

Makalenin Geliş Tarihi : 26.04.2009
Makalenin Kabul Tarihi : 05.11.2009

UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ VE ORMAN MEŞCERELERİNE AİT DENDROMETRİK ELEMANLAR ARASINDAKİ SPEKTRAL İLİŞKİLER

Muhittin İNAN¹

ÖZET: Bu çalışmada uzaktan algılama verileri (Landsat ETM⁺) ve arazi envanter verilerinden hesaplanan dendrometrik elemanlar (hacim, göğüs yüzeyi, meşcere orta boyu, meşcere orta çapı gibi) arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu ilişkileri ortaya koymak için Landsat ETM⁺ 'in 6 orijinal bandı (ETM⁺ 1-5,7) ve 25 farklı vejetasyon indeksi test edilmiştir. Pearson korelasyon katsayısı ve basamaklı regresyon analizi, uzaktan algılama verileriyle dendrometrik değişkenler arasındaki ilişkilerin analiz edilmesinde kullanılmıştır. Çalışmada ETM⁺ 5 bandı tüm dendrometrik elemanlar ile güçlü ilişkilere sahip olduğu gözlenmiştir. Ayrıca çevre koşullarından fazlaca etkilenmeyen TasseledCap dönüşümünün parlaklık bileşeni, temel bileşenler analizinin birinci bileşeni, albedo ve bazı doğrusal bant kombinasyonları orman meşceresine ait dendrometrik elemanlarla çok güçlü ($R \geq 0,8$) istatistiksel ilişkilere sahip olduğu gözlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Ormancılık, spektral modelleme, Landsat ETM⁺.

THE SPECTRAL RELATIONSHIPS BETWEEN REMOTE SENSING DATA AND DENDROMETRIC PARAMETERS OF FOREST STAND

ABSTRACT: This research cover the relationship between remote sensing data and dendrometric parameters (volume, basal area, height, diameters etc.) calculated from land surveying data. Total of 6 original band of Landsat ETM⁺ and 25 different vegetation indices have been tested for analyzing the former relationship by applying the Pearson correlation coefficient and stepwise regression analysis. In this study, it is observed that ETM⁺ 5 band have strong relationship with all dendrometric parameters. It is also observed that TKI (the brightness component of Tasseled Cap Algorithm), PCI (the first component of principal component analyses), Albedo and some linear combinations of ETM⁺ bands, which are not greatly influenced by different environmental conditions have statistically strong ($R \geq 0,8$) correlation with dendrometric parameters.

KEYWORDS: Forestry, spectral modeling, Landsat ETM⁺.

¹ İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Ölçme Bilgisi ve Kadastro Anabilim Dalı 34474, Bahçeköy / İSTANBUL

I. GİRİŞ

Uzaktan algılama verileri orman varlığının ekonomik analiz edilmesinde önemli bir potansiyele sahiptir [1]. Çeşitli araştırmalarda orman varlığının sınıflandırılması ve zamansal değişiminin izlenmesi [2-5], meşcere (*orman ağaçlarının oluşturduğu en küçük ağaç toplumu*) kuruluşuna ait dendrometrik değişkenlerin bilinmesi çeşitli araştırma ve uygulamalar için önemli konular olmasına rağmen meşcere yapısı ile uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkiler yeterince açık değildir. Uzaktan algılama çalışmalarının çoğu spektral yansıma desenlerinden yararlanmaya odaklanmıştır ve mekansal bilgileri ihmal etmekte dir. Buna rağmen uzaktan algılama verileriyle mekansal bilgilerin bir arada kullanımı, orman varlığına yönelik yapılan tahminlerin doğruluğunun geliştirilmesinde önemli bir faktördür. Ancak bunun için öncelikle “orman meşceresine ait dendrometrik değişkenlerin, uzaktan algılama verisinin hangi orijinal bantları veya vejetasyon indeksleri (VI) ile ne oranda önemli bir ilişkiye sahiptir? ” sorusunun cevaplanması gereklidir.

