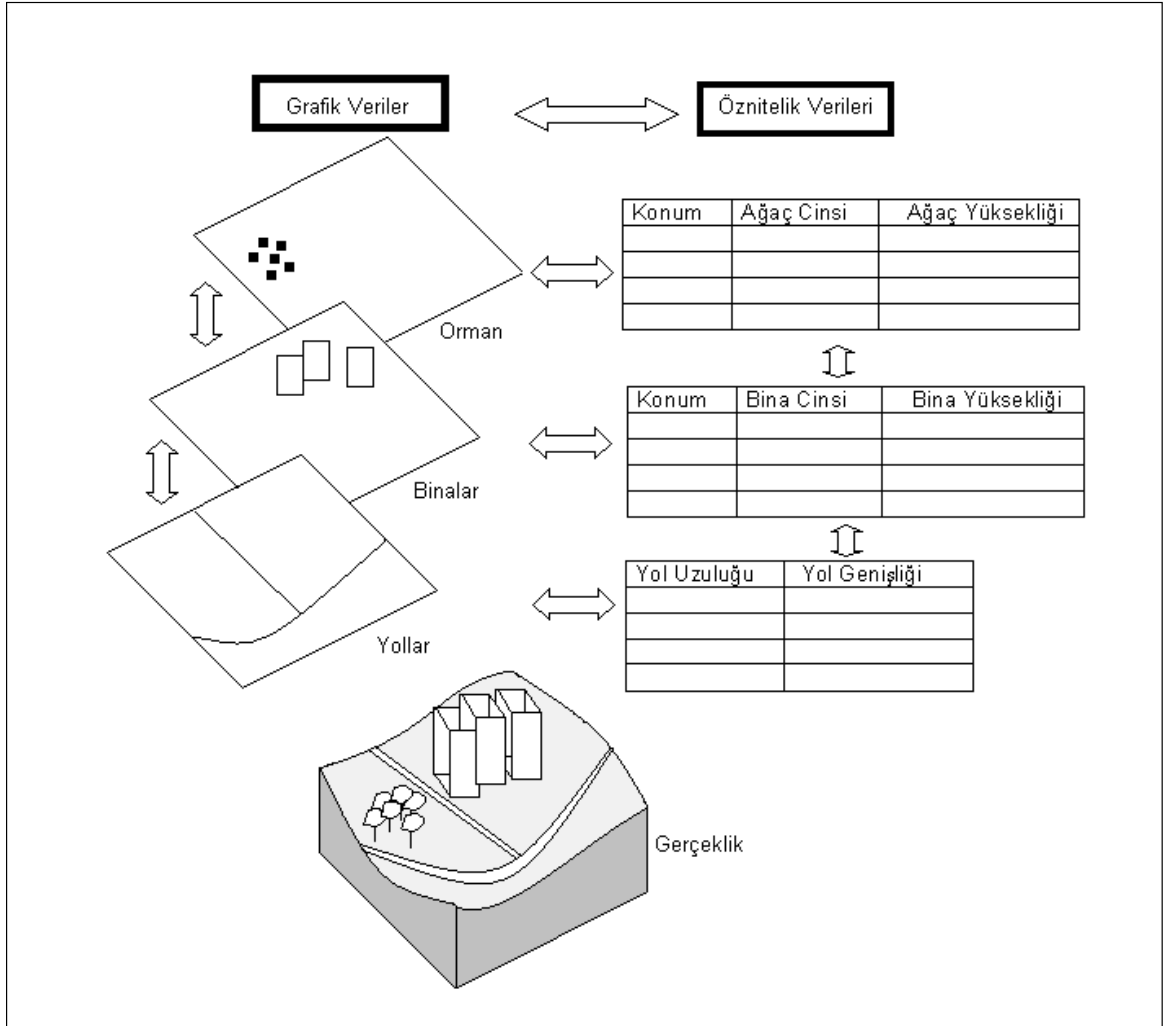
Veri ve bilgilerin sistemli şekilde toplanıp depolanması, işlenmesi ve anlamlı hale dönüştürülmesi için oluşturulmuş sistemlere bilgi sistemi denir. Veri ve bilginin hızla arttığı günümüzde, bilginin etkin, kolay ve verimli kullanılmasına duyulan ihtiyaç bilgi sistemlerinin geliştirilmesini kaçınılmaz hale getirmiştir. Bilgi sistemlerinin temel fonksiyonu karar verme işlemini kolaylaştırmak ve bu süreci kısaltmaktır (Yomralıoğlu, 2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin bilgi sistemlerinden farkı; sistemin değişik nesnelere ait öznitelik bilgilerine ilave olarak konum bilgilerini de içermesidir (Sağlam ve ark., 2004). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mekansal kökenli bilgilerin (grafik ve öznitelik) bilgisayar ortamında toplanması, girilmesi, saklanması, sorgulanması, mekansal analizlerinin yapılması, görüntülenmesi ve farklı formatlarda çıktı alınması için oluşturulan bir bilgi sistemidir (Aranoff, 1991). CBS 1960'lı yılların başında daha çok bilgisayar destekli harita birleştirme amaçlı geliştirilmişken (Yomralıoğlu, 2000) günümüzde pek çok alanda farklı amaçlara hizmet eden bir teknolojiye dönüşmüştür. Coğrafi bilgi sistemleri'nin bileşenleri iki ayrı perspektifte incelenebilir (Şekil 1).



Şekil 1. İki farklı perspektifle CBS'nin bileşenleri.

Şekil 1'de de görüldüğü gibi Perspektif I'de CBS bileşenleri, sistemin daha çok iç işleyiş yapısı için gerekli parçalar olarak ele alınmıştır. Dolayısı ile Perspektif I, daha çok CBS'nin yazılım boyutuna yönelik bir bakış açısını temsil etmektedir. Perspektif II'de ise sistem hem iç hem de dış bileşenler bütünü olarak resmedilmiştir. Bu bakış açısında sistemin içsel mekanizmasından çok fiziksel yapısı öndedir. CBS'nin bileşenleri hangi perspektiften incelenirse incelenir, önemli olan her bir bileşenin eşit öneme sahip olduğunun bilinmesidir. Bir başka deyişle, CBS'de yazılım ve donanım kadar veri toplama, işleme ve yönetimi, kullanıcı yetkinliği, analizler ve sunum da çok önemlidir.

CBS'nin temel çalışma prensibi belli bir coğrafi bölge için grafik (konumsal) ve öznel (grafik/konumsal olmayan) verilerinin ilişkilendirilerek farklı katmanlar halinde saklanması ve bu katmanları kullanarak istenilen analizlerin yapılmasına dayanmaktadır. Öznel bilgileri ilişkisel bir veritabanı yönetim sistemi (VTYS) ile çizelgesel veriler olarak sistemde saklanırken aynı zamanda ilgili grafik veri katmanı ile bağlantılıdır. Şekil 2'de de görüleceği gibi grafik veriler genellikle haritalar iken, öznel verileri haritalara ait bilgilerin çizelgeleridir.



Şekil 2. CBS'nin genel çalışma prensibi.

6.2. CBS'DE VERİ SAKLAMA YÖNTEMLERİ

Öznelik verileri bir veritabanı yönetim sistemi (VTYS) ile yönetilmektedir. Söz konusu VTYS ilişkişel bir veritabanıdır. Bu tür veritabanlarında tüm verileri tek bir çizelgede toplamak yerine veriler gruplar halinde farklı çizelgeler olarak saklanır ve her birbiri ile bir anahtar alan kodu ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle veritabanında yapılacak sorgulamalar daha etkin ve ekonomik hale gelmektedir.

CBS'de grafik veriler temel olarak üç çeşittir: Noktalar (ağaçlar, volkan konileri, suç mahalleri, vb.), çizgiler (yollar, nehirler, telefon hatları vb.) ve alanlar (parseller, Jeolojik birimler, vb.). Bunları CBS ortamında saklamanın ise iki yolu vardır. Grafik veriler ya vektörel olarak ya da hücreşel (grid ya da raster da olarak adlandırılır) olarak saklanır. CBS yazılımları da grafik veriyi saklama özelliklerine göre "vektörel/hücreşel CBS" olarak adlandırılırlar.

Vektörel veri saklama şeklinde katmanlarda yer alan grafik yapılar (noktalar, çizgiler, alanlar) vektör objeler olarak algılanır ve bu grafik yapılar koordinat (x,y) değerleriyle kodlanarak depolanırlar. Noktalar tek bir koordinat çifti ile ifade edilirken, çizgi ve alanlar birbirini izleyen bir dizi koordinat çifti [(x1,y1), (x2,y2),..., (xn,yn)] ile gösterilir. Koordinat dizisinde başlangıç ve bitiş koordinatının aynı olması alana ait bir koordinat dizisi olduğunu ifade eder. Vektör tabanlı CBS'ler grafik objelerin konumlarının önemli olduğu uygulamalarda oldukça etkilidirler. Ancak jeolojik formasyonlar, kaya ve toprak özellikleri, arazi kullanımındaki değişiklikler, gibi sürekliliği olan katmanlarla ilgili uygulamalarda daha verimsizdirler.

Hücreşel veri saklama yönteminde ise katmanlardaki grafik objeler düzenli oluşturulmuş hücrelere ya da karelere aktarılır. Bu veri modeli genellikle kaya ve toprak özellikleri gibi incelenen alanda süreklilik niteliği olan katmanların gösterilmesinde daha etkilidir. Hücrelerin herbirine piksel adı da verilmektedir. CBS'nin önemli girdilerinden oluşan uzaktan algılama (UA) yöntemi ile elde edilmiş hava fotoğrafları, uydu görüntüleri bu veri modeli ile ifade edilmektedir. Çoğunlukla etkin bir CBS kullanımında hem vektör hem de hücreşel veri modelini içeren katmanlar olduğundan günümüz CBS yazılımlarının çoğu her iki veri modelini de aynı anda kullanabilme özelliğine sahiptir. Bu kullanım şekline melez veri modeli de denilmektedir.

