

HOLOGRAFİ TEKİNİĞİNİN HARİTACILIK ALANINDA UYGULANMASI

H.Polat DALKIRAN

HGK, Harita Genel Komutanlığı, Cebeci, Ankara, polat.dalkiran@hgk.msb.gov.tr

ÖZET

Holografi, 1947 yılında, Macar Fizikçi Dr. Dennis GABOR tarafından keşfedilmiş, temel olarak ışık dalga girişimlerinin bir yüzey üzerine kayıt edilmesi ile ilgilenen bir bilim dalıdır. En genel tanımıyla hologram, herhangi bir cisimden gelen dalgaya ait bilginin bir yüzey üzerine girişim ve faz değerlerinin saklandığı yüzey görüntüsü olarak tanımlanabilir. Üç boyutlu görüntünün iki boyutta sunumuna olanak veren holografi tekniğinin harita üretiminde uygulanabilirliği çok yeni bir araştırma konusudur. Harita Genel Komutanlığı'nda 2008 yılından beri yürütülen araştırma ve geliştirme faaliyetleri çerçevesinde bu konuda çeşitli olumlu sonuçlara ulaşılmıştır. Bu makalede, günlük hayatımızda kredi kartlarından, banknotlara, marka etiketlerinden, ürün reklamlarına kadar birçok alanda uygulama imkânı bulmuş olan hologram ve holografi tekniğinin harita üretiminde uygulanabilir olduğunun araştırılması sonucunda elde edilen bulgular ve holografik harita üretim süreçleri ele alınacaktır.

Anahtar Sözcükler: Holografi, hologram, holografik harita, hologram harita, holografik kartografya.

ABSTRACT

THE APPLICATION OF HOLOGARPHY ON MAP PRODUCTION

Holography, first found by Hungarian physicist Dr. Dennis GABOR at 1947, is basically a scientific branch which is interested in recording interferences of light waves on a surface. Generally a hologram can be described as a kind of image which is constructed by phase and interference values of light on a surface. Holography, allowing to present a three dimensional image on a two dimensional surface, is a very new research area of application on map production. Research and development activities conducted since 2008, at General Command of Mapping, has shown positive results in this area. In this article, the results of a research on application of holography technique on map production and the process of holographic map production will be investigated.

Keywords: holography, hologram, holographic map, holographic cartography.

1. GİRİŞ

Uzayda bir cismin varlığına ait enformasyonu genellikle ses veya ışık dalgaları halinde ulaştır. Holografi cisimlerden gelen dalgalarındaki enformasyonu belirli bir şekilde depo edip bu enformasyonda hiçbir kayıp olmadan tekrar ortaya çıkartmayı sağlayan bir tekniktir. Tekniğe «Holografi» adını bu konuda ilk çalışmaları yapan Dr.Dennis Gabor vermiştir. Yunancada «holos» bütün anlamına gelmektedir. Hologram bir cisimden gelen dalgaya ait toplam enformasyonu yani hem genlik hem faz değerlerini kaydeder. İstendiğinde bu kayıt ortamından orijinal dalga yeniden elde edilir. (URL 1)

Fotoğraf tekniğinde görüntü iki boyutlu bir dağılım olarak kaydedilir. Her sahnede ışığın yansıtıldığı çok sayıda nokta mevcuttur. Bu noktalardan çıkan çeşitli dalgaların meydana getirdiği tek kompleks dalgaya «cisim dalgası» denir. Bu karmaşık dalga fotoğraf tekniğinde optik bir mercekle yardımı ile dönüştürülerek radyasyon yapan cismin görüntüsü elde edilir. Hologram tekniğinde ise cismin optik olarak meydana getirilmiş görüntüsü değil cisim dalgasının kendisi kaydedilir. Bu kayıt uygun şekilde yeniden aydınlatıldığında zaman orijinal cisim dalgasını tekrar meydana getirmek mümkündür. Cisimden gelen ışık dalgası kendisi ile frekansı ve faz bakımından uyumlu (coherent - eşevreli) bir referans dalga ile girişim yaptığında meydana getirilebilen dalganın şiddeti sadece bu dalgaların teker teker şiddetlerine tabi olmayıp aralarındaki faz farkına da tabidir. Bu ise holografinin esasını teşkil etmektedir.

