

SRTM VERİLERİ İLE BAZI TOPOĞRAFİK ANALİZLER: ISPARTA ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ ÖRNEĞİ

H. Oğuz ÇOBAN* Mehmet EKER

SDÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 32260 ISPARTA
*hoguzc@orman.sdu.edu.tr

ÖZET

Ormancılık çalışmalarında arazinin topoğrafik özelliklerinin bilinmesi oldukça önemlidir. Coğrafi bilgi sistemi ve uzaktan algılama teknolojilerindeki gelişmeler, topoğrafik verilerin elde edilmesini kolaylaştırmıştır. Bu çalışmada, bir uzay mekiğinden yapılan radar algılama sonucunda üretilen ve kısaca SRTM olarak adlandırılan sayısal yükseklik verileri kullanılarak Isparta Orman Bölge Müdürlüğü görev alanındaki idari ünitelerin eğim, bakı ve yükseklik sınıfları gibi topoğrafik analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, işletme şeflikleri bazında ortalama eğimin %12 ile %40 arasında değiştiği saptanmıştır. SRTM ve 1/25000 ölçekli sayısal yükseklik pafta verileri, ortalama en yüksek eğime sahip Kuzukulağı Şefliği için karşılaştırılmıştır. Buna göre arazi eğiminde toplamda %7, bakıda %2 ve yükseklikte %3 farklılık bulunmuştur. Sonuç olarak, SRTM verileri kullanılarak arazinin topoğrafik analizlerinin yapılabilirdiği ve bu verilerin çok yüksek duyarlılık istenen çalışmalar dışında ormancılık uygulamalarında kolaylıkla kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: SRTM, Coğrafi bilgi sistemi, Topoğrafik analiz, Isparta Orman Bölge Müdürlüğü.

SOME TOPOGRAPHIC ANALYSIS USING SRTM DATA: AN EXAMPLE of FOREST REGIONAL DIRECTORATE of ISPARTA

ABSTRACT

Knowing topographical characteristics of terrain is crucial for forestry operations. Advances in geographical information systems and remote sensing technologies have facilitated the topographic data to be available. In this study, topographic analysis of the administrative units in the area of Isparta Regional Forest Directorate such as slope, aspect and elevation classes have been done using digital elevation data, briefly known as SRTM, produced from a space shuttle radar sensing. As a result of the analysis, it was found that the average slope at the basis of the chief offices of the forest district varies from 12% to 40%. SRTM and digital elevation map data at scale 1/25000 were compared for Kuzukulağı Chief Office having the highest average slope. According to the comparison, it was determined that terrain slope, aspect and elevation values between to data were different %7, %2 and %3 respectively in total. As a result, it was introduced that terrain topographic analysis would have been made by using SRTM data and this data would have been also used forestry activities easily except for high sensitivity studies.

Keywords: SRTM, Geographic Information System, Topographic analysis, Isparta Regional Forest Directorate.

1. GİRİŞ

Ormanlık çalışmalarının doğaya uyumlu ve rasyonel yapılması, ormanlardan beklenen hizmetlerin ekosisteme mümkün olduğunca zarar vermeden ve süreklilik ilkesine uygun olarak elde edilmesini sağlayacaktır. Bu noktada, ideal olarak, ekosistemi oluşturan fizyografik, iklimik, edafik ve biyotik etkenlerin (Çepel, 1988) ve bunların etkileşimlerinin ortaya konulması gereklidir. Oldukça karmaşık ve tümüyle anlaşılması çok zor ilişkiler ağı olduğu bilinen bu ekosistemlere yapılan müdahalelerin etkilerinin çoğunlukla uzun yıllar sonra ortaya çıkması, geçmişteki tecrübelerden yararlanılmasını ve olaylara olabildiğince bilimsel bilgiler ışığında yaklaşılmasını zorunlu kılmaktadır.

Ülkemiz ormanları genellikle engebeli arazilerde ve farklı yükseltilerde yayılış göstermektedir. Mevki faktörleri olarak belirtilen konum, denizden yükseklik, bakı ve eğim gibi etmenler, bir ekosistemin iklimi, toprak özellikleri ve dolayısıyla bitki örtüsü üzerinde etkili olmaktadır (Çepel, 1988). Bu özelliklerin tanımlanması, üzerinde yaşayan orman ekosistemlerinin de tanımlanmasına ve birbirleri ile karşılaştırılmasına olanak verecektir.

Bir arazinin söz edilen fizyografik özellikleri, oluşturulacak sayısal bir arazi modeli yardımıyla belirlenebilir. Bu model için gerekli veriler, yersel ölçmeler, fotogrametrik yöntemler veya mevcut haritaların sayısallaştırılması sonucunda elde edilebilmektedir (Yener, 1993). Bunun yanı sıra, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak sayısal yükseklik modelleri üretilmekte ve topoğrafik analizler yapılabilmektedir (Koç, 1996; Çoban, 2004). Son yıllarda uzaktan algılama verileri ve yöntemleri de arazi modelleme de kullanılmaktadır (Hirano vd., 2003; Hosford vd., 2003; Hashemian vd., 2004; Berry vd., 2007).

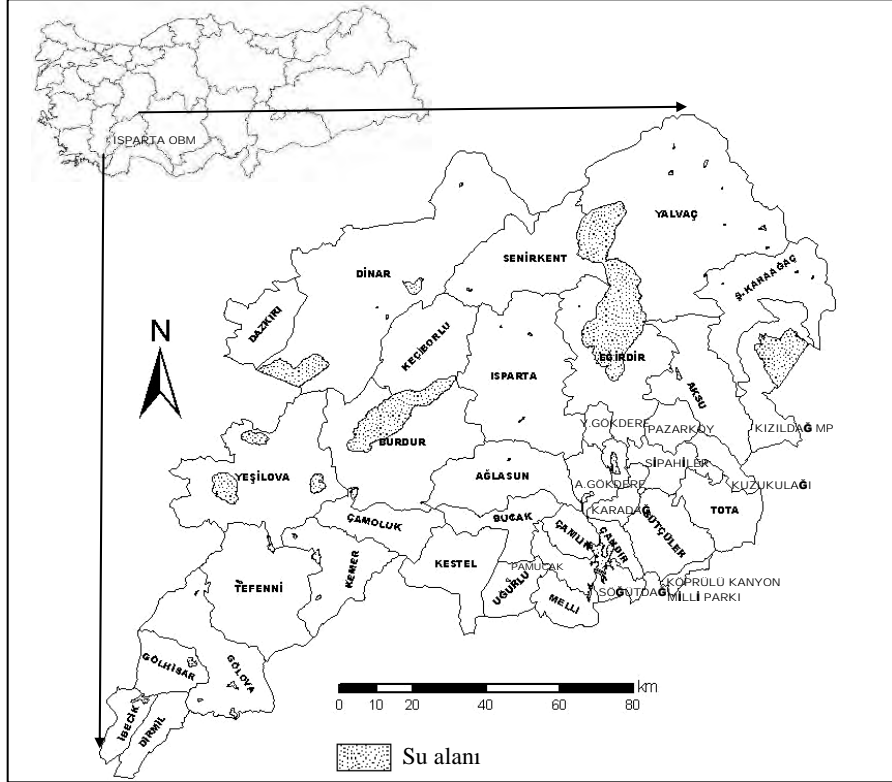
SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) verisi olarak adlandırılan uzaktan algılama verileri ile sayısal yükseklik modelleri üretilmektedir. SRTM verileri, bir uzay mekiğine yerleştirilen radar algılayıcıları ile elde edilmiş sayısal yükseklik verilerinden oluşmaktadır. Almanya, İtalya ve Amerika Birleşik Devletleri'nin yer aldığı uluslar arası bir proje kapsamında, 2000 yılının şubat ayında yapılan alımlar sonucunda, ülkemizin tamamının da içinde bulunduğu ve dünyadaki karaların %80'ini kapsayan bölgenin sayısal yükseklik verileri elde edilmiştir (JPL, 2008).