6.3. CBS'İN TEMEL FONKSİYONLARI

Herhangi bir CBS'de bulunan temel fonksiyonlar altı başlık altında incelenebilir:

1. Veri işlemleri
2. Sorgulamalar
3. Mekansal analizler
4. Senaryo analizleri
5. Sunumlar

6.3.1. Veri İşlemleri

Bu fonksiyon verinin toplanması, depolanması, güncellenmesi ve CBS'de üretilmesi ile ilgili tüm işlemleri içerir. Veri ile ilgili işlemlerin başında veri entegrasyonu gelir. Grafik veriler (bilgisayar destekli tasarım çizimleri, elde yapılmış çizimler, haritalar,vb.), çizelgesel veriler (VTYS'nde oluşturulmuş veriler, çizelge halinde oluşturulmuş listeler, vb) ve görüntü verileri (hava fotoğrafı,

uydu görüntüsü vb.) eşzamanlı olarak sistemde farklı amaçlar için kullanılabilir. Diğer önemli bir veri işlemi ise verinin güncellenmesi, başka ortamlara aktarılması ve başka ortamlardan CBS'ye veri eklemesinin yapılmasıdır. Ayrıca CBS bünyesinde verileri kullanarak çeşitli analizler yardımı ile veri üretimi de yapılmaktadır. Tüm bu işlemler sayısal ortamda yapıldığından, veri ile ilgili işlemler hızla gerçekleştirilebilmektedir.

6.3.2. Sorgulamalar

Sorgulamalar mekansal ve mekansal olmayanlar olarak iki grupta incelenebilir. Mekansal olmayan sorgulamalar var olan ilişkisel VTYS içinde öznitelik verileri ile ilgili sorgulamaları kapsar. Mekansal sorgulamalar ise grafik veriler ve hem grafik hem de öznitelik verileri için aynı anda yapılan sorgulamaları içerir. Dolayısı ile grafik veriden öznitelik verisine ya da öznitelik verisinden grafik verisine hızlı bir geçiş sözkonusudur. Söz gelimi CBS'nin mekansal sorgulama özelliği ile haritadaki coğrafi objeler (nokta, çizgi ya da alan) imleç yolu ile seçilerek öznitelik bilgileri görüntülenebilir.

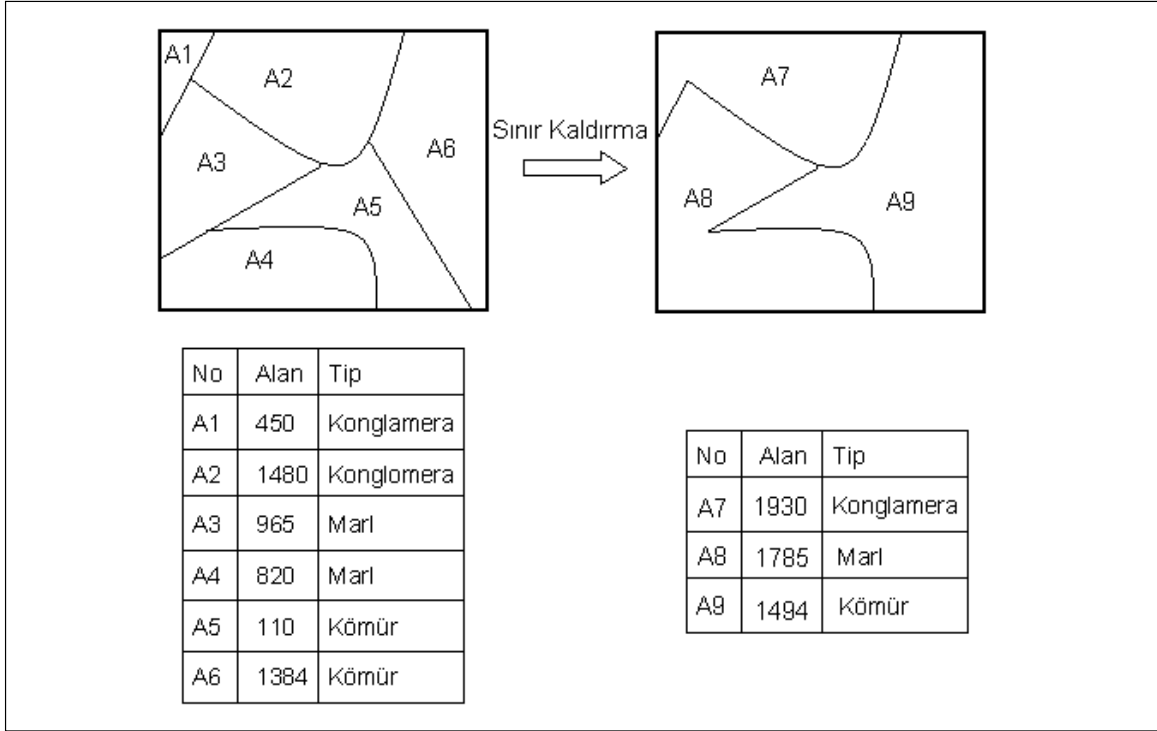
6.3.3. Mekansal Analizler

CBS'de mekansal ve mekansal olmayan analizler yapmak mümkün olsa da sistemin en güçlü yanı mekansal analiz yapma özelliğidir. Mekansal analizinin en önemli özelliği CBS'de var olan verilerden yararlanarak yeni veriler üretmektir. Mekansal analizler tek bir katman kullanılarak yapılabileceği gibi iki ya da daha çok katman kullanılarak da elde edilebilir. Başlıca mekansal analizler şunlardır:

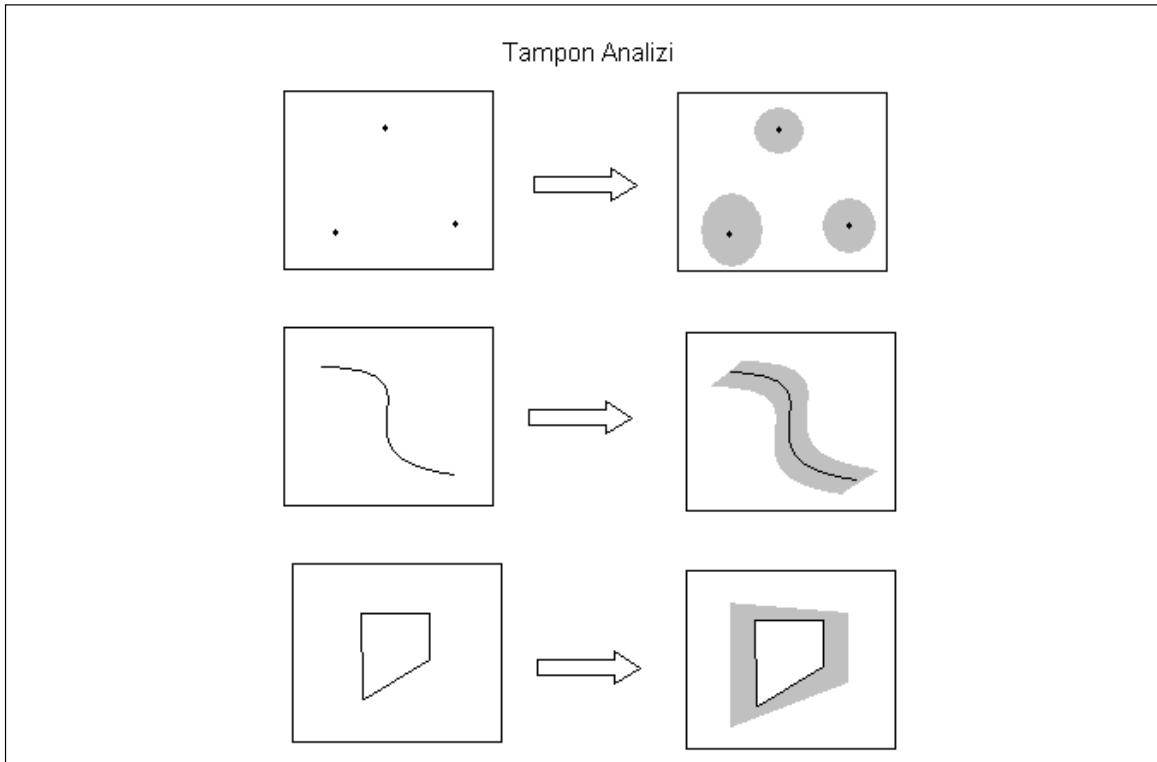
- Temel mekansal analizler
- Ağ analizleri
- Geometrik ve istatistiksel işlemler
- Sayısal arazi/yükseklik modelleri (SAM/SYM)

6.3.3.1. Temel mekansal analizler

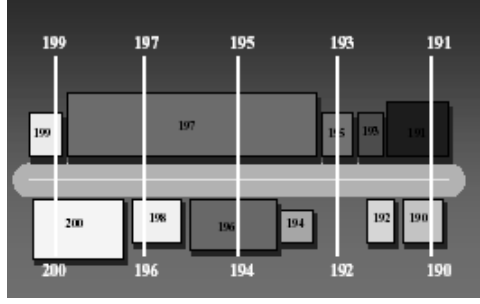
Temel mekansal analizler içinde tek bir katman kullanılarak yapılan analizlerden en sık kullanılanı sınır kaldırma, yakınlık analizleri ve interpolasyon teknikleridir. Sınır kaldırma işlemi herhangi bir katmandaki alanların ortak öznitelik özelliklerine göre birleştirilerek yeni bir katman oluşturulmasına denir (Şekil 3). Yakınlık analizleri herhangi bir coğrafi objenin başka bir objeye uzaklığının analizi ile oluşturulur. En yaygın yakınlık analizlerinden biri tampon analizidir. Seçilmiş bir coğrafi objenin etrafına (nokta, çizgi ya da alan) verilen mesafede tanımlanmış bir tampon alan oluşturulmasından ibarettir (Şekil 4). İnterpolasyon ile herhangi bir katmanda bilinmeyen noktaların öznitelik değerleri, komşuluklarındaki bilinen noktaların öznitelik değerleri kullanılarak bulunur. İnterpolasyon polinom yöntemleri kullanılarak yapılabileceği gibi, Kriging gibi jeostatistiksel yöntemler kullanılarak da yapılabilir. Şekil 5'te interpolasyonun temel prensibi gösterilmiştir.