Günümüzde sayısız uygulama alanı bulan holografi tekniğinin haritacılık alanında uygulaması ile ilgili araştırmalar dünyada çok yeni bir kavramdır. Harita Genel Komutanlığı'nda 2008 yılından itibaren yürütülen Holografik Harita Projesi çalışmaları sonucunda holografi tekniğinin haritacılık alanında uygulanabilirliği araştırmaları sürmektedir. İlk yapılan prototip çalışmasında blok tahta üzerine işlenmiş arazi modelinin (Şekil 1), analog holografi yöntemiyle 10x15cm ebatlarında özel bir cam üzerine pozlaması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen görüntünün olumlu sonuç vermesi üzerine, bilgisayar destekli kartografik harita üretim yazılımı olan ArcGIS ve üç boyutlu modelleme ve animasyon yazılımı olan 3D Studio MAX yazılımları yardımıyla, hologram üretimine esas olacak sayısal holografik harita üretilmiştir. Sonraki aşamada 2009 yılında, yine sayısal veriler yardımıyla hazırlanan arazi modeline, topografik vektör veriler, raster ekran görüntüsü ve üç boyutlu hacimsel yazılar eklenerek kartografik açıdan daha tatmin edici sonuçlar elde etmek mümkün olmuştur. Müteakip çalışmalarda holografik harita prototiplerine, üç boyutlu sembooloji, koordinat sistemi, kuzey yönü oku, yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafı ve animasyon yeteneği eklenmiştir. Bu makalede elde edilen sonuçlar ve holografik kartografya prensiplerinden bahsedilecektir.



Şekil 1: Blok tahta üzerine işlenmiş arazi modeli.

2.HOLOGRAFİ, HOLOGRAM VE BİLGİSAYAR DESTEKLİ HOLOGRAM NEDİR?

Holografî, insanlık tarihini en önemli buluşları arasında gösterilmektedir. Bulunduğu günden beri bilim insanları tarafından sürekli olarak geliştirilmekte ve gündelik hayatımızın önemli bir parçası haline gelmektedir. Macar bilim adamı Dr. Dennis Gabor tarafından, 1947 yılında, elektron mikroskoplarının çözünürlüğünü artırmak üzere bir yöntem araştırırken tesadüfen bulunmuştur. İlk hologramlar, doğru ışık kaynağı, malzeme ve tekniğe sahip olmadıkları için günümüzde üretilen hologramlara göre oldukça bulanık ve çözünürlüğü düşüktü. Gerçek bir hologram üretmek için gereken ışık kaynağı olan LASER'in 1960 yılında bulunması ile holografî tekniği büyük bir adım atmıştır. LASER ışığı gibi koherent bir ışık kaynağı olmadan, gerçek üç boyutlu görüntü karakteristikleri ve ışık fazlarının yeniden oluşturulması mümkün değildir. Sürekli LASER ışık dalgası oluşturan cihazın icadından iki yıl sonra, Leight & Upatnieks (Michigan Üniversitesi) Gabor'un deneyini tekrarlayarak, modern holografî tekniğini geliştirmişlerdir. (Christopher, 1995)

Holografide görüntülenecek nesnenin görüntüsü, bir demet ışın ve bu ışıktan ayrıştırılarak doğrudan bir kayıt yüzeyine yoneltilen ışın ile yeniden oluşturulabilir. Bir diğer ifadeyle, nesne ışını ile referans ışınının girişiminin kayıt edilmesi sonucu elde edilen görüntü, aynı ışık kaynağına maruz kaldığında yeniden üç boyutlu olarak görünür hale gelmektedir. Holografî gerçek dünyanın üç boyutlu görüntülerinin iki boyutlu bir yüzey üzerine kayıt edildikten sonra herhangi bir cihaza gerek kalmadan algılanabilmesine olanak sağlayan tek yöntemdir. Oluşturulan görüntü tam paralaksa ve derinlik algısına sahiptir.

