



B İLEÇİK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

**RÜZGAR ENERJİ SİTELERİNİN YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN SAYISAL GÖRÜNTÜLEME
YÖNTEMLERİ İLE ANALİZ VE UYGULAMASI**

Vahap NECCAROLU
Yüksek Lisans

Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Ümit Çidem TURHAL

B İLEÇİK, 2016
Ref.No:10121743



B İLEK K İYH EDEBAL ÜN VERS TES

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisli i Anabilim Dalı

**RÜZGAR ENERJİSİ ÇALIŞMALARINDA YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN SAYISAL GÖRÜNTÜLEME
YÖNTEMLERİLE ANALİZ VE UYGULAMASI**

Vahap NECCAROLU

Yüksek Lisans

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Ümit Çidem TURHAL

B İLEK K, 2016



B İLEÇK EYHALEBAL UNIVERSITY
Graduate School of Science
Department of Energy Systems Engineering

**ANALYSIS AND APPLYING OF SURFACE ROUGHNESS
WITH NUMERICAL IMAGE PROCESSING
TECHNIQUES IN WIND ENERGY STUDIES**

Vahap NECCARO LU
Thesis of Master Degree

Thesis Advisor
Asist. Prof. Ümit Çidem TURHAL

B İLEÇK, 2016



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS
• JÜRİ ONAY FORMU**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26/07/2016 tarih ve 40 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 29/07/2016 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Vahap NECCAROĞLU'nun "Rüzgar Enerjisi Çalışmalarında Yüzey Pürüzlülüğünün Sayısal Görüntü İşleme Yöntemleri İle Analizi ve Uygulaması" başlıklı tez çalışması Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE (TEZ DANIŞMANI) :Yrd. Doç. Dr. Ümit Çiğdem TURHAL

ÜYE :Prof. Dr. Mehmet KURBAN

ÜYE :Yrd. Doç. Dr. Ahmet Yahya TEŞNELİ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI BAŞKANI : Doç. Dr. Metin KESLER

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
.../.../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA / MÜHÜR

TE EKKÜR

Çalı malarım süresince emek vererek katkıda bulunan ve deste ini esirgemeyen tez danı manım Yrd. Doç. Dr. Ümit Çi dem TURHAL'a sonsuz te ekkürlerimi sunarım.

Vahap NECCARO LU

Temmuz, 2016



ÖZET

Bu çalı mada yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan rüzgar enerji santrali kurulumunda önemli bir parametre olan yüzey pürüzlülük parametresinin tespiti için sayısal görüntü i leme tekniklerinin kullanıldı ı bir yöntem geli tirilmi tir. Rüzgar enerji santralinin kurulaca ı arazinin yüzey pürüzlülük parametresi arazi üzerindeki pürüzlülük elemanlarının boyutları ve arazi içerisindeki da ılımına ba lı olarak de i mektedir. Günümüzdeki uygulamalarda santral kurulumu için önerilen araziye ait yüzey pürüzlülük parametreleri, pürüzlülük haritaları, WAsP yazılımı ile veya bilgisayar ortamında yersel gözlemlerden elde edilen bilgiler do rultusunda yakla ık olarak da çizilebilir. Bu uygulamaların iki önemli dezavantajı vardır. Bu dezavantajlardan biri WAsP yazılımı ile elde edilen pürüzlülük haritasının maliyetli olu u ve zaman alması di eri ise yapılan de erlendirmenin kısıtlı yersel gözlemlere dayanıyor olmasından dolayı gerçe i bire bir yansıtamaması ve bölgenin sadece belirli bir bölgesini temsil ediyor olmasıdır. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak için bu tez çalı masında, rüzgar enerji santralinin kurulumunda önemli bir parametre olan yüzey pürüzlülük parametresinin geleneksel yöntemler yerine havadan çekilen arazi foto rafı üzerinden sayısal görüntü i leme teknikleri ile belirlendi i bir yöntem geli tirilmi tir. Sunulan bu yöntem ile pürüzlülük haritasının belirlenmesi WAsP programına göre çok daha dü ük maliyetle ve yüksek hızda gerçe klerle irken aynı zamanda kurulum bölgesi etrafında yersel gözlemlere oranla çok daha geni bir yüzey ara tırmasına olanak verecek ekilde gerçe klerle tirilebilmi tir. Tez çalı masındaki uygulamalar Harita Genel Komutanlı ından elde edilen görüntüler üzerinde gerçe klerle tirilmi ve yazılım ortamı olarak MATLAB yazılım platformu kullanılmı tir. Yöntem olarak görüntü bölütleme yöntemi ile arazi üzerindeki kapalılık oranlarının belirlenmesi i lemi gerçe klerle tirilmi tir. Görüntü bölütleme i lemi üç faklı görüntü bölütleme yöntemi kullanılarak yapılmı tir. Bu yöntemler sırasıyla OTSU algoritması, fuzzy c-means ve k-means algoritmalarıdır. Bu üç yöntemden elde edilen sonuçlar gerçe e uygunlukları açısından ERDAS yazılımı ile elde edilen sonuçlarla kar ıla tırılarak verilmi tir. Elde edilen sonuçlara göre tez çalı masında önerilen yöntem ile yüzey pürüzlülük haritasının etkin bir ekilde elde edilebildi i görülmü tür.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar Enerjisi; Rüzgar Enerji Santrali; Sayısal Görüntü i leme;