Bu çalışmada, SRTM verileri kullanılarak ormanlık çalışmalarında sıklıkla ihtiyaç duyulan bazı topoğrafik verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca SRTM verileri 1/25000 ölçekli sayısal yükseklik paftalarından elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. SRTM verileri işlenerek CBS sistemine aktarılmış ve CBS ortamında çeşitli topoğrafik analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanının eğim ve bakı analizleri yapılmış ve belirlenen sınıf değerlerine göre alansal büyüklükleri hesaplanmıştır. Ayrıca arazinin yükseklik sınıfları haritası üretilmiş ve belirlenen yükseklik sınıflarında bulunan alanlar tespit edilmiştir.

2. MATERYAL

2.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı Isparta Orman Bölge Müdürlüğü (Isparta OBM)'nin idari sınırlarının kapsadığı alandır. Yaklaşık 1.8 milyon ha büyüklüğündeki alanda, 6 orman işletme müdürlüğü (OİM)'ne bağlı 35 orman işletme şefliği (OİŞ), 1 arboretum şefliği ve 3 milli park (MP) alanı bulunmaktadır (Şekil 1).



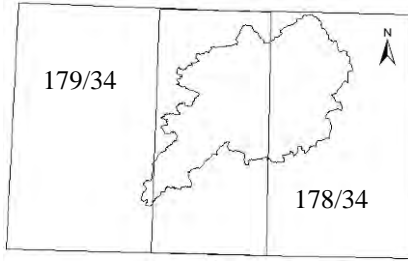
Şekil 1. Çalışma alanı

2.2. SRTM verileri

SRTM verileri, uzay mekiği üzerine yerleştirilmiş radar algılayıcılarından elde edilen yükseklik verileridir. Uzay radar mekik görevi adıyla yapılan uçuşta, elektromanyetik spektrumun mikrodalga kesimindeki X ve C bantlarında algılama yapan radar algılayıcıları kullanılmıştır (Avery ve Berlin, 1992; JPL, 2008). Bu çalışmada, ücretsiz olarak elde edilen (GLCF, 2008) C bant verileri değerlendirilmiştir. Uzay mekiği üzerindeki algılayıcı sistem, biri mekiğin gövdesine yerleştirilmiş diğeri gövdeden 60 m uzaklıktaki platformun ucunda bulunan iki radar anteninden oluşmaktadır. Böylece radar interferometri tekniği uydunun tek bir yörünge geçişi ile uygulanabilmektedir (Farr vd., 2008). Bu yöntemde, yüzeyden gelen radar dalgalarının iki farklı noktadan algılanması sonucu elde edilen sinyaller birleştirilerek yükseklik bilgileri elde edilebilmektedir (USGS, 2008a).

SRTM VERİLERİ İLE BAZI TOPOĞRAFİK ANALİZLER: ISPARTA ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ ÖRNEĞİ

SRTM verileri 1" (yaklaşık 30 m), 3" ve 30" grid aralığında üç farklı veri seti halinde yayımlanmaktadır. Yersel çözünürlüğü 1" olan ve SRTM1 de denilen verilerin genel kullanımı sadece Amerika Birleşik Devletleri'ni kapsamaktadır. Diğer bölgelerde bu çözünürlükteki veriler özel izinlerle temin edilebilmektedir. Konumsal çözünürlükleri 3" ve 30" olan SRTM3 ve SRTM30 verileri ise isteyen kullanıcılara açıktır (Bildirici vd., 2008). Bu veriler, kullanıma sunulmadan önce bazı düzeltme işlemlerinden geçirilmiştir. Bu işlemlerde geometrik düzeltmelerin yanında su kıyı çizgileri tanımlanmış ve su yüzeylerinde oluşan negatif değerler düzeltilmiştir (USGS, 2008b). Buna rağmen ücretsiz olarak indirilen SRTM3 görüntü dosyaları açıldığında görüntüde bazı veri boşlukları ile karşılaşmaktadır. Radar algılamanın doğasından kaynaklanan bu veri boşlukları, özellikle yüksek dağların sarp kesimlerinde görülmektedir. Bununla birlikte, bu boşlukların bölgeye ait topoğrafik verilerle tamamlanması mümkün olmaktadır. Çalışmada WRS-2 (dünya referans sistemi)'ye göre 178/34 ve 179/34 uydu yolu/satır numaralı SRTM3 verileri kullanılmıştır (Şekil 2). Bunun yanında SRTM3 verilerindeki veri boşluklarını doldurmak için SRTM30 verisi kullanılmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanının kullanılan SRTM verilerindeki konumu

SRTM3 verilerinin düşey ve yatay mutlak konum doğruluğunun %90 güvenle sırasıyla 16 m ve 20 m hata değerlerinin altında olduğu belirtilmektedir (Bamler, 1999; JPL 2008). Bu değerlere göre, elde edilecek topoğrafik verilerden çok yüksek yersel çözünürlük istemeyen pek çok çalışmada yararlanılabileceği öngörülmektedir.

2.3. Kullanılan haritalar

Çalışmada Isparta OBM'nden temin edilen (IOBM, 2008) idari sınır haritasından yararlanılmıştır. Raster olarak sunulan haritanın vektör formu da mevcuttur. Ayrıca HGK tarafından üretilen 1/25000 ölçekli Isparta M26 c1, c4, d1, d2 ve d3 numaralı sayısal yükseklik paftaları kullanılmıştır.

3. YÖNTEM

3.1. SRTM verilerinin hazırlanması

SRTM verileri orijinal olarak UTM/WGS84 koordinat sistemindedir. Bu veriler incelendiğinde, çalışma alanının bazı yerlerinde boşlukların olduğu görülmektedir. Çalışma alanının 178/34 numaralı SRTM verisindeki bölümünde bulunan boşlukların büyüklüğü alanın yaklaşık % 0.35’idir. Bu boşlukların büyük bölümü komşu SRTM verisi (179/34) kullanılarak tamamlanmış ve bu iki veri birleştirilmiştir. Bu işlemler, Erdas Imagine yazılımı ve aynı ortamda oluşturulan bir model sayesinde gerçekleştirilmiştir. Geriye kalan veri boşlukları ise 3” lik SRTM verisinden yararlanılarak doldurulmuştur. Veri boşlukları giderilen SRTM görüntüsü, çalışma alanının dış sınır katmanına göre ArcGIS yazılımı ortamında kesilmiştir.

Topoğrafik analizler sonucunda elde edilecek dosyalarda, bölgedeki su alanlarına ait değerlerin değerlendirme dışında bırakılması amacıyla, Isparta OBM’nün idari sınırlarını gösteren raster haritadaki su alanları elle sayısallaştırılmıştır. İrili ufaklı su alanlarını temsil eden ve vektör formda oluşturulan veriler raster formata dönüştürülmüştür.