Bu çalışmada orman meşceresine ait dendrometrik elemanlarla uzaktan algılama verileri arasındaki ilişkileri belirlemek ve bu ilişkilerin orman varlığının spektral olarak modellenmesindeki gerekliliğini ortaya koymak amaçlanmıştır. Orman kuruluşunun temel yapı taşı olan meşcereye ait dendrometrik değişkenler, Landsat ETM⁺ altı orijinal bandı (1-5,7) ve 25 farklı vejetasyon indeksine ait spektral yansıma değerleriyle ne oranda ilişkili olduğunu anlayabilmek için testler yapılmıştır. Pearson korelasyon katsayısı, basamaklı regresyon analizi, uzaktan algılama verileriyle dendrometrik değişkenler arasındaki ilişkilerin analiz edilmesinde kullanılmıştır.

Çalışma alanı olarak Adapazarı il sınırları içinde ve 40°32'- 40°41' kuzey enlemleriyle 29°29'- 30°08' doğu boylamaları arasında yer alan Pamukova ve Yuvacık Orman İşletme Şeflikleri seçilmiştir. Çalışmada ayrıca 1/25000 ölçekli memleket haritaları, meşcere tipi haritaları ve sayısal arazi modelleri, 2001 yılına ait ETM⁺ uydu görüntüleri kullanılmıştır.

II. YÖNTEM

Araştırmada Landsat ETM⁺ uydu görüntüleri ve arazi envanter verileri temel girdileri oluşturmaktadır. Örnekleme parsellerinin mekansal konumlarından yararlanarak uydu verilerinin analizinden elde edilen yansımaya değerleri veri tabanında dendrometrik değişkenlerle ilişkilendirilmiş ve istatistiksel ilişkiler incelenmiştir.

II.1. Arazi Envanter Verilerinin Toplanması ve Değerlendirilmesi

Bu çalışmada orman varlığına ait dendrometrik elemanlarla uzaktan algılama verileri arasındaki spektral ilişkileri ortaya koyabilmek için 300x300 m aralıklarla sistematik olarak orman alanına dağıtılan ve ormanın yapısına göre 600 veya 800 m² büyüklüğünde alınan örnekleme parsellerinden elde edilen arazi envanter karneleri kullanılmıştır. Her bir örnekleme parselinde, göğüs çapı 8 cm.den daha büyük her ağacın türü, boyu ve göğüs çapı kayıt edilmiştir.

Arazi çalışmaları sırasında, örnekleme parselinin konumu seçilirken biri kızılötesi (ETM4,5,7), diğeri kızılötesi ve görünen kesim (ETM5,4,3) bantlarının kompozisyonundan oluşan renkli çıktılardan yararlanılmıştır. Her örnekleme parselinin koordinatı daha sonraki aşamalarda mekansal verilerin CBS ve görüntü işleme sistemlerine entegrasyonunu sağlamak için GPS ile UTM projeksiyon sisteminde kaydedilmiştir. Örnekleme parselinin boyutunun arazi çalışmalarındaki düzenli GPS ölçmelerinde gözlenen hatadan (<10m) daha büyük olması nedeniyle araştırmada diferansiyel düzeltme kullanılmamıştır.

Çalışmada arazide konumları güvenilir olarak belirlenmiş toplam 217 adet örnekleme parseline ait arazi envanter karnesi elde edilmiştir. Envanter karnelerinde göğüs çapı 8 cm den daha büyük 7270 adet ağaca ait kayıt bulunmaktadır. Arazi envanter karnelerine ait sayısal veriler SQL veritabanında toplanmış ve veri depolama, veri yönetimi, veri dönüşümü ve sorgulama işlemlerinde kullanılmıştır. Veri tabanından yararlanarak arazi envanter verileri rasgele iki gruba ayrılmıştır. Birinci grup veri seti (109 adet örnekleme parseli, 3657 adet ağaç) orman meşceresine ait dendrometrik elemanların hesaplanmasında ve uzaktan algılama verileriyle ilişkilendirilmesinde kullanılmıştır. İkinci grup veri seti ise doğruluk analizlerinde kullanılmıştır.

