

MADEN İMALAT HARİTALARININ SAYISALLAŞTIRILMASI VE YERALTININ GÖRSEL MODELİNİN OLUŞTURULMASI

Ş. Kuşçu, H. Şahin, H. Akçın

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Zonguldak.
senolkuscu@yahoo.com, sahin@karaelmas.edu.tr, hakanakcin@hotmail.com

ÖZET

1847 yılından bugüne, kesintisiz madencilik faaliyetlerinin sürdürüldüğü Zonguldak Taşkömür Havzası (ZTH)'nda bu faaliyetlerin, 1900'lü yılların başından itibaren batı ülkelerine benzer şekilde, harita, plan, kesit gibi grafik altlıklarda ve dokümanlarda yansıtıldığı bilinmektedir. Yeraltı boşluk ve katmanlarının üç boyutlu görsel modellerinin oluşturulması için de gerekli olan bu dokümanların başında, tüm ülkelerde yapılması yasal zorunluluk olduğu kadar, madenlerin emniyetli ve ekonomik olarak işletilmesi ve gelecekteki gereksinimler açısından da zorunlu olan Maden İmalat Haritaları (MİH) gelmektedir. Aynı zamanda Büyük Ölçekli Haritalar niteliğindeki bu haritalar; işçi sağlığı ve iş güvenliği uygulamalarındaki önemi ve içerdiği verilerin nitelikleri açısından yeraltı maden işletmelerinde daha da önem taşıdığı bilinmektedir.

Halen Türkiye Taşkömür Kurumu (TTK) arşivlerinde 100 yılı aşkın bir dönemi kapsayan 1500 dolayında MİH paftası bulunmakta olup, bunların 650 kadarı günümüzde de aktif olarak kullanılmaktadır. Bu paftalar ZTH'nun yeryüzü ile -650 kotları arasında, bu zaman zarfında gerçekleştirilen sondaj, kuyu, galeri ve üretim faaliyetlerini ve bu faaliyetlerle ulaşılan zemin katmanlarının doğal ve madencilik özellikleri ile ilgili verileri yansıtmaktadır. Bu mevcut grafik paftaların önemli bir bölümünün, uzun yıllar kullanımda olması, taşıdığı bilgi yoğunluğu ve ortam koşulları dolayısı ile yıpranmış ve gereğince yararlanılamaz halde olduğu bilinmektedir. Bu nedenle bu ve diğer mevcut grafik belgelerin, bilgisayar destekli her türlü madencilik tasarım ve uygulamalarında, ve diğer arazi içerikli gereksinimlerde daha etkin kullanımı için, 3 boyutlu sayısallaştırılması ve gerektiğinde yeraltının görsel modellerinin oluşturulması büyük önem taşımaktadır. ZTH ile ilgili yüz yıllık bilgi birikiminin gelecek nesillere aktarılmasını da sağlayacak olan bu uygulamanın, yapılması gereken tarihi bir sorumluluk olduğuna inanılmaktadır.

Bildiride, ZTH üretim bölgelerinden birine ait bir yeraltı maden imalat haritası 3 boyutlu sayısallaştırılarak görsel model haline dönüştürülmüştür. Bu uygulamada yeraltı çalışma ortamı, AutoLISP programlama dili kullanılarak geliştirilen programlar ve boru-aks tekniği (pipe-line technique) ile üç boyutlu olarak modellenmiştir. Yapılan sayısallaştırma ve modelleme işlemi hızlandırmak amacıyla 3 boyutlu (3B) sayısal semboji kütüğü oluşturulmuştur. Elde edilen 3 boyutlu modelin madencilik uygulamaları için nasıl kullanılabilirliği, çeşitli örnekler üzerinde değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Maden İmalat Haritası, Sayısallaştırma, Üç Boyutlu (3-B) Modelleme, Maden Haritacılığı, AutoLISP.

ABSTRACT

DIGITIZING MINING PRODUCTION MAPS AND FORMING A VISUAL MODEL OF UNDERGROUND

It is well known fact that mining activities in the Zonguldak Hard Coal Basin (ZHB) have been maintained uninterruptedly since 1847 and have been reflected on graphic bases such as maps, plans and cross-sections and on documents similar to the ones produced in the developed western countries since the early 1900s. The principal document required in the formation of three dimensional image models of underground gaps and layers is the Mining Production Maps (MPM) that are compulsory for managing and operating mines safely and economically, and planning for future demands as well as statutory obligations in all countries. These large scale maps of mining production are also of great importance for the implementation of work safety and workers' health, and for the quality of data contained.

The archives of the Hard Coal Establishment of Turkey contain about 1500 MPMs spanning over a period of 100 years, about 650 of which are currently in use. These maps encompass the data concerning wells, galleries, drills and production activities, and natural and mining properties of floor layers accessed by these activities. It is known that considerable part of these existing graphic maps have been subjected to wear and tear and inevitably become obsolete due to being in use for many years, the density of information they carry and the conditions of the medium in which they were kept and used. For this reason, these and other available graphic documents need to be digitized three dimensionally for effective use in every type of computer aided mining designs and applications and in other land works, in order to form visual models of the underground whenever required. It is believed that this work will convey the knowledge on ZHB accumulated over a century to future generations and is a historical duty to be carried out.

For this work, a MPM belonging to one of the ZHB production regions has been transformed to a visual model after digitizing three dimensionally. The underground working environment is modeled as 3D by developing a software using AutoLISP programming language and making use of pipe-line technique. In order to speed up the processes of digitizing and modeling a symbology log is formed three dimensionally. The 3D outcome is analyzed and assessed on several cases of study with regard to mining practice.