Çalışma alanı sınırlarını kapsayan ve yükseklik bilgisine sahip olan SRTM görüntüsüne koordinat dönüşümü uygulanmış ve UTM, ED50 Datum, Zon 36 Kuzey koordinat sistemi atanmıştır. Böylece mevcut haritalarla aynı koordinat sisteminde olması sağlanmıştır.

3.2. SRTM verileri ile topoğrafik analizler

SRTM görüntüsünden ArcGIS yazılımının konumsal analizci aracı kullanılarak eğim ve bakı konusal haritaları elde edilmiştir. Eğim haritası yüzde cinsinden üretilmiştir. Üretilen eğim haritasındaki su alanlarına denk gelen piksellere, daha önce raster olarak üretilen su alanlarını temsil eden haritadan yararlanarak, Erdas Imagine yazılımında oluşturulan bir modelde -1 değeri atanmış ve hesaplamalarda bu değerler göz ardı edilmiştir. Çalışmada belirlenen eğim grupları (Çizelge 1) Erdas yazılımında bir model üzerinde koşullu fonksiyon kullanılarak sınıflandırılmıştır. Eğim gruplarının sınır değerlerinin belirlenmesinde ormanların insan, makine ve çalışma teknikleri açısından ulaşılabilirliğini tanımlayan “fonksiyonel arazi sınıflandırması” ölçeği kullanılmıştır (Samset,1979;Acar, 1994).

Bakı haritasındaki bakı sınıfları (Çizelge 1) yazılım tarafından doğrudan üretilmektedir. Bu verilere Erdas yazılımında yeniden kodlama işlemi uygulanmış ve bakı sınıflarına atanan piksellerin öznitelik tablosu oluşturulmuştur. Bakı haritasında, düz olarak adlandırılan bakı sınıfı değeri ile karışmaması için su alanlarına -2 değeri atanmıştır.

Çalışmada üretilen yükseklik sınıfları haritasında da su alanları, yükseklik sınıflarına atanan kodlardan farklı bir kod değerinin verilmesi ile ayırt edilmiştir (Çizelge 1). Yükseklik sınıfları da yine Erdas yazılımında bir model üzerinde koşullu fonksiyon kullanılarak oluşturulmuştur.

SRTM VERİLERİ İLE BAZI TOPOĞRAFİK ANALİZLER: ISPARTA ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ
ÖRNEĞİ

Eğim, bakı ve yükseklik sınıflarına ait konusal haritalar, çalışma alanı içerisindeki işletme şeflikleri ve milli park alanları sınırlarından oluşan 39 farklı poligonun kendi sınırları kullanılarak ayrı ayrı kesilmiş ve her poligon için konusal haritalar elde edilmiştir. Böylece bu poligonlarda özgün konumsal ve alansal değerlendirmelerin yapılması olanaklı hale gelmiştir. Her poligon için eğim, bakı ve yükseklik sınıfları konusal haritalarının öznetelik tablolarındaki sınıf bilgileri *.dbf formatında alınarak MS-Excel ortamında kaydedilmiş ve değerlendirilmiştir.

Çizelge 1. Eğim, bakı ve yükseklik sınıflarının özellikleri

Eğim Sınıfları		Bakı Sınıfları		Yükseklik Sınıfları	
Kodu	Açıklama	Kodu	Açıklama	Kodu	Açıklama
-1	Su alanları	-2	Su alanları	10	76 m - 500 m
0	Düz	-1	Düz	20	501 m-1000 m
10	0-10	10	Kuzey (K)	30	1001 m-1500 m
20	11-20	20	Kuzeydoğu (KD)	40	1501 m-2000 m
30	21-33	30	Doğu (D)	50	2001 m-2500 m
40	34-51	40	Güneydoğu (GD)	60	>2500 m
50	>51	50	Güney (G)	70	Su alanları
		60	Güneybatı (GB)		
		70	Batı (B)		
		80	Kuzeybatı (KB)		

3.3. 1/25000 ölçekli sayısal paftalarla topoğrafik analizler

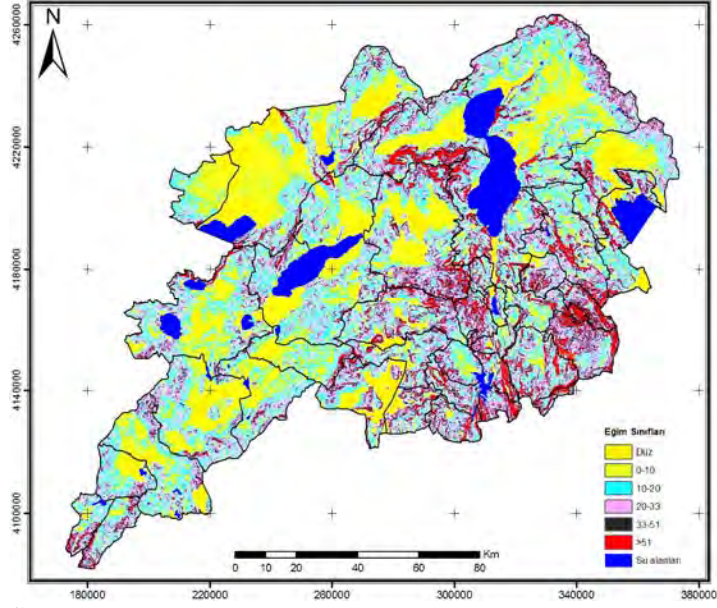
Çalışmada 1/25000 ölçekli sayısal yükseklik paftalarından yararlanılarak eğim, bakı ve yükseklik sınıfları haritalarının üretilmesi ve bunların SRTM verilerinden elde edilenlerle karşılaştırılması planlanmıştır. Elde bulunan 1/25000 ölçekli sayısal yükseklik paftalarının Kuzukulağı OİŞ'ni tam olarak kapsadığı anlaşılmaktadır. Bu sayısal paftalar birleştirilerek, ArcGIS ortamında düzensiz üçgen ağı oluşturulmuştur. Bu veri daha sonra SRTM verilerinin yersel çözünürlüğü olan 90 m piksel boyutlarında yeniden örneklenerek raster formata dönüştürülmüştür.

SRTM verilerinin sayısal paftalardan elde edilen verilerle geometrik uyumu kontrol edilmiş ve yaklaşık 1 piksellik bir kayma tespit edilmiştir. Bunu azaltmak amacıyla SRTM verileri, Erdas Imagine yazılımının geometrik düzeltme fonksiyonu kullanılarak sayısal paftalardan elde edilen haritaya 0.5 pikselden daha az bir hata oranıyla kaydedilerek en iyi geometrik eşleme elde edilmiştir. Bunun sonucunda oluşan raster harita kullanılarak, Bölüm 3.2'de belirtilen iş akışı ile eğim, bakı ve yükseklik sınıfları konusal haritaları oluşturulmuş ve alansal değerleri elde edilmiştir.