Orman varlığına ait özelliklerin nicel olarak ortaya konulabilmesi için arazide ölçülen verilere dayanarak meşcere kuruluşu ile ilgili aşağıdaki temel dendrometrik elemanlar hesaplanmıştır. Formüller, Kalıpsız (1988) ve Spurr (1952)'den derlenmiştir [6,7].

$$\text{Meşcere Orta Boyu (H; m):} \quad H = \sum \frac{h}{N} \quad (1)$$

$$\text{Meşcere Orta Çapı (D; cm):} \quad D = \sqrt{\sum \frac{d^2}{N}} \quad (2)$$

$$\text{Göğüs Yüzeyi (G; m²/ha):} \quad G = \sum \frac{\pi}{4} d_{1.30}^2 = \sum \frac{g_{1.30}}{A} \quad (3)$$

$$\text{Ortalama Meşcere Hacmi (V; m³/ha):} \quad V = \sum \frac{v}{A} \quad (4)$$

Burada, (N) örnekleme parselindeki toplam ağaç sayısı, (d) göğüs yüksekliğindeki (1.30m) kabuklu çap, (g) göğüs yüzeyi, (h) ağaç boyu, (v) ağaç hacmi ve (A) örnekleme parselinin toplam alanını göstermektedir.

II.2. Landsat ETM⁺ Görüntülerin İşlenmesi

Uzaktan algılama verilerinin kullanıldığı çalışmalarda geometrik, atmosferik ve topografik düzeltme genellikle kaçınılmazdır. Bu çalışmada arazi envanter verileri ve uzaktan algılama verileri ilişkilendirilerek değerlendirileceği için geometrik rektifikasyon, atmosferik ve topografik düzeltme çok daha fazla önem kazanmaktadır çünkü gerçek spektral yansıma değerlerinin yer gerçekleriyle ilişkilendirilmesi araştırmanın doğruluğu için ön koşuldur.

Bu çalışmada 1/25000 ölçekli standart topografik haritalardan elde edilen UTM (WGS84 Zone36 North) projeksiyonundaki harita koordinatlarından uydu görüntülerinin geometrik düzeltmesi gerçekleştirilmiştir. Geometrik düzeltme işleminde karesel ortalama hata sınırı olarak uluslararası standart olan 0,5 piksel alınmıştır [8]. Örnekleme parsellerinden elde edilen yer gerçekleriyle uydu görüntüsünde bunlara karşılık gelen spektral yansıma değerlerinden yararlanılacağı için görüntülerin işlenmesinde orijinal piksel değerleri üzerinde en az değişime sebep olan 1. dereceden polynomial dönüşüm ve en yakın komşu yöntemi kullanılmıştır.

ETM⁺ görüntüleri Erdas Imagine yazılımının ATCOR3 modülü kullanılarak atmosferik ve topografik olarak düzeltilmiştir. Bu uygulama meşcere tipi içindeki homojenliği artırmaktadır.

Aynı zamanda meşcere tipi içindeki spektral yansıma farklılığını azaltmakta ve uzaktan algılama verileri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkiyi güçlendirmektedir [9].

Tüm bu düzeltmelerden sonra çalışma alanı için vejetasyon indeksleri hesaplanmıştır. Vejetasyon indeksleri, vejetasyondan gelen sinyalleri zenginleştirirken solar parlama ve topraktan gelen arka plan yansımalarını azaltmak için tasarlanmıştır [10].

Çalışmada kullanılan vejetasyon indeksleri elde edilmiş yöntemlerine göre 3 farklı grupta ele alınmışlardır. Bunlar;

1. Kompleks vejetasyon indeksleri: ARVI (Atmospherically Resistant Vegetation Index), ASVI (Atmospheric and Soil Vegetation Index), GEMI (Global Environment Monitoring Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index).
2. Basit bant oranları ve Normalizasyon oranları: ETM4/3, ETM5/3, ETM5/7 ve ETM5/4, NDVI (Normalize Difference Vegetation Indices), GNDVI (Green Normalize Difference Vegetation Indices), ND53, ND54, ND57, ND32
3. Doğrusal bant kombinasyonları: Albedo, MID57, VIS123, Vind, PCA (Principle Component Analysis) ve TK (Tasseled Cap)'dir.