Keywords: Mining Production Map, Digitizing, Three Dimensionally (3D) Modelling, Mine Surveying, AutoLISP.

1. MADEN İMALAT HARİTALARININ MADENCİLİKTEKİ ÖNEMİ

Madenciliğin arama, etüt, proje, hazırlık ve üretim, üretim sonrası aşamalarının her birinde arazi ölçmelerine ve bu ölçmelerin değerlendirilmesiyle ulaşılabilecek bilgi ve belgelere büyük gereksinim duyulur. Bu kapsama giren belgelerin de en önemlisi maden imalat haritalarıdır. Bu haritalar madencilikte çok eski bir geçmişe sahip olup madenlerin planlanmasına, ekonomik ve emniyetli olarak işletilmesine ve denetimine önemli katkılar sağlar. Bu nedenle de madenciliğin yapıldığı tüm ülkelerde, işletmelerin bu haritaları hazırlama zorunluluğu bulunmaktadır. MİH'lerde genel olarak, ocakların işletilmesi için gerçekleştirilen yer altı ve yerüstü tesisleri, arama hazırlık ve üretim faaliyetlerin zamana bağlı gelişmeleri işletme arazisinin ve ocakların doğal yapı özellikleri, rezerv hareketleri vb. konularda sayısal, sözel ve grafik bilgilere yer verilir. Bu özellikleri dolayısıyla da işletme faaliyetlerinin planlanmasında ve projelendirilmesinde; çalışmaların madencilik tekniği, işçi sağlığı ve iş güvenliği, mali yönlerden kontrol ve denetiminde, iş kazalarına etkin müdahale ve nedenlerini araştırmada, işletme ile ilgili özel amaçlı başka harita, plan ve kesitlerin hazırlanmasında her zaman ihtiyaç duyulan ve daima el altında bulundurulması zorunlu olan teknik bir belgedir.

Bu haritalar aynı zamanda, işletilip zamanla terk edilen alanlarının ve rezerv durumlarının gelecek nesillere aktarılmasında, devletin maden varlığı üzerindeki haklarını korumada ve kullanmada da etkin bir role sahip bulunmaktadır. Bu açıdan da MİH'lerin sadece işletme faaliyetleri esnasında değil, işletme sonrası zamanlarda da uzun yıllar korunması, saklanması gereği ortaya çıkmaktadır.

Ancak MİH'lerin uzun yıllar el altında tutulup, sürekli olarak kullanımda olmaları ve taşıdıkları çok yoğun ve farklı bilgi türleri nedeniyle klasik kartoğrafik ürünler olarak yapılmasında, güncel tutulması ve korunmasında zorluklar yaşanmaktadır. Bu zorlukların aşılması ve bilgilerin sayısal olma özelliğinin sağladığı imkanlardan yararlanılması için günümüzde, madencilikte ileri ülkeler başta olmak üzere MİH'lerin sayısal haritalar olarak yapılması ve işletmelerde mevcut imalat haritalarının sayısallaştırılması yoluna gidilmektedir.

2. MİH'LERİN SAYISALLAŞTIRILMASI VE MODELLENMESİ

MİH'lerin sayısal harita tekniği ile yapılmasının ve maden işletmelerindeki mevcut imalat haritalarının CAD ortamında, coğrafi tabanlı bilgi sistemlerine de altlık olacak şekilde sayısallaştırılmasının ve üç boyutlu modellenmesinin sağlayacağı yararlarından bazıları aşağıdaki başlıklarda toplanabilir:

- Harita bilgilerinin ve haritaların daha kolay güncelleştirilebilmesi,
- Harita yapımına esas olan bilgilerden veri tabanının oluşturulması,
- Toplanan istatistiksel bilgilerin analizi ve yorumlanması,
- Çalışma ortamlarının fiziksel açıdan daha doğru ve gerçeğe yakın modellemelerinin yapılabilmesi,
- Topoğrafik yapı ile jeolojik yapının deha doğru bir biçimde ilişkilendirilmesi,
- Yer altı ile ilgili havalandırma, emniyet, nakliyat gibi konularla ilgili etüt ve projelendirme çalışmalarının daha kolay, hızlı ve doğru yapılabilmesi,
- İşletmenin, ocağın çalışılan ve terk edilen bölümlerinin plan, perspektif, kesit gibi grafiklerle kolaylıkla görselleştirilebilmesi.

3. MİH'LERİN GENEL AMAÇLI HARİTA VE PLANLARDAN FARKLI YÖNLERİ

Yer altı ve açık maden işletmeleri ile ilgili olarak maden imalat haritaları, genel amaçlı harita ve planlardan farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar:

- Zaman boyutu,
 - İçerdikleri bilgi türleri ve nitelikleri
 - Yapım süreci,
- açılarından ortaya çıkmaktadır.

3.1. Maden İmalat Haritalarında Zaman Boyutu

Genel amaçlı harita ve planlar, bir bölgenin (fotogrametrik haritalara ait fotoğrafların çekim anı gibi) belirli bir tarih ya da andaki doğal ve kültürel özelliklerini yansıtan bilgileri içermektedirler. Maden imalat haritaları ise, madencilik ile başlayan, zamana bağlı olarak gelişen ve madenciliğin sonlanması ile biten tüm değişimleri yansıttıkları için zaman boyutuna da sahiptirler. MİH'lerin kapsadığı alan içindeki madencilik faaliyetleri devam ettikçe, yapılan faaliyetlerin bu haritaların üzerine işlenmesi de devam edecektir. Böylelikle maden imalat haritalarının taşıdığı boyut; "Y" boyutu, "X" boyutu, "Z yükseklik" boyutu ve "t zaman" boyutu olmak üzere 4 tanedir. Fakat yükseklik boyutu sadece değer olarak yada diğer bir deyişle yüksekliğin bir fonksiyonel değeri olarak yansıtıldığından, "yarım