Şekil 3. CBS'de sınır kaldırma işlemi.

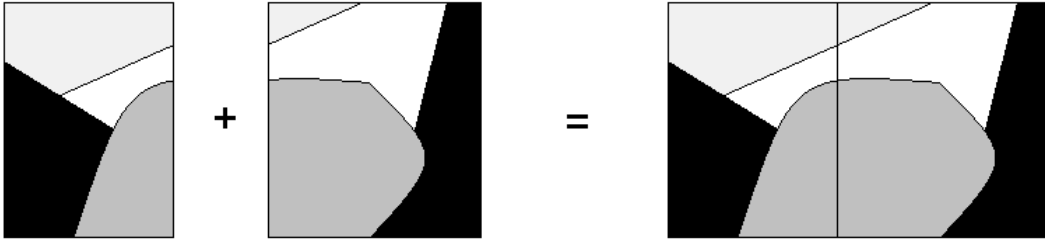


Şekil 4. CBS'de çeşitli coğrafi objeler için tampon analizi.



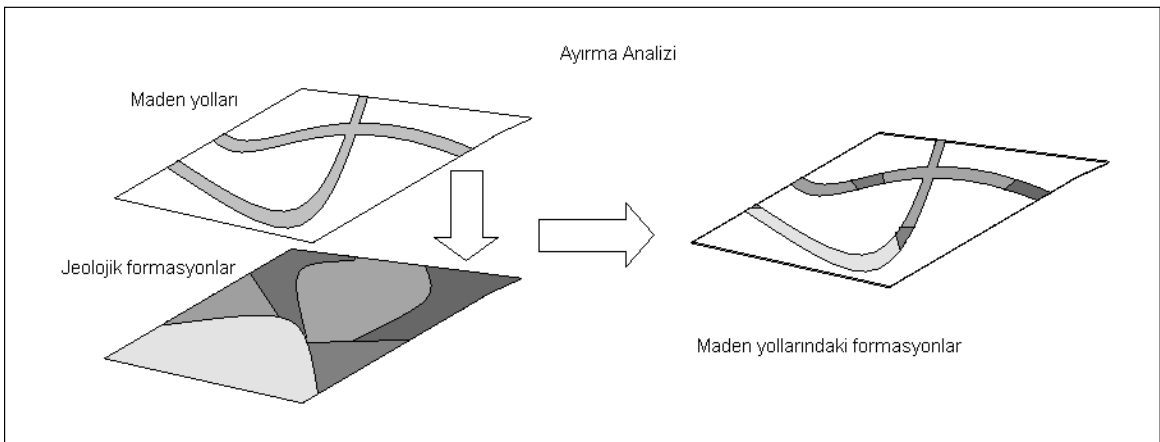
Şekil 5. İnterpolasyonun temel prensibi (kaynak: <http://cgis.fau.edu/docs/4152c/Spring%20Week%205.pdf#search='spatial%20analysis%20functions%20in%20gis'>).

İki ya da daha çok katman kullanılarak yapılan temel mekansal analizler arasında en yaygınları, "ekleme", "ayırma", "keşim" ve "birleşim" analizleridir. Ekleme analizi birbiri ile ilintili iki katmanın birleştirilerek tek bir katman haline dönüştürülmesine denir (Şekil 6). Bir çalışma alanının jeolojik haritasını elde etmek için, alana ait jeolojik paftaların birleştirilmesi işlemi ekleme analizine bir örnektir.



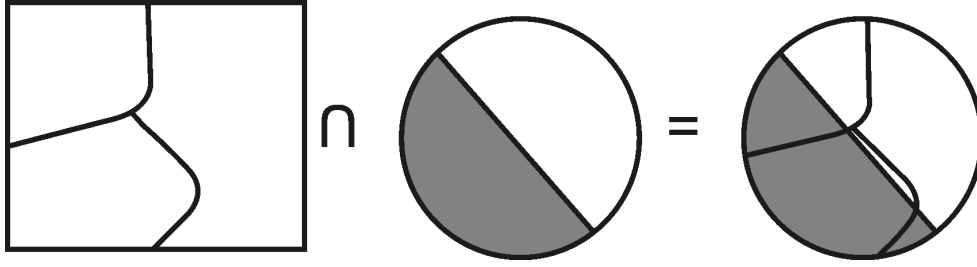
Şekil 6. CBS'de ekleme işlemi.

Ayrırma işlemi ise belli bir katmanın bir parçasının başka bir katman referans alınarak kesilip çıkarılmasıdır. Söz gelimi maden yollarının hangi jeolojik formasyonlardan geçtiğini görmek için jeolojik formasyon haritasından, yollar haritası ayrılarak yeni bir katman elde edilebilir (Şekil 7).



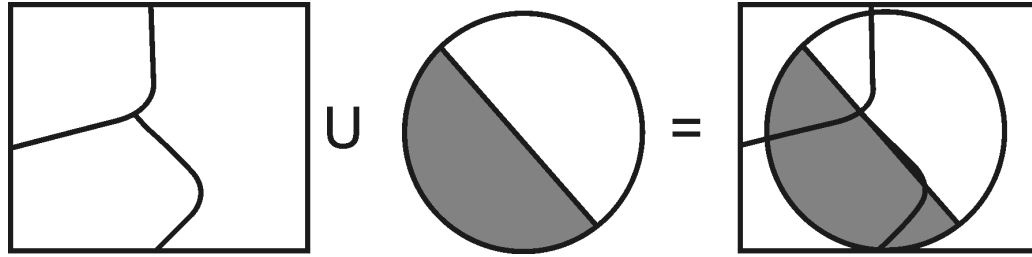
Şekil 7. CBS'de ayırma analizi.

Kesişim işlemi iki ayrı katmandaki ortak jeolojik obje ve bunlara ait öznelik bilgilerinin belirlenerek yeni bir katmana aktarılmasına denir. Matematiksel olarak iki kümenin kesişim kümesini ayrı bir katman olarak ifade etme işlemidir (Şekil 8). Sözelimi, uygun yer seçimi gibi analizlerde belli bir eğimin altındaki belli bir fomasyon seçilmek isteniyorsa, eğim ve jeoloji katmanları kesiştirilerek uygun alanlar belirlenebilir.



Şekil 8. CBS'de kesişim işlemi.

İki katmanın tüm özelliklerinin birleştirilerek yeni bir katman elde edilmesi işlemi birleşim analizidir. Matematikteki birleşim işleminin karşılığıdır (Şekil 9). İki ya da daha fazla katman ile yapılan tüm mekansal analizlerde grafik veri için uygulanan işlemlerin aynısı grafik verinin ilişkili olduğu öznelik verilerinin bulunduğu çizelgelerde de uygulandığından oluşan yeni katman istenen tüm öznelik verilerini de bünyesinde bulundurmaktadır. Bu nedenle birleşim işleminde iki katmanın çizelgesel verileri de birleştirilip yeni bir çizelge olarak oluşturulan katmana iletilir.



Şekil 9. CBS'de birleşim işlemi.

6.3.3.2. Ağ analizleri

Ağ analizleri, birbirine bağlı çizgisel coğrafi objelerin oluşturduğu şebekelerden karar verme sürecini destekleyecek analizlerin yapılmasını içerir. Ağların oluşması için çizgilerin düğüm noktaları ile birleştirilmesi gerekmektedir. Ağ analizleri çoğunlukla en uygun güzergah seçimi için kullanılır. En uygun güzergah seçimi iki nokta arasında olabilecek en uygun birleşme yolunun belirlenmesidir. Bu yol en kısa mesafeli yol olabileceği gibi, başlangıç noktasından bitiş noktasına gidişte aranan niteliklere ve var olan kısıtlara bağlı olarak en kısa süre, en uygun eğim de olabilir. Söz gelimi haritada en kısa mesafe kuş uçuşu mesafe olarak belirlenebilir ancak şehir içinde bir yerden bir yere ulaşımında trafik yoğunluğu ve yol kısıtları nedeni ile en uygun güzergah kuş uçuşu güzergahtan her zaman daha farklıdır.

