YÜKSEKLİK VERİLERİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ VE KALİTESİ: ENDÜSTRİYEL DURUM ÇALIŞMASI

Karani KARDAŞ

Dr., Alan Bazlı Yazılım Mühendisi, Havelsan A.Ş., Komuta Kontrol ve Savunma Teknolojileri Bölümü, 06510, Çankaya, Ankara,
kkardas@havelsan.com.tr

ÖZET

Yükseklik verileri Coğrafi Bilgi Sistemlerinde coğrafi hesaplamalar ve analizler yapmak için gerekli olan önemli veri tiplerinden birisidir. Kullanıcılar tarafından bu tip verilere olan ihtiyaç büyüktür. Gün geçtikçe hassasiyetleri artan bu verilerin etkin sunumunun gerekliliği önem kazanmaktadır. Günümüzde coğrafi veriye erişim yöntemleri değişmiş ve veri boyutlarının fazla miktarda olması, güvenlik ihtiyaçları, veri tutarlılığı gibi nedenler ile veriye erişimler coğrafi veri sunucuları üzerinden sağlanmaktadır. Yükseklik verilerinin de sunumunun sunucular üzerinden yapılması günümüz CBS ihtiyaçlarından biridir. Bu çalışmanın ilk kısmında DEM (Digital Elevation Models), DTM (Digital Terrain Models) ve DSM (Digital Surface Models) gibi yükseklik veri modelleri hakkında detaylı bilgiler verilmiş ve birbirleri ile arasındaki farka değinilmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında hassas olması sebebi ile son zamanlarda popülerliği artan DSM verilerinin sunucu bilgisayarlarında nasıl modelleneyeceği, kullanıcı bilgisayarında etkin gösterimi ve herhangi bir noktanın yükseklik bilgisinin nasıl alınacağı konusunda açık kaynaklı yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilmiş örnek bir çalışma sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: DSM, NASA WorldWind uygulaması, yükseklik modelleri

ABSTRACT

USABILITY AND QUALITY OF ELEVATION DATA: INDUSTRIAL CASE STUDY

Elevation data is one of the most important data types needed to perform geographical calculations and analyzes in Geographic Information Systems. The need for this type of data is huge. The necessity for efficient presentation of these data, which increases in sensitivity over time, becomes more important. Today, geographical data access methods are changed and data access is provided through geographical data servers due to reasons such as excessive data size, security requirements, data consistency and so on. The presentation of elevation data via the servers is one of the needs of today's GIS. In the first part of this study, detailed information about elevation data such as DTM (Digital Terrain Models), DEM (Digital Elevation Models) and DSM (Digital Surface Models) are given and the difference between them is mentioned. Especially, the popularity of DSM data has increased in recent times due to its sensitivity. In the second part of the study, a case study using open source software is presented in order to show how DSM data can be modelled in server, how this type of data can be displayed on the client's computer and how elevation information for any point can be gained.

Keywords: DSM, NASA WorldWind application, elevation models

1. GİRİŞ

Son dönemlerde yükseklik verilerinin gösterimi ve bu verilere dayalı analizler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) için önemli bir çalışma konusu hâline gelmiştir. Temel veri tiplerinden biri olan yükseklik bilgilerine uçuş güvenliğinden, kabartma ihtiyaçlarına kadar birçok alanda ihtiyaç duyulur. Hassas yükseklik verilerinin oluşturulabilmesi ve oluşturulma olanaklarının artması gibi sebeplerle DSM yükseklik modelinin son zamanlarda popülerliği artmıştır. Son yıllarda alanyazında yükseklik veri tiplerinin kullanımı konusunda ve özellikle DSM veri modeli konusunda birçok çalışma olmuştur. Örneğin, Boccardo ve Gentili (2011) çalışmalarında yüksek çözünürlüğe sahip DSM üretimi konusunu ele almıştır. Wicaksono vd. (2012) ise yükseklik verilerinin arama kurtarma faaliyetlerindeki kullanımını dikkate almışlardır. Kähkönen vd. (2014) fırtına kaynaklı orman hasarlarının web tabanlı analizini gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada fırtına öncesi ve sonrası için DSM ve DTM modelleri üzerinden analizler yapılmıştır. Öztürk vd. (2017) ise çalışmalarında insansız hava aracı ile elde edilen görüntülerde yükseklik bilgilerinin de doğruluğa etkisini araştırmıştır. Bu ve benzeri çalışmalardan elde edilen görüntülerle sayısal yüzey modeli oluşturulabilir. Chuprikova (2014) “An Assessment of the Solar Potential of Roofs within a Web-based Solar Cadastre” isimli tezinde güneş potansiyelinin değerlendirilmesi konusunu çalışmıştır. Bu çalışmada LIDAR ölçümleri ve DSM bölütleme algoritmaları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Güneş potansiyelini tahmin işlemlerinde DSM ve DTM modellerinin kullanılabileceği belirtilmiştir.