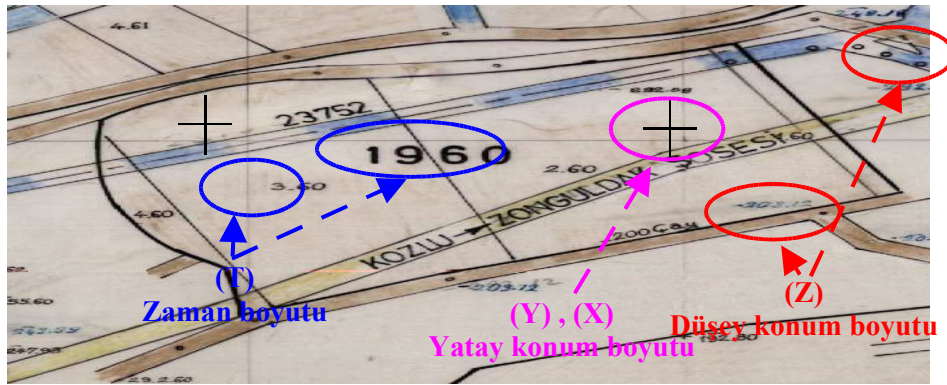
boyut” olarak ifade edilmekte ve maden imalat haritalarına “3,5 boyutlu planlar” denilmektedir. Şekil 1’de bir maden imalat haritasının sahip olduğu veri unsurları gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi bir yer altı kömür işletmesine ilişkin imalat haritasında aynı bölgede aylık ve yıllık aralıklarla yapılan üretimin zaman içindeki ve gelecekteki gelişimini görmek olanaklı olmaktadır.

3.2. Maden İmalat Haritalarının Bilgi İçeriği

Havzada üretilen MİH’lerin içerdiği bilgiler üç ana grupta toplanabilir. Bunlar:

- Maden ocaklarındaki hazırlık ve üretim aşamaları sonucunda ortaya çıkan ve oluşturulan özelliklerin (boşlukların, büyüklüklerin, madencilik faaliyetlerinin, tesislerin vb.) geometrilerini ve konumlarını yansıtan kültürel özellikler ile ilgili bilgiler,
- Maden ocaklarının ve ocak arazilerinin jeolojik türleri, tektonik ve topoğrafik yapısı gibi doğal özellikleri ile ilgili bilgiler,
- Yeraltındaki maden üretim alanlarının yeryüzündeki izdüşümüne karşılık gelen bölümünün topoğrafik yapısı, jeomorfolojisi, hidrografisi ve önemli mühendislik yapılarına ilişkin bilgiler.

Açılan bir galerinin doğrultusu, eğimi, genişliği, kesiti, konumlandırıldığı yer, üzerindeki yangın barajı gibi bilgiler, bu yapının ve üzerindeki özelliklerin konumu ve geometrisi ile ilgili kültürel özellikler ile ilgili bilgiler olmaktadır. Bu galerinin içinden geçtiği zeminin türü, hidrolojik özellikleri vb. ise doğal özelliklere ilişkin örnekleri oluşturmaktadır (Kuşçu, 1997).



Şekil 1: Havzada üretilmiş MİH’lerde boyut kavramı.

3.3. Maden İmalat Haritalarının Yapım Süreci

Maden imalat haritalarının yapımı, madenciliğin hazırlık faaliyetleri ile başlamakta, üretim faaliyetleri ile paralel olarak sürdürülmekte ve madencilik faaliyetinin bitirilmesiyle de sonlanmaktadır. Bu nedenle bir “hard-copy” ortamındaki imalat haritası yıllarca kullanımda kalmakta ve zamanla aşırı yıpranarak, güncelliğinin sağlanması güçleşmektedir.

4. ZTH’DAKİ MİH’LERLE İLGİLİ BAZI BİLGİLER

ZTH’daki yeraltı maden imalat haritaları, havzada 1906 yılında Fransızlar tarafından tesis edilen bir yerel jeodezik ağa bağlı olarak, yine yerel bir pafta sisteminde 1/1000 ölçeğinde üretilmektedir. Halen Taşkömür İşletmesi Kumunun arşivlerinde 1900’lü yıllardan günümüze üretim yapılan damar isimlerine bağlı olarak 70x90cm boyutunda bezli kartonlara çizilmiş ve daha sonra bir bölümü plastik altlıklara kopyalanmış 1500 dolayında MİH paftası bulunmaktadır. Halen bu paftaların 650 kadarında üretim çalışmaları sürdürülmektedir. Paftalar Taşkömür Kurumunun kendi özel İmalat Haritaları Yapım Yönetmeliğine ve aynı zamanda 1986 tarihli MİH Yönetmeliğine uygun olarak ve paralel düzlem projeksiyonlar şeklinde yapılmaktadır.