Hologram üretiminde fotoduyarlı filmler olan, fotokromik, termoplast ve ferro-elektrik kristaller kullanılmaktadır. Kullanılan film çok yüksek LPI (Line Per Inch – İnç/çizgi) özelliğe sahip olması gerekir. Bu amaçla kullanılabilecek film, AGFA Gevaert 8E75 3000 LPI çözünürlüğe sahiptir. Çözünürlüğün yanında holografik film sadece belirli dalga boyundaki ışık kaynaklarına duyarlı olması gerekir. AGFA Gevaert 8E75 filmi, kırmızı bölgedeki ışık üreten HeNe lazer ışınlarına duyarlıdır. Kodak 120 Plate veya SO173 filmleri de benzer özellikte holografik filmlerdir. (Christopher, 1995)

En geniş tanımıyla Bilgisayar Destekli Holografî (BDH), sayısal veriler yardımıyla ışık girişimlerinin oluşturduğu desenin bilgisayar yardımıyla yapay olarak hesaplanması tekniklerini ve yöntemlerini içermektedir. Holografik görüntüyü oluşturan girişimler, bilgisayar yardımıyla hesaplandıktan sonra uygun kohorent ışık kaynağı ile holografik filme pozlanır (URL 2). Optik holografî tekniğiyle üretilen hologramlar gerçek cisimlere gereksinim duyarken, BDH gerçek cisimlere ihtiyaç duymamaktadır. Birçok üstünlüklerine rağmen BDH, bilgisayar hesaplama hızı, görüntü kalitesi, çözünürlük ve gerçek cisimlere benzerlik açısından çeşitli sınırlamalar mevcuttur. Günümüzde modern matematik teknikleri ve yüksek kapasteli işlemcilerle rağmen, dalgaboyu hesaplamaları halen tam olarak gerçekleştirilememektedir. (Lee, 1970)

3. HOLOGRAFİK KARTOGRAFYA

Kartografya, “Harita ve harita benzeri gösterimleri üretmek amacıyla uygulanan, gerekli tüm çalışmaları kapsayan bilim, teknik ve sanattır.” şeklinde tanımlanabilir. (ICA, 1973) Temel olarak kartografik çalışmalar günümüzde, fotogrametrik kıymetlendirme sonrasında topografik yöntemlerle bütünleşmiş coğrafi bilginin, kullanıcıların ihtiyaçlarına göre uzmanlar tarafından yeniden yorumlanarak harita haline getirilmesi süreçlerini içermektedir. Genellikle sonuç ürünler basılı haritalar, vektör veya grafik olarak sunulabilen sayısal haritalar veya plastic kabartma haritalar şeklinde olabilir.

Haritalar yapılış amaçlarına, özelliklerine, ölçeklerine, üzerindeki bilgilere göre çok çeşitli olarak sınıflandırılırlar. Yeryüzünde bulunan insan yapısı veya doğal oluşumlar birer coğrafi nesnedir ve haritalarda çeşitli sembol ve renklerle gösterilirler. Çoğu zaman gerçek yeryüzünü göstermesi amacıyla haritalar üzerine eş yükseklik eğrileri veya gölgeli arazi modelleri işlenmek suretiyle türev haritalar elde edilir. Bu şekilde hazırlandığında haritalar, arazinin yüzey bilgilerini de ihtiva ettiğinden, kullanıcıya çok daha fazla gerçek bilgi vermektedir. Topoğrafik harita olarak adlandırılan bu çeşit haritalar, yeryüzünün en iyi şekilde ifade edildiği haritalardır. Genellikle kâğıt, kumaş, plastik vb. materyaller üzerine baskı yoluyla veya bilgisayar ortamında kullanılmak üzere CD, DVD veya Internet gibi medyalar aracılığıyla yayınlanırlar. Her ne kadar yeryüzünü ifade etmek için kâğıt haritalar ideal materyaller ise de bu haritalarda arazi yapısını algılamak için iyi bir eğitim gerekmektedir. Arazi yapısını algılamadaki bu zorluk nedeniyle, bu tür haritaların bir tür özel plastik materyal üzerine baskı yapılarak ve arazi yüzeyinin bir kalıp aracılığıyla bu materyal üzerine aktarılmasından meydana gelen harita çeşidine ise Kabartma Harita denir.