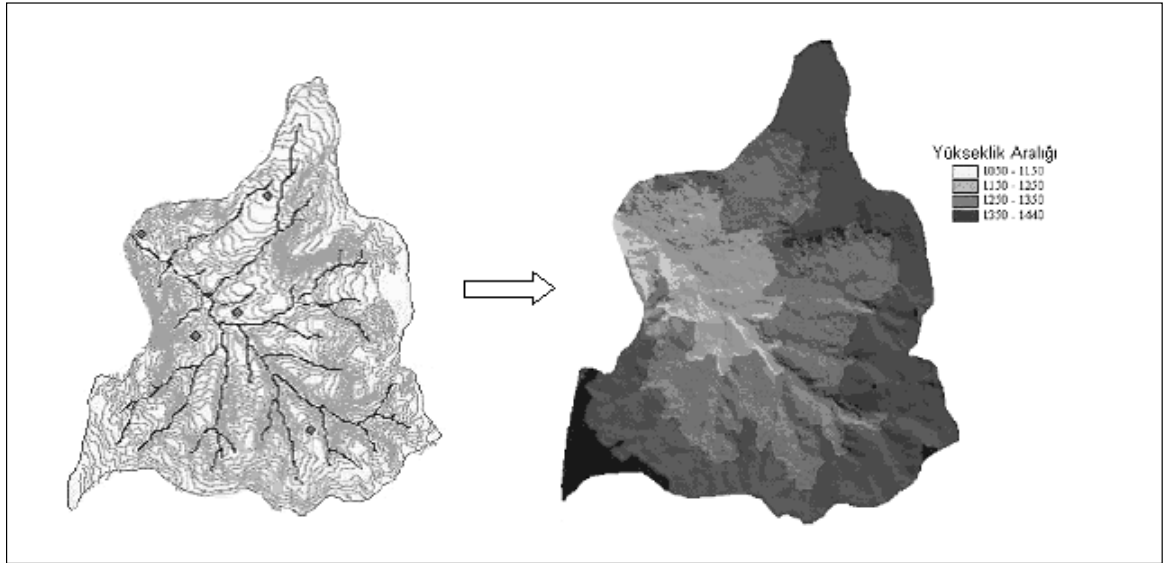
6.3.3.3. Geometrik ve istatistiksel işlemler

Geometrik işlemler koordinat belirlemesi ve uzunluk, açı ve alan ölçmeden oluşmaktadır. CBS'de herhangi bir noktanın koordinatı sisteme eklenebileceği gibi, sistemde var olan katmanlardaki noktaların koordinatları da otomatik olarak bulunabilmektedir. Benzer şekilde uzunluk, açı ve alan ölçme işlemleri de CBS'de otomatik olarak yapılabilmektedir. Ayrıca haritacılıkta özel amaçlar için geliştirilmiş teğet nokta, poligon vb hesapların yapılabildiği fonksiyonlar da mevcuttur (Yomralıoğlu, 2000).

İstatistiksel işlemler ise CBS'nin veritabanında bulunan öznitelik verileri ile ilgili tanımlayıcı istatistik analizleri içermektedir. Tanımlayıcı istatistik değişkenleri arasında ortalama, standart sapma, varyans, dağılım parametreleri gibi özellikler yer almaktadır.

6.3.3.4. Sayısal arazi/yükseklik modelleri (SAM/SYM)

Sayısal yükseklik modelleri, toptografik haritalardaki eş yükselti eğrileri kullanılarak oluşturulur. Ancak yükseltinin yanında haritada eğriler ile gösterilmiş başka değişkenler için de sayısal modeller oluşturmak mümkündür. SYM eş yükselti eğrilerinden 3 boyutlu arazi modeli üretme yoludur. Şekil 10'da eşyüksekti eğrilerinden elde edilmiş bir SYM görülmektedir. SYM oluşturulduktan sonra eğim ve baki haritaları oluşturmak, araziyi 3 boyutlu olarak modellemek, kesit çıkarmak, görünebilirlik analizleri ve hacim hesapları yapmak da mümkündür. SYM elde etmenin matematiksel parça ve şekil yöntemleri olmak üzere iki yolu vardır (Yomralıoğlu, 2000). Matematiksel parça yöntemleri, katı yüzey şekillerini matematiksel fonksiyonlarla temsil etme prensibine dayanır. Dolayısı ile değişik interpolasyon metodları analizlerde kullanılır. Şekil yöntemlerinde ise eşyüksekti eğrilerindeki nokta ve çizgiler kullanılarak SYM elde edilir. Sıkça kullanılan SYM yöntemlerinden biri de Üçgenlenmiş Düzensiz Ağ (UDA) yöntemidir. Bu modeller TIN (triangulated irregular network) modelleri olarak da bilinir. UDA ve diğer SYM elde etme tekniklerinin ayrıntıları Yomralıoğlu (2000)'de açıklanmıştır. SYM ayrıca uydu görünümü ve hava fotoğrafları yardımı ile de elde edilebilmektedir.



Şekil 10. CBS'de sayısal yükseklik modeli.

6.3.4. Senaryo Analizleri

CBS yukarıda da sözü edilen konumsal analiz fonksiyonlarının çokluğu ve veri yapısı nedeni ile farklı senaryoların tasarlanıp analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu niteliğinden dolayı CBS mekansal karar destek sistemlerinin vazgeçilmez elemanlarından biridir. Senaryo analizleri özellikle doğal afet, çevre etki değerlendirmesi ya da sistemin zamana bağlı olarak değişiminin gözlenmesi gibi uygulamalarda oldukça etkili bir yöntemdir.

6.3.5. Sunumlar

Mekansal analiz işlemleri sonucunda ya da senaryo analizleri sonrasında elde edilenlerin sunumu için CBS çok alternatifli bir yapıya sahiptir. Tüm analizlerin bilgisayar ortamında yapılması sonuçların ekranda gösterilmesini sağlarken yazıcılar yolu ile çıktılar alınarak kullanıcıya sunulmasına da olanak sağlamıştır. Ayrıca CBS'nin internet ortamında kullanımı için son yıllarda geliştirilen Web-tabanlı CBS'ler yolu ile de tüm analiz sonuçları ve veriler internet yolu ile ilgili kişilere sunulup paylaşılabilir. Ayrıca CBS'nin internet ortamında kullanımı için son yıllarda geliştirilen Web-tabanlı CBS'ler yolu ile de tüm analiz sonuçları ve veriler internet yolu ile ilgili kişilere sunulup paylaşılabilir.

6.4. CBS'Yİ DESTEKLEYİCİ TEKNOLOJİLER

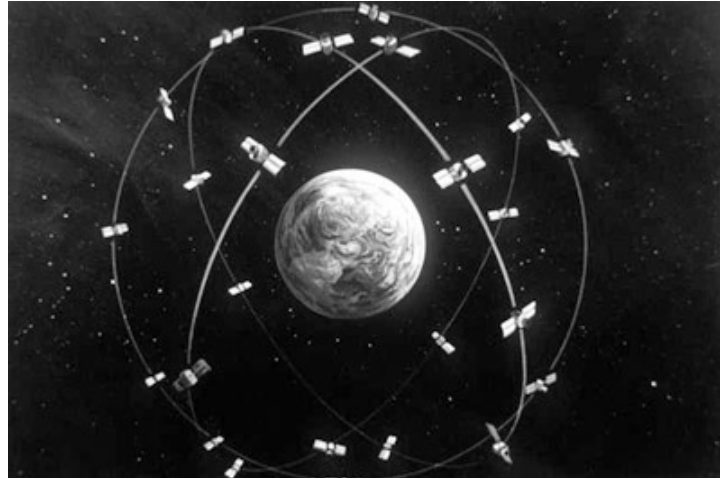
Uzaktan algılama (UA) ve Küresel Konumlama Sistemleri (KKS; GPS, Global positioning systems) CBS'yi destekleyici en önemli iki teknolojidir. Bu teknolojilerin daha çok CBS'ye veri sağlaması, verinin güncellenmesi ve yapılan analizlerin doğruluğunun kontrol edilmesi amaçlı katkıları vardır. KKS (GPS) yerküredeki herhangi bir noktanın koordinatının belirlenmesi için uydu teknolojisine bağlı olarak geliştirilmiş sistemlerdir. UA ise yere temas etmeden bir uydu ya da uçağa yerleştirilmiş algılayıcılar yolu ile yeryüzündeki objelere ait bilgi toplama tekniğidir. Söz konusu algılayıcılar, elektromanyetik spektrumun ultraviyole, görünür, kızılötesi ve mikro dalga bölgelerini kullanarak bilgiyi depolarlar. Daha sonra bu bilgi fotoğraf ve görüntü yorumlaması ve sayısal görüntü işleme teknikleri ile analiz edilerek kullanılabilir hale dönüştürülmektedir (bu işlemin ayrıntıları için Ehlers ve ark., 1990; Jensen, 1996; Lillesand ve Kiefer, 1994 kaynaklarından yararlanılabilir).

6.4.1. Küresel Konumlama Sistemleri (KKS)

Küresel konumlama sistemleri (GPS olarak da bilinmektedir) yerküredeki konum bilgisini elde ederken üç ayrı bölümden oluşmuş bir sistemdir (Alporal, 2005). Birinci bölüm uydu teknolojisidir. Bu teknoloji dünya çevresinde belirli yörüngelerde hareket eden toplam 28 adet NAVSTAR uydusundan oluşmaktadır (Şekil 11 ve 12). Bu uydular ABD orijinli olup, şu anki sistemin temelini oluşturmaktadır. Yakın bir gelecekte Avrupa Birliği 24 uydudan oluşan GALILEO isimli bir sistemi devreye sokmayı planlamaktadır (Alporal, 2005). KKS'nin ikinci bileşeni ise kontrol birimidir. Kontrol birimi yeryüzünde birbiri ile ilintili çalışan 5 adet yer kontrol istasyonundan oluşmuştur. Bu istasyonların temel görevi uyduların kalibrasyonudur. KKS'nin son bileşeni de, günümüzde elde taşınabilecek kadar küçülmüş olan KKS (GPS) alıcılarıdır. Bu alıcılar yardımı ile yeryüzündeki herhangi bir noktanın koordinatı bilinebilmektedir.