4.1. MİH’lerde Semboloji Kullanımı

Maden imalat haritalarında kullanılan semboller Almanya, Polonya gibi özellikle kömür madenciliğinde uzun geçmişe sahip ülkelerde standartlaşmış olmasına karşın, ülkemizin de içinde bulunduğu birçok ülkede bu standartlaşma sağlanamamıştır. Ülkemizde en eski madencilik kurumu olan TTK tarafından üretilen maden imalat haritalarında;

- Madencilik (lağım, galeri, üretim türü, çalışma katı vs.),
- Jeolojik, tektonik ve hidrojeolojik yapı ve özellikleri,
- Havalandırma, nakliyat, drenaj, hidrolik-hidrojeolojik, elektrik, haberleşme, iş güvenliği ve emniyeti ile ilgili

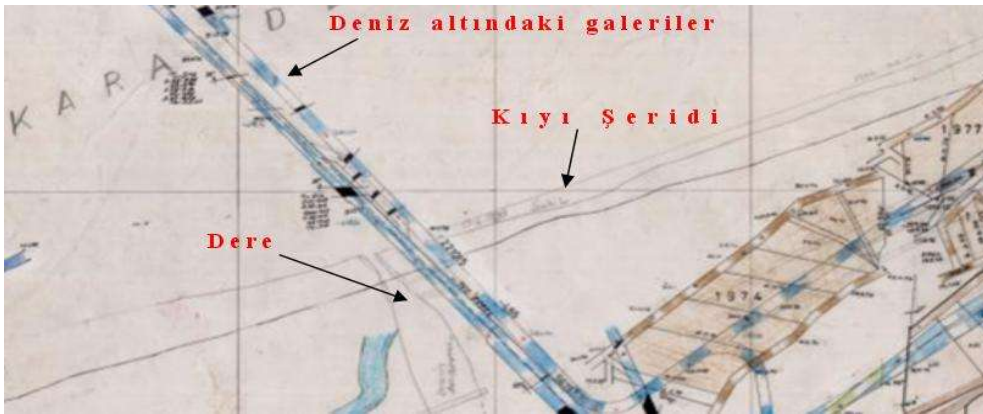
fonksiyonel bilgi ve özellikleri,

- Gösterilmesine gerek duyulan topoğrafik yapıya ilişkin özellikleri, yansıtın 200 dolayında sembol kullanılmaktadır. Şekil 2’de bu tip sembollere örnekler verilmiştir.

PLAN	İSİMLER	PERSPEKTİF	RENK
	Giriş Havası		Kırmızı
	Yangın Kapısı (demirden)		Viyole
	Hava Perdesi (bezden)		Siyah

Şekil 2: Yeraltı Maden İmalat Planlarında kullanılan sembollerden bazıları.

Şekil 3’de TTK’ya ait bir yeraltı üretim haritasından görünüm verilmiştir. Bu haritada, Karadeniz kıyı şeridi altındaki denizaltı üretim alanları, yeraltı ulaşım yolları, jeolojik yapı unsurları, yeryüzündeki önemli yapılar ve yeryüzündeki nehir yatağı görülmektedir.



Şekil 3: Yoğun bir bilgi grubu içeren yeraltı imalat haritasından bir görünüm.

5. MİH’LERİN ÜÇ BOYUTLU (3B) SAYISALLAŞTIRILMASI VE MODELLENMESİ

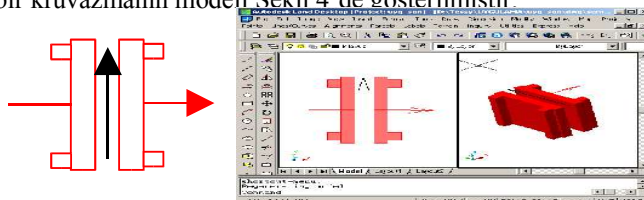
Üç boyutlu model, herhangi bir objenin veya objelerin mümkün olduğu kadar gerçeğine yakın görünümünün bilgisayar ortamında oluşturulması ve bu görünümünün görselleştirilmesi olarak tanımlanabilir (Newman ve Sproull, 1984). Yaşadığımız dünyanın üç boyutlu olması, anlatım ve iletişimde kolaylık sağlaması, sunum ve görselleştirme açısından bilgisayar ortamında da üçüncü boyutun kullanılmasını ve bu sayede modelleme yapılması gereğini doğurmuştur. Özellikle yerin iç yapısı ve yeryüzündeki nesnelerin üç boyutlu modellenmesi ve içerisinde sanal olarak dolaşma olanağına sahip olunmasıyla planlama, projelendirme, sunum ve görselleştirme ve bu yolla coğrafi tabanlı bilgi sistemlerine altlık oluşturma açısından önemli bir yol kat edilmiştir.

Bu çalışmada; MİH’lerin 3-B olarak sayısallaştırılabilmeleri ve 3B model olarak bilgisayar ortamına aktarılabilmeleri için Lisp programlama dilinde yazılmış makrolar yardımıyla CAD tabanlı bir sayısallaştırma tekniği uygulanmıştır. Uygulama beş aşamalı olarak; harita sembollerinin 3B modellenmesi, yeraltı açıklıklarının AutoLISP ile 3B sayısallaştırılması ve modellenmesi, yeraltı kuyularının AutoLISP ile 3B sayısallaştırılması ve modellenmesi, yeraltı üretim panolarının ve damar oluşumlarının AutoLISP ile 3B sayısallaştırılması ve modellenmesi, jeolojik yapı unsurlarının AutoLISP ile 3B sayısallaştırılması ve modellenmesi olarak gerçekleştirilmiştir.

5.1. Harita Sembollerinin 3B Modellenmesi

YÜH’lerin sayısallaştırılması amacıyla kurumsal bazda geliştirilmiş olan ya da farklı ülkelerde ortak gösterime sahip sembollerin ayrı ayrı CAD ortamında 2B yapıdan 3B yapıya modellenerek dönüştürülmesi ve bir kütük altına toplanarak üç boyutlu sayısallaştırmada kullanılabilir hale getirilmesi gerekmektedir.