ABSTRACT

In this study, a new method in which numerical image processing techniques are used is developed in order to determine the surface roughness parameter that is an essential parameter in the construction of wind turbines, one of the renewable energy sources. Surface roughness parameter of the construction area of a wind power plant varies with regard to the dimensions of roughness elements, and also to the spreading of these elements on the area. Surface roughness parameters and roughness maps belonging to the suggested area can be approximately prepared in nowadays' applications by means of WASP software or using a computer environment assisted by information acquired from terrestrial survey of the construction area. However, using these methods has two major disadvantages. One of these is that preparing roughness maps by WASP software results in costing too much and taking too much time. The other is that determination cannot be performed exactly for depending on restricted terrestrial survey representing only a restricted part of the construction area. In order to eliminate the disadvantages of the traditional methods, in this study a more cost-effective surface roughness determination is achieved by a newly developed method, taking a comparatively shorter time, in which numerical image processing techniques are applied to the images obtained using aerial photographing. Comparing with WASP programme, not only does this method remove the disadvantages but it also enables a wider surface evaluation beyond the surroundings of the instruction area. Evaluating of covering proportion of the roughness elements in the area is carried out on the images taken from General Command of Mapping with three different image segmentation techniques using MATLAB software platform. These segmentation techniques are OTSU, fuzzy e-means and k-means algorithms. Results acquired from these algorithms are compared with each other and also compared with ERDAS Imagine Software to judge accurateness. According to the results obtained in this thesis study, surface roughness maps can be effectively prepared with this newly developed method.