Bu çalışmada 25 farklı vejetasyon indeksi kullanılmıştır. Çizelge 1'de çalışmada kullanılan vejetasyon indekslerinin her birinin formülü verilmiştir. Vejetasyon indeks görüntüleri, ERDAS Imagine yazılımında her vejetasyon indeksi için formüllerine uygun grafik modeller yazılarak oluşturulmuştur.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan vejetasyon indeksleri.

	Vejetasyon İndeksi	Formül
1inci Grup	ARVI	$(\text{NIR}-2\text{Red}+\text{Blue}) / (\text{NIR}+2\text{Red}-\text{Blue})$
	ASVI	$((2\text{NIR}+1)- ((2\text{NIR}+1)^2 - 8(\text{NIR}-2\text{Red}+\text{Blue})/ 2)^{1/2}) / (1-0,25\xi) - (\text{RED}-1,25)/1-\text{RED}$
	GEMI	$\xi = 2(\text{NIR}^2 - \text{RED}^2) + 1.5\text{NIR} + 0,5\text{RED} / \text{NIR} + \text{RED} + 0,5$
	MSAVI	$((2\text{NIR}+1) - (2\text{NIR}+1)^2 - 8(\text{NIR}-2\text{RED}))^{1/2}$
	SAVI	$(\text{NIR}-\text{RED}) / (\text{NIR}+\text{RED}+L)(1+L) , L=0.5$
2inci Grup	NDVI	$\text{ETM4} - \text{ETM3} / \text{ETM4} + \text{ETM3}$
	GNDVI	$\text{NIR}-\text{Green} / \text{NIR}+\text{Green}$
	ND53	$\text{ETM5} - \text{ETM3} / \text{ETM5} + \text{ETM3}$
	ND54	$\text{ETM5} - \text{ETM4} / \text{ETM5} + \text{ETM4}$
	ND57	$\text{ETM5} - \text{ETM7} / \text{ETM5} + \text{ETM7}$
	ND32	$\text{ETM3} - \text{ETM2} / \text{ETM3} + \text{ETM2}$
	ETM5/3	$\text{ETM5}/\text{ETM3}$
	ETM5/4	$\text{ETM5}/\text{ETM4}$
	ETM5/7	$\text{ETM5}/\text{ETM7}$
SR (IR/R)	$\text{ETM4}/\text{ETM3}$	
3ncü Grup	TK1	$0,3561\text{ETM1}+0,3972\text{ETM2}+0,3904\text{ETM3}+0,6966\text{ETM4}+0,228\text{ETM5}+0,1596\text{ETM7}$
	TK2	$-0,3344\text{ETM1}-0,3544\text{ETM2}+0,4556\text{ETM3}+0,6966\text{ETM4}-0,0242\text{ETM5}-0,263\text{ETM7}$
	TK3	$0,2626\text{ETM1}+0,2141\text{ETM2}+0,0926\text{ETM3}+0,0656\text{ETM4}-0,7629\text{ETM5}-0,5388\text{ETM7}$
	PCA 1,2,3	
	VIS123	$\text{ETM1}+\text{ETM2}+\text{ETM3}$
	MID57	$\text{ETM5}+\text{ETM7}$
	Albedo	$\text{ETM1}+\text{ETM2}+\text{ETM3}+\text{ETM4}+\text{ETM5}+\text{ETM7}$
Vind	$\text{ETM4} - \text{ETM3}$	

II.3. Uzaktan Algılama Verileriyle Dendrometrik Değişkenlerin İlişkilendirilmesi

Uzaktan algılama verileri, meşcere yapısı ve meşcereyi oluşturan türlerin kompozisyonu hakkında ayrıntılı bilgiler verebilmektedir. Farklı meşcere yapıları, çeşitli dalga boylarında farklı spektral yansıma değerlerine sahiptir. Dolayısıyla meşcere parametreleri ve uzaktan algılama verileri arasındaki ilişki de farklılık göstermektedir. Bu farklı ilişkilerin analizinde Pearson korelasyon analizinden yararlanılmıştır. Korelasyon analizi, bağımsız değişken veya değişkenlerle, bağımlı değişken arasındaki ilişkinin oran olarak ifade edilmesidir [11].