Bu amaçla önce mevcut iki boyutlu semboller belirlenerek bu sembollerin ifade etmek istedikleri anlamlardan ve perspektif görüntülerinden yararlanılarak üç boyutlu modelleri oluşturulur. Bunun için CAD yazılımlarının 3B çizim araçları kullanılabilir. Bu tür sembollere örnek olarak; yeraltı açıklıkları için herhangi bir gaz ya da kömür tozu patlamasında yayılımı önlemek için kullanılan çeşitli baraj türleri, kapılar, kruvazman ve emici pervane ele alınabilir. Bu sembollere ilişkin bir kruvazmanın modeli Şekil 4’de gösterilmiştir



Şekil 4: Bir kruvazman (kargir) sembolünün 2B'den 3B'ye dönüşmüş modeli.

5.2. Yeraltı Açıklıklarının AutoLISP ile 3B Sayısallaştırılması ve Modellenmesi

Madencilikte yeryüzünden yeraltındaki üretim alanlarına ulaşılmaya kadar değişik boyut ve tipte açıklıklar inşa edilmiştir. Bu yeraltı yollarının bazıları zemin içinde, bazıları kaya katmanlarının içinden ve bazıları da cevher yataklarının içinden geçecek şekilde oluşturulur. Bu açıklıklar harita üzerine çizilirken içinden geçtiği katmanın özelliğine göre değişik renklerde gösterilerek ifade edilirler.

Yeraltı açıklıklarının modellenmesi yapılırken silindir şeklinden yararlanılmıştır. Bu silindirin içine başlangıç ve bitiş noktasının yükseklik değerleri bilinen bir çizgi yerleştirilmekte ve bu çizginin çevresine silindir bir boru geçirilmektedir. Bu yaklaşıma pipe-line tekniği denilmektedir. Bu işlemlere pratiklik kazandırılması amacıyla, yeraltı açıklıklarının sayısallaştırılması için bir AutoLISP kodu yazılmıştır. Bu kodun kullanılmasıyla sayısallaştırılmış örnek bir yeraltı açıklığının CAD ortamındaki görüntüsü Şekil 5a'da verilmiştir.

Pipe-line tekniği ile gerçekleştirilen uygulamanın algoritması şu şekildedir:

- Öncelikle programa yeraltı açıklığının isminin girilmesi gereklidir. Ardından açıklığın renk değeri sisteme girilerek isim ve renk katmanının açılması sağlanır.
- İlk başlangıç noktasının ekran üzerinden işaretlenmesi sağlanır ve bu noktanın yükseklik değeri, geliştirilmiş LISP algoritmasıyla ekran alt bölümündeki komut satırından girilerek sisteme aktarılır. Yüksekliklerin aktarılmasında jeoitten (yükseklikler için referans yüzeyi jeoit olup, bu yüzey ± 0 başlangıç değerini ifade eder) aşağı olan yükseklikler eksi, yukarı olan yükseklikler artı değerde sisteme aktarılır.
- Operatör sisteme diğer noktanın ekran üzerinden işaretlenmesini yaparak aynı işlemleri son noktaya gelene kadar uygular.
- Bu noktaların sisteme aktarılmasıyla program noktaları birleştirilerek bir aks çizer ve katman olarak adını "damar ismi-aks" olarak belirler. Son olarak aksın çevresine bir katı model olan silindir geçirilir.

5.3. Yeraltı Kuyularının AutoLISP ile 3B Sayısallaştırılması ve Modellenmesi

Yeryüzünden yeraltına dikey inen kuyular ya da yer katmanı içinde belirli bir yükseklikten dikey açılan kuyular, grafik yeraltı üretim haritalarında yalnızca daire şeklinde özel bir sembolle gösterilirler. Bu sembolün sağ üst köşesine sayısal değerler yazılır. Bu sayılardan ilki kuyunun ağız giriş yüksekliği, ikinci ve diğer rakamlar arakat yüksekliklerini ve son rakam kuyu dibi yüksekliğini ifade eder (Şekil 5b). Bu düşey kuyunun 3B sayısallaştırılması için geliştirilmiş LISP algoritması ile gerekli yükseklik bilgileri girildiğinde ortaya çıkan kuyu modeli Şekil 5b'de görülmektedir.

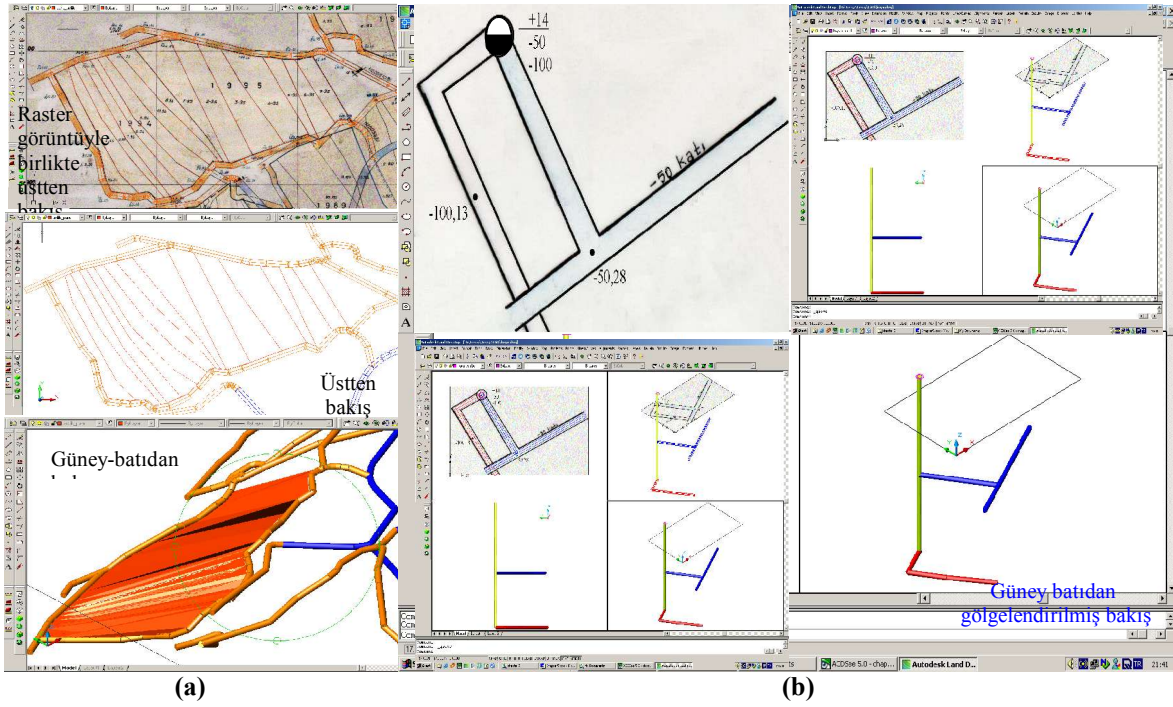
5.4. Yeraltı Üretim Panolarının ve Damar Oluşumlarının AutoLISP ile 3B Sayısallaştırılması ve Modellenmesi