Key Words: Windpower; Windpower Plant; Numerical Image Processing

Ç İNDEK İLER

JÜR İ ONAY FORMU

TE EK KÜR

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
Ç İZELGELER D İZ İN	iv
EK İLLER D İZ İN	v
1. G İR	1
1.1 Literatür Özeti.....	3
2. RÜZGAR TARLASI KURULUMU	6
2.1 Rüzgar.....	6
2.2 Anemometre.....	9
2.3 Rüzgar Gücü.....	10
2.4 Rüzgar Hızı De ğ i kenli ğ i.....	10
2.5 Wake Etkisi ve Türbinlerin Yerle ğ imi.....	11
2.6 Tepe ve Tünel Etkisi	13
2.7 Türbülans ve Engeller.....	15
2.8 Pürüzlülük.....	16
3. METARYEL ve METOD	21
3.1 Materyal	21
3.1.1 Hava foto rafları	21
3.2 Metod	23
3.2.1 Sayısal görüntü ğ i leme.....	23
3.2.2 Sayısal görüntü ğ i leme adımları	25
3.2.3 Çalı ğ mada kullanılan görüntü ğ i leme teknikleri	29
4. UYGULAMA	39
4.1 OTSU	39
4.2 Fuzzy C-Means	43
4.3 K-Means.....	46
4.4 ERDAS magine	48
5. TARTI MA VE SONUÇLAR	50
KAYNAKLAR	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 WAsP programına göre pürüzlülük sınıfı-pürüzlülük uzunluğu.....	19
Çizelge 4.1 OTSU algoritması için kullanılan kodlar.....	40
Çizelge 4.2 OTSU algoritması sonuçları.	41
Çizelge 4.3 Fuzzy C-means algoritmasında kullanılan kodları.	43
Çizelge 4.4 Fuzzy C-Means algoritması sonuçları.	45
Çizelge 4.5 K-Means algoritmalarının kodları.	46
Çizelge 4.6 K-Means algoritması sonuçları.....	48
Çizelge 4.7 ERDAS Magine ile yapılan çalışmanın sonuçları.	49
Çizelge 5.1 Üç algoritmanın arazi üzerinde yakalandıkları alan aç yüzdeleri.....	50
Çizelge 5.2 ERDAS Magine programının yakalamı oldu u alan aç yüzdeleri.....	51
Çizelge 5.3 Kullanılan algoritmaların ERDAS yazılımına göre do ruluk sınıflandırması.	51

EK LLER D Z N

ekil 2.1 Rotor apı ve elde edilen enerji miktarı (A ay, 2007).....	7
ekil 2.2 Rüzgar hızı ve elde edilen enerji (A ay, 2007).....	8
ekil 2.3 Türbine Rüzgârın Giri i ve çıkı ı (A ay, 2007).....	9
ekil 2.4 Rüzgâr Gülü (Yerebakan, 2001).	10
ekil 2.5 Wake izi (E E).	12
ekil 2.6 Türbin Yerle im Planı (Anonymous 2010a).....	13
ekil 2.7 Tepe Etkisi Örne i (Yerebakan, 2001).....	14
ekil 2.8 Tünel Etkisi Örne i (Yerebakan, 2001).....	14
ekil 2.9 Bir Engelin Sebep Oldu u Rüzgâr Akı ı (Yerebakan, 2001).	15
ekil 2.10 Online olarak elde edilmi yüzey pürüzlülük haritası (Ay, 2012)	17
ekil 2.11 Rüzgâr hızının yüksekli e göre de i imi.....	20
ekil 3.1 Hava foto rafı örne i.....	21
ekil 3.2 Resim üzerindeki piksel (Gökçe, 2014).....	23
ekil 3.3 RGB uzayına göre renklerin olu ması (Gökçe, 2014).....	24
ekil 3.4 Gri seviye görüntü ve histogramı.	24
ekil 3.5 Binary görüntü örne i.....	25
ekil 3.6 Sayısal görüntü i leme adımları (Gökçe, 2014).	26
ekil 3.7 E ikleme örne i	28
ekil 3.8 (a) Gri seviye görüntü (b) Tek e ik iki küme görüntü (c) ki e ik üç küme görüntü (d) Üç e ik dört küme görüntü.....	32

ekil 3.9 (a) Gri seviye görüntü (b) ki küme görüntü (c) Üç küme görüntü (d) Dört küme görüntü.	34
ekil 3.10 (a) Gri seviye görüntü (b) Tek küme görüntü (c) ki küme görüntü (d) Üç küme görüntü	35
ekil 3.11. ERDAS program arayüzü.	36
ekil 3.12 Piksel de erlerine göre küme olu turma.....	37
ekil 3.13 Zemin ve a açları sınıflandırma arayüzü.....	37
ekil 4.1 (a) Arazi orijinal görüntü (b) gri seviye görüntü (c) Binary görüntü (d) A açların orijinal görüntüsü (e) A açların yakalandı ı görüntü.	42
ekil 4.2 (a) Arazi orijinal görüntü (b) gri seviye görüntü (c) Binary görüntü (d) A açların orijinal görüntüsü (e) A açların yakalandı ı görüntü.	44
ekil 4.3 (a) Arazi orijinal görüntü (b) gri seviye görüntü (c) Binary görüntü (d) A açların orijinal görüntüsü (e) A açların yakalandı ı görüntü.	47
ekil 4.4 (a) Orijinal Görüntü (b) Sınıflandırılmı görüntü.	48