Asgari Emniyet İrtifası (Minimum Safe Altitude) uçuş görev planlama işleminde dikkate alınan ve görev yapan uçakların ve pilotların emniyetli çalışabilmesini sağlayan önemli parametrelerden biridir. LIDAR sistemleri yapısı gereği görev sahasındaki bina, trafo vb. tüm nesnelerin yüksekliğini de dağ, tepe gibi doğal yükseklikler ile birlikte

dikkate aldığından uçuş emniyetini sağlayacak asgari emniyet irtifasının hesaplanabilmesi için gerekli tüm yükseklik bilgilerini toplayabilir. Hatta uçak üzerine yerleştirilebilen LIDAR sistemleri ile uçak bir yandan görevini yerine getirirken bir yandan bu yükseklik bilgilerini de toplayabilir ve yeni yapılmış bina gibi yapıların yüksekliklerini elde edebilir. Böylece bu bilgiler hem yükseklik modelinin oluşturulmasında kullanılabileceği gibi hem de istihbarat amaçlı yeni yapılan tesisler gibi yapıların ortaya çıkarılmasını sağlar.

Günümüz veri büyüklükleri ve performans zorunlulukları göz önüne alındığında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin ihtiyaç duyduğu verilerin sunucu üzerinden sağlanması yaygınlaşmıştır. Özellikle büyük veri boyutlarına sahip altlık harita verileri istemci kaynaklarını etkin kullanma adına harita sunucuları tarafından sağlanır. Böylece hem veri tutarlığı sağlandığı gibi hem de verinin güvenliği de sağlanmış olur. Günümüz açık kaynaklı yazılımları ile yükseklik verileri de uygun bir şekilde modellenerek istemcilere sunulabilir. Bu şekildeki bir mimari ile istemciler farklı formatlarda ve boyutlarda olabilen harita detaylarını bilmeden haritaları sadece görüntü dosyaları olarak gösterebilir. Böylece istemcilerin performansı artar ve karmaşıklığı azalır.

Bu çalışmada yükseklik veri modellerinin karşılaştırılması yapıldıktan sonra DSM yükseklik verilerinin günümüz istemci-sunucu mimarisinde etkin kullanımını gösteren açık kaynaklı yazılımlar kullanılarak geliştirilen örnek bir uygulama sunulmuştur. Çalışma organizasyonu şu şekildedir: İkinci bölümde yükseklik verileri hakkında bilgiler verilmiş ve aralarındaki farklar değinilmiştir. Üçüncü bölümde kullanılan açık kaynaklı yazılımlar ve standartlar anlatılmış bu teknolojiler üzerinde geliştirilen örnek çalışma detaylı olarak sunulmuştur. Dördüncü bölümde çalışma, sonuçlar ve gelecek çalışmaların değerlendirilmesi ile sonlandırılmıştır.

2. YÜKSEKLİK VERİ MODELLERİ

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde yükseklik verileri DEM (Digital Elevation Models) (Sayısal Yükseklik Modeli), DTM (Digital Terrain Models) (Sayısal Arazi Modeli) ve DSM (Digital Surface Models) (Sayısal Yüzey Modeli) gibi üç temel formatta modellenebilir (URL_1). DEM dikey veri referanslı sayısal yükseklik modelidir. Arazi yüzeyinin yükseklik verilerinden elde edilmiş üç boyutlu gösterimi olarak düşünülebilen bu terim 1970'lerde basit arazi modellerinden daha karmaşık dijital yüzey gösterimine geçildiğinde kullanılmaya başlanmıştır (URL_2). Köprüler ve yollar gibi yer olmayan noktalar filtrelendiğinde düzgün bir dijital yükseklik modeli elde edilir. Yapılmış (güç hatları, binalar ve kuleler) ve doğal (ağaçlar ve bitki örtüsü) yükseklikler bir DEM modeline dâhil değildir. Doğal ve yapılmış yükseklik verilerinden arındırıldığında bir DEM modeli üretilmiş olur. Kısaca DEM, Dünya'nın yeryüzü şekli nedeni ile sahip olduğu çıplak yükseklik modeli olarak düşünülebilir. DEM yükseklik modeli özellikle hidroloji, toprak ve arazi kullanım planlamasında yararlıdır. Değişik hassasiyet seviyelerine sahip SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) (URL_3) ve DTED (Digital Terrain Elevation Data) (URL_4) bu veri modeline örnek olarak verilebilir. DTM yükseklik veri modelinin ise tanımı dikkate alınan yere veya bölgeye bağlı olarak değişebilir. Bazı ülkelerde, bir DTM aslında bir DEM ile eşanlamıdır. Bu, bir DTM'nin, ortak bir dikey veriye referans verilen sadece yeryüzünü temsil eden bir yükseklik yüzeyi olduğu anlamına gelir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ve diğer bazı ülkelerde ise DTM, düzenli aralıklı noktalar, çıkıntılar ve kırılma çizgileri gibi doğal özelliklerden oluşan bir vektör veri kümesidir. Bir DTM, yeryüzünü temsil eden bir yükseklik yüzeyinin doğrusal özelliklerini içererek bir DEM'i artırır. DTM'ler tipik olarak stereo fotogrametri ile oluşturulur. DTM noktaları düzenli olarak aralıktır ve çıplak toprak arazisinin şeklini karakterize eder. Kısaca DTM yeryüzünün şekli olarak düşünülebilir. DSM ise yeryüzü şekline ek olarak ağaç, yapılar, binalar, kuleler vb. nesnelerin de yükseklik bilgisini dikkate alır. DTM ve DSM arasındaki dile getirilen bu fark Şekil 1'de gösterilmiştir. Günümüzdeki bazı gelişmiş algoritmalar yardımıyla bu iki model arasındaki farklar kullanılarak bina, ağaç vb. nesnelerin yükseklik bilgileri elde edilebilir.