Bu çalışmada çap, boy, göğüs yüzeyi ve hacim gibi dendrometrik değişkenler bağımlı değişken; orijinal ETM⁺ bantları, vejetasyon indekslerinden oluşan uzaktan algılama verileri de ise bağımsız değişken olarak kullanılarak, meşcere parametreleri ile uzaktan algılama verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Belirlilik katsayısı, R^2 , regresyon modeli ile elde edilen örnekleme değişkenliğinin yüzdesidir. Yani bir bağımlı değişkenin, bir bağımsız değişken tarafından açıklanabilen kısmının oranıdır

III.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

III.1. Dendrometrik Değişkenler ve ETM⁺ Yansıma Değerleri Arasındaki İlişkiler

Çizelge 2. dendrometrik değişkenlerle Landsat ETM⁺ yansıma değerleri arasındaki korelasyon katsayılarını özetlemektedir. Dendrometrik değişkenlerinin tümü Landsat ETM⁺ yansıma değerleri ile negatif korelasyon göstermektedir. Farklı dendrometrik değişkenler, ETM⁺ orijinal bantlarıyla istatistiksel olarak çeşitli oranlarda negatif ilişkilere sahiptir. Bunun anlamı meşcere hacmi, göğüs yüzeyi gibi dendrometrik değişkenlerin arttığı alanlarda ETM⁺ deki yansıma değerlerinin azaldığı, aynı şekilde ETM⁺ daha yüksek yansıma değerlerine sahip olduğu alanlarda ise daha az hacim, göğüs yüzeyi gibi değerlerin bulunduğuudur.

Çizelge 2. Dendrometrik değişkenler ve Landsat ETM⁺ yansıma değerleri arasındaki ilişkiler

<i>ETM⁺ Bantları</i>	<i>HACIM</i>	<i>GYUZ</i>	<i>BOY</i>	<i>CAP</i>
ETM1	-0,32	-0,31	-0,45	-0,24
ETM2	-0,60	-0,55	-0,59	-0,49
ETM3	-0,45	-0,47	-0,63	-0,35
ETM4	-0,78	-0,72	-0,64	-0,61
ETM5	-0,82	-0,81	-0,78	-0,60
ETM7	-0,64	-0,66	-0,71	-0,46

Çalışma alanında yakın kızılötesi (ETM4) ve orta kızılötesi (ETM5) bantlar tüm dendrometrik değişkenlerle önemli ilişkilere sahiptir. Bunu ETM7 (orta kızılötesi) izlemektedir. Görünen kesim bantlarından ETM1 ise tüm dendrometrik değişkenler ile zayıf ilişkilere sahiptir. ETM2 meşcere parametreleri ile önemli ilişkilere sahip olmasına rağmen, ETM3 sadece boy ile önemli ilişki göstermektedir. Çizelge 3. çalışma alanındaki dendrometrik değişkenler ve ETM⁺ bantlarının yansıma değerleri arasındaki ilişkileri derecelerine göre gruplandırmaktadır. Bu tabloda genel olarak hacim ve göğüs yüzeyinin, ETM⁺ yansıma değerleri ile gösterdiği korelasyon çap ve boya göre daha yüksektir. Bunun nedeni hacim ve göğüs yüzeyinin meşcereye ait kütleli değerler olması, buna karşılık çap ve boy parametrelerinin ise tek ağaç değerlendirilmelerinden elde edilen ortalamalar olması ve bu parametrelerin yetişme ortamı koşullarından fazlaca etkilenmesidir.

Çizelge 3. ETM⁺ ve meşcere parametreleri arasındaki ilişkilerin gruplandırılması

Meşcere Parametreleri	Çok Güçlü R≥0,8	Güçlü 0,7≤R<0,8	İyi 0,6≤R<0,7	Zayıf 0,5≤R<0,6	Çok Zayıf R<0,5
HACIM	5	4	2,7		1,3
GYUZ	5	4	7	2	1,3
BOY		5,7	3,4	2	1
ÇAP			4,5		1,2,3,7

1,2,3,4,5,7 rakamları sırasıyla ETM1, ETM2, ETM3, ETM4, ETM5, ETM7 bantlarına karşı gelmektedir