Yeraltındaki damarlar ve bu damarlar içinde yapılan üretim faaliyetlerinin MİH'ler üzerine grafik aktarımında, 2B grafik gösterim ve renk tonlaması kullanılmaktadır. Geleneksel bir yaklaşımla, maden havzalarındaki üretim yapılan her cevher içeren damar (örneğin kömür damarı) farklı bir isim ve renk değeri ile karakterize edilirler. Böyle bir üretim panosu sayısallaştırılırken, grafik harita üzerinde görülen sınırlardan ve mevcut olan yükseklik değerlerinden faydalanılır. Bu sınırı çevreleyen 3B bir çok kenarlı yüz çizilerek bir üretim panosu modeli yaratılabilir.

Ele alınan yaklaşımlar ışığında yazılan bir LISP makrosuyla, mevcut üretim panoları sayısallaştırılmıştır. Bu sayısallaştırmada, LISP'in çalıştığı komut satırından;

- Pano sayısallaştırılmasına ilk olarak panoyu çevreleyen yollarla başlanır. Bu yollar birer yeraltı açıklığı olması dolayısıyla, damarın karakteristik rengi ile boyanmış olarak pipe-line olarak çevrelenmiş olur,
- İkinci aşamada pano içindeki her bir üretim alanı sayısallaştırılır. Bu aşamada öncelikle programın çalışması için ilgilenilen yerin pano olduğunu belirten p kodu girilir,
- Ekran üzerinden panonun ilk kırık noktası işaretlenir ve bu noktanın yükseklik değeri komut satırından girilir. Ancak altlık haritadan yükseklik bilgisi alınamıyorsa bir önceki bölümde yapılan yeraltı açıklık sayısallaştırılmasından faydalanarak yükseklik değeri komut satırından girilir,
- Daha sonra kursör pano kırık noktalarını işaretleyerek üretim alanını işaretler,
- Bu işlemler panonun kapandığı son noktaya kadar devam eder.

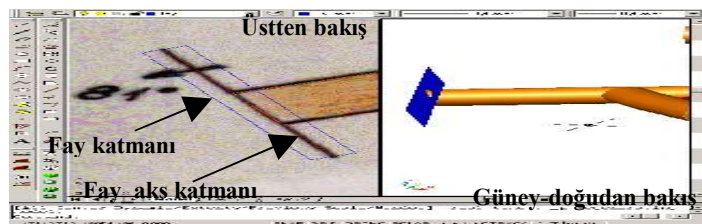
Pano sayısallaştırılmasında her bir üretim alanı üzerindeki tarihin (ay ve yıl olarak) kaydı ve çevresindeki yol yapısı önemli bir bilgi kaynağıdır. Bu bilgilerden yararlanarak yeraltındaki üretim yöntemi ve uygulanış şekli tespit edilebilmekte ve bu üretim panosuna havanın hangi yolu izleyerek geldiği hakkında da önemli analizler yapılabilmektedir. Bu anlatımlara uygun olarak gerçekleştirilmiş bir yeraltı üretim panosunun sayısallaştırılmış ve modellenmiş görüntüsü Şekil 5a'da verilmiştir.



Şekil 5: (a) Pano ve galerilerin sayısallaştırılması, vektörleştirilmiş ve modellenmiş durumlarının üstten ve güney-batıdan bakış görüntüleri, (b) kuyu ve galerilerin vektörleştirilmiş ve modellenmiş görüntüleri

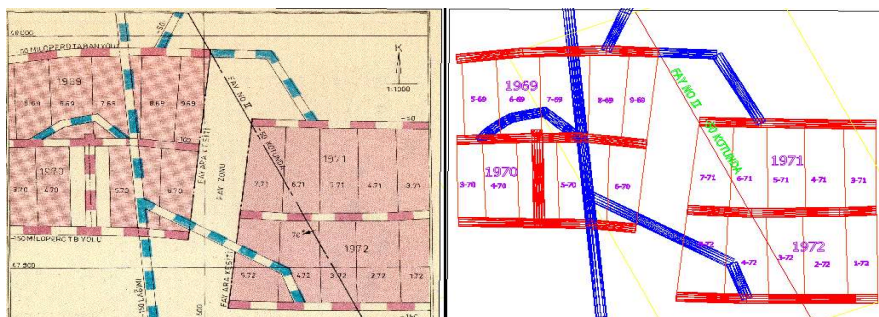
5.5. Jeolojik Yapıların AutoLISP ile 3B Sayısallaştırılması ve Modellenmesi