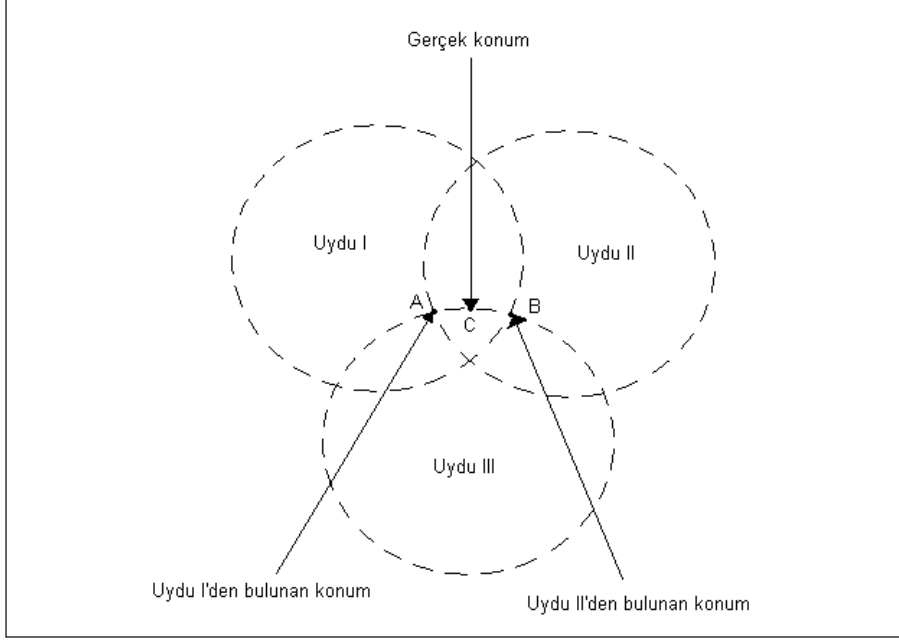
Şekil 11. NAVSTAR Uydu (Kaynak: <http://www.howstuffworks.com/gps.htm/printable>. sayfasından alınan ABD Ordusu fotoğrafı).



Şekil 12. KKS uydu sistemi (Kaynak: <http://www.howstuffworks.com/gps.htm/printable> sayfasından alınan ABD Savunma Bakanlığı fotoğrafı).

Herhangi bir KKS alıcısının koordinat bulabilmesi prensibi alıcı ile uydular arasındaki mesafenin radyo dalgaları yolu ile belirlenmesine dayanır. Konum bilgisinin elde edilmesi için uydudan mesafe ölçümü işleminin aynı anda en az 3 uydu ile yapılması gerekmektedir. Ancak daha doğru ölçümler için aynı anda uydu kullanımının üçten daha fazla olması tercih edilir. Konum, uydudan gönderilen radyo sinyalinin alıcıya ulaşana kadar geçen süre, sinyalin çıktığı andaki uydunun uzaydaki konumu ve sinyalin atmosferden geçerken kırılması ve gecikmesi parametreleri gözönüne alınarak bulunur. Sistemin çalışması hasas zaman ölçümüne dayandığından, zaman ölçümü atomik saatler ile yapılır. Bu işlem 3 ya da daha fazla uydu ile yapılarak kontrol edilir ve sonuç koordinat bilgisi elde edilir. Şekil 13'de de görüldüğü gibi iki uydu ile konum bulunması sırasında uyduların yeryüzünde buldukları A ve B noktaları birbirinden oldukça uzaktır. Uydu III'un devreye girmesi ile konum

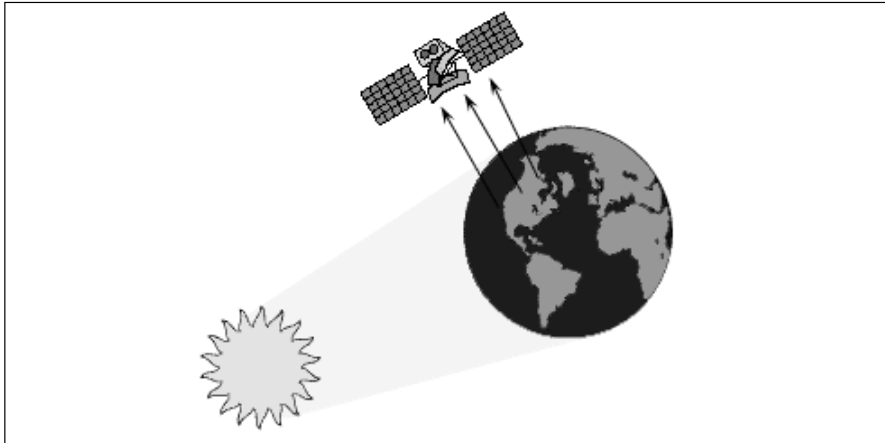
bilgisi istenen nokta daha doğru şekilde tahmin edilmektedir. Şekil 13'den anlaşılacağı gibi KKS'nde konum belirleme işlemi 3'den daha fazla uydu ile yapıldığında daha hassas sonuçlar alınmaktadır.



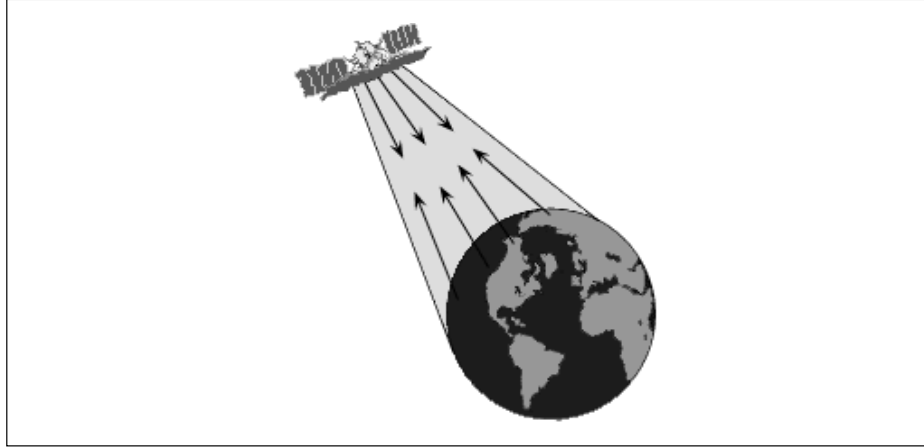
Şekil 13. KKS'nde konum belirleme prensibi.

6.4.2. Uzaktan Algılama (UA)

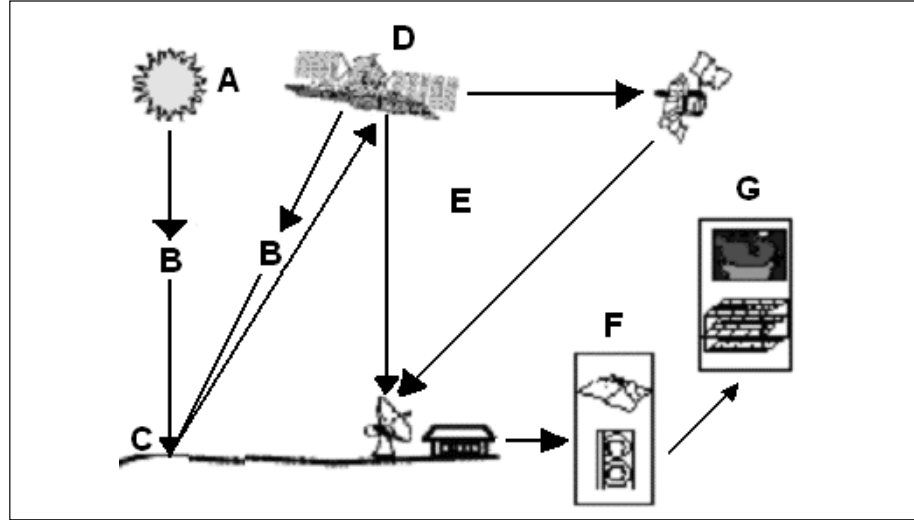
Elektromanyetik ışınım (electromagnetic radiation) uzaktan algılama araçları tarafından toplanan tüm sinyallerin kaynağıdır. Elektromanyetik (EM) enerji çeşitleri algılayıcı özelliklerine göre değişmektedir. Pek çok algılayıcı güneşin meydana getirdiği EM enerjiyi kullanarak veri toplar ki bu tür sistemlere pasif sistemler denir (Şekil14). Aktif sistemler ise kendi EM enerjilerini üretirler ve bu enerjiyi belli bir yönde yeryüzüne göndererek yansıyan kısmının özelliklerini kaydederler (Şekil 15). Uzaktan algılanmış veri elde etmenin temel olarak 8 bileşeni vardır (Şekil 16).



Şekil 14. Pasif RS sistemleri (Kaynak: http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_6_e.html).