Kabartma Haritalar, yeryüzü şekillerini algılamada, kullanıcıya gerçeğe en yakın şekliyle bilgi ve algı sağlaması bakımından oldukça önemlidir. Birçok mühendislik ve lojistik çalışmanın temelinde doğru planlama yatmaktadır ve bu planlamaları etkileyen en önemli faktör de arazi modelidir. Planlayıcı ve karar verici makamların sonuca ulaşmasında arazi modelinin ve yapısının çok iyi anlaşılması gerektiğinden, Kabartma Haritaların değeri daha da artmaktadır.

Günümüzde mevcut teknolojiler yardımıyla topoğrafik kabartma harita / kroki / plan yapılma süreci oldukça zahmetli ve maliyetli bir süreçtir. Ayrıca bu haritalar sadece ofislerde düzgün yüzeyli zeminlere kıvrılmadan kullanılabilmektedir. Haritaların en önemli kullanım alanlarından biri olan arazi uygulamalarında ise taşınma zorluğu, çabuk yıpranma ve kırılma gibi etkenler nedeniyle bu tür haritalar kullanılamamaktadır. Bu durum ise arazide verilen görevi / uygulamayı bizzat yerine getirmeye çalışan kullanıcılar tarafından oldukça yanlış sonuçlara gidilmesine yol açmakta, kurum veya kuruluşların zarara uğramasına, projelerin başarısız olmasına sebep olabilmektedir. Son kullanıcının da kendisinden beklenen sonucu üretebilmesi için ofislerde harita aracılığıyla planlanan görev veya projeleri doğru şekilde uygulayabilmesi için aynı algı seviyesine gelmesi oldukça önemlidir.

Basılı ve kabartma haritaların kullanımı oldukça yaygın olmasına karşılık bir takım eksikliklerini giderecek farklı bir ürüne ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır. Böyle bir ürün için günümüzde farklı disiplin ve bilim alanlarındaki gelişmeler doğrultusunda ortaya çıkan ana veya yan ürünlerin uygulanabilirliği araştırılmalıdır. Günümüzde holografi tekniğinin geldiği son noktada, reklam sektöründen güvenlik sektörüne kadar her türlü alanda uygulama imkânı bulmaktadır. Bu aşamada haritacılık alanında da uygulanabilirliği araştırıldığında çarpıcı sonuçlar elde edilmiştir.

En genel şekilde tanımlamak gerekirse “Holografik Kartografya, holografi tekniğinin kartografya bilimine uygulanması ile geliştirilmiş bilimsel teknik kuralları ve işlemler bütünüdür”. Holografik kartografyanın ürünü olan Holografik Harita ve Sayısal Karto-Hologram ise “Holografi tekniği ile üretilmiş, üstün yetenekli yeni nesil harita ve harita bilgisidir” şeklinde tanımlanabilir (Dalkıran, 2009). İlk olarak 1999 yılında Dresden Üniversitesinden Prof. Buchroithner ve ekibi tarafından, yüksek dağlık arazileri gösteren beyaz ışığa duyarlı geçirgen holo-stereogram geliştirilmiştir. Bu hologram, Doğu Alpler’de bulunan “Granatspitz” masifini içeren bir bölgenin gerçek üç boyutlu görüntüsünü oluşturmak amacıyla hazırlanmıştır. Bu ürün kartografik prensiplerin uygulandığı bir haritadan çok holografik-ortofoto olarak değerlendirilmelidir. Geliştirildiği dönemde holografik film ve tekniklerinin yeteri kadar gelişmemiş olması ve yüksek maliyet gibi nedenlerle ekip, holografi tekniğini terk etmiş ve araştırmalarını lentikular yöntemine doğru kaydırmıştır (Buchroithner, 1999, 2000).