SİMGELER VE KISALTMALAR (12 Punto)**Simgeler**

P	: Rüzgârdaki Enerji
	: Havanın Yo unlu u
	: Rüzgar Hızı
r	: Kanat Çapı
v	: Rüzgar Hızı
z	: rüzgar Hızının Esti i Yükseklik
z ₀	: Rüzgar Yönündeki Pürüzlülük Uzunlu u

Kısaltmalar

SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
RGB	: Renkli Görüntü Boyutu

1. G R

Enerji i yapabilme yetene idir. Sanayi sektörü ba ta olmak üzere her türlü üretim için gerekli temel girdidir. Enerji üretimi denildi inde kastedilen ifade enerji dönü ümleridir. Enerjinin bir formdan di er forma aktarılması ve bu sayede i yapılması anlamına gelmektedir. Günümüzde geleneksel enerji üretim yöntemleri insan ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri ciddi boyutlara ula mı tır. Bu nedenle temiz enerji kaynaklarına olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Dünyada birçok ülke yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmaya ve enerji üretim yöntemlerini bu yönde geli tirmeye yönelik te vik edici politikalara öncelik vermektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları olan hidrolik, rüzgar, güne , jeotermal, biyokütle, dalga enerjileri içerisinde en yaygın olan ve teknolojisi en hızlı geli en rüzgar enerjisidir. Rüzgar enerjisi güne in yeryüzü ve atmosferi her yerde aynı derecede ısıtmamasından kaynaklanan sıcaklık ve basınç farklarından olu maktadır. Güne ı nları oldu u sürece rüzgar olacaktır. Do ada serbest halde ve bol olarak bulunan rüzgar, temiz bir enerji kayna ı olarak, alternatif enerji kaynakları arasında en çok tercih edilen enerji kayna ıdır. Rüzgar enerji kayna ının, alternatif enerji kaynaklarına göre daha çok tercih edilmesinde; do ada serbest halde ve bol olarak bulunması, rüzgar çiftliklerinin kurulum ve i letim maliyetinin çok yüksek olmaması, di er enerji santralleri ile rekabet edecek düzeye gelmesi etkilidir. Bu avantajların yanı sıra rüzgar çiftlikleri kuruldukları alanın sadece % 1'lik bölümünü kullandıkları için geri kalan kısım tarımsal faaliyetlerde kullanılabilmesi ve bu çiftliklerin ömürlerini tamamlamasından sonra türbinlerin kullanıldı ı alan kolayca eski haline getirilebilmesi de tercih sebeplerindendir. Bu avantajların yanı sıra gürültülü olmaları, ku ölümlerine neden olmaları, radyo ve TV alıcılarında parazite yol açmaları gibi bir takım dezavantajlara sahiptir (Toklu, 2002).

Rüzgar parklarının kurulaca ı yer çok önemlidir. Rüzgar parkı seçiminde do anın kendisi yol göstericidir. E er park alanı içinde a aç ve bitki örtüsü var ise bunlar baskın rüzgar yönü hakkında ip uçları vermektedir. Meteorolojik verilere ba lı olarak uzun seneler hazırlanan rüzgar gülü verileri en iyi rehberli i sa layan de i kenlerden bir tanesidir. Yapılan çalı malar sonucu belirlenen parklarda rüzgar karakteristikleri ve enerji üretimi çözümlenmeleri yapılmalıdır. Bunun için belirlenen