ETM5 bandı çalışma alanındaki tüm dendrometrik değişkenler ile genellikle yakın ilişkilere sahiptir. ETM4 ve ETM7 bantları da dendrometrik değişkenler ile güçlü ilişkiler göstermektedir. ETM4 bandının ETM5'e göre daha düşük ilişkilere sahip olmasının nedeni vejetasyondaki renk pigmentlerinin değişimi ve yetiştirme ortamı koşullarından kaynaklanan küçük yansıma değerleri farklılıklarına daha hassas olmasıdır [12]. ETM⁺ orijinal bantlarının yansıma değerleri; meşcere gölgelemesi, toprak nemi ve topografik yapı gibi çevresel faktörlerden vejetasyon indekslerine göre daha fazla etkilenirler.

III.2. Dendrometrik Değişkenler ve Vejetasyon İndeksleri Arasındaki İlişkiler

Birçok vejetasyon indeksinin orman meşceresine ait dendrometrik elemanlarla önemli bir korelasyona sahip olmadığı çizelge 4 incelendiğinde görülmektedir. Dendrometrik değişkenlerle en yüksek korelasyona ($0,83 \leq R \leq 0,75$) sahip vejetasyon indeksleri TK1, PC1, MID57, TK3, ASVI ve Albedo'dur. ASVI dışındaki kompleks vejetasyon indeksleri dendrometrik değişkenler ile zayıf korelasyon ($R < 0,50$) göstermektedir. Genel olarak hacim ve göğüs yüzeyi, çap ve boya göre vejetasyon indeksleri ile daha yüksek korelasyona sahiptir.

ARVI, ASVI, MSAVI, SAVI, NDVI, ETM4/3 gibi vejetasyon indeksleri, orman örtüsünün sınıflandırılmasında farklı vejetasyon türleri arasındaki spektral yansıma farklarına duyarlı olan ETM4 ve ETM3 bantlarının avantajına sahiptirler. Çünkü ETM4 vejetasyonla yüksek yansıma oranına, ETM3 ise vejetasyon tarafından yüksek oranda soğurulduğu için düşük yansıma oranına sahiptir. Yukarıda sözü edilen vejetasyon indeksleri bu bantları yapılarında bulundurmaktadır. Buna rağmen bu vejetasyon indeksleri dendrometrik değişkenler ile zayıf ilişkilere sahiptir. PC1, TK1 ve ALBEDO gibi doğrusal bant kombinasyonları hacim, göğüs yüzeyi, boy ve çap gibi dendrometrik değişkenler ile güçlü korelasyona sahiptir. Çünkü bu vejetasyon indeksleri, özellikle vejetasyon örtüsü ile yüksek yüzey yansımasına sahip orta (ETM5) ve yakın (ETM4) kızılötesi bantların doğrusal dönüşümleri ile birçok bilgiyi özetlemektedir.

ETM5 ve ETM4 bantları TK1 ve PC2 bileşenleri ile yüksek korelasyona sahiptir (Çizelge 5). Bunun anlamı TK1 ve PC2 bileşenlerinin ETM4 ve ETM5 bantlarından daha fazla bilgi aldıklarıdır. Dolayısıyla bu bileşenler dendrometrik değişkenler ile yüksek korelasyona sahip yakın ve orta kızılötesi dalga boyundan geliştirilmiştir. Bunun sonucunda Tasseled Cap dönüşümü parlaklık (TK1) bileşeni çalışma alanı için genelde orman meşceresine ait dendrometrik elemanlarla yüksek ilişkilere sahiptir.

Çizelge 4. *Vejetasyon indeksleri ve dendrometrik elemanlar arasındaki korelasyon katsayıları*