Tablo 1: Kartografik Ürünlerin Karşılaştırılması

Ürünler	Basılı Kâğıt Harita	Plastik Kabartma Harita	Holografik Harita
Topografyayı algılama kolaylığı	Zor	Kolay	Kolay
Detayları algılama kolaylığı	Kolay	Zor	Kolay
Taşıma kolaylığı	Kolay	Zor	Kolay
Aydınlatma koşulları	Her ışık kaynağı	Her ışık kaynağı	Özel ışık kaynağı
Kenarlaştırma özellikleri	Kolay	Zor	Kolay
Aynı anda birden fazla coğrafi bilgiyi gösterebilme	Yok	Yok	Var
Hareketli görüntü yeteneği	Yok	Yok	Var
Üretim maliyeti	Ucuz	Orta	Pahalı
Teknoloji yaygınlığı	Çok yaygın	Az yaygın	Yok
Seri üretim sistemi gelişmişliği	Gelişmiş	Yeterli	Yok
Üç boyutlu coğrafi bilgi sunabilme yeteneği	Yok	Yok	Var
Dokunma hissi	Normal	Yüksek	Normal
Baskı çözünürlüğü	Yüksek	Kabul edilebilir	Kabul edilebilir

Kartografik ürünler kullanım alanlarına göre çeşitlilik gösterse de birbirlerine göre üstünlük veya eksiklikleri vardır. Tablo 1’de Hologram Harita, Basılı Harita ve Plastik Kabartma Haritanın birbirlerine göre durumları irdelenmiştir. Bu tabloya göre diğer ürünlerin çok uzun sürelerdir dünya çapında üretilmesi nedeniyle, holografik harita üretimi maliyetlidir ve henüz kabul görmüş bir seri üretim sistemi bulunmamaktadır. Plastik kabartma harita arazi algısını artırması açısından oldukça etkili bir ürün olmasının yanında harita üzerindeki detaylara odaklanma basılı kâğıt haritalara göre oldukça düşüktür. Diğer yandan kâğıt haritalarda topografya geri planda kalırken, coğrafi detaylar ön plana çıkmaktadır. Bu durum da ortalama bir kullanıcının coğrafi detayların topografik yapıyla ilişkisini algılamasında zorluklara neden olmaktadır. Holografik haritada ise her iki ürünün üstünlükleri bir araya gelmekte, coğrafi detaylar ön plana çıkarken, üç boyutlu arazi bilgisi de aynı anda sunulmaktadır.

4. HOLOGRAFİK KARTOGRAFYANIN PRENSİPLERİ

Gelecekte doğru bir bilimsel altyapının oluşturulabilmesi ve buna dayalı olarak algoritmaların geliştirilebilmesi açısından bir takım temel prensiplerin ortaya konulması gerekir. Harita Genel Komutanlığı’nda yürütülen Holografik Harita Projesi kapsamında ürün geliştirme faaliyetleri esnasında bir takım temel prensiple, kartografik üretim prensiplerinden faydalanılarak uyarlanmıştır. Bu sayede gelecekte üretimi planlanan her türlü hologram harita için bir takım standartlar ve matematiksel modellerin geliştirilmesi için teorik altyapı oluşturulmaya çalışılmıştır.

Robinson kartograflar için en önemli prensiplerin, okunabilirlik, görsel zıtlık, şekil zemini ve hiyerarşik yapı olduğunu ifade etmektedir. Diğer yandan üç boyutlu kartografya da gerçek dünyayı ifade etmek için çok daha fazla prensibe ihtiyaç vardır. Üç boyutlu Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) gelişimi ile birlikte, bazı klasik kartografya kuralları değişmiş ve yeni kurallar ortaya çıkmıştır. Aşağıda bahsedilen prensipler, bazı kartografik kuralların holografi tekniğini kapsayacak şekilde düzenlenmesi ile oluşturulmuştur.

- Üç boyutlu hiyerarşik abartma
- Üç boyutlu görsel zıtlık
- Görünürlük
- Aydınlatma
- Üç boyutlu sembolleştirme
- Detay seviyelendirme
- Üç boyutlu genelleştirme
- Üç boyutlu etiketleme
- Metinsel bilgilerin sunumu
- Üç boyutlu tematik gösterimler
- Katmanlaştırma
- Animasyon
- Üç boyutlu gölgeleme ve renklendirme
- Arazi modeli
- İki boyutlu coğrafi bilgilerin üç boyuta dönüştürülmesi
- Ortofoto ile ifade etme
- Üç boyutlu koordinatlama ve grid sistemi
- Üç boyutlu kitabe bilgileri sunumu
- Diğer kartografik elemanların üçüncü boyutta sunumu