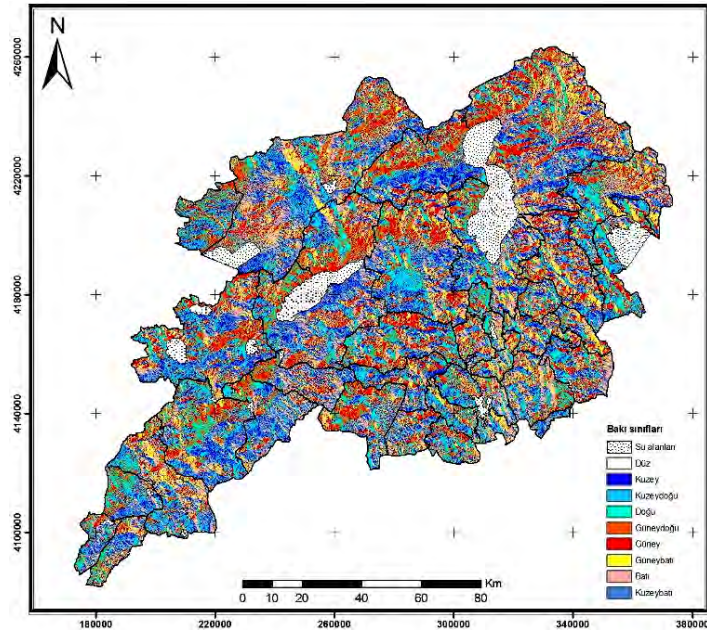
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Topoğrafik analizler

SRTM verilerinin işlenmesi sonucunda, Isparta Orman Bölge Müdürlüğü alanının eğim ve bakı haritaları üretilmiştir (Şekil 3 ve 4).



Şekil 3. Isparta OBM eğim haritası



Şekil 4. Isparta OBM bakı haritası

SRTM VERİLERİ İLE BAZI TOPOĞRAFİK ANALİZLER: ISPARTA ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ
ÖRNEĞİ

İşletme şefliği ve milli park alanlarına göre eğim sınıflarının dağılımı Çizelge 2’de, bakı sınıflarının dağılımı Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 2. Isparta OBM alanının orman işletme şeflikleri ve milli parklar bazında eğim sınıflarına dağılımı

Orman İşletme Şefliği- Milli Park	Alan (ha)	Eğim sınıflarına göre alanlar (%)					
		Düz	0-10	10-20	20-33	33-51	>51
Isparta OİM							
Isparta	108445.23	13.66	25.55	20.83	21.09	14.30	4.57
Dazkırı	32069.52	11.06	58.17	22.73	6.49	1.32	0.23
Dinar	184604.67	21.99	38.20	19.19	12.91	6.30	1.41
Senirkent	72795.51	12.15	23.22	22.31	21.56	14.57	6.19
Keçiborlu	52326.81	9.95	37.34	29.91	16.36	5.36	1.08
Eğirdir OİM							
Eğirdir	65917.8	4.23	17.95	27.92	25.10	17.50	7.30
Yalvaç	180037.08	8.04	36.60	28.91	17.39	7.57	1.49
Şarkikaraağaç	67700.61	16.54	32.89	22.94	18.17	7.84	1.62
Aksu	56552.58	1.49	21.01	29.76	25.95	15.51	6.27
Pazarköy	14661	4.97	12.29	22.10	32.16	22.25	6.23
Kuzukulağı	12564.72	0.58	5.96	14.74	27.51	34.08	17.13
A.Gökdere	15667.83	0.44	9.33	21.28	29.36	26.99	12.59
Y.Gökdere	7622.91	2.92	14.57	29.35	28.52	17.84	6.80
Kovada Çayı Arboretumu	516.78	1.41	21.94	27.74	27.74	15.20	5.96
Kızıldağ MP	37065.6	10.92	20.39	27.06	21.62	14.87	5.15
Kovada Gölü MP	6229.71	6.63	26.59	27.23	19.87	13.22	6.46
Sütçüler OİM							
Sütçüler	37966.32	1.45	17.10	28.51	26.31	17.53	9.10
Karadağ	12205.89	2.04	22.58	29.09	22.95	15.99	7.35
Sipahiler	20784.6	1.67	24.72	27.28	20.94	15.60	9.81
Söğütadağı	9617.94	0.27	6.38	18.76	30.34	26.68	17.58
Tota	32261.49	1.17	7.98	20.64	30.82	26.47	12.92
Çandır	10793.25	0.85	12.26	20.46	25.63	23.39	17.42
Köprülü Kanyon MP	4387.77	0.22	9.43	21.12	24.85	24.31	20.07
Burdur OİM							
Burdur	91936.62	8.24	34.29	30.01	19.73	6.86	0.88
Çamoluk	32642.19	8.63	47.39	27.62	10.92	4.25	1.18
Yeşilova	101513.25	7.99	38.62	27.95	17.52	6.45	1.47
Kemer	44377.47	6.09	42.46	29.38	16.35	5.05	0.67
Ağlasun	54882.36	7.26	17.59	26.30	26.81	16.79	5.25
Bucak OİM							
Bucak	27819.45	6.06	18.59	29.09	27.51	14.90	3.85
Kestel	43424.1	28.62	15.18	20.59	20.30	12.26	3.05
Camlık	15072.48	1.36	28.16	30.57	23.61	13.25	3.06
Pamucak	14493.33	0.46	13.53	26.47	31.25	21.46	6.83
Uğurlu	20294.55	13.20	14.47	22.40	24.78	19.47	5.68
Melli	18347.31	1.05	12.45	24.83	30.12	22.06	9.50
Göhlisar OİM							
Göhlisar	24459.57	16.69	24.53	31.63	19.50	6.82	0.84
Tefenni	80054.73	16.54	34.80	26.12	17.10	4.92	0.52
Dirmil	19827.99	1.11	19.84	30.22	26.41	17.04	5.37
Gölova	62309.25	9.09	35.99	30.11	17.92	6.19	0.70
İbecik	15326.01	2.72	21.67	32.00	25.25	13.61	4.76

Çizelge 3. Isparta OBM alanının orman işletme şeflikleri ve milli parklar bazında bakı sınıflarına dağılımı