Şekil 1. DSM ve DTM (URL_5).

Tehlike analizi için bu sayısal verilerin üretimi önemlidir. Yükseklik modelleri temelde 3 ana yöntem ile oluşturulabilir. Bunlar uydu kullanımı, fotoğraf çekimi ve LIDAR (Light Detection and Ranging) ışığı kullanımıdır. Günümüzde daha detaylı yükseklik modelleri LIDAR ile elde edilir. Normalde LIDAR nokta ölçümleri dünya

yüzeyindeki nesnelerin yüksekliklerini de içerdüğinden LIDAR sonucunda oluşan yükseklik modelleri DSM verileri olarak düşünülebilir. Bazı gelişmiş algoritmalar kullanarak ve kullanıcı müdahalesi ile Dünya yüzeyindeki nesneler çıkarılarak DTM modeli de elde edilebilir. DSM verileri daha çok uzaktan algılama yöntemlerinden biri olan LIDAR sistemine sahip uçaklar ile elde edilir. LIDAR sistemleri gönderilen ışık sinyallerinin yeryüzüne çarpıp geri dönüş prensibine dayanır. LIDAR sistemlerinde Dünya yüzeyinin yükselmesini sağlamak için zeminden süzülen ve algılayıcıya geri dönen ışık yansıtılır. Algılayıcıya geri dönen ışık sinyallerine göre mesafe hesaplanır. LIDAR yüksek çözünürlüklü yükseklik modelleri oluşturmak için neredeyse standart yöntem hâline gelmiştir. LIDAR ölçüm uzaklıklarını çok sık ve doğru biçimde alabilir ve yüksek çözünürlüklü yükseklik modeli oluşturabilir (URL_2). LIDAR ile oluşturulan örnek bir yükseklik modeli Şekil 2’de gösterilmiştir.

Şekil 2. LIDAR ile yükseklik modeli oluşumu (URL_2).

LIDAR kullanımı özellikle görev uçuşu yapan uçaklarda gözetleme ve analiz sonucu çekilen görüntülerden DSM yükseklik modeli oluşturulabilmesi ve oluşturulan modelde görev icra edilecek bina vb. yapıları da dikkate alması nedenleri ile çok önemlidir. Yükseklik bilgisi sadece yeryüzünden değil yeryüzündeki bina, ağaç veya güç hatları gibi yapıların yüksekliklerinden de gelebilir. Kısaca DSM yükseklik verisi Dünya yüzeyindeki hem doğal hem de yapay yapıları dikkate alarak yüksekliği modeller ve özellikle havacılık sektörü için uçuş rotasına engel oluşturabilecek tüm yükseklikleri dikkate alır. Bu nedenle DSM yükseklik verilerinin uçuş emniyetini sağlama noktasında önemi büyüktür. Ayrıca keşif uçuşlarında model oluşumunu ve hedeflerin doğru belirlenmesine olanak tanır. Böylece keşif sonrasında hedef imha görevlerinin ve uçuş güvenliğinin etkin yapılabilmesini sağlar.

3. GELİŞTİRİLEN SİSTEM

Bu bölümde DSM yükseklik verilerinin kullanıcı bilgisayarında etkin gösterimi ve herhangi bir noktanın yükseklik bilgisinin DSM veri modelinden nasıl alınacağı konusunda geliştirilen sistem anlatılmıştır. Geliştirilen örnek uygulama günümüz veri boyutları, veri tutarlılığı ve veri güvenliği ihtiyaçları dikkate alınarak istemci-sunucu mimarisi olarak geliştirilmiştir. İstemci tarafında NASA WorldWind (URL_6) ve sunucu tarafında GeoServer açık kaynaklı yazılımlar kullanılmıştır. GeoServer, coğrafi verileri etkin bir şekilde paylaşmak için geliştirilmiş açık kaynaklı bir sunucudur (URL_7). Hemen hemen tüm veri formatlarını destekleyebildiğinden ve “Web Map Service” (WMS), “Web Feature Service” (WFS) gibi OGC (Open Geospatial Consortium) (URL_8) Standartlarını desteklediğinden GeoServer giderek kullanımı artan bir Coğrafi Bilgi Sistemi sunucusudur. NASA WorldWind ise sanal küre yeteneğine sahip açık kaynaklı bir Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımıdır (URL_6). Bu yazılım bir uygulama programlama arayüzü sağladığından istenirse kullanıcıların kendi yazılımlarını geliştirebilmelerine olanak tanır. Geliştirilen istemci-sunucu mimarisine sahip uygulama bu bölümde adım adım detaylı olarak anlatılmıştır. İlk olarak yükseklik verilerinin GeoServer yazılımı kullanılarak sunucu yazılımının oluşturulması ve yükseklik verilerinin sunum adımları gösterilmiştir. Sonrasında NASA WorldWind kullanılarak istemci yazılımının oluşturulması ve kullanılan harita standartları anlatılmıştır. Son olarak ise sunumu yapılan yükseklik verisine ulaşım yolları örnek sorgular ile gösterilmiştir.

3.1.Yükseklik Verilerinin GeoServer Üzerinden Sunularak Sunucu Yazılımının Oluşturulması

Bu bölümde DSM modelindeki yükseklik verilerinin GeoServer üzerinde sunumu gösterilmiştir. Örnek uygulama için DSM yükseklik verisi “.tiff” formatındadır. Bu dosyanın yapısı 32 bitliktir ve piksel bilgilerinde yükseklik bilgisini “GRAY_INDEX” özniteliğinde metre cinsinden tutabilir. Bu dosyaların GeoServer üzerinde sunulabilmesi için öncelikle fiziksel olarak GeoServer’ın “datadir” ismindeki veri klasörüne kopyalanması gerekir. Örnek bir veri klasörü ve içindeki DSM dosyaları Şekil 3’te gösterilmiştir.

Şekil 3. Örnek DSM dosyaları.

DSM dosyalarının GeoServer üzerinde sunulabilmesi için GeoServer’ın ImageMosaic (URL_9) isimli eklentisinin kurulmuş olması gerekir. Bu eklenti ile birçok farklı raster haritanın toplu olarak mozaiklenerek GeoServer üzerine bir katman olarak eklenebilmesi sağlanır.

GeoServer’ın yönetici kullanıcı adı ve şifresi ile girilen Web tabanlı yönetim ekranı ile katman sunum işlemleri yapılabilir. DSM verilerinin sunumunun WMS katmanı olarak yapılabilmesi için öncelikle GeoServer’ın yönetim ekranında sol ana kullanıcı arayüzü bileşeninden “Depolar”, “Yeni Depo Ekle”, “Raster Veri Kaynağı” bölümünden “Image Mosaic” ile ilgili “tiff” uzantılı DSM verilerinin bulunduğu dizin Şekil 4’te gösterildiği gibi seçilir.

Şekil 4. Raster veri kaynağı ekleme.

Şekil 4’te gösterilen “Raster Veri Kaynağı” ekleme ekranındaki “Sakla” düğmesi ile seçilip “Yayınla” işlemi yapıldığında GeoServer’ın “Katmanları Düzenle” sayfası açılır. Ekleme işlemi sonrası katmanlar listesinde adı görüntülenen bu katmanın “Katmanları Düzenle” sayfasında alt kısmında listelenen “Coverage Bant Detayları” bölümünde yükseklik bilgilerini tutan “GRAY_INDEX” özniteliği görüntülenir (Şekil 5).

Şekil 5. GRAY_INDEX özniteliği bilgisi.

Katman adı istenirse GeoServer’ın yönetim ekranındaki “Katman Düzenle” sayfasında değiştirilir ve “Sakla” işlemi ile katman gösterime ve sunuma hazırlanmış olur. GeoServer’ın yönetim ekranındaki sol ana kullanıcı arayüzü bileşeninden “Katman Önizleme” yeteneği ile eklenen katmanın “OpenLayers” aracı kullanılarak Web arayüzünde ve harita üzerinde gösterimi sağlanır. Örnek bir DSM katmanının “OpenLayers” ile gösterimi Şekil 6’da sunulmuştur.

Şekil 6. Katmanın OpenLayers ile gösterimi.

“OpenLayers” ile gösterilen harita üzerinde katman farklı ölçek seviyelerinde ve farklı alanlarında görüntülenebilir. Katmanın görüntüsünün değer tanımlı alanlarında tıklamalar yapılarak özellik bilgilerine ulaşılabilir. Örneğin yukarıda “SampleDSMLayer” ismi ile oluşturduğumuz DSM verilerinin görüntüsü üzerine tıklamalar yapıldığında tıklanan noktanın “GRAY_INDEX” öznitelik bilgisi yani tıklanan koordinatın yükseklik bilgisi görüntülenmiş olur. Çizelge 1’de örnek bir nokta için tıklama sonrası elde edilmiş bilgiler gösterilmiştir.

Çizelge 1. Öznitelik bilgisi.

SampleDSMLayer	
fid	GRAY_INDEX
	335.1169243458752

3.2.NASA WorldWind ile İstemci Yazılımının Oluşturulması

JAVA programlama dili (URL_10) kullanılarak geliştirilen NASA WorldWind tabanlı istemci uygulaması bu bölümde anlatılmıştır. NASA WorldWind; uygulamalara sanal küre sağlayan ücretsiz, açık kaynaklı uygulama programlama arayüzüdür. WorldWind tamamıyla açık kaynaklı bir yazılım olduğu için istenirse kolaylıkla ve basit bir şekilde ihtiyaçlara uygun şekilde geliştirilebilir. WorldWind platform bağımsızdır ve Windows, Macintosh, Linux gibi farklı işletim sistemleri üzerinde çalışabilir. Ayrıca Web ve mobil cihazlar için de yazılım geliştirilmesine olanak sağlar. WorldWind ekran kartının sahip olduğu yetenekleri kullandığından günümüz coğrafi bilgi sistemlerinin ihtiyaç duyduğu üç boyutlu görselleştirme işlemini performanslı bir şekilde gerçekleştirir.

WorldWind, görsel coğrafi bilgi sistemi geliştirmek isteyen yazılımcılar için çok güçlü ve kolay bir ortam sunar. JAVA ve .NET gibi farklı programlama dilleri ile yazılım geliştirmeye olanak sağladığından geliştiriciler kendi uygulamalarını kolaylıkla gerçekleştirebilirler. Temel gösterim kabiliyetleri NASA tarafından yapılmış olduğundan geliştiriciler sadece kendi uygulamalarına ve çözmek istedikleri problemlerine odaklanırlar. Coğrafi bilgilerin etkili bir şekilde görselleştirilmesi zaten WorldWind tarafından gerçekleştirilmiş olduğundan geliştiricilerin bu ortak detaylar ile uğraşmalarına gerek kalmaz.

WorldWind, yazılım geliştiricilere hızlı ve kolay bir şekilde etkileşimli üç boyutlu harita ve coğrafi bilgi uygulamaları geliştirmelerini sağlar. Hava tahmini uygulamalarından, şehir görselleştirmeye, araç takip sistemi uygulamalarından, eğitim sistemlerine kadar günümüzde birçok uygulamada NASA WorldWind kullanılmıştır (URL_6). Şekil 7’de bu uygulamalardan bazı örnek görüntüler verilmiştir.

Şekil 7. Örnek WorldWind uygulama görüntüleri.

Bir önceki bölümde eklenmiş olan DSM yükseklik verilerini gösterebilmek ve kullanabilmek için JAVA programlama dili ile NASA WorldWind'in coğrafi bilgi sistemi küre altyapısı kullanılarak "DSM Kullanımı Örnek Uygulama" isimli basit bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulama, WorldWind yazılımı ile birlikte inen örnek uygulamalar üzerine geliştirilmiştir. Varsayılan görünümde yer alan harita penceresi, ölçek, pusula, kaydırma ve yaklaştırma kontrolleri gibi bileşenler örnek uygulamada da kullanılmıştır. Şekil 8'de ana görüntüsü gösterilen bu uygulama ile bir önceki bölümde eklenen DSM katmanı OGC'nin WMS (Web Map Service) (Web Harita Servisi) katmanı olarak eklenip, gösterilebilir.

Şekil 8. DSM Kullanımı Örnek Uygulama.

OGC'nin WMS standardı, haritaların HTTP arayüzü ile görüntü olarak harita sunucusundan alınabilmesini tanımlar. WMS standardı sayesinde istemciler ve harita sunucuları arasında ortak bir arayüz oluşmuş olur. Bu sayede harita yönetim işlemi sunuculara bırakılarak istemci makinelerinin yükü hafifler. İstemciler birden çok sunucu üzerinden bu standartlaşmış haritaları alabilir. Sunucular da bu standarda uyan tüm istemcilere hizmet verebilir. Ayrıca istenen harita görüntüleri için "Styled Layer Descriptor" (SLD) isimli stiller tanımlanarak haritaların bu stillere göre istenmesi sağlanabilir.

WMS standardında temel olarak 6 ana işlem vardır. Bunlar “Exceptions”, “DescribeLayer”, “GetLegendGraphic”, “GetCapabilities”, “GetMap” ve “GetFeatureInfo” dur. “Exceptions” ile WMS sorguları sırasına oluşan hata ve istisnai durumlar raporlanabilir ve yönetilebilir. “DescribeLayer” ile sunulan katman hakkında detaylı bilgi alınabilir. “GetLegendGraphic” ile katmanlar için lejant bilgisi grafiksel olarak görüntü şeklinde alınabilir.

Örnek geliştirilmiş bu WorldWind uygulamasında kullanılan ana işlemler ise biraz daha detaylı açıklanabilir. WMS gösterimi için WorldWind’in WMS katmanları için sunulan varsayılan sınıfları kullanılmış, DSM katmanının bulunduğu GeoServer adresi ve DSM katmanının ismi gibi bu WMS bağlantı sınıflarının ihtiyaç duydukları bilgiler parametre olarak verilmiştir.

WMS standardının “GetCapabilities” sorgusu ile harita sunucusunun yetenekleri ve sunduğu katmanlar hakkındaki detaylı bilgiler alınabilir. Örnek bir GetCapabilities sorgusu “request=GetCapabilities” ifadesi ile şu şekilde sağlanabilir:

<http://localhost:8080/geoserver/wms?service=wms&version=1.1.1&request=GetCapabilities>

“version” parametresi ile kullanılan WMS standardının versiyonu belirtilir. Bu şekildeki “GetCapabilities” sorgusu sonucunda sunucu tarafından sunulan servisler ve katman bilgilerini içeren detaylı bir XML dosyası gönderilir. WorldWind istemci uygulaması kısmında bu XML ayrıştırılarak ihtiyaç duyulan katman bilgileri elde edilmiş olur. Bu işlemten sonra WorldWind uygulaması eklenen DSM WMS katmanını bağlandığı GeoServer sunucusuna WMS sorguları yaparak katmanın görüntülenmesini sağlar. Şekil 9 eklenmiş DSM verisinin WMS sorgusu ile harita üzerinde gösterimini biraz daha yakın bir ölçekte sunar.

Şekil 9. DSM Katmanının Raster Olarak Harita Üzerinde Gösterimi.

Örnek geliştirilmiş uygulamada Şekil 9’da gösterildiği gibi haritaların görünümünün sağlanması “GetMap” işlemi ile sağlanır. “GetMap” ile istenen bölgenin harita görüntüsü istemci tarafından resim olarak alınabilir. Harita görüntüsü sorguda verilen parametrelere göre sunucu tarafından hazırlanır. Örnek bir “GetMap” sorgusu “request=GetMap” ifadesi ile şu şekilde sağlanabilir:

<http://localhost:8080/geoserver/wms?request=GetMap&service=WMS&version=1.1.1&layers=Elevation:SampleDSMLayer&styles=&srs=EPSG:4326&bbox=1.35254212043,40.521922791354,40.214364232776,78.873244361287&width=780&height=330&format=image/png>

“service” ve “version” parametreleri ile servisin adı ve versiyon bilgisi verilir. “layers” parametresi ile görüntüsü istenen katman veya katmanlar belirtilir. “styles” parametresi ile uygulanması istenen stil veya stiller belirtilebilir. “srs” parametresi ile koordinat referans sistemi EPSG kodu olarak belirtilir. Örneğin, sorguda belirtilen EPSG:4326 ifadesi WGS 84 koordinat sistemini belirtir. “bbox” parametresi istenen harita bölgesinin koordinat sınırlarını minx, miny, maxx ve maxy olarak belirtir. Bu örnekteki koordinat sistemi WGS 84 olduğundan koordinat sınırları enlem ve boylam değerleri olarak belirtilir. “width” ve “height” parametreleri ile sonuç görüntünün piksel cinsinden sırasıyla genişlik ve yükseklik değerleri verilir. “format” parametresi ile sonuç görüntünün formatı (png, jpeg gibi) belirtilir. Örnekteki sorgu sonucunda bir “png” uzantılı görüntü dosyası istemciye gönderilecektir. Bu parametrelere ek olarak görüntünün şeffaf olup olmayacağı, görüntüye arka plan rengi verme gibi özellikler de belirtilebilir. Hatta GeoServer “time” parametresini de destekler. Böylece zaman boyutunu dikkate alan katmanlar sunulabilir ve bu şekildeki katmanlar sorgulanabilir.

Bu çalışmada geliştirilmiş “DSM Kullanımı Örnek Uygulama” isimli uygulamada WMS sorguları ile gösterimi yapılan “Elevation: SampleDSMLayer” isimli bu Raster DSM katmanının içindeki yükseklik bilgileri ise bir sonraki bölümde detayları gösterilecek sorgular ile alınıp gösterilebilir.

3.3.Yükseklik Verisine Ulaşımı Gösteren Örnek Kullanımlar

Bu bölümde örnek bir WMS Sorgusu ile WMS katmanı üzerindeki bir noktanın yükseklik bilgisinin nasıl sunucu üzerinden alınabileceği ve örnek geliştirilen istemci uygulamasında nasıl görüntülenebileceği gösterilmiştir. Bunun için WMS standardının “GetFeatureInfo” (URL_11) sorgusu kullanılmıştır.

Geliştirilen uygulamada DSM katmanından yükseklik bilgisini almaya yarayan ana WMS işlemi “GetFeatureInfo” dur. “GetFeatureInfo” ile harita bilgisinin arkasındaki öznitelik bilgileri belli bir konum için elde edilebilir. Bu yetenek OGC’nin WFS (Web Feature Service) isimli servislerine benzer ancak bu servislere göre oldukça basittir. GeoServer gibi bir WMS katmanı sunucusundan “GetMap” sorgusu ile dönen görüntü üzerindeki piksel cinsinden “x” ve “y” pozisyon bilgileri kullanılarak sorgulama yapabildiği için “GetFeatureInfo” sorgusunun kullanımı oldukça kolaydır. Bu yetenek, özellikle coğrafi konumlandırma yetenekleri kısıtlı olan istemci uygulamaları için çok kullanışlıdır. Örnek bir “GetFeatureInfo” sorgusu “request= GetFeatureInfo” ifadesi kullanılarak şu şekilde sağlanabilir:

```
http://localhost:8080/geoserver/wms?request=GetFeatureInfo&service=WMS&version=1.1.1&layers=Elevation:SampleDSMLayer&styles=&srs=EPSG:4326&format=image/png&bbox=-145.151041,21.73192,-57.154894,58.961059&width=780&height=330&query_layers=Elevation:SampleDSMLayer&info_format=text/html&feature_count=50&x=353&y=145
```

“GetFeatureInfo” sorgusunda kullanılabilen parametreler “GetMap” sorgusundaki parametrelere benzerdir. Ek olarak “query_layers” ile sorgulama yapılacak katman veya katmanlar belirtilir. Bir katman üzerinde sorgulama yapılabilmesi için o katmanın GeoServer üzerindeki yönetim ekranından “Queryable” olarak işaretlenmesi gerekmektedir. “feature_count” ile sorgu sonucu dönülecek maksimum özellik sayısı belirtilir. Bu limit sayesinde sunucunun gereksiz işlem yapması engellenmiş olur. “x” ve “y” parametreleri ise bilgisi dönülecek yerin harita üzerindeki piksel cinsinden pozisyonunu belirtir. “info_format” ile sorgu sonucunun formatı belirtilmiş olur. “Text”, “GML2”, “HTML” ve “JSON” gibi birçok farklı formatta sorgu sonucu elde edilebilir ve o formata göre dönen bilgi işlenebilir.

Yukarıda verilen bilgiler ışığında geliştirilen istemci uygulamasında tıklanan noktanın yükseklik bilgisini elde etme amacıyla oluşturulan bir “GetFeatureInfo” sorgusu şu şekildedir:

```
http://localhost:8080/geoserver/wms?service=wms&request=getfeatureinfo&srs=EPSG:4326&BBOX=27.235035467898784,57.34468748478124,27.235035471828451,57.34468748491127&LAYERS=Elevation:SampleDSMLayer&STYLES=&WIDTH=2&HEIGHT=2&FORMAT=image%2Fjpeg&BGCOLOR=0xffffffff&TRANSPARENT=TRUE&VERSION=1.1.1&QUERY_LAYERS=Elevation:SampleDSMLayer&INFO_FORMAT=text/plain&FEATURE_COUNT=50&x=1&y=1
```

“Elevation:SampleDSMLayer” isimli GeoServer’a eklenmiş DSM katmanından tıklanan noktanın enlem ve boylam bilgileri parametre olarak verilerek sorgulama yapılır. Sorgulamada tek noktanın yükseklik bilgisinin doğru alınabilmesi için enlem-boylam bilgileri çok yakın verilmiştir. Bu küçük alandan “x” ve “y” değerleri 1 olarak verilerek elde edilen sonuç DSM verisine hassas olarak ulaşılabilmesini sağlar. Bu sorguya göre sunucudan dönen sonuç şu şekildedir:

Results for FeatureType 'Elevation:SampleDSMLayer':

GRAY_INDEX = 125.1275486534765

Sunucu tarafından dönen bu şekildeki sonuçtan istenirse GRAY_INDEX değeri çıkarılarak yükseklik değeri doğrudan başka kullanıcı arayüzü bileşenleri ile de sunulabilir. Örneğin Şekil 10’da “DSM Kullanımı Örnek Uygulama” isimli WorldWind uygulamasında kullanıcının tıkladığı noktaya göre sorgu sonucunun nasıl gösterildiği sunulmuştur.

Şekil 10. “GetFeatureInfo” sorgu sonucu gösterimi.

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yapılan çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemlerinde çok önemli bir yere sahip yükseklik veri modelleri ve bu modellerin oluşturulması hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Özellikle günümüz emniyet ve istihbarat ihtiyaçları göz önüne alındığında DSM yükseklik veri modellerinin önemi ön plana çıkarılmıştır. DSM yükseklik verilerinin kullanıcı bilgisayarında etkin gösterimi amacıyla açık kaynaklı yazılımlar kullanılarak geliştirilen örnek bir uygulama anlatılmıştır. Uygulama günümüz Coğrafi Bilgi Sistemleri ihtiyaçları dikkate alınarak istemci-sunucu mimarisinde gerçekleştirilmiş ve alanında yaygın kullanımları olan açık kaynaklı yazılımlar kullanılarak geliştirilmiştir. Kullanılan açık kaynaklı yazılımlardan istemci tarafında NASA WorldWind ve sunucu tarafında da GeoServer ile kullanılan WMS gibi OGC standartları hakkında bilgiler verilmiş, bu yazılımların ve standartların kullanımları örnek uygulamada gösterilmiştir. Gelecek çalışma olarak DSM verilerinin performansı artırma adına uzamsal veri tabanlarında kullanımı planlanmaktadır. Sunucu tarafındaki erişimin güvenli protokoller üzerinden sağlanması hedeflenen bir diğer çalışmadır. Ayrıca yine DSM verilerinin üç boyutlu görünümde yeryüzünü kabartma amacıyla kullanımı amaçlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Boccardo, P. ve Gentili, G., 2011. High Resolution DSM and Classified Volumetric Generation: AN Operational Approach to the Improvement of Geospatial Intelligence. *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3819, 45-50.

Chuprikova, E., 2014. An Assesment of the Solar Potential of Roofs within a Web-based Solar Cadastre. *Yüksek lisans tezi*. Viyana Teknoloji Üniversitesi, Viyana. 113 sayfa

Kähkönen, J., Latvala, P., ve Lehto, L., 2014. Web-based analysis of storm-inflicted forest damages. *In Proceedings of the 3rd Open Source Geospatial Research & Education Symposium*, syf: 91.

Öztürk, O., Bilgilioğlu, B. B., Çelik, M. F., Bilgilioğlu, S. S. ve Uluğ, R., 2017. İnsanız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri İle Ortofoto Üretiminde Yükseklik Ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması. *Geomatik*, 2(3), 135-142.

URL_1, DEM, DSM & DTM Differences – A Look at Elevation Models in GIS, <https://gisgeography.com/dem-dsm-dtm-differences/> [23.07.2018].

URL_2, Digital Elevation Models, http://www.charim.net/datamanagement/32_ [23.07.2018].

URL_3, SRTM 90m Digital Elevation Database v4.1, <http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1> [23.07.2018].

URL_4, Digital Terrain Elevation Data, <https://www.nga.mil/ProductsServices/TopographicalTerrestrial/Pages/DigitalTerrainElevationData.aspx> [23.07.2018].

URL_5, LIDAR, <https://www.earthdatascience.org/courses/earth-analytics/lidar-raster-data-r/lidar-chm-dem-dsm/> [23.07.2018].

URL_6, NASA Worldwind, <https://worldwind.arc.nasa.gov/> [23.07.2018].

URL_7, GeoServer, <http://geoserver.org/> [23.07.2018].

URL_8, OGC (Open Geospatial Consortium), <http://www.opengeospatial.org> [23.07.2018].

URL_9, ImageMosaic, <http://docs.geoserver.org/stable/en/user/data/raster/imagemosaic/tutorial.html> [23.07.2018].

URL_10, JAVA, <https://www.java.com/> [23.07.2018].

URL_11, GetFeatureInfo, <http://docs.geoserver.org/stable/en/user/services/wms/reference.html> [23.07.2018]

Wicaksono, D., Prihatmanto, A. S. ve Mardiono, T., 2012. Design and implementation of GIS data server development for 3D simulation in SAR operation. *System Engineering and Technology (ICSET)*: 1-6.