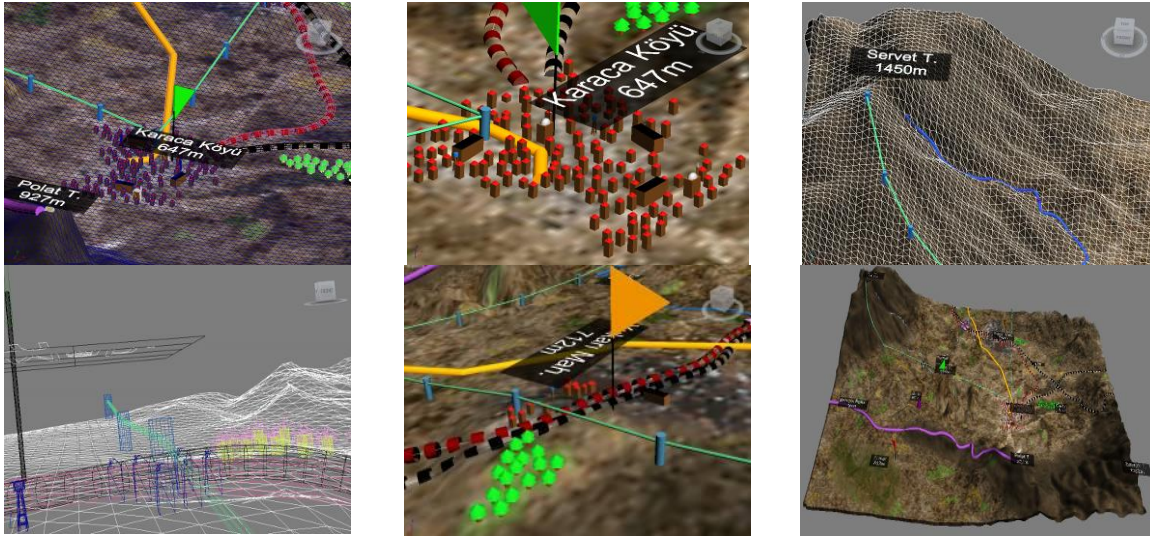
Günümüzde sadece sayısal sunumlara yönelmiş olan 3B CBS için sınırsız uygulama ve görselleştirme imkânları mevcut olmasına rağmen, aynı verinin basılı kopyalarının oluşturulmasına yönelik olarak yukarıdaki temel prensipler önerilebilir (Dalkıran, 2009). Gelecekte her ne kadar sayısal sistemler yaygın olarak kullanılsada, bir sanat olarak kartografyanın, ürün bazında gücünü ve önemini koruyacağı düşünülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Harita Genel Komutanlığı’nda 2008 yılından günümüze kadar geliştirmelerine devam edilen Holografik Harita Projesi, iki boyutlu kâğıt harita üretimi amacıyla üretilen kartografik vektör verilerden yararlanarak üç boyutlu kartografik vektör verilere dönüşüm tekniklerini içermektedir. Bu konuda bilinen literatürde daha önce yapılmış herhangi bir çalışma olmaması nedeni ile kaynak sıkıntısı çekilmiş ve üretimde kullanılacak yöntemler/algoritmalar tamamen Türk mühendislerinin ortak çabası ile geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalar ile elde edilen bulgular aşağıda sıralanmıştır.

- Kullanıcıların ihtiyaç duyacağı optik çözünürlük tatmin edici seviyeye getirilmiştir. Ancak piksel çözünürlüğü 0.4 mm olması nedeniyle daha yüksek görüntü kalitesine ihtiyaç duyulmaktadır.