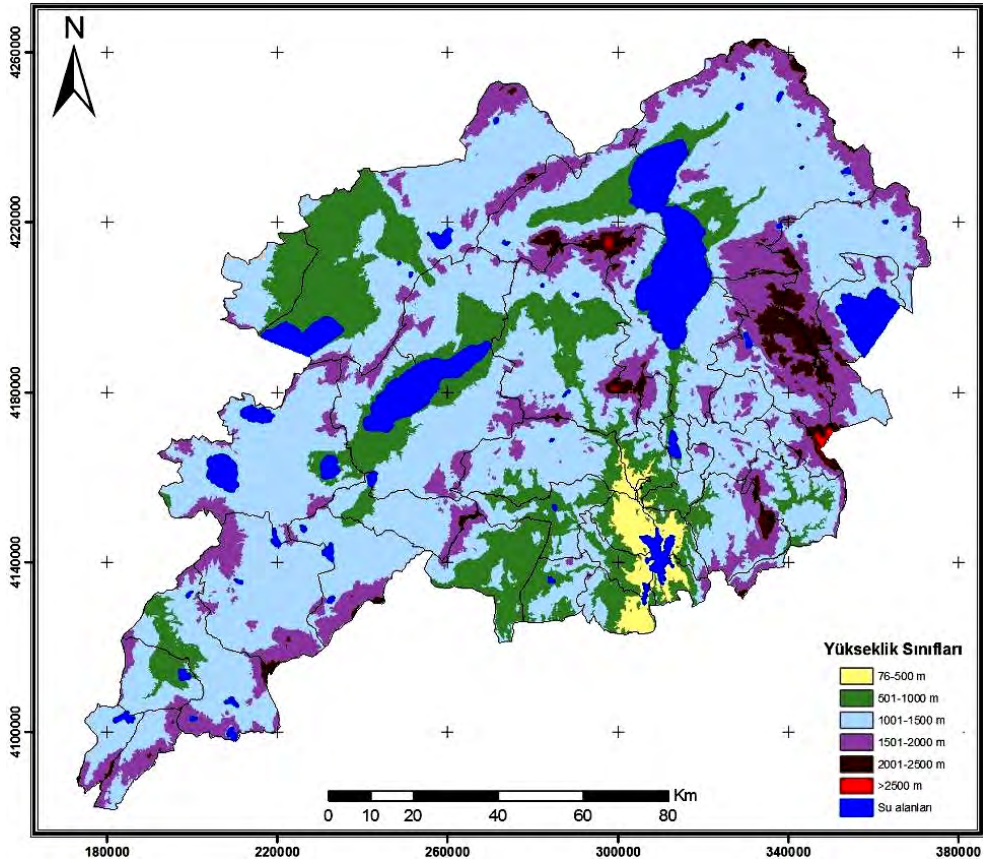
Orman İşletme Şefliği- Milli Park	Bakı sınıflarına göre alanlar (%)								
	Düz	K	KD	D	GD	G	GB	B	KB
Isparta OİM									
Isparta	0.14	11.26	11.96	11.96	12.47	14.65	13.90	11.71	11.95
Dazkırı	0.04	12.00	21.22	20.67	20.50	14.64	5.78	1.88	3.26
Dinar	0.32	10.79	9.18	11.01	13.28	11.73	13.07	15.35	15.26
Senirkent	0.18	16.14	12.08	11.98	18.38	13.80	8.06	7.37	12.00
Keçiborlu	0.04	7.05	8.85	14.36	19.57	16.88	14.63	11.13	7.49
Eğirdir OİM									
Eğirdir	0.05	13.42	13.80	12.99	12.52	10.99	12.44	12.77	11.02
Yalvaç	0.12	10.23	7.38	9.46	14.20	16.40	15.64	13.98	12.60
Şarkikaraağaç	0.33	9.21	11.95	12.59	12.18	15.06	17.52	12.57	8.60
Aksu	0.02	11.87	10.25	7.42	9.26	16.70	19.47	14.20	10.82
Pazarköy	0.07	9.29	12.69	15.40	15.55	11.31	12.19	12.58	10.93
Kuzukulağı	0.14	10.51	7.90	8.47	9.75	12.97	22.39	16.88	10.99
A.Gökdere	0.03	6.23	7.01	9.30	12.61	16.19	19.58	17.57	11.48
Y.Gökdere	0.03	5.90	14.61	32.62	22.06	13.06	7.00	2.47	2.25
Kovada Çayı Arbor.	0	14.26	3.61	1.25	1.88	3.45	19.12	31.19	25.24
Kızıldağ MP	0.30	10.13	21.42	19.79	12.22	13.37	10.94	6.48	5.35
Kovada Gölü MP	0.07	7.42	9.95	16.51	6.87	6.44	16.21	25.69	10.84
Sütçüler OİM									
Sütçüler	0.31	8.47	9.65	14.16	12.68	10.47	13.87	19.34	11.05
Karadağ	0.06	6.15	9.85	15.28	13.24	14.03	17.78	17.02	6.60
Sipahiler	0	10.44	9.50	10.12	10.34	13.60	17.66	16.64	11.71
Söğütadağı	0	9.90	12.66	8.85	3.52	5.68	22.34	25.50	11.54
Tota	0.88	11.35	11.78	13.30	13.15	12.27	10.40	15.40	11.46
Çandır	0.02	6.71	11.08	10.52	8.23	8.87	16.30	26.96	11.31
Köprülü Kanyon MP	0.04	22.00	13.07	10.80	7.61	2.42	2.12	12.24	29.70
Burdur OİM									
Burdur	0.06	13.90	9.27	10.35	11.99	10.81	10.72	14.42	18.46
Çamoluk	0.05	12.82	8.38	7.12	11.66	12.75	14.26	16.46	16.49
Yeşilova	0.08	13.39	11.77	11.55	14.09	13.15	11.09	11.09	13.79
Kemer	0.07	15.30	13.56	10.80	10.16	7.89	9.96	14.32	17.94
Ağlasun	0.08	10.02	12.58	15.30	16.93	18.30	12.36	7.61	6.82
Bucak OİM									
Bucak	0.09	16.02	15.02	11.93	13.02	13.00	10.41	9.55	10.95
Kestel	0.65	8.15	10.54	16.68	19.45	15.34	11.13	10.13	7.93
Camlık	0	12.42	20	19.50	14.49	11.89	9.80	6.05	5.85
Pamucak	0	9.86	19.63	18.70	14.36	10.36	12.80	9.58	4.72
Uğurlu	0.29	10.84	9.77	10.24	13.13	14.54	13.80	14.69	12.70
Melli	0.04	9.52	13.20	17.93	16.57	13.81	9.87	10.51	8.54
Göhlisar OİM									
Göhlisar	0.31	13.47	16.66	20.04	15.99	7.49	5.54	8.49	11.99
Tefenni	0.18	13.44	14.49	16.65	15.28	10.88	9.22	8.96	10.88
Dirmil	0.27	10.31	9.15	14.60	12.47	11.70	13.80	13.80	13.91
Gölova	0.15	10.86	11.92	11.44	9.40	10.93	16.98	16.04	12.29
İbecik	0.92	11.82	8.98	14.48	16.43	7.11	6.31	13.79	20.16

SRTM VERİLERİ İLE BAZI TOPOĞRAFİK ANALİZLER: ISPARTA ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ
ÖRNEĞİ

Çizelge 2 incelendiğinde, Kuzukulağı OİŞ'nin alanının %51.21'inin, Dazkırı OİŞ alanının ise sadece %1.55'inin, %33 ve daha fazla eğim grubunda olduğu görülmektedir.

Çizelge 3 incelendiğinde, örneğin; Çamlık OİŞ alanının % 57.77'si gölgeli bakılar olarak anılan kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı ve doğu bakıların etkisi altındadır. Buna karşın Aşağı Gökdere OİŞ alanının % 65.96'sının güneşli bakılar olarak anılan güney, güneydoğu, güneybatı ve batı bakıların etkisinde olduğu görülmektedir.

Çalışma alanının yükseklik haritası üretilmiş (Şekil 5) ve her birimdeki yükseklik sınıflarının alansal dağılımı Çizelge 4'te sunulmuştur.



Şekil 5. Isparta OBM yükseklik sınıfları haritası

Çizelge 4 incelendiğinde, örneğin; Aksu OİŞ alanının % 77.67'sinin 1500 metre ve üzerindeki yükseltilerde, Çamlık OİŞ'nin ise 1500 metre ve altındaki yükseltilerde bulunduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4. Isparta OBM alanının orman işletme şeflikleri ve milli parklar bazında yükseklik sınıflarına dağılımı