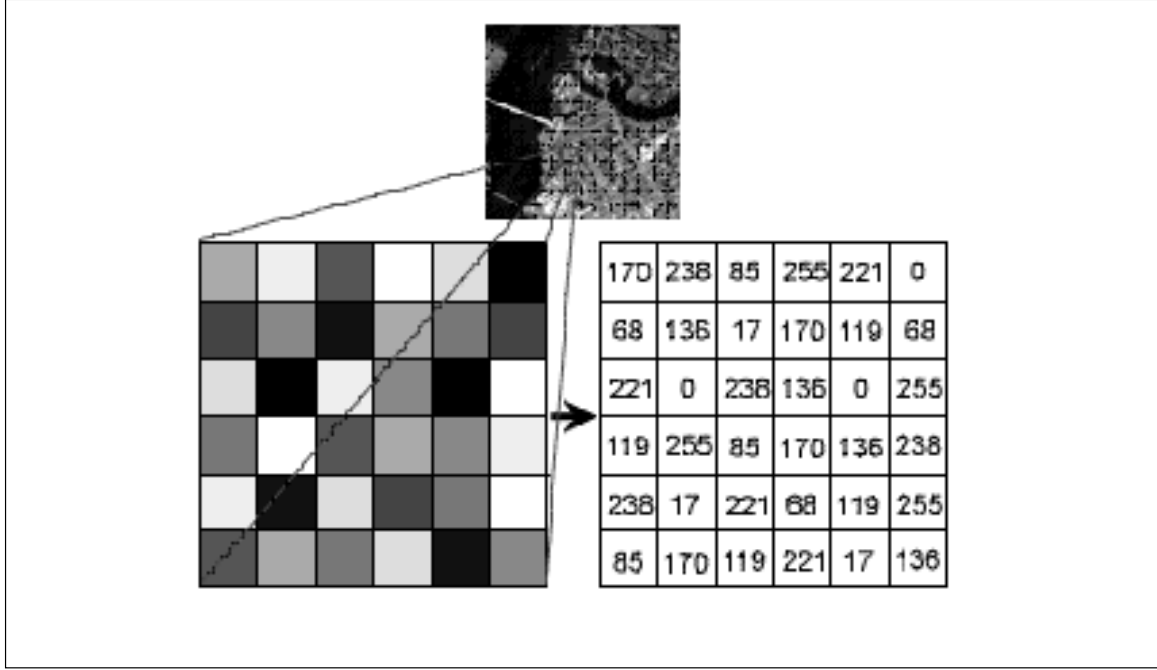
Şekil 15. Aktif RS sistemleri (Kaynak: http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_6_e.html).



Şekil 16. Uzaktan algılamanın bileşenleri (Kaynak: http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_1_e.html).

Şekil 16'da de görüleceği gibi bu bileşenler, enerji kaynağı (A), ışınım ve atmosfer (B), hedef ile etkileşim (C), algılayıcı ile enerjiyi kaydetme (D), nakil, kabul ve işleme (E), yorumlama ve analiz (F) ve uygulamadır (G). UA için gerekli birinci bileşen ilgilenilen hedef alana EM enerji gönderecek kaynaktır (A). EM enerji kaynaktan hedefe giderken ve hedeften algılayıcıya yansırken atmosferden geçer (B). Enerji atmosferden geçerek hedefe ulaştığında ışınımın ve hedefin özelliğine göre hedef ile tekilleşir (C). Enerji hedeften yandıktan sonra algılayıcı yardımı ile kaydedilir (D). Algılayıcıda kaydedilen enerji elektronik olarak yer istasyonuna gönderilir ve burada işlenir (E). İşlenmiş görüntü daha sonra sayısal görsel yollarla ve görüntü işleme teknikleriyle yorumlanıp analiz edilir (F). Son aşamada da işlenmiş görüntü başka bilgiler ile birleştirilerek çeşitli amaçlar için kullanılır (G) ki bu aşamada CBS ile entegrasyon büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

UA'da elde edilen görüntüler elektronik ortamda saklanırken eşit büyüklükteki küçük karelere bölünür ve her karede görüntünün o bölgesindeki parlaklığı gösteren bir parlaklık değeri vardır (Şekil 17). Karelere hücre ya da piksel de denir.



Şekil 17. UA'da elektronik ortamda görüntü saklama (Kaynak: http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_7_e.html).

Uzaktan algılamada görüntülerin çözünürlüğü algılayıcının bulunduğu platform ile hedef arasındaki mesafeyle ilintilidir. Hedeften uzakta bulunan algılayıcılar daha geniş bir alanı görebilirken bu alandan elde edilen görüntünün çözünürlüğü düşüktür. Bu durum, uçaktan yere bakarken görünen alan ile uzay mekiğinden dünyaya bakarken görünen alanın karşılaştırılmasına benzer. Bu mantıkla, uçaklara takılan algılayıcılar ile elde edilen hava fotoğraflarının çözünürlüğü uydu görüntülerinin çözünürlüğünden daha fazladır. Bir başka deyişle hava fotoğraflarında uydu görüntülerine nazaran daha çok ayrıntı yer alır. Bir görüntüde saptanabilecek en küçük ayrıntı o görüntünün mekansal çözünürlüğünü verir. UA'da algılayıcıların başka çözünürlük türleri de görüntünün kalitesini etkiler. Uydu algılayıcısının EM dalga boyları arasındaki farkı seçme özelliğine spektral çözünürlük denir. Spektral çözünürlüğün yüksek olduğu algılayıcıların birbirine benzer özelliği olan objeleri ayırt etme niteliği artar. Sözelimi bitki örtüsü ve suyu ayırt etmek için çok yüksek spektral çözünürlüğe ihtiyaç yokken kaya çeşitlerini ayırmak için yüksek spektral çözünürlük gerekmektedir. Şekil 17'de gösterildiği gibi sayısal görüntü elektronik ortamda hücrelerin parlaklık değeri ile ifade edilir. Bu nedenle algılayıcının EM enerjisinin büyüklüğüne olan hassasiyetine radyometrik çözünürlük denir. Yüksek radyometrik çözünürlükteki algılayıcılar yansıyan EM enerjiler arasındaki farkı kolayca saptayabilmektedirler. Elektronik ortamda görüntü 0 ila 2'nin katları arasında değişen bir aralıktaki değerler ile saklanır. Bu aralık, sayıları iki tabanına göre kodlamada kullanılan bitlere karşılık gelir. Bu nedenle görüntüde saklanacak parlaklık değerleri, olabilecek en büyük bit sayısı ile ifade edilir. Söz gelimi bir algılayıcının kayıt kapasitesi 8 bit ise, görüntüde 28 adet parlaklık değeri vardır. Bir başka deyişle bu görüntünün parlaklık değerleri 0 ila 255 arasında değişmektedir. Eğer bir algılayıcının görüntü kaydetme kapasitesi 4 bit ise, görüntüdeki parlaklık değerleri 0 ila 15 arasında yer almaktadır.

Farklı amaçlar için tasarlanmış değişik uydu algılayıcıları mevcuttur. Başlıcaları hava deniz ve yer algılayıcılarıdır. Çizelge 1'de bu algılayıcıların özellikleri verilmektedir.

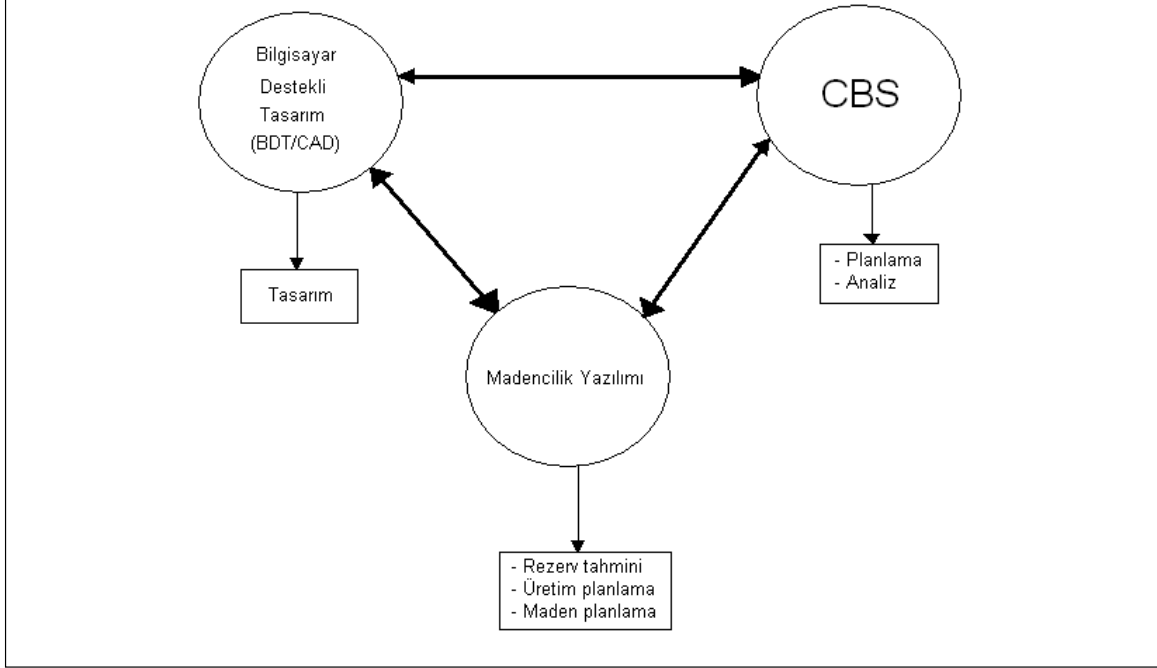
Çizelge 1. UA'da kullanılan çeşitli uydu algılayıcıları.