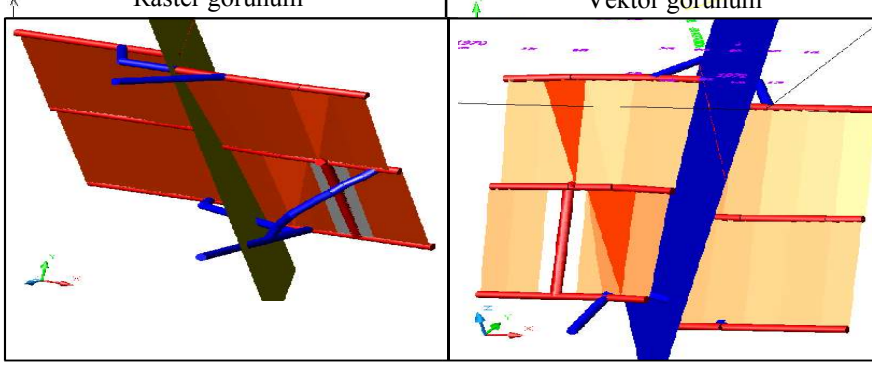
Jeolojik yapı elemanlarından süreksizlik düzlemleri olan mikro ve makro faylar, değişik türden jeolojik katmanların, yeraltındaki üretimlerin ve açıklıkların oluşturulması sırasında ölçümlenip MİH'lere işlenmektedir. Bu harita bilgilerinin 3B modellenmesinde bu süreksizlik ve katmanların doğrultuları, eğimleri ve eğim yönlerine ilişkin sayısal değerlerden yararlanılır. Bu amaçla geliştirilmiş olan Lisp algoritması kullanılarak raster görüntü üzerinde komut penceresi üzerindeki operasyonlarla vektörleştirme ve 3B modelleme CAD ortamında gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 6: Sayısallaştırılan fayın vektörleştirilmiş ve modellenmiş halinin üstten ve güney-doğudan bakış görüntüleri.

MİH'ler üzerine işlenmiş olan fay izlerinin sayısallaştırılmasında geliştirilen LISP makrosunda, öncelikli olarak fayın bulunduğu noktanın yüksekliğinin girilmesi gereklidir. Makro ikinci olarak operatörden fayın eğim açısının derece cinsinden değerini ister. Ayrıca makro operatörden fayın yönünün hangi tarafa olduğunu açıklama olarak sorar. Bu sorular cevaplandığında fay ve fay_aks adında iki katman oluşturulur. Makro öncelikle fay_aks katmanında fay doğrultusunu gösteren düz bir çizgi çizer, fay katmanında ise bir arakesit şeklinde 3B olarak fayın eğimli gösterimi sayısallaştırılır. Oluşan bu arakesit fayın doğrultusunda ve eğimindedir (Şekil 6). Aynı işlemler açıklıklar boyunca ölçümlenen diğer jeolojik katmanların 3B modellenmesinde de kullanılır. Şekil 7'de Zonguldak Taşkömür Havzasındaki "Kurul" isimli kömür damarının üretimi sırasında ortaya çıkartılan bir fay düzleminin sayısallaştırılmış ve 3B modellenmiş görüntüsü verilmektedir.





Kuşçu, Şahin ve Akçın

Şekil 7: Kurul damarı imalat haritasının, raster ve vektör görünümleri ile üç boyutlu modeli üzerinde fay düzleminin bir arakesit şeklinde farklı açılardan görünümü.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

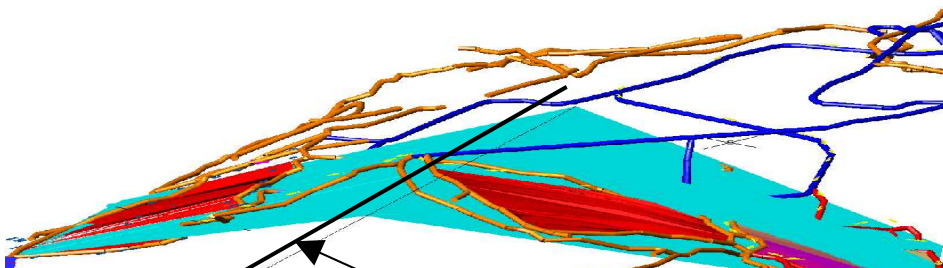
Madencilik endüstrisinde yeraltı üretimi uzun yıllar boyunca sürdürülen bir faaliyettir. Bu tür işletme faaliyetleri ve bölgenin jeolojik ve topoğrafik yapısına ilişkin konumsal bilgiler, MİH'ler ile mühendislik hizmetine sunulur. İşletmelerin gelecekteki uygulamalarının 3B sayısal ortamlarda görsel modeller üzerinde planlanması, tasarımı ve analizi için mevcut haritaların sayısallaştırılması bir zorunluluktur. Dünyada bu alanda çalışan ülkelerdeki yasalar ve yönetmelikler, bu uygulamaların yeniden ve geçmişe dönük olarak yapılamayacağını belirtmektedirler (International Labour Office 1955-2004).