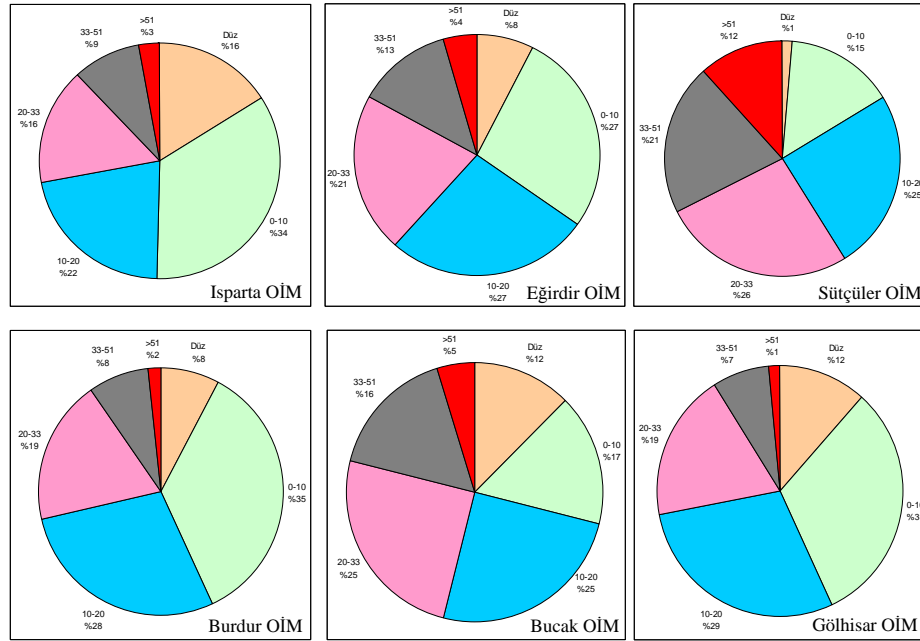
Orman İşletme Şefliği- Milli Park	Yükseklik sınıflarına göre alanlar (%)					
	76-500	501-1000	1001-1500	1501-2000	2001-2500	>2500
Isparta OİM						
Isparta	0	28.17	54.86	14.23	2.56	0.18
Dazkırı	0	47.14	49.58	3.27	0	0
Dinar	0	35.00	52.48	12.18	0.34	0
Senirkent	0	22.73	47.61	22.72	6.49	0.44
Keçiborlu	0	26.34	64.83	8.83	0	0
Eğirdir OİM						
Eğirdir	0	11.38	63.92	20.92	3.66	0.12
Yalvaç	0	10.14	64.36	23.42	2.08	0
Şarkikaraağaç	0	0	65.56	25.80	8.64	0
Aksu	0	0.16	22.17	49.69	26.71	1.26
Pazarköy	0	0	82.41	17.51	0.07	0
Kuzukulağı	0	0.05	48.41	37.92	11.64	1.98
A.Gökdere	15.89	48.46	33.70	1.95	0	0
Y.Gökdere	0	9.01	53.31	31.57	6.11	0
Kovada Çayı Arbor.	84.01	15.99	0	0	0	0
Kızıldağ MP	0	0	53.23	40.31	6.39	0.08
Kovada Gölü MP	0	30.15	68.68	1.17	0	0
Sütçüler OİM						
Sütçüler	0.11	11.17	54.30	29.30	5.06	0.06
Karadağ	2.67	43.94	47.42	5.96	0	0
Sipahiler	0	0.75	84.85	13.89	0.51	0
Söğütdağı	41.72	40.30	9.74	8.24	0	0
Tota	0	20.68	60.39	15.49	3.42	0.02
Çandır	40.86	37.72	17.20	4.22	0	0
Köprülü Kanyon MP	0	3.19	40.76	50.42	5.63	0
Burdur OİM						
Burdur	0	25.72	60.27	14.01	0	0
Çamoluk	0	10.65	76.71	11.20	1.44	0
Yeşilova	0	5.83	80.34	13.81	0.02	0
Kemer	0	1.57	74.13	23.02	1.28	0
Ağlasun	3.69	17.46	69.20	9.42	0.22	0
Bucak OİM						
Bucak	0.13	47.84	50.32	1.59	0.11	0
Kestel	0	65.57	26.65	7.11	0.66	0
Camlık	62.68	28.99	8.33	0	0	0
Pamucak	25.26	45.54	29.09	0.11	0	0
Uğurlu	0	47.35	50.85	1.80	0	0
Melli	30.22	41.26	27.99	0.53	0	0
Göhlhisar OİM						
Göhlhisar	0	26.89	59.41	13.57	0.13	0
Tefenni	0	0	75.14	23.96	0.90	0
Dirmil	0	0.13	48.71	49.37	1.78	0
Gölova	0	14.55	63.62	20.90	0.94	0
İbecik	0	0	76.11	21.07	2.82	0

SRTM VERİLERİ İLE BAZI TOPOĞRAFİK ANALİZLER: ISPARTA ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ
ÖRNEĞİ

Arazi eğim derecesi; bir yerin iklim ve toprak özellikleri üzerinde olduğu kadar o yerin araziden yararlanma şekilleri üzerinde de etkilidir (Çepel, 1988). Isparta OBM alanındaki işletme şeflikleri ve milli park alanları bazında yapılan topoğrafik analizleri işletme müdürlükleri bazında da değerlendirmek mümkündür. Eğim verileri, bu çalışmada belirtilen gruptandırmaya göre, işletme müdürlükleri bazında incelediğinde, örneğin Sütçüler OİM alanının % 33'ünün % 33 ve daha büyük eğim grubunda yer aldığı, Isparta OİM alanının da % 50'sinin % 0-10 aralığındaki eğim grubunda yer aldığı görülmektedir (Şekil 6).

Farklı eğim sınıflarını içeren eğim haritaları, farklı sınır değerleri kullanılarak üretilebilir. Burada, IOBM arazisinin operasyonel ulaşılabilirliği (Eker, 2004) dikkate alınarak bir sınıflandırma yapılmıştır. Bu bulgulara göre; IOBM' de toplam alanın %85' inin arazi ortalama eğimi, % 33' ün altındadır. Eğimin etkili bir faktör olarak kullanıldığı ormancılık uygulamalarının planlanmasında ve operasyonel karar süreçlerinde (örneğin bölmeden çıkarma tekniklerinin seçiminde) (Eker ve Acar, 2005) SRTM ile hızlı şekilde üretilmiş topoğrafik verilerden yararlanmak mümkündür.

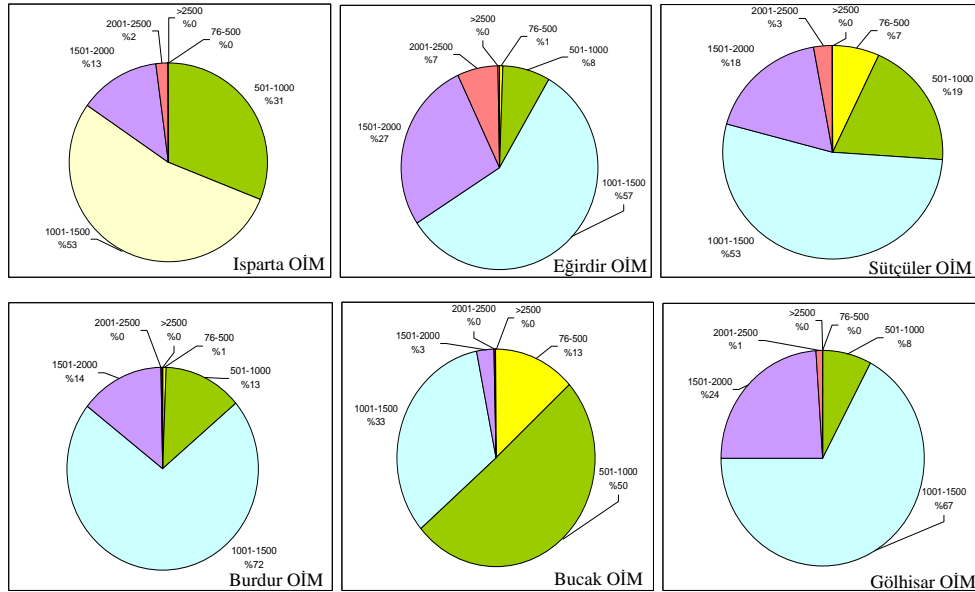
Arazi bakışı, sıcaklık ve yağış iklimi üzerinde etkili (Çepel, 1988) olduğundan ormanların yetiştirilmesi açısından önemli bir faktördür. Dolayısıyla teoride ve pratikte yaygın şekilde bakı haritalarından yararlanılmaktadır. SRTM verilerinden yararlanılarak üretilen bakı haritalarında, bakı sınıfları incelendiğinde IOBM genelinde gölgeli ve güneşli bakılar dağılımının yaklaşık birbirine eşit değerlerde olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 6. Isparta OBM'ndeki orman işletme müdürlüklerinin alanlarının eğim sınıflarına dağılımı