Vejetasyon İndeksleri	HACIM	GYUZ	BOY	CAP	ARTIM	SIKLIK
ARVI	0,27	0,31	0,45	0,21	0,29	-0,02
ASVI	-0,78	-0,72	-0,64	-0,61	-0,33	0,24
GEMI	0,68	0,61	0,49	0,53	0,26	-0,22
MSAVI	-0,39	-0,31	-0,14	-0,32	-0,03	0,18
SAVI	-0,39	-0,31	-0,14	-0,32	-0,03	0,18
NDVI	-0,39	-0,31	-0,14	-0,32	-0,03	0,18
GNDVI	-0,55	-0,50	-0,40	-0,43	-0,21	0,15
ND32	-0,24	-0,30	-0,44	-0,16	-0,32	-0,06
ND53	-0,18	-0,13	0,02	-0,07	-0,01	0,00
ND54	0,16	0,07	-0,01	0,19	-0,13	-0,26
ND57	-0,10	-0,05	0,08	-0,09	0,02	0,13
ETM4/3	-0,40	-0,32	-0,15	-0,33	-0,04	0,18
ETM5/3	-0,44	-0,40	-0,23	-0,31	-0,16	0,04
ETM5/4	0,13	0,04	-0,03	0,17	-0,15	-0,26
ETM5/7	-0,11	-0,05	0,06	-0,10	0,01	0,14
TK1	-0,83	-0,79	-0,76	-0,65	-0,41	0,23
TK2	-0,57	-0,50	-0,36	-0,46	-0,17	0,22
TK3	0,76	0,77	0,74	0,54	0,49	-0,04
PC1	-0,78	-0,78	-0,81	-0,57	-0,49	0,11
PC2	-0,80	-0,75	-0,66	-0,62	-0,37	0,21
PC3	0,48	0,39	0,38	0,43	0,11	-0,32
VIND	-0,68	-0,61	-0,50	-0,54	-0,25	0,23
VIS123	-0,55	-0,53	-0,66	-0,43	-0,34	0,17
MID57	-0,79	-0,79	-0,79	-0,57	-0,49	0,08
ALBEDO	-0,84	-0,81	-0,81	-0,64	-0,46	0,19

Çizelge 5. Tasseled Cap ve PCA dönüşümlerinin ETM⁺ bantları ile olan ilişkileri

		ETM1	ETM2	ETM3	ETM4	ETM5	ETM7
Tasseled Cap Dönüşümleri	TK1/Parlaklık	0,44	0,73	0,54	0,95	0,90	0,66
	TK2/Yeşillik	-0,04	0,21	-0,12	0,89	0,54	0,12
	TK3/Nemlilik	-0,27	-0,49	-0,51	-0,67	-0,97	-0,90
Principle Component Dönüşümleri	PC1	0,52	0,75	0,76	0,68	0,94	0,91
	PC2	0,23	0,52	0,29	0,99	0,86	0,54
	PC3	-0,37	-0,60	-0,28	-0,78	-0,34	-0,03

Çalışma alanındaki farklı meşcere parametreleri ile ETM⁺ bantları, vejetasyon indeksleri arasında en yüksek ilişkiye sahip olanlar Çizelge 6'da özetlenmiştir.

Çizelge 6. Uzaktan algılama verileri ve orman meşcerelerine ait dendrometrik değişkenler arasındaki en iyi ilişkilerin özeti

UA Verileri ► Dend. Değişkenler ▼	ETM ⁺		VI	
	Bant	R	İndeks	R
HACIM	ETM5 ETM4	-0,82 -0,78	ALBEDO	-0,84
			TK1	-0,83
			PC2	-0,80
			MID57	-0,79
GYUZ	ETM5 ETM4	-0,81 -0,72	ALBEDO	-0,81
			TK1	-0,79
			MID57	-0,79
			PC1	-0,78
BOY	ETM5 ETM7	-0,78 -0,71	ALBEDO	-0,81
			PC1	-0,81
			MID57	-0,79
			TK1	-0,76
ÇAP	ETM4 ETM5	-0,61 -0,60	TK1	-0,65
			ALBEDO	-0,64
			PC2	-0,62
			ASVI	-0,61

Çalışma alanında ETM5 bandı hacim, göğüs yüzeyi ve boy ile en iyi ilişki gösteren ETM⁺ bandı olmuştur. Meşcere orta çapı ise ETM4 ile daha iyi ilişki göstermektedir. Çalışmanın genelinde MID57, TK1, PC1 ve Albedo gibi ETM⁺ bantlarının doğrusal bant kombinasyonları meşcere parametreleri ile çok güçlü ilişkiler göstermektedir. Özellikle Tasseled Cap algoritmasının TK1 (parlaklık) bileşeni, çalışma alanındaki yapraklı türlerin karışımına rağmen incelenen meşcere parametreleriyle en iyi ilişkiyi göstermiştir. Bunun nedeni ETM⁺ bantlarının doğrusal kombinasyonlarının farklı bantlardan daha fazla bilgi elde etmeleri ve topraktan gelen yansımaları azaltmalarıdır.