MİH'lerin 2B olarak sayısallaştırılması işletmelerin mevcut sorununu çözmeye yeterli değildir. 3B sayısallaştırmanın yapılabilmesi için ise bu kapsamda geniş çaplı bir araştırma yapılarak bir çözüm algoritması geliştirilmiştir. Yapılan araştırmalardan en uygun sayısallaştırma için;

- Güçlü konfigürasyona sahip bir bilgisayar donanımı kullanılmalıdır.
- MİH'lerin bir tarayıcı ile 300 dpi çözünürlükte renkli olarak taranmasıyla raster görüntüler elde edilmelidir.
- Tarama yapıldıktan sonra görüntü dosyasının daha küçük boyuta dönüştürülmesi gereklidir. Bu işlem için görüntü işlemenin, *jpeg* formatında orta seviyede sıkıştırarak elde edilmiş görüntü üzerinde gerçekleştirilebileceği belirlenmiştir.
- Taranmış görüntü koordinatlarının gerçek harita koordinatlarına dönüşümünde, harita üzerindeki mevcut gridler kullanılarak 2.° den bir polinomal dönüşüm ile rubbersheet yapılması gereklidir (Şahin, 2003).

MİH'lerin sayısallaştırılmasında önceden 3B bir sayısal semboloji kütüğünün hazırlanarak CAD programı içerisine dosya olarak aktarılması gereklidir. Daha sonra raster görüntüdeki MİH'in vektörleştirilmiş dokusu üzerine bu semboller uygun konumda yerleştirilmelidir.

Haritaların sayısallaştırılarak modellenmesi için görüntü altlığındaki raster yapının 3B vektör harita haline gelmesini sağlayan LISP dilinde makroların yazılarak CAD ortamına aktarılması gereklidir. Bu makrolar sayesinde; sayısallaştırılacak vektör ve katı modele ilişkin katman adı, rengi, niteliği, yatay konum koordinatları ve yükseklik değerleri otomatik ya da komut satırından elle giriş yaparak yarı otomatik bir biçimde sisteme bilgi aktarımı sağlanmaktadır. Yeraltı açıklıklarının 3B gösteriminde kullanıcıların model üzerinden analiz yapabilmesi (Şekil 8) ve görüş yeteneğine katkı sağlaması amacıyla "pipe-line" tekniği kullanılmış ve uygulamalarda başarı sağlanmıştır. Mevcut MİH'lerin çok eski tarihlerde çizilip kullanılmaya başlandıklarından ve halen kullanıma devam edildiğinden bazı harita bilgileri deforme olmuştur. Bu durum özellikle üçüncü boyutun sayısal ortamda oluşturulmasında büyük sorun yaratmaktadır. Bazı haritalarda ise yoğun bir bilgi içeriği söz konusu olmakta ve yeraltının 2B gösteriminden kaynaklanan karmaşık bir yapı meydana gelmektedir. Bu nedenlerle sayısallaştırma işlemi yapan operatörün kesinlikle madenciliği iyi bilmesi ve bölgenin yapısı hakkında bilgi sahibi olması gerekmektedir. Bu bağlamda Zonguldak Taşkömür Kurumuna ait yoğun bilgi içeren bir MİH'in yukarıda belirtilen öneriler ve geliştirilen LISP makroları ile 3B sayısallaştırılmış ve modellenmiştir.





Şekil 8: Acılık damarına ait üç boyutlu model üzerinden, gerçekleştirilmiş imalatlara teğet düzlem arakesitlerinin kesişiminden antiklinal ekseninin varlığının belirlenmesi.

TEŞEKKÜR

Yazarlar projeye maddi desteğinden dolayı Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Araştırma Fonuna, Türkiye Taşkömür Kurumu'na ve bu Kurumun mühendislerinden Sn. Tuna Aratoğlu'na teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Başak, H., 2002, *AutoCAD Ortamında AutoLISP İle Programlama*, Pusula Yayıncılık, Acar Matbaası, İstanbul.

Şahin, H., 2003, *Maden İmalat Haritalarının Sayısallaştırılması Ve Etkin Kullanım İmkanlarının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 105 s.

Harrington, D., Burchard, B., Pitzer, D., 2001, *AutoCAD 2002*, çev. A. Halaç, Sistem Yayıncılık ve Matbaası, Cilt 2, İstanbul.

International Labour Office, 1955, *Safety In Coal Mines*, Volume 3, Geneva, 226 pp.

Köksal, E., 1996, *Madencilik Bilgi Sistemine Atlık Oluşturacak Yeraltı Maden İmalat Haritaları Ve Onların Sayısal Olarak Üretilmesine İlişkin Bir İnceleme*, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 113 s.

Kuşçu, Ş., Koçak, E., 1993, Ülkemizde Maden İmalat Haritaları İle İlgili Sorunlar Ve Öneriler, *4. Harita Kurultayı*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara, s. 192-202.

Kuşçu, Ş., 1997, *Madenlerde Ölçme Ve Plan*, Filiz Kitabevi, İstanbul.

Löhr, W., Vosen, H., 1969, *Markscheidekunde für das Studium und die betriebliche Praxis*, Springer-Verlag, Berlin.

Newman, W.M., Sproull, R.F., 1984, *Principles Of Interactive Computer Graphics*, 2nd edn., McGraw-Hill Book Co., Tokyo.

Sanşan, M., 1980, *Topoğrafya*, E.K.İ. İnsangücü Eğitim Müdürlüğü Yayını, No 39, İlkadım Matbaası, Zonguldak.

Pazdziora, J., 1988, *Design Of Underground Hard-Coal Mines*, Advances in Mining Science and Technology, Elsevier Science Publishing Co., Poland.

Robinson, A.H., Sale, R.D., Morrison, J.L., Muehrcke, P.C., 1984, *Elements Of Cartography*, 15th edn., John Wiley and Sons Inc., Canada.

Stein, D.M., 2002, *The Visual LISP Developers Bible*.

Williams, W.R., 1983, *Mine Mapping And Layout*, Prentice-Hall Inc., New Jersey.