Yükseklik sınıfları, bu çalışmada denizden 500'er metrelik yükseklik basamaklarına göre haritalanmıştır. Ancak, ormancılık uygulamalarının özelliklerine bağlı olarak SRTM ile elde edilen sayısal yükseklik modellerinde istenilen basamak ölçeğinde sınıflandırma yapmak mümkündür. Denizden yükseklik; iklim, toprak ve vejetasyon özellikleri üzerinde etkili (Çepel, 1988) olduğundan IOBM için şeflikler ve işletme müdürlükleri ölçeğinde türetilmiş yükseklik modelleri çeşitli ormancılık uygulamalarında yönetici ve uygulayıcılara karar desteği sağlayabilir. Örneğin; Bucak OİM alanının yaklaşık %64'ünün 1000 m ve daha az, Eğirdir OİM alanının da yaklaşık %35'inin 1500 m ve daha fazla yükseltilerde bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 7).

Öte yandan, SRTM verileri herkesin kullanımına açık ve ücretsiz verileridir. Bu verilerle bir arazinin yükseklik verilerinin büyük zaman ve emek harcamadan elde edilmesi, topoğrafyaya ilişkin bilgilere kolay ve hızlı erişimi sağlamaktadır. Özellikle 1/25000 ölçekli basılı standart topoğrafik haritaların taranması ve elle sayısallaştırılarak vektörel yapıya dönüştürülmesi süreci ile bir karşılaştırma yaparsak bu işin çok zahmetli bir çalışmayı gerektirdiği görülecektir. Bu ölçekteki bir paftada yer alan bütün eşyüksekti eğrilerinin bilgisayar ekranında sayısallaştırılarak vektör veri formuna dönüştürülmesi, bir kişinin yaklaşık 50 saatin üzerinde zaman harcamasını gerektirir. Geniş bölgelerde yapılacak çalışmalarda çok sayıda paftanın sayısallaştırılması gerekli olduğunda oldukça fazla iş yükü ile karşılaşmaktadır.



Şekil 7. Isparta OBM'deki orman işletme müdürlüklerinin alanlarının yükseklik sınıflarına dağılımı

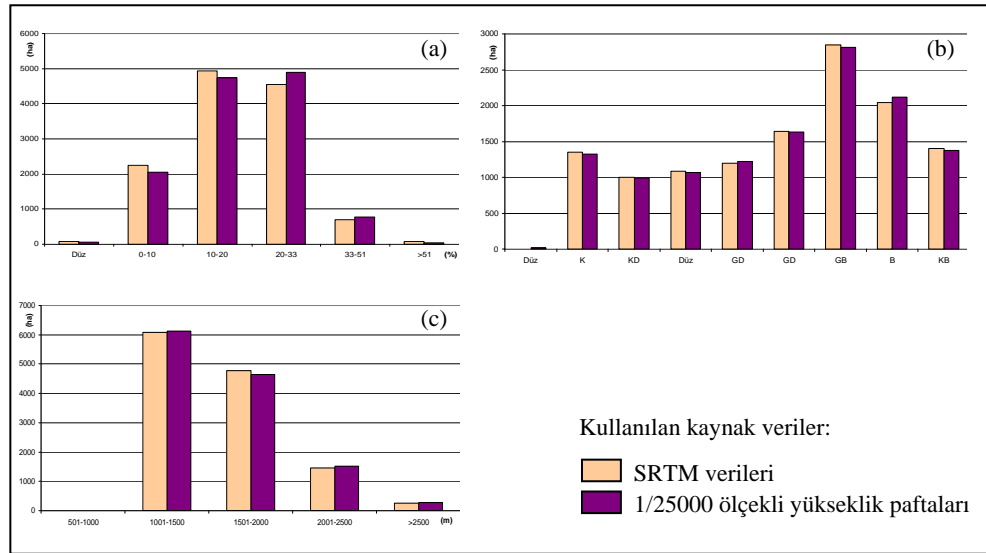
SRTM VERİLERİ İLE BAZI TOPOĞRAFİK ANALİZLER: ISPARTA ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ ÖRNEĞİ

Bununla birlikte, basılı haldeki 1/25000 ölçekli standart topoğrafik haritalardaki eşyüksekti eğrilerinin vektör forma dönüştürülmüş hali olan sayısal yükseklik paftalarının Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından satışı yapılmaktadır (HGK, 2008). Ancak bu haritalar kurumlardaki harita mutemetleri tarafından ve bazı bürokratik süreçlerden sonra elde edilebilmektedir. SRTM verilerinin elde edilebilirliği ve bazı işlemlerle kullanılabilir duruma getirilmesi, önemli bir zaman ve işgücü kazanımı sunabilir.

4.2. SRTM ve 1/25000 ölçekli pafta verilerinin karşılaştırılması

Doğruluğu kontrol edilmiş ve 10 metrelik eşyüksekti eğrisi aralıklarıyla çizilmiş ve bu özellikte mevcut haritalar arasından ortalama en yüksek eğime sahip olan Kuzukulağı OİŞ alanını kapsayan 1/25000 ölçekli sayısal topoğrafik haritalardan elde edilen topoğrafik verilerle aynı bölge için SRTM verilerinden üretilen topoğrafik veriler alansal olarak karşılaştırılmıştır (Şekil 8).

Benzer işlem adımlarından geçirilerek hazırlanan farklı iki kaynak veri kullanıldığında elde edilen bulgular, Kuzukulağı OİŞ alanında ortalama eğimin yaklaşık %7 oranında farklı bulunduğunu göstermiştir. Bakı haritaları karşılaştırıldığında yaklaşık %2, yükselti sınıfları karşılaştırıldığında ise yaklaşık %3 alansal farklılık olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, Jarvis vd. (2009) Güney Amerika'da Honduras, Ekvador ve Kolombiya'da yapmış oldukları benzer bir karşılaştırmada SRTM verilerindeki hataların arazinin bakışıyla ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca 1/25000'den daha küçük ölçekli haritalar söz konusu olduğunda, bunların yerine SRTM verilerinden elde edilecek sayısal yükseklik modellerinin kullanımının daha uygun olacağı sonucunu ortaya koymuşlardır.