Uydunun Adı	Mekansal Çözünürlük	Uygulama Alanı
GOES	1 – 4 km	Meteoroloji
NOAA	1.1 – 4 km	Meteoroloji
GMS	5 km	Meteoroloji
OLS	2.7 km	Meteoroloji
METEOSAT	5 km	Meteoroloji
CZCS	825 m	Deniz bilimleri
MOS	50 m – 2.7 km	Deniz bilimleri
SeaWIFS	1.1 km	Deniz bilimleri
LANDSAT - 7	30 – 60 m	Yer gözlemleri
SPOT-2	10 - 20 m	Yer gözlemleri
IRS-1B	4 m	Yer gözlemleri
IRS-1C	1 - 3 m	Yer gözlemleri
ERS	1 – 4 m	Yer gözlemleri
IKONOS	1- 4 m	Yer gözlemleri
EROS	1.5 m	Yer gözlemleri
SPIN	2 m	Yer gözlemleri
BILSAT-Coban	120 m	Yer gözlemleri

6.4.3. Madencilikte CBS ve Yardımcı Teknolojiler

CBS'nin doğal kaynaklara dayalı endüstrilerde kullanımı oldukça yaygın iken, madencilikte kullanımı diğer disiplinlerde kullanımından daha az yaygındır. Bunun en önemli nedeni madencilik tasarım aşamasında daha çok bilgisayar destekli yazılım (BDT; CAD-computer aided design olarak da bilinir) kullanımının oldukça yaygın olması ve bu yazılımların madencilik için tasarlanmış özel yazılımlar (söz gelimi, TECHBASE, Vulcan, MineSight, SURPAC2000) ile entegre olarak çalışarak pekçok madencilik problemine çözüm bulmasıdır. Ancak CBS'nin yaygınlaşması ile birlikte yukarıda sözü edilen BDT-Madencilik yazılımı ikilisine CBS'de katılmıştır (www.hammond.swayne.com/GIS_mining.htm). Şekil 18'de de görüleceği gibi CBS grafik ve öznitelik verilerini aynı anda kullanabilme özelliği nedeni ile madencilik birimleri arasındaki eşgüdümü pekiştirmek amaçlı olarak sisteme entegre olmuştur. Ayrıca madencilik hemen hemen tüm safhalarında grafik ve öznitelik verilerinin aynı anda kullanımına duyulan ihtiyaç ve pek çok verinin mekansal bir nitelik taşıması da CBS'nin madencilikte kullanımını gün geçtikçe artırmaktadır. Tüm bunların yanında CBS'nin madencilikte ilk uygulamaları daha çok açık ocak madenciliğinde ve özellikle maden rehabilitasyonu çalışmalarında iken, son yıllarda Şekil 18'de gösterilen entegrasyon sayesinde yeraltı ve açık ocak madenciliğinin pek çok safhalarında

uygulamalar giderek artmaktadır. Maden işletme haklarının yönetimi, maden arama faaliyetleri, tasarım ve yer seçimi, çevre etki değerlendirmesi, üretim, güvenlik, ve maden reabilitasyonu CBS'nin madencilikteki başlıca kullanım alanlarını teşkil etmektedir.



Şekil 18. CBS'nin madencilik yazılımları ve BDT ile birlikte kullanımı.

Maden işletme haklarının yönetiminde CBS'nin kullanımı organizasyona büyük esneklik, hız ve birimler arası koordinasyon sağlayacaktır. İşletim haklarına ait çizelgesel verilerin, işletim sahaları ile ilişkilendirilmesi en etkili şekilde CBS ile yapılabilmektedir. Aslında sistemin işleyişi bakımından, maden işletme haklarının yönetimi tapu-kadastro işlemlerinin yönetimi ile büyük benzerlik göstermektedir. Günümüzde pek çok tapu-kadastro bilgi sistemi, CBS ortamında iş görmektedir. Dolayısı ile maden işletme haklarının yönetiminde CBS kullanımı henüz yaygın olarak kullanılmaya başlamasa bile yakın gelecekteki CBS'nin potansiyel uygulama alanları arasında sayılabilir.

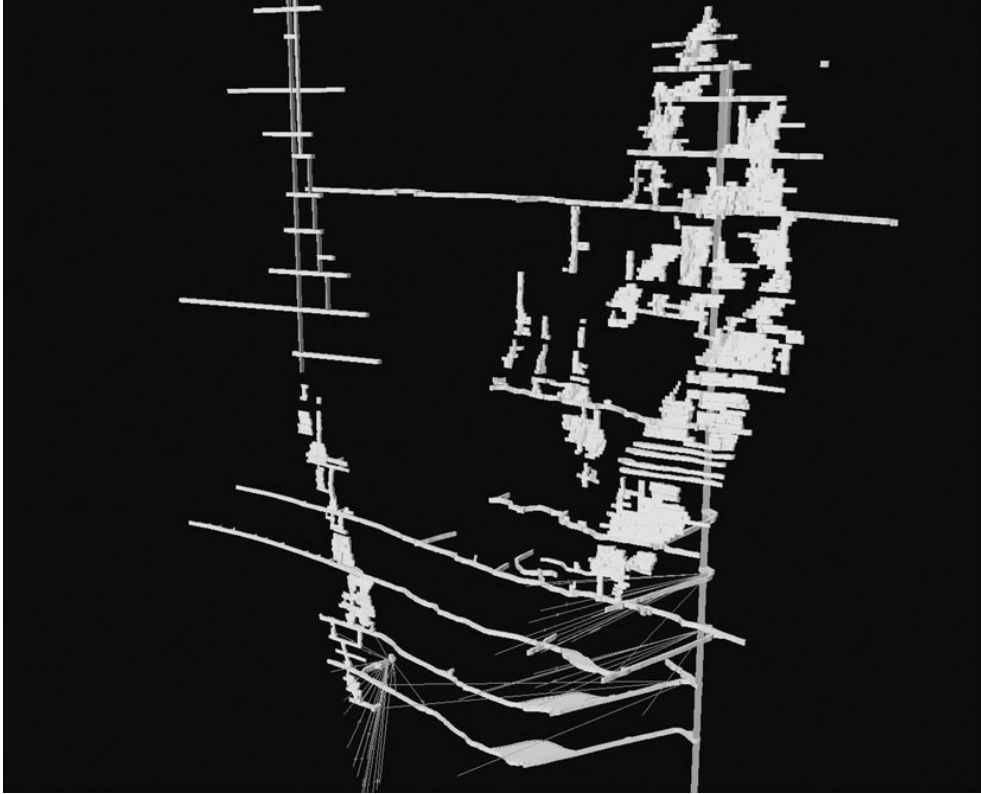
CBS'nin madencilik uygulamalarında kullanımı çoğunlukla CBS'yi destekleyen teknolojilerin CBS'ye entegre edilmesi ile olmaktadır. Uzaktan algılama CBS'ye en önemli girdi sağlayan teknolojilerden birisidir. KKS ise daha çok verinin doğruluğunun kontrolünde ve navigasyon sistemlerinin etkili kullanımında yer almaktadır.

Maden arama faaliyetleri, madencilğin yanında, jeoloji, jeofizik gibi yerbilimlerinin diğer kollarının göz önüne alınmasını gerektirmektedir. Bu nedenle, arama faaliyetlerinde farklı disiplinlerce toplanan verinin CBS ortamında analizi büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Ayrıca maden arama faaliyetlerinde çok çeşitli verinin analiz edilerek anlamlı bir bilgi çıkarılması, çalışmaların başarısını etkileyen en önemli faktörlerdendir. CBS' arama faaliyetlerinde kullanılacak verilerin (söz gelimi, jeoloji haritaları, uydu görüntüleri, topoğrafik haritalar, jeofizik görünüm ve veriler) birlikte analiz edilip yorumlanacağı en ideal platformdur (www.esri.com.industries/mining/business/exploration.html). CBS'nin maden aramalarında kullanımına örnek olarak Khatediya ve Verma'nin (<http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0004pf.htm>)'nin Hindistan'da

uygun kimberlit arama alanlarının seçilmesi çalışması verilebilir. Bu çalışmada jeolojik, tektonik katmanlar ile IRS uydusundan alınan görüntünün işlenerek kayanın kimsyasal içeriğini veren katmanlar, CBS'de bulanık mantık analizi yöntemi ile birleştirilerek uygun arama bölgeleri saptanmıştır. Benzer çalışmalar Ayachi (<http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/ma03050pf.htm>), Rahimi ve Rad (<http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0016pf.htm>), Moore (<http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0009pf.htm>), tarafından da yapılmıştır.

Maden aramalarında CBS ve yardımcı teknolojilerin kullanımı ayrıntılı bir şekilde Bhasin (<http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0014pf.htm>) ve Ray (<http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0012pf.htm>) tarafından açıklanmıştır. Ülkemizde MTA Genel Müdürlüğü ve Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) ile ortaklaşa yürütülen Jeolojik Uzaktan Algılama Projesi kapsamında da maden aramalarında CBS kullanımına yönelik çalışmalar yapılmaktadır (<http://www.mta.gov.tr/uluslararası/ulusproje.asp>)

Madencilikğin işletme operasyonları sırasında CBS ve destekleyici teknolojilerin kullanımı çok çeşitlilik göstermektedir. Çoğunlukla yeraltı madencilikinde CBS yalnız başına ve değişik operasyonların eşgüdümü için kullanılırken, açık ocak madencilikinde CBS, UA ve KKS ile entegre edilmiştir. CBS'nin yeraltı madencilikinde en yaygın kullanım alanlarından biri de madenin 3 boyutlu görselleştirilmesi ve madene ait çizelgesel bilgi ile eşleştirilmesidir. ABD Montana'daki Mayflower altın madeni için CBS'de oluşturulmuş üç boyutlu model Şekil 19'da gösterilmektedir.



Şekil 19. CBS'de 3 boyutlu yeraltı maden ocağı görüntülemesi (Kaynak: <http://www.esri.com/news/arcnews/winter0203articles/winter0203gifs/p30p1-lg.jpg>).