Diğer önemli bir bulgu da, yapılarında yakın kızıl ötesi (ETM4) ve kırmızı (ETM3) dalga boylarını bulduran NDVI, ETM4/3, ARVI, MSAVI ve SAVI gibi vejetasyon indekslerinin meşcere parametreleri ile zayıf korelasyon göstermeleridir. Oysa bu bantlar vejetasyon tipleri arasındaki yansıma farklarını zenginleştiren ETM4'teki yüksek vejetasyon yansımalarının ve ETM3'teki düşük vejetasyon yansımalarının avantajını taşımaktadırlar. Bununla birlikte böyle bir zenginleştirme vejetasyon indeksleri ve meşcere parametreleri arasındaki ilişkilere zarar vermektedir.

Çizelge 6'daki özet sonuçlar benzer biyofiziksel koşullara sahip diğer çalışma alanlarına da aktarılabilir ve meşcere parametreleri ile ilişkili araştırmalarda en iyi spektral bant kombinasyonlarının seçimi için bir rehber olarak kullanılabilir. Ayrıca bu sonuçlar orman örtüsünün sınıflandırılmasında, olası bantların seçimi için de önemlidir. Elde edilen bu yeni ilişkiler bölgesel veya küresel ölçekte ASTER, SPOT, MODIS veya AVHRR verileri kullanılarak yapılacak çalışmalara da uygulanabileceği tahmin edilmektedir.

IV. KAYNAKLAR

- [1] H. Yener, "İki farklı uydu verisinin üstün niteliklerinden faydalanma amacıyla sayısal olarak birleştirilmesi", *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri. A, Cilt. 53, Sayı.1, sf. 75–85, 2003.
- [2] K. Erdin, A. Koç, H. Yener, "Uzaktan algılama verileriyle İstanbul çevresi ormanların alansal ve yapısal değişikliklerinin saptanması ve ORBİS'in oluşturulması proje kesin raporu", İÜ. Araştırma Fonu Prj. No. 636/210994, 1998.

- [3] E. F. Moran, “Deforestation and land use in the Brazilian Amazon”, *Human Ecology*, Vol. 21, pp. 1-21, 1993.
- [4] M. İnan, “*Yeniçiftlik Deresi (Beykoz) Yağış Havzasında Arazi Kullanımındaki Değişimlerin Akım Üzerine Etkileri*””. Yüksek lisans tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.
- [5] E. S.Brondizio, E. F. Moran, P.Mausel, Y. Wu, “Land Cover in The Amazon Estuary: Linking of The Thematic Mapper with Botanical and Historical Data”, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 62, pp. 921–929, 1996.
- [6] A. Kalıpsız, “*Orman Hasılatı Bilgisi*”, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, 975-404-074-5, İstanbul, 1988.
- [7] S. H.Spurr, “*Forest Inventory*”, The Ronald Press Company, NY, 1952.
- [8] Erdas, “*Erdas Field Guide 8.6*”, Erdas Inc. Atlanta USA, 1998.
- [9] M. İnan,. “*Orman Varlığının Saptanmasında Uzaktan Algılama Verileri*”, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 2004.
- [10] D.R. Jackson, R. Huete, "Interpreting vegetation indices", *Preventive Veterinary Medicine*, Vol.11, pp. 185–200, 1991.
- [11] P. Newbold (Çev: Şenesen Ü.), “*İşletme ve İktisat İçin İstatistik*”, Literatür Yayınları, İstanbul, pp. 975–8431–55–2, 2003.
- [12] P. S. Roy, S. A. Ravan,. “Biomass estimation using satellite remote sensing data an investigation on possible approaches for natural forest”, *Journal of Bioscience*, Vol. 21, pp. 535–561, 1996.