Şekil 8. Kuzukulağı OİŞ örneğinde, SRTM verileri ve 1/25000 ölçekli sayısal yükseklik paftalarından elde edilen (a) eğim sınıfları, (b) bakı sınıfları ve (c) yükseklik sınıfları alanlarının karşılaştırılması

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ormanlık çalışmalarının planlanması ve yürütülmesi aşamalarında ihtiyaç duyulan arazinin eğim, bakı ve yükseklik sınıfları gibi topoğrafik özelliklerine ait bilgilerin, SRTM verilerinin işlenmesiyle elde edilebilen sayısal arazi modelleri üzerinden sağlanabileceği belirlenmiştir. SRTM verileri ile elde edilen sayısal yükseklik modelleri; topoğrafik haritaların sayısallaştırılması ile elde edilen modeller gibi kullanılabilir. Zira bu verilerle de görünürlük analizi, ana havzaların ve havzacık sınırlarının belirlenmesi, drenaj noktalarının tespiti gibi diğer bazı analizlerin yapılması da olanaklıdır. Aynı zamanda 1/25000 ölçekli sayısal yükseklik paftalarından elde edilen topoğrafik verilerle yapılan karşılaştırma sonuçları da SRTM verilerinin pek çok çalışma için kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Zira eğim, bakı ve yükselti sınıfları itibarıyla % 10' un altında bir hata payı ile sayısal topoğrafik haritalarla örtüşme sağlandığı görülmektedir. Bununla birlikte, standart topoğrafik haritaların bulunmadığı bölgelerde, araştırmacılar SRTM verileri yardımıyla hızla topoğrafik bilgilere ulaşabilecektir. Yaklaşık 240 x 230 km.lik bir alanı kaplayan bir SRTM görüntüsünün karşılığı 370'in üzerinde 1/25000 ölçekli standart topoğrafik haritadır. Bu standart topoğrafik haritaların kullanımı yüksek bir maliyet, yoğun bir iş yükü ve bürokratik işlemler gerektirmektedir. Oysa yüksek hassasiyet gerekmiyorsa, SRTM verilerini kullanarak çok geniş bir alanda hızla bilgiye ulaşmak mümkündür. Sonuç olarak, topoğrafik özelliklerin belirlenmesinde SRTM verilerinin kullanımı oldukça hızlı, kolay ve ekonomik bir seçenek olabilir.

KAYNAKLAR

- Acar, H. H., 1994. Ormanlıkta transport planları ve dağlık arazide orman transport planlarının oluşturulması. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 150 s.
- Avery, T. E., Berlin, G. L., 1992. Fundamentals of remote sensing and airphoto interpretation. Prentice-Hall International Inc., A Simon & Schuster Comp., New Jersey, USA, 472 p.
- Bamler, R., 1999. The SRTM Mission: A World-Wide 30 m resolution DEM from SAR interferometry in 11 Days. Photogrammetric Week, (<http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo99/phowo99.en.htm>), Erişim: 14.03.2008.
- Berry, P.A.M., Garlick, J.D., Smith, R.G., 2007. Near-global validation of the SRTM DEM using satellite radar altimetry. Remote Sensing of Environment, 106, pp. 17-27.
- Bildirici, İ.Ö., Üstün, A., Uluğtekin, N., Selvi, H.Z., Abbak, A.R., Buğdaycı, İ., Doğru, Ö., 2007. SRTM Verilerine Dayalı Ülke Bazında 3"x3" Çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği IV. Sempozyumu, 5-7 Haziran 2007, İTÜ.
- Bildirici, İ.Ö., Üstün, A., Uluğtekin, N., Selvi, H.Z., Abbak, A.R., Buğdaycı, İ., Doğru, Ö., 2008. Yerel yükseklik bilgileriyle desteklenmiş SRTM verileri kullanılarak Türkiye için 3 x 3 çözünürlüklü sayısal yükseklik modelinin oluşturulması. Tübitak projesi sonuç raporu, Proje no: 106Y130, (<http://www.tsym3.selcuk.edu.tr/>), Erişim: 14.03.2008.
- Çepel, N., 1988. Orman Ekolojisi. İÜ Orman Fakültesi Yayınları, 3518/399, ISBN: 975-404-061-3, İstanbul, 536 s.
- Çoban, H.O., 2004. Bilgisayar Destekli Konusal Orman Haritalarının Üretilmesi. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri A (2), Isparta, s.83-96.
- Eker, M., 2004. Ormanlıkta Odun Hammaddesi Üretiminde Yıllık Operasyonel Planlama Modelinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 239 s.

SRTM VERİLERİ İLE BAZI TOPOĞRAFİK ANALİZLER: ISPARTA ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ
ÖRNEĞİ

- Eker, M., Acar, H.H., 2005. "Ecological, ergonomic and economical optimization in a harvest planning: How to be done? International Scientific Conference "Ecological, ergonomic and economical optimization of forest utilization in sustainable forest management". Krakow-Krynica, Poland, pp. 135-143.
- Farr, T.G., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Rosen, P., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., Alsdorf, D., 2008. The Shuttle Radar Topography Mission. SRTM Bibliography, SRTM paper, (http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_paper.pdf), Erişim: 14.03.2008.
- GLCF, 2008. Global land cover facility, Earth science data interface (ESDI), (<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>), Erişim:14.03.2008.
- Hashemian S. M. , Abootalebi A. , Kianifar F., 2004. Accuracy Evaluation of Dem Generated From Spot5 Hrs Imageries. XXth ISPRS Congress, Proceedings of Commission I, 12-23 July 2004, Istanbul, Turkey.
- HGK, 2008. Satışı yapılan harita ürünleri. Harita Genel Komutanlığı, Ankara, (<http://www.hgk.mil.tr/urunler/satis.asp>), Erişim 10.03.2008.
- Hiranoa, A., Welcha, R., Lang, H., 2003. Mapping from ASTER stereo image data: DEM validation and accuracy assessment. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 57, pp. 356-370.
- Hosford, S., Baghdadi, N., Bourguine, B., Daniels, P., King, C., 2003. Fusion of airborne laser altimeter and RADARSAT data for DEM generation. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '03. Proceedings. 2003 IEEE International, Volume 2, 21-25 July 2003, Digital Object Identifier 10.1109/IGARSS.2003.1293926, pp. 806-808.
- IOBM, 2008. Isparta Orman Bölge Müdürlüğü İdari Sınır Haritası. Isparta Orman Bölge Müdürlüğü Faaliyet Alanları, Isparta, (<http://www.ogm-ispartaobm.gov.tr/faaliyet.html>), Erişim: 14 Mart 2008.
- Jarvis, A., Rubiano, J., Nelson, A., Farrow, A., Mulligan, M., 2009. Practical use of SRTM data in the tropics- Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data. CGIAR-CSI, Working document No:198, URL: <http://srtm.csi.cgiar.org/PDF/Jarvis4.pdf>, Erişim: 02.04.2009.
- JPL, 2008. SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, USA, URL: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>, Erişim: 03 Mart 2008.
- Koç, A., 1996. Sayısal arazi modeli, eğim ve baki haritalarının ormancılıktaki önemi ve coğrafi bilgi sistemi yazılımı (Arc/INFO) ile oluşturulma tekniği (Belgrad Ormanı örneği). İÜ Orman Fak. Dergisi, Cilt A (46/1), s. 117-135.
- Samset, I., 1979. The Accessibility of Forest Resources, Ed. by Carson, et al. Proceedings of Symposium on Mountain Logging, IUFRO, 10-14 September 1979, University of Washington, USA.
- USGS, 2008a. Shuttle Radar Topography Mission. U.S. Geological Survey, (<http://edc.usgs.gov/srtm/data/interferometry.html>), Erişim: 14.03.2008.
- USGS, 2008b. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) "Finished" FAQ. United States Geological Survey, (http://seamless.usgs.gov/website/seamless/faq/srtm_faq.asp#twelve), Erişim: 14.03.2008.
- Yener, H., 1993. Sayısal Arazi Modelleri. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 65s.