- Üçüncü boyut algılaması yeterli seviyededir. Arazi üzerine yerleştirilmiş üç boyutlu coğrafi detayların algılanması ve bu arada topografik algının kaybolmaması özelliği ile kullanıcı zihninde güçlü bir algı oluşturmaktadır.
- Holografik harita üretim sistemi için en önemli darboğazlardan birisi olan bilgisayar hesaplama süresi mevcut hesaplama yöntemleri ve matematiksel modeller çerçevesinde (Fourier Transform) oldukça uzundur. Üretilen örneklerin holografik desenlerinin hesaplanması ortalama olarak 2-3 gün sürmektedir. Kullanılan arazi modelinin yoğunluğu ve üzerine yerleştirilen kartografik detayların çokluğu bu süreyi olumsuz yönde etkilemektedir.
- Elde edilen holografik harita yatayda $\sim 120^\circ$ ve düşeyde $\sim 40^\circ$ açılarında görünür durumdadır. Günümüzde 360° den görülebilen hologramlar, özel olarak üzerilmiş fotopolimerler yardımıyla üretilmektedir. Ancak bu ürün ve teknikler geliştirici firmalar tarafından ticari boyutlara henüz taşınmamış olduğundan, piyada yaygın kullanılan teknikler kullanılmıştır.
- Holografik görüntülerin yeniden oluşturulması aşamasında, kullanılan holografik filmler halen belirli bir eşevreli ışık kaynağına ihtiyaç duymaktadır. Normal bir oda aydınlatması yardımıyla görüntünün paralaksa oluşmadan elde edilmesi mümkün değildir. Holografinin en büyük darboğazlarından birisi olan eşevreli ışık kaynağı probleminin çözümlenebilmesi için bilim insanları yoğun çaba sarf etmektedir.
- Hologram üretiminde en yaygın olarak kullanılan Silver-Halide film, RGB renk uzayını desteklemektedir. Ancak gerçek bir haritanın en önemli unsurlarından olan gerçek renklere ulaşması açısından sıkıntılar mevcuttur. Holografik filmin ve ışık kaynağının özellikleri nedeniyle tam beyaz ve tam siyah renklere ulaşmak henüz mümkün değildir.
- Holografik haritanın aydınlatması için 50-100W lık Halojen lambalar veya 8000 kandil değerinde LED lambalar kullanılmaktadır.
- Henüz seri üretime uygun veri yapısı, formatı ve üretim süreçleri belirli olmaması nedeniyle geliştirmeye açık bir alandır.



Şekil 2: Sayısal holografik haritanın görüntüleri.

Üretilen en son holografik haritanın (Şekil 2) görsel etkileri incelendiğinde, büyük ebatlı, çözünürlüğü yüksek, taşınabilir ve animasyon gibi özellikleri ile gelecekte holografik kartografya, yeni bir alt dal olarak kartografya alanına gireceği değerlendirilmektedir. Seri üretim tekniklerinin geliştirilmesi ile birlikte gündelik hayata zaman içerisinde girecek yeni bir kartografik ürün olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

URL 1, MXLABS internet sitesi, “*Holografi Nedir?*”, <http://www.msxlabs.org/forum/soru-cevap/220134-holografi-nedir.html>, 02 Şubat 2011.

URL 2, Wikipedia internet sitesi, “*Computer Generated Holography*”, <http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-generated-holography>, 01 Ocak 2011.

Christopher, O., Hamersveld, V., 1995, “*Practical Holography*”, Dimensional Arts Inc.

Lee, W.H., 1970, “*Sampled Fourier Transform Hologram Generated by Computer*”, Appl. Opt. (OSA) 9: 639-643.

ICA, 1973, International Cartography Assosiation.

Dalkıran, H.P., Özağaç, S., Büyükbayrak H., 2009, “*Holographic Relief Map Production By Using Topographic Line Maps (Digital Carto-Holograms)*”, ICC 2009.

Buchroithner, M.F., Schenkel, R., 1999, “*3D Mapping with Holography*”, GIM International, 13 /8, p. 32-35.

Buchroithner, M.F. , 2000, “*Erste Holographische Hochgebirgskarte*”, Salzburger Geograph Arbeiten, Vol. 36, p. 39.47.

Kirschenbauer, S., Buchroithner, M. F., 1999, “*Real 3D Technologies for Relief Depiction*”, Proc.19th ICA International Cartography Congress, Ottawa/Canada, August 14-21, p. 1-7.

Robinson, A.H.,Morrison, J.L., Muehrcke, P.C., Kimerling, A.J., Guptill, S.C., 1995, “*Elements of Cartograph*” , ABD.

Bu bildiri sadece yazarın görüşlerini yansıtmakta, Türk Silahlı Kuvvetlerinin görüşlerini yansıtmamaktadır.