arazide araziyi temsil edecek nokta veya noktalarda ölçüm yapılması gerekir. Bu ölçümler en az bir yıl sürmelidir. Bu ölçümlerin yanı sıra arazinin eğimi, büyüklüğü, yol ve diğer çalımlar için inceleme kolaylığı, yerleşim yerlerine uzaklığı, bitki örtüsü, hava alanına olan yakınlığı, bitki örtüsü ve arazi pürüzlülüğü son derece önemli noktalar. Enerji arazi içerisinde bitki örtüsü ya da yüksek yapılar varsa rüzgar profilini etkileyen en önemli unsur yüzey pürüzlülüğü olacaktır. Bitki örtüsü farklılıkları, yapıların yükseklikleri ve sıklığı rüzgar akışı yönünde farklı etkiler gösterir. Bu farklılıkların hesaplanması için de pürüzlülük uzunluğu birimi kullanılır. Pürüzlülük uzunluğu yüzeyden belli bir yükseklikte alınan rüzgar ölçümü ile hesaplanabilir. Günümüzdeki arazi için yüzey pürüzlülük parametresi WASP yazılımı ile gerçekleştirilmektedir. Bunun için arazide yapılan yerel gözlemler sonucunda elde edilen bilgiler kullanılmaktadır ancak bu bilgileri gerçek arazi bütünü her zaman birebir yansıtamamaktadır. Çünkü rüzgar akışını en çok etkileyen türbin etrafındaki birkaç km bölge haritalar yardımı ile analiz edilmekle beraber bu alanlarda saha gezileri yapılarak daha gerçekçi yüzey pürüzlülük analizi yapılmalıdır. Fakat bu geziler bütün arazinin gezilmesinin imkansız olup birkaç km ile sınırlı olması ile birlikte fazla zaman alması, yoğun emek istemesi, güvenlik ve ulaşım sorunlarına sahip olabilmektedir. Böylece gerçekçi sonuçlar yerine yaklaşık sonuçlar elde edilebilmektedir.

Bu tez çalışmasında rüzgar enerji santrali kurulumunda yüzey pürüzlülük haritası bölgenin güncel hava foto rafları üzerinden sayısal görüntü işleme teknikleri kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan yüksek çözünürlüklü hava foto rafları Harita Genel Komutanlığından alınmıştır. Yüzey pürüzlülük haritasının belirlenmesinde OTSU, fuzzy c-means ve k-means algoritmalarının kullanılarak üç farklı çalışma gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca elde edilen bu sonuçlar ERDAS Imagine yazılımı ile de karşılaştırılarak gerçekçi uygunlukları değerlendirilmiştir.

1.1 Literatür Özeti

Literatürde sayısal görüntü i leme tekniklerinin arazi üzerinde çok çe itli uygulamaları bulunmaktadır. Bu uygulamalardan arazi üzerindeki nesnelere bölütlenerek yüzey kapalı lının tespit edildi i birtakım uygulamalar a a ıda verilmi tir.. Bu çalı maların genellikle orman mühendisli i ve haritacılık alanlarında yer aldı ı görülmektedir.

Yılmaz (2015), yapılan çalı mada seçilen bölgenin me cere haritaları üzerinden bölgedeki a açların türü, çapı, ya ı, kapalı lı ve boyu hesaplanmı tir. A açların boyları Harita Genel Komutanlı ından elde edilen stereo görüntüleri nokta bulutu haline getirip Sayısal Arazi ve Sayısal Yükseklik modelleri çıkartılarak bulunmu tur. A açların çapları ve kapalı lık haritası ise MATLAB programında geli tirilen kodlar ile otomatik olarak tespit edilmi tir. A açların çapları ve hacimlerinin belirlenmesinde sayısal görüntü i lemede yaygın olarak kullanılan Hough dönü üümü kullanılmı tir. Yapılan çalı ma %90 üzerinde do rulu a sahiptir.

Kadı ulları (2013), bu çalı mada Adıyaman Kahta bölgesinin Harita Genel Komutanlı ından alınan stereo hava foto rafları üzerinden araziye çıkmadan arazinin kapalı lık haritası çıkartılmı , arazi üzerindeki a açların yükseklikleri ve a aç tepe çapları bulunmu tur. Kapalı lık haritası için yapılan sınıflandırma MATLAB programında yapılmı ve daha sonra bu sınıflandırma ERDAS magine programında yapılan sınıflandırma ile kar ıla tırılarak hata matrisi çıkartılmı tir. Yöntemin % 90 do ruluk ile çalı tı ı tespit edilmi tir. A aç yükseklikleri ise stereo görüntülerin nokta bulutu haline getirildikten sonra ENVI LIDAR programında Sayısal Yükseklik ve Sayısal Arazi modelleri çıkartılarak bulunmu tur. Bu iki model arasındaki fark a aç yüksekliklerini vermektedir.

atır (2006), fuzzy sınıflandırma yöntemleri ile arazi örtüsünü sınıflandırmı tir. Sınıflandırma yöntemlerinden yapay sinir a ları ve do rusal karı ım teknikleri kullanarak arazinin uydu görüntüleri üzerinden sınıflandırma yapmı tir. Sınıflandırma sonucunda do rusal karı ım modeli %82 yapay sinir a ları ise %81 ba arı oranları yakalanmı tir. Karı ımın yüksek oldu u yerlerde yapay sinir a larının daha iyi sonuç verdi i gözlenmi tir.

Onur (2007), bu tez çalışmasında Antalya Kemer ilçesinin 1975 yılından 2005 yılına kadar arazi deimleri incelenmiş ve analiz edilmiştir. Uydu görüntülerinin yanında orman amenajman planlarından, hava foto raflarından ve topografik haritalardan yararlanılmıştır. Dijital görüntü işleme kısmında ERDAS Imagine programı kullanılmıştır. Geleceğe yönelik planlamalara esas olacak nitelikte sonuçlar elde edilmiştir.

Kandemir (2012), bu çalışmada İstanbul Tuzla ve Akfırat çevresinin arazi örtüsü deimleri incelenmiştir. Bunun için bölgenin uydu görüntüleri kullanılmış ve yazılım olarak ERDAS Imagine ve ArcGIS yazılımları kullanılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda orman ve tarım alanlarının yaklaşık 255 hektar azaldığı ve kentsel yerleşimin ise yaklaşık 275 hektar artışı tespit edilmiştir.

Gezici (2012), bu çalışmada Konya ilinin 26 yıllık zaman dilimi içerisinde arazi örtüsü ve kullanımında meydana gelen deimleri uydu görüntüleri üzerinde incelenerek değerlendirilmiştir. Uydu görüntülerinin yanında hava foto rafları ve topografik haritalar da kullanılmıştır. Bu görüntüler üzerine Tekrarlı Veri Analiz ve En Yüksek Olasılık yöntemleri kullanılmış ve sırasıyla % 86.25 ve % 91.66 oranlarında başarı sağlanmıştır. Çalışmada ERDAS Imagine ve ArcGIS yazılımları kullanılmıştır. Yerleşim alanlarının yaklaşık 105 km² artışı ve kentin yoğun olarak kuzey kesimlere doğru büyüdüğü tespit edilmiştir.

Türkmen (2008), uzaktan algılanan okyanus verilerinde sayısal görüntü işleme adlı çalışmada sınırlı algılama algoritmalarını geliştirmiş ve uzaktan algılama metodlarını geliştirmiştir. Günümüzde güncel bir problem olan uydu görüntülerini yorumlamada diskriminant fonksiyonlarını kullanarak uydu görüntülerinde deimleri alanları ayırt etmek etkili bir yöntem olsa da bu tarz yöntemlerin performansı çok yüksek değildir. Bu çalışmada performansı düşük olan bu algoritmalar geliştirilmiş ve daha iyi sonuçlar alınmıştır.

Pektatlı (2011), tez çalışmasında bölütleme yöntemleri ile birlikte paralel hesaplama mantığını beraber kullanarak daha hızlı bir bölütleme sistemi geliştirmiştir. Görüntü üzerine tasarlanan sistem sayesinde dört farklı metod aynı anda uygulanabilmektedir. Bu çalışmada c-ortalama kümeleme algoritması, yapay sinir

a ları, morfolojik bölütleme teknikleri ve hücresele sinir a ları birlikte kullanılmı ve sonuçlar kar ıla tırılmı tır. Kar ıla tırılma sonucunda en ba arılı olarak hücresele sinir a ları bulunmu tur.

Çelen (2012), bu çalı mada orman yangınlarını orman üzerinde uçurulan insansız hava aracına takılan kamera ile alınan foto raflar üzerinde sayısal görüntü i leme teknikleri kullanarak hemen tespit edilmesi amaçlanmı