Madencilik operasyonel aamalarında madencilik kullanımı için özel olarak hazırlanmış yazılımlarda (TECHBASE, Vulcan, MineSight, Surpac2000, MVS) oluşturulmuş blok modelleri yollar, elektrik hatları gibi çeşitli madencilik katmanları ile CBS ortamında birleştirilerek madenin halihazır ve gelecekteki durumu için planlamalar ve analizler yapmaya olanak tanır.

Ayrıca açık ocak madencilğinde şev duraylılığı ve dekapaj hesapları gibi analizlerde son yıllarda CBS'nin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Bunlara Erdoğan (2002), Düzgün ve Karpuz (2003), Mote ve ark. (2005) çalışmaları örnek olarak gösterilebilir. Erdoğan (2002) çalışmasında, TKİ Bolu-Göynük Himmetoğlu Açık ocağında (GÖLİ), yapılan dekapajın alansal dağılımı SPOT uydu görüntüsü ve CBS entegrasyonu ile bulunarak, klasik yöntemlerle elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Düzgün ve Karpuz (2003)'de Etibor'un Bandırma limanı stok sahasındaki şev duraylılığı ve kayma riski, jeostatistik ve olasılık yöntemlerin CBS ortamında birleştirilmesi sonucu haritalanmıştır. Mote ve Ark. (2005) çalışması ise yapısal jeoloji ve topoğrafya katmanlarını bir CBS modelinde birleştirerek çalışma alanında oluşabilecek kinematik şev duraysızlıkları analizini içerir.

Madencilikte CBS, yaygın olarak UA ile entegre olarak kullanılır. CBS ve UA enegrasyonu en çok çevre etki değerlendirmesi ve maden rehabilitasyonu çalışmalarında yer aldığından daha önce bahsedilmişti. Tören (2001) TKİ Soma açık ocağında çevresel değişimleri incelemek için farklı yıllarda elde edilmiş Landsat TM uydu görüntülerini analiz edip CBS ile entegrasyonunu sağlamıştır. Mengenli (2001) TKİ'nin Eynez açık ocağı için benzeri analizleri yaparak madencilik faaliyetleri sırasındaki çevresel değişimleri gözlemiştir. Ficher (2002) HYMAP hiperspektral uydu görüntüsü analizleri ile CBS analizlerini birleştirerek tasman gözlemek için bir yöntem geliştirmiştir.

CBS ve UA entegrasyonunun madencilik faaliyetlerindeki diğer yaygın kullanımı da kaya mekaniği uygulamalarıdır. Wu ve ark. (2000) çalışmasında uzaktan algılamanın kaya mekaniğinde kullanımı ayrıntılı şekilde tartışılmaktadır. Koçal (2004)'in çalışması kaya mekaniğinde CBS ve UA entegrasyonunun bir örneğidir. Bu çalışmada yüksek çözünürlükteki IKONOS uydu görüntüsü kullanılarak çizgisellikler otomatik olarak bulunmuş daha sonra CBS yardımı ile yol, parsel sınırları gibi yapay çizgiselliklerden ayıklanarak süreksizlik haritası elde edilmiştir. Elle oluşturulan süreksizlik haritası ile otomatik yolla uydu görüntüsünden elde edilen süreksizlik haritasının karşılaştırılması sonucu işlemin doğruluğunu belirleyen bir doğruluk analizi yöntemi geliştirilmiştir. CBS ve UA entegrasyonunun kaya mekaniğinde kullanımı ayrıntılı olarak Kapuz (2005)'te tartışılmıştır.

Madencilikte KKS (GPS) kullanımı delme- patlatma ve kamyon-ekskavator eşleşmesi işlemlerinde yaygındır. Delme-patlatma işlemleri sırasında patlatmanın verimliliğini artırıcı etkisi olan deliklerin doğru delinmesi işlemleri KKS yardımı ile kontrol edilir (www.trimble.com/mn_drilling.shtml). Açık ocak madencilğinde üretimin performansını etkileyen faktörlerden biri olan kamyon ekskavator eşleşmesi işlemleri, KKS ve kablosuz IT teknolojileri yardımı daha etkili hale dönüşmüştür (www.trimble.com/mn_truck.shtml)

Sonuç olarak; CBS ve yardımcı teknolojilerin madencilikte kullanımı, madencilikte kontrol ve izleme işlemlerini daha etkin hale getirdiğinden bu teknolojilerin kullanımına yönelik eğilimler gün geçtikçe artmaktadır. CBS ve UA'nin Ülkemiz madencilğinde şu ana kadar henüz uygulama olanağı bulamadığı, ancak büyük katkılar sağlayacağı anlaşılanlar şöyle sıralanabilir:

- Madencilik faaliyetlerinin hepsini içeren bir bilgi sisteminin oluşturulması (Maden Bilgi Sistem, MBS)

- Maden yönetiminin tüm madencilik faaliyetlerini toplu halde bir sistemde görmesi, gerekli sorgulamaların ve analizlerin yapılması
- Üretim planlamasının yapılması
- Jeolojik yapıların üretime etkilerinin gözlenmesi
- Tüm ocak içi yolların ve yollara ait bilgilerin sorgulanması, ilişkili tematik haritaların hazırlanması
- Maden kazalarının ocak haritasında işlenmesi ve bu haritadan yararlanılarak olası risk haritasının elde edilmesi
- Personele ait veri tabanının oluşturulması ve personelin çalıştığı bölümler ile ilişkilendirilmesi
- Ocak ile ilgili istenilen her türlü tematik haritanın hazırlanabilmesi
- Madene ait her türlü değişim ve ölçümlerin bilgisayar ortamında kısa zamanda güncellenebilmesi

KAYNAKLAR

- Alporal, O., 2005. "Madencilikte GPS ve EMAD Yazılım Uygulamaları", Madencilik Teknolojisinde Yeni Gelişmeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı İstanbul Üniversitesi: 183-188.
- Aranoff, S., 1989. "Geographical Information Systems: A Management Perspective", WDL Publications, Ottawa, Canada.
- Duzgun, H.S.B. ve Karpuz, C., 2003. "GIS-Based Landslide Risk Assessment for Bandırma Harbor", 12th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA, Vol.1: 2803-2810.
- Ehlers, M., Edwards, G. ve Bédard, Y., 1990. "Integration of Remote Sensing with Geographic Information Systems: A Necessary Evolution", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 55, No. 11: 1619-1627.
- Erdogan, N., 2002. "Monitoring Changes in surface Mining Area by Using SOPT Satellite Images", Master Tezi, ODTU Maden Muhendisliği Bölümü, Ankara, 118 sayfa.
- Fischer, C., 2002. "Use of GIS and Multitemporal Imaging Spectrometer Data for Modelling and Mapping Environmental Changes in Mining Areas", Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, Canada.
- Jensen, J. R., 1996. "Introductory Digital Image Processing", Prentice Hall Series in Geographic Information Science, New Jersey, 316 sayfa.
- Lillesand, R. M. ve Kiefer, R. W., 1994. "Remote Sensing and Image Interpretation", 3rd Ed. New York Wiley, 750 pages.
- Karpuz, C., 2005. "Kaya Mekanığı Uygulamalarında Yeni Eğilimler", Madencilik Teknolojisinde Yeni Gelişmeler Sempozyumun Bildiriler Kitabı, İstanbul Üniversitesi: 135-153.
- Kocal, A., 2004. "A Methodology for Detection and Evaluation of Lineaments from Satellite Imagery", Master Tezi, ODTU Maden Muhendisliği Bölümü, Ankara, 122 sayfa.
- Mengenli, E. O., 2001. "Assessment and Monitoring of Environmental Impacts in Eynez Surface Coal Mine by Using Remote Sensing", Master Tezi, ODTU Maden Muhendisliği Bölümü, Ankara, 117 sayfa.
- Mote, T., Morley, D., Keuscher, T. Ve Crampton, T., 2005. "GIS-Based Kinematic Slope Stability Analysis", Geological Society of America, 101. Annual Meeting Bildiriler Kitabı.
- Sağlam, A., Duzgun, H.S.B. ve Usul N., 2004. "Çanakkale Savaşlarına Farklı Bir Yaklaşım: Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Gelibolu 1915", Çanakkale Araştırmaları Türk Yılığ - The Turkish Yearbook of Gallipoli Studies, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Atatürk ve Çanakkale Savaşları Araştırma Merkezi, Sayı 2: 117-133.

- Tören, T., 2001. "Determination of Mining Induced Environmental Impacts Using Remote Sensing and GIS", Doktora Tezi, ODTU Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara, 181 sayfa.
- Wu, L., Cui, C., Geng, N. ve Wang, J., 2000. "Remote Sensing Rock Mechanics (RSRM) Associated Experimental Studies", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 37: 879-888.
- Yomralioğlu, T., 2000. " Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar", Akademi Katbevi, 2. Baskı, 479 sayfa.'
- <http://cgis.fau.edu/docs/4152c/Spring%20Week%205.pdf#search='spatial%20analysis%20functions%20in%20gis>, 28.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir.
- <http://www.howstuffworks.com/gps.htm/printable>, 24.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.howstuffworks.com/gps.htm/printable>, 24.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_6_e.html, 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_6_e.html, 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_1_e.html, 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- www.hammond.swayne.com/GIS_mining.htm, 21.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- www.esri.com/industries/mining/business/exploration.html, 21.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0004pf.htm>, 21.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/ma03050pf.htm>, 21.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0016pf.htm>, 21.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0009pf.htm>, 22.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0014pf.htm>, 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.mta.gov.tr/uluslararasi/ulusproje.asp>, 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.esri.com/news/arcnews/winter0203/articles/winter0203gifs/p30p1-lg.jpg>, 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- www.trimble.com/mn_truck.shtml, 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- www.trimble.com/mn_drilling.shtml, 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir