

Üretim işlerinin planlanmasında RTK-GPS tabanlı sayısal yükseklik modelinin kullanılması

Neşe Gülcü ^{1*}, Abdullah E. Akay ², Orhan Erdaş ¹, Sercan Gülcü ¹

¹ Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Faculty of Forestry, Kahramanmaraş, Turkey

² Bursa Technical University, Faculty of Forestry, Bursa, Turkey

*Corresponding author e-mail: nesegulci@gmail.com

Received: 17 December 2014 - Revised: 12 January 2015 - Accepted: 12 January 2015

Özet: Ülkemizde ormanların büyük bir bölümünün dağlık arazilerde yer alması nedeniyle, üretim işlerinin planlanmasında sadece maliyeti en aza indiren değil aynı zamanda çevre zararlarını minimize eden bölmeden çıkarma yöntemlerinin belirlenmesi gerekmektedir. İşletmeye açma tesis ve taşıtlarının yeterli olduğu koşullarda, bölmeden çıkarma yönteminin belirlenmesinde etkili en önemli faktör arazi eğimidir. Bu nedenle, üretim planlamasının başarısında doğru, güncel ve hassas arazi eğimi verisi büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda, gerçek zamanlı kinematik (RTK-Real Time Kinematic) GPS (Global Positioning System) yöntemi ile ormanlık alanların yüksek çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) üretilebilmekte ve bu modeller kullanılarak hassas eğim haritaları geliştirilebilmektedir. Bu çalışmada, örnek bir sahada hassas eğim haritası üretmek amacıyla RTK-GPS yöntemi ile yüksek çözünürlüklü SYM geliştirilmiştir. Daha sonra, üretim işlerinin planlanmasına katkı sağlamak üzere, eğim haritası IUFRO tarafından kabul edilmiş eğim sınıflarına ayrılmıştır. Sonuçlara göre, çalışma alanının % 48,1'inde çok dik ve dik eğimli arazi koşullarına uyumlu bölmeden çıkarma yöntemleri (vinçli hava hatları, kablo çekimi ve oluk sistemi) tercih edilmelidir. Ayrıca, alanın % 34,1'inin orta (sürütme ve kablo çekimi) ve % 17,8'inin ise düz ve hafif eğimli arazilere uyumlu (sürütme ve taşınabilir vinç) bölmeden çıkarma yöntemlerine uygun olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hassas ormancılık, odun hammaddesi üretimi, gerçek zamanlı algılayıcılar, sayısal haritalar, CBS

Forest operations planning by using RTK-GPS based digital elevation model

Abstract: Having large proportion of forests in mountainous terrain in Turkey, the logging methods that not only minimize operational costs but also minimize environmental damages should be determined in forest operations planning. In a case where necessary logging equipment and machines are available, ground slope is the most important factor in determining the logging method. For this reason, accurate, up to date, and precise ground slope data is very crucial in the success of forest operations planning. In recent years, high-resolution Digital Elevation Models (DEM) can be generated for forested areas by using Real Time Kinematic (RTK) GPS method and these DEMs can be used to develop precise slope maps. In this study, high-resolution DEM was developed by RTK-GPS method to generate precise slope map in a sample area. Then, the slope map was classified into slope classes specified by IUFRO in order to assist forest operations planning. According to the results, logging methods that are suitable for very steep and steep terrain conditions (i.e. skyline logging, cable pulling, and chute systems) should be preferred in 48.1% of the study area. It was also found that logging methods that are suitable for terrain with medium slope (i.e. skidding and cable pulling) and gentle slope (i.e. skidding and mobile winch) should be preferred in 34.1% and 17.8% of the study area, respectively.

Keywords: Precision forestry, wood extraction, real time sensors, digital maps, GIS

To cite this article: Gülcü, N., Akay, A.E., Erdaş, O., Gülcü, S., 2015. Üretim işlerinin planlanmasında RTK-GPS tabanlı sayısal yükseklik modelinin kullanılması. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 65(2): 59-68. DOI: 10.17099/jffiu.11545

1. GİRİŞ

Ormanlıkta üretim işleri fiziksel, çevresel ve ekonomik faktörlerin aynı anda değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir problemdir (Erdaş ve ark., 2007). Ülkemizde dağınık durumda bulunan ve çoğunlukla dağlık arazi yapısına sahip ormanlık alanların iyi bir üretim planına sahip olması gerekmektedir (Hasdemir ve Demir, 1997). Ormanlıkta üretim işlerinin en uygun şekilde planlanması, işletme amaçları doğrultusunda fiziksel, çevresel ve ekonomik etkenlerin en uygun kombinasyonunu seçmekle mümkün olmaktadır (Yılmaz, 2006).

Üretim işlerinin planlanmasında en önemli aşama uygun bölmeden çıkarma yönteminin belirlenmesidir. Bölmeden çıkarma yöntemi üretim yapılacak arazinin yapısına (eğim, zemin koşulları vb.) ve işletmeye açma tesis ve taşıtlarının varlığına bağlı olarak tespit edilmektedir (Erdaş, 2008). Zeminin düzgün olması bölmeden çıkarma çalışmalarını kolaylaştırırken buna karşılık kayalık, taşlık, bataklık gibi sorunlu olması her tip bölmeden çıkarma çalışmalarını oldukça güçleştirmekte, çoğu zaman ise imkansız hale getirmektedir (Erdaş, 2008). Orman işletmelerinin sahip olduğu tesis ve taşıtlar (hava hatları, traktörler vb.) bölmeden çıkarma çalışmalarının başarısını önemli ölçüde etkilemektedir (Erdaş ve ark., 2014). İşletmeye açma tesis ve taşıtlarının yeterli olduğu koşullarda bölmeden çıkarma yönteminin belirlenmesinde etkili faktör üretim yapılacak arazinin eğimidir. Arazi eğim sınıfına bağlı olarak farklı bölmeden çıkarma yöntemleri tercih edilebilmektedir. Uygun yöntemin belirlenmesinde, bölmeden çıkarma sırasında kullanılacak yöntemin güç kaynağının kapasitesi dikkate alınmaktadır (Yılmaz, 2006).

Geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan üretim planlaması sırasında eşyükselti eğrili topografik haritaların kullanılması ve gerekli bazı verilerin amenajman planlarından alınıp değerlendirilmesi sonucu büyük bir iş yoğunluğu ortaya çıkmaktadır (Gümüş, 1997). Hassas ormanlık yaklaşımı ile modern veri toplama araçlarından yersel ölçümler ve uzaktan algılama teknolojileri kullanılarak geliştirilen Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) yardımıyla geleneksel yöntemlerle üretilemeyen yüksek hassasiyetli topografik haritalar elde edilebilmektedir (Ziesak, 2006). Bu kapsamda en yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve bilgisayar destekli Karar Destek Sistemleri (KDS) gelmektedir (Kovácsová ve Antalová, 2010).

Uzaktan algılama verisi olarak hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri yaygın olarak kullanılırken, son yıllarda geliştirilen lazer tarama sistemi (LiDAR-Light Detection And Ranging) ile yüksek çözünürlükte ve doğrulukta SYM üretilebilmektedir (Akay ve Erdaş, 2007; Akay ve ark., 2009). Uzaktan algılama yöntemlerinin ormanlık alanlarda ve meşcere içlerinde kapalılığa bağlı olarak olumsuz sonuçlar verdiği durumlarda, yüksek hassasiyete sahip yersel fotogrametrik ölçümler (GPS-Global Positioning System) tercih edilmektedir.

Ormanlık alanlarda birkaç cm duyarlık gerektiren bilimsel çalışmalarda kullanılan gerçek zamanlı kinematik (RTK-Real Time Kinematic) GPS yöntemi ile arazide ölçüm çalışmaları ve ölçüm sonrası değerlendirme işlemleri çok daha kısa süre almaktadır (Gülci, 2014). Böylece, değişik fiziksel, çevresel ve ekonomik faktörler dikkate alınarak, en uygun üretim planını kolay ve etkin bir biçimde oluşturulabilmektedir.

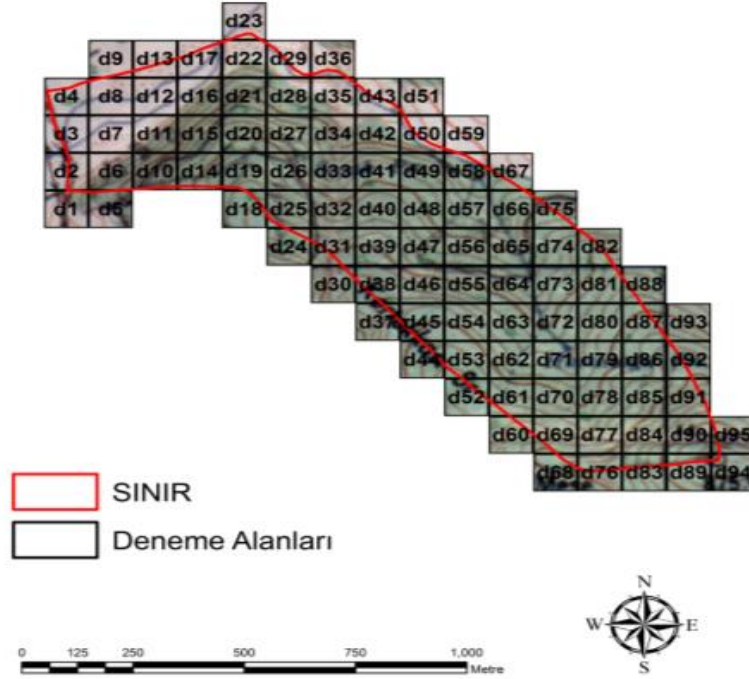
Bu çalışmada, üretim işlerinin planlanmasına yönelik olarak yüksek çözünürlükte SYM'nin hassas ormanlık araçlarından RTK-GPS yöntemi ile geliştirilmesi değerlendirilmiştir. Ayrıca, IUFRO tarafından belirlenmiş eğim sınıflarına göre alana uygun bölmeden çıkarma yöntemleri önerilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Çalışma alanı

Adana Orman Bölge Müdürlüğü, Osmaniye Orman İşletme Müdürlüğü, Bahçe Orman İşletme Şefliği sınırlarında yer alan 127 no'lu bölme çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil / Figure 1). Toplamda altı bölmecik içeren bu bölmede, hakim ağaç türü kızılçamdır (*Pinus brutia* Ten.). Yaklaşık 67 hektar olan 127 no'lu bölmenin 57 hektarı ormanlarla kaplı olup, 11,50 hektarı Çzc2, 5,80 hektarı Çzcd1 ve 23,40

hektarı ise Çzc3 meşcere tipindedir. Çalışma alanı, 37° 11' 18" - 37° 10' 41" kuzey enlemleri ile 36° 33' 44" - 36° 34' 46" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Araştırma kapsamında çalışma alanı 95 adet gride (100 m x 100 m) bölünmüştür. Ortalama arazi eğimi ve rakım sırası ile %32,73 ve 683 m'dir.



Şekil 1. Çalışma alanı ve deneme alanları
Figure 1. Study area and sample plots

2.2 Arazi çalışması

Ormanlık alanlarda birkaç cm duyarlılığı gerektiren bilimsel çalışmalarda RTK-GPS kullanılmaktadır. RTK-GPS yöntemi ile arazide ölçüm çalışmaları ve ölçüm sonrası değerlendirme işlemleri çok daha kısa süre almaktadır. Bu çalışmada, çalışma alanına ait yüksek hassasiyetli SYM oluşturulması amacıyla "South S82-V" marka gerçek zamanlı kinematik (RTK-Real Time Kinematic) GPS kullanılmıştır (Şekil / Figure 2, Tablo / Table 1).



Şekil 2. RTK-GPS uygulaması
Figure 2. RTK-GPS application

Tablo 1. South S82-V model RTK-GPS'in teknik özellikleri
Table 1. Technical specifications of South S82-V model RTK-GPS

Ölçüm
<ul style="list-style-type: none"> • GNSS pseudo ölçümleri için yüksek hassasiyetli çoklu korelatör • Düşük gürültülü, multipath hatası az, zaman etkisi düşük korelasyonlu ve yüksek dinamik tepki için, filtrelenmemiş, yumuşatılmamış pseudo ölçüm verisi • Çok düşük gürültülü GNSS taşıyıcı faz ölçümleri ile 1 Hz bant genişliğinde <1 mm hassasiyet • dB-Hz biriminde sinyal gürültü raporları • Alçak uydu izleme teknolojisi
Kod diferansiyel GNSS konumlama
<ul style="list-style-type: none"> • Yatay: 0.25 m + 1 ppm RMS • Düşey: 0.50 m + 1 ppm RMS • SBAS diferansiyel konumlama hassasiyeti. tipik<5 m 3DRMS • Gelişmiş 220 kanallı Maxwell 6 Özel GNSS Ölçüm chip'i
Statik ve Hızlı Statik GNSS ölçüm
<ul style="list-style-type: none"> • Yatay: 2.5 mm + 0.5 ppm RMS • Düşey: 5 mm + 0.5ppm RMS
Kinematik ölçüm
<ul style="list-style-type: none"> • Yatay: 8 mm + 1 ppm RMS • Düşey: 15 mm + 1 ppm RMS
Init süresi tipik <8 saniye
Init güvenilirliği tipik >99.9%

RTK-GPS ile gerçekleştirilen arazi ölçümlerinde bir adet sabit baz ve bir adet gezici olmak üzere en az iki adet GPS alıcısı kullanılmıştır. Anten ve radyo modeme sahip bu alıcılardan baz istasyonu radyo sinyalini göndermekte, gezici ise radyo modemlerle iletişim kurmak ve düzeltme değerlerini almak suretiyle kendi konumlarını hassas olarak hesaplayabilmektedir. Çalışmada, gezici olarak çalışan GPS alıcısı ile GPS alıcısına entegre edilmiş olan GSM modemler ile internete bağlanarak Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde tesis edilmiş ve 24 saat gözlem yapmakta ve yayın yapmakta olan TUSAGA (Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı) noktalarından veriler elde edilmiştir (Şekil / Figure 3). Bu veriler Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından sistemde değerlendirilip sisteme üye olan alıcılara ulaştırılmaktadır. GSM modemleri yardımı ile verilerin alınmasının ardından düzeltme işlemi yapılarak konum belirlenmektedir. Çalışmada referans zamanı olarak hassas (3 cm) veri sağlayan 3 Epok veri alımı gerçekleştirilmiştir. (Kahveci ve ark., 2011). Çalışma alanında, ilk olarak GPS alıcısının kurulumu sağlanmıştır. GPS alıcısı ve el kontrol ünitesinin açılmasının ardından anten yüksekliği ve GSM modeminin sisteme bağlı olup olmadığı kontrol edilmiştir. GPS anteni ile el kontrol ünitesi arasında bağlantının sağlanmasının ardından GPS cihazı çalışmaya hazır hale getirilmiştir. Çalışma alanında gridleri kapsayan sıklıkta alınan noktaların X, Y ve Z (yükseklik) değerleri ölçülmüştür.



Şekil 3. Türkiye'de tesis edilmiş TUSAGA GPS istasyonları (Kılıçoğlu ve ark., 2003)
Figure 3. TUSAGA GPS stations in Turkey (Kılıçoğlu et al., 2003)

2.3 CBS ortamında SYM üretimi

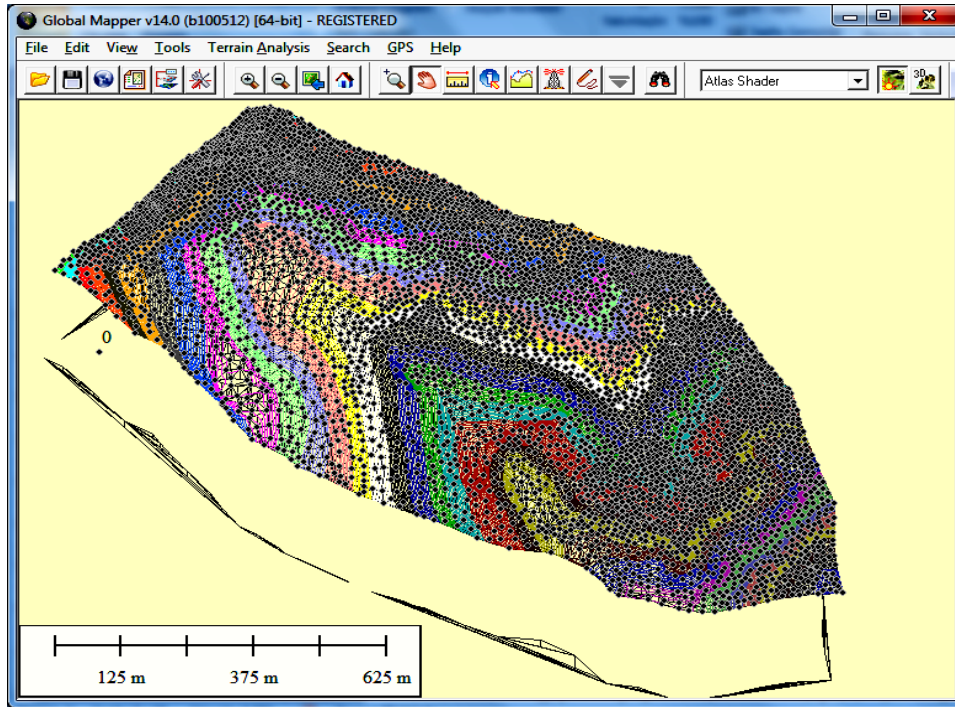
Arazi çalışmalarında alımı gerçekleştirilen veriler el kontrol ünitesine kaydedilmiştir. Bu verilerin ArcGIS9.3 yazılımına uygun olarak düzenlenmesinin ardından dosya aktarımı gerçekleştirilmiştir. GPS ile alımı gerçekleştirilen yükseklikler elipsoidal yükseklik olup, haritalarda kullanılmakta olan deniz yüzeyine indirgenmiş ortometrik yükseklik sistemine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu iki yükseklik arasındaki fark, ondülasyon olarak adlandırılmaktadır. Bu işlemde genel olarak Türkiye genelindeki farklar hesaplanmış olup çalışma hassasiyetimizi karşılamaından dolayı çalışma alanımızı kapsayan dört farkın ortalaması alınarak dönüştürme işlemi gerçekleştirilmiştir. GPS alıcısından elde edilen X, Y değerleri ve ortometrik yüksekliğe dönüştürülen Z değerleri kullanılarak ArcGIS9.3 yazılımı ortamında arazinin TIN (Triangular Irregular Network) modeli oluşturulmuştur. Elde edilen TIN modeli kullanılarak çalışma alanı için SYM üretilmiştir.

2.4 Eğim sınıfları haritası üretimi

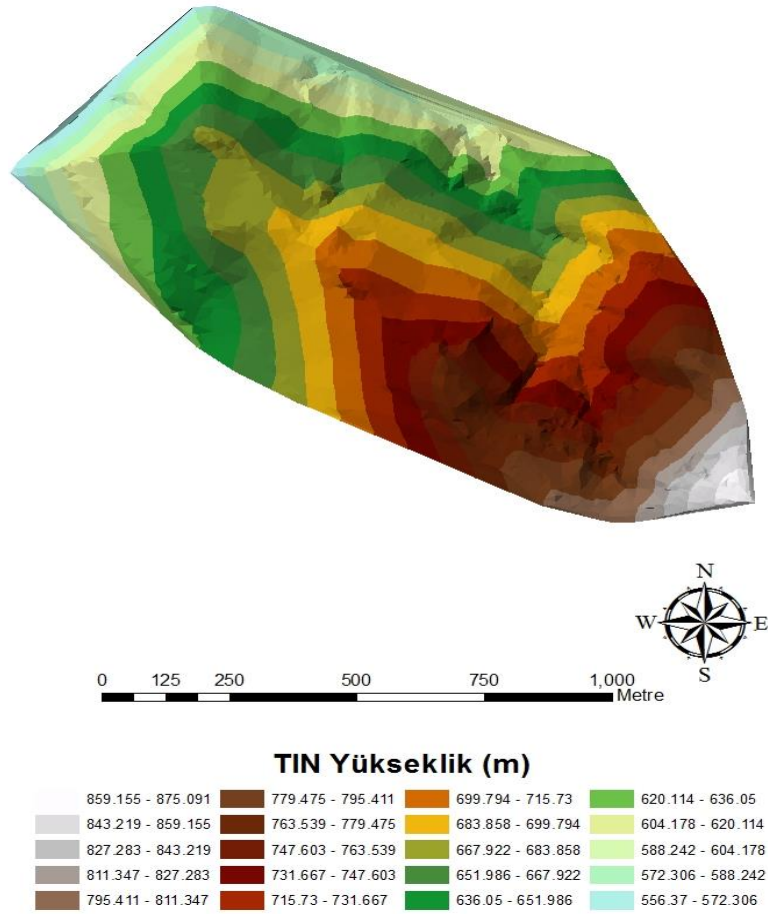
SYM üretildikten sonra, IUFRO (International Union of Forest Research Organizations) tarafından kabul edilmiş eğim sınıfları dikkate alınarak, çalışma alanının eğim sınıfları haritası üretilmiştir. Eğim sınıfları; Düz arazi (% 0 – 10), Hafif eğimli arazi (% 11 – 20), Orta eğimli arazi (% 21 – 33), Dik arazi (% 34 – 50) ve Çok dik arazi (>% 51) olmak üzere beş gruba ayrılmıştır (Erdaş, 2008).

3. BULGULAR

Arazide gerçek zamanlı kinematik GPS kullanılarak elde edilen X, Y ve Z (yükseklik) ölçümleri ile yüksek çözünürlüklü SYM (5 m x 5 m) üretilmiştir. Bu kapsamda ilk olarak arazide ölçülen koordinat bilgileri Global Mapper v14.0 programı yardımı ile bilgisayar ortamında kaydedilmiştir (Şekil / Figure 4). Daha sonra, noktasal veriler ArcGIS9.3 programına aktararak çalışma alanının TIN (Triangular Irregular Network) modeli oluşturulmuştur (Şekil / Figure 5).



Şekil 4. RTK-GPS kullanılarak elde edilen noktasal yükseklik verileri
Figure 4. Point elevation data generated by RTK-GPS



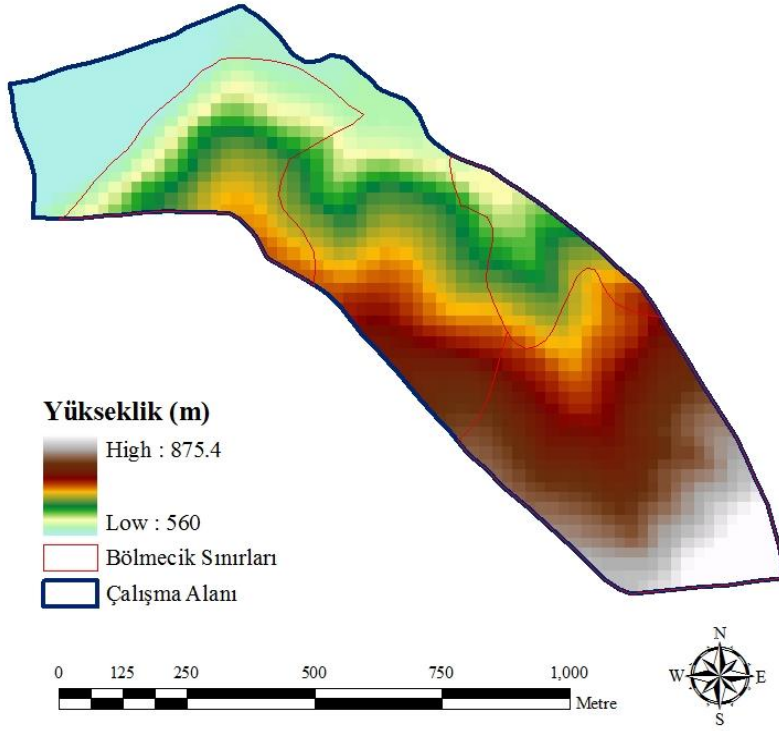
Şekil 5. Çalışma alanına ait TIN modeli
Figure 5. TIN model of the study area

Daha sonra, TIN modeli kullanılarak çalışma alanı için SYM üretilmiştir (Şekil / Figure 6). Üretilen SYM'ne göre çalışma alanında en yüksek nokta 875,4 m ve en düşük yükseklik ise 560 m olarak bulunmuştur. Ortalama yükseklik ise 683 m olarak hesaplanmıştır.

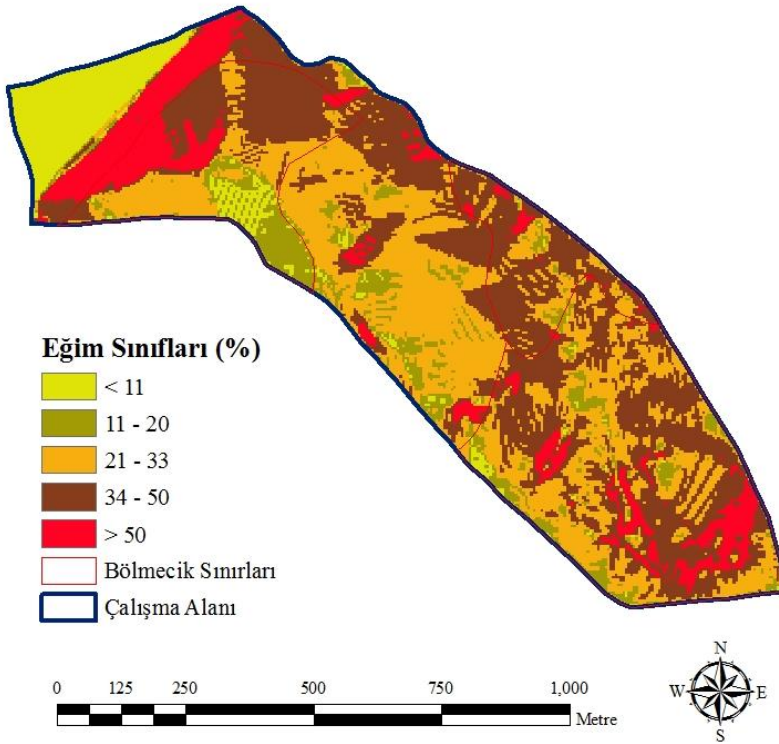
Son aşamada, üretilen SYM kullanılarak IUFRO tarafından kabul edilmiş eğim sınıflarına göre çalışma alanının eğim sınıfları haritası üretilmiştir. Sonuçlar, çalışma alanında en yüksek eğimin %114,02 ve en düşük eğimin ise %16,07 olduğunu göstermiştir. Ortalama eğim ise %32,73 olarak hesaplanmıştır. Tablo / Table 2'de çalışma alanının eğim sınıflarına göre dağılımı görülmektedir. Sonuçlara göre çalışma alanında en geniş alana sahip eğim sınıfı 24,86 hektar ile dik eğim sınıfı olup, bunu yaklaşık 23 hektar ile orta eğimli alanlar takip etmiştir. Çalışma alanının diğer bölümleri ise çok dik (7,52 ha), hafif eğimli (6,24 ha) ve düz eğim (5,73 ha) sınıflarında yer almaktadır (Şekil / Figure 7).

Tablo 2. Çalışma alanının eğim sınıflarına göre alansal dağılımı
Table 2. Areal distribution of slope classes in the study area

Eğim Sınıfları	Alan (%)
Düz (%0-10)	8,5
Hafif Eğimli (%11-20)	9,3
Orta Eğimli (%21-33)	34,1
Dik (%34-50)	36,9
Çok Dik (>%50)	11,2



Şekil 6. Çalışma alanına ait SYM
Figure 6. DEM of the study area



Şekil 7. Çalışma alanına ait eğim sınıfları haritası
Figure 7. Slope classes map of the study area

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ormanlardan elde edilen ürün ve hizmetlerin bugünün ve gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için hassas ormancılık yaklaşımı ile yönetilmesi ve işletilmesi gerekmektedir (Gülci, 2014). Hassas ormancılık çalışmalarının başarısında önemli bir yer tutan veriler, modern teknikler ve analitik yöntemler kullanılarak üretilmekte, işlenmekte ve analiz edilmektedir (Ziesak, 2006).

CBS ve bilgisayar destekli KDS hassas ormancılık uygulamalarında en yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir. Doğal kaynakların yönetiminde ve ormancılık çalışmaları kapsamında yürütülen analizlerin kısa zamanda, ekonomik ve yüksek doğrulukta gerçekleştirilebilmesi amacıyla CBS'nin veri toplama, saklama, işleme ve analiz özelliklerinden yaygın bir şekilde yararlanılmaktadır (Akay ve ark., 2011). Ormancılık çalışmalarında özellikle transport ve üretim planlaması, amenajman, havza yönetimi, orman koruma konuları başta olmak üzere hemen hemen tüm konularda CBS teknikleri etkin olarak kullanılmaktadır. Diğer taraftan karar vericilere spesifik problemlerin çözümünde yardımcı olmak amacıyla geliştirilen bilgisayar destekli KDS'nin en önemli avantajı CBS ile entegre olabilmeleridir (Jones, 2010). Ormancılık çalışmalarında ileri tekniklerin uygulandığı ülkelerde KDS etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Keleş ve ark., 2011). Ülkemizde de son yıllarda ormancılık çalışmalarında özellikle orman amenajmanı, orman yolu planlaması ve orman yangınları ile mücadele konularında KDS kullanılmıştır (Demir ve ark., 2009; Bilici ve ark., 2009; Akay ve ark., 2010; Sivrikaya ve ark., 2012).

Bu çalışma kapsamında ormancılık çalışmalarında üretim işlerinin planlanmasında kullanılan sayısal yükseklik modelinin gerçek zamanlı kinematik GPS ölçümleriyle geliştirilmesi değerlendirilmiştir. Bu amaçla çalışma alanında "South S82-V" marka RTK-GPS yardımıyla arazi ölçümleri gerçekleştirilmiş ve yüksek çözünürlüklü SYM üretilmiştir. Sonuçlar, kapalılığın olumsuz etkiler oluşturabileceği ormanlık alanlarda ve meşcere içlerinde, RTK-GPS yöntemi ile arazide ölçüm çalışmalarının yüksek doğrulukta ve çok daha kısa sürede gerçekleştirilebileceğini göstermiştir. RTK-GPS yönteminin test edildiği bir çalışmada, Gökalp (1999) RTK-GPS ile konum duyarlılığının 1-2 cm'ye düştüğünü bildirmiştir. Ayrıca, RTK-GPS yöntemi ile arazide yürütülen ölçüm çalışmaları ve ölçüm sonrası değerlendirme işlemleri daha kısa sürede tamamlanabilmektedir (Gülci, 2014). Bütün bu üstün özellikler, RTK-GPS yönteminin ormancılık alanında farklı amaçlara yönelik olarak etkin bir şekilde kullanılmasına imkan sağlamıştır (Bakula ve ark., 2009; Pirti ve ark., 2010; Ringdahl ve ark., 2012).

Sonraki aşamada SYM kullanılarak CBS ortamında çalışma alanına ait eğim haritası geliştirilmiştir. Daha sonra, geliştirilen eğim haritası ormancılıkta bölmeden çıkarma çalışmaları için IUFRO tarafından belirlenen eğim sınıfları dikkate alınarak sınıflandırılmıştır. Son olarak, çalışma alanında var olan her bir eğim sınıfı için ekonomik ve ekolojik açıdan uygun bölmeden çıkarma yöntemlerinin önerilmesi amaçlanmıştır. Sonuçlara göre, çalışma alanının % 11,2'si çok dik eğim sınıfında yer almaktadır. Bu alanda yüksek eğime paralel olarak orman yolu yapımı çok güç ve yüksek maliyette olacağından, en uygun bölmeden çıkarma yöntemi olarak yol yoğunluğu gerektirmeyen ve çok dik arazi koşullarında başarıyla uygulanan vinçli hava hatları yöntemi tercih edilmelidir (Erdaş, 2008).

Çalışma alanının %36,9'unu oluşturan dik eğimli arazilerde, bölmeden çıkarma çalışmalarında orman traktörleri orman alanına giremeden traktör yolunda hareket ederek kablo çekimi suretiyle bölmeden çıkarma yapabilmektedir. Ayrıca bu tip alanlarda, ürünlerin kendi ağırlığı ve yer çekimi etkisi altında plastik oluklar içerisinde kaydırıldığı bölmeden çıkarma yöntemi ekonomik ve ekolojik bir alternatif olarak değerlendirilmelidir (Gülci, 2014). Orta eğimli arazi olarak sınıflandırılan alanlar çalışma alanının %34,1'ini teşkil etmektedir. Bu arazilerde, insan ve hayvan gücü yamaç yukarı taşımada yetersiz kalacağından, güçlü tarım traktörleri ve orman traktörleri zemin üzerinde sürütme veya kablo çekimi suretiyle bölmeden çıkarma yapabilmektedir (Erdaş, 2008).

Çalışma alanının %9,3'ünü oluşturduğu tespit edilen hafif eğimli arazilerde tarım traktörleri ve orman traktörleri ile kablo çekimi veya zeminde sürütme suretiyle bölmeden çıkarma mümkün olmakla birlikte,

ekonomik açıdan bu yöntem uygun bulunmamaktadır. Bu alanlarda, insan ve hayvan gücüyle bölmeden çıkarma çalışmaları daha uygundur, ancak operasyon verimi düşük olabilmektedir (Gülci, 2014). Bu nedenle, hafif eğimli arazilerde taşınabilir vinçle sürütme yöntemi kullanılarak bölmeden çıkarma çalışmalarının maliyeti ve potansiyel çevresel zararları minimize edilebilmektedir (Akay ve ark., 2014). Çalışma alanının %8,5'inin ise düz eğim sınıfında olduğu belirlenmiştir. Verimin düşük, çalışma organizasyonunun güç ve yol yapım maliyetinin düşük olduğu bu alanlarda, insan ve hayvan gücüyle yapılan bölmeden çıkarma çalışmaları tercih edilmemelidir (Erdaş, 2008). Kablo çekimi veya sürütmenin mümkün olduğu düşük eğimli alanlarda orman traktörleri yerine maliyetleri daha düşük olan tarım traktörleri kullanılmalıdır.

Sonuç olarak, üretim işlerinin planlanmasında karar vericilerin modern veri toplama araçlarını ve tekniklerini etkin bir biçimde kullanabilecekleri ortaya konulmuştur. Bu bağlamda, alternatif bölmeden çıkarma yöntemleri arasından en uygun olan optimum yöntemin belirlenmesini hedefleyen üretimde hassas ormancılık yaklaşımı ön plana çıkmaktadır. Hassas ormancılık yaklaşımı ile orman kaynaklarından optimum verim sağlanırken, aynı zamanda çevre zararlarının da en aza indirilmesi mümkün olacaktır.

ACKNOWLEDGEMENT

Makale, Neşe GÜLCİ tarafından 2010-2014 yılları arasında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Prof. Dr. Orhan ERDAŞ'ın danışmanlığında hazırlanan doktora tezinin (Gülci, 2014) bir bölümünü içermektedir.

KAYNAKLAR

Akay, A.E., Erdaş O., 2007. Lazer tarama (LiDAR) teknolojisi ve ormancılık aktivitelerinde kullanılma olanakları. Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler. 17-19 Ekim 2007, Harbiye Askeri Müze ve Kültür Sitesi, İstanbul.

Akay, A.E., Oguz, H., Karasand, I.R., Aruga, K., 2009. Using LiDAR technology in forestry activities. *Environmental Monitoring and Assessment* 151(1): 117-125.

Akay, A.E., Sakar D., Ketizmen, B., 2010. CBS tabanlı karar destekleme sistemi ile orman ürünleri nakliyatının planlanması. III. Karadeniz Ormancılık Kongresi. 20-22 Mayıs, Artvin.

Akay, A.E., Sivrikaya, F., Yenilmez, N., Taylan, H., 2011. Yangın gözetleme kulelerinin lokasyonlarının CBS ortamında görünürlük analizi ile değerlendirilmesi. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu. 24-26 Ekim, Kahramanmaraş.

Akay, A.E., Sert M., Gülci, N., 2014. Hafif eğimli arazilerde benzinli el vinci ile bölmeden çıkarma çalışmalarının verim açısından değerlendirilmesi. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu. 22-24 Ekim, Isparta.

Bakuła, M., Oszczak, S., Pelc-Mieczkowska, R., 2009. Performance of RTK positioning in forest conditions: Case study. *Journal of Surveying Engineering* 135(3): 125-130.

Bilici, E., Hasdemir, M., Küçükosmanoğlu, A., Demir, M., İnan, M., 2009. Yangın emniyet yol ve şeritlerinde yangına erken müdahale amacıyla network analizinin kullanımı. I. Orman Yangınları İle Mücadele Sempozyumu. 07-10 Ocak, Antalya, ss: 324-331.

Demir, M., Küçükosmanoğlu, A., Hasdemir, M., Öztürk, T., Acar, H., 2009. Assessment of forest roads and firebreaks in Turkey. *African Journal of Biotechnology* 8:4553-4561.

Erdaş, O., Yılmaz, H., Akay A.E., Gümüş, S., 2007. Ormancılıkta üretim işlerinin CBS teknikleri yardımı ile planlanması. orman kaynaklarının işlevleri kapsamında darboğazlar, çözüm önerileri ve öncelikler. 17-19 Ekim 2007, Harbiye Askeri Müze ve Kültür Sitesi, İstanbul.

Erdaş, O., 2008. Transport Tekniği. KSÜ Rektörlüğü, Kahramanmaraş, Yayın No: 130/20 554s.

Erdaş, O., Acar, H.H., Eker, M., 2014. Orman Ürünleri Transport Teknikleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No: 233/39, Trabzon, 504s.

- Gökalp, E., 1999. Gerçek zamanlı kinematik GPS konumlarının statik GPS ile test edilmesi. *Harita Dergisi*. Harita Genel Komutanlığı, Ankara. Sayı: 122, 9s.
- Gülci, N., 2014. Üretim Planlamasında Hassas Ormancılık Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, K.S.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş. 264s.
- Gümüş, S., 1997. Orman Yol Geçkilerinin Belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinden Yararlanma İmkanları Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon. 80 s.
- Hasdemir, M., Demir, M., 1997. Orman yollarının planlanmasında coğrafi bilgi sistemlerinden (GIS) yararlanma olanakları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 44B(3-4): 89-102.
- Jones, D.G., 2010. A decision support system for forest harvest planning in North Carolina. Proceedings of the American Water Resources Association 2010 Spring Speciality Conference. March 29-31. Orlando, FL, USA.
- Kahveci, M., Karagöz, H. ve Selbesoğlu, M.O., 2011. Statik ve RTK GNSS ölçüm ve hesaplamalarının karşılaştırılması. *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*. 2011(104): 3-13.
- Keleş, S., Başkent, E.Z., Karahalil, U., Günlü, A., 2011. Ormanların ekosistem tabanlı çok amaçlı planlanmasında karar destek sistemleri: Edremit-Gürgendağ Planlama Birimi Örneği. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu. 24-26 Ekim, Kahramanmaraş.
- Kılıçoğlu, A., Kurt, A.İ., Tepeköylü, S., Cingöz, A., Akça, E., 2003. Türkiye ulusal sabit GPS istasyonları ağı (TUSAGA). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı Bildirileri, s: 44.
- Kováčsová P., Antalová, M., 2010. Precision forestry - definition and technologies. *Journal of Forestry Society of Croatia* 134(11-12): 603-611.
- Pirti, A., Gümüş, K., Erkaya, H., Hoşbaş, R.G., 2010. Evaluating repeatability of RTK GPS/GLONASS Near/Under forest environment. *Croatian Journal of Forest Engineering* 31(1): 23-33.
- Ringdahla, O., Hellströma, T., Wästerlundb, I., Lindroosb, O., 2012. Estimating wheel slip for a forest machine using RTK-DGPS. *Journal of Terramechanics* 49(5):271-279.
- Sivrikaya, F., Küçükler, D.M., Demir, O., 2012. Orman amenajman planlarının ETÇAP klasik programı ile hazırlanması: akseki-ibradı planlama birimi örneği. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Özel Sayısı, 166-172.
- Yılmaz, H., 2006. Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü Merkez İşletme Şefliğinde Üretim İşlerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Planlanması Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. K.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş. 138s.
- Ziesak, M., 2006. Precision Forestry - An overview on the current status of Precision Forestry. A literature review. In: "Precision Forestry in plantations, semi-natural and natural forests" IUFRO Precision Forestry Conference. 5-10 March 2006 Technical University Munich. Stellenbosch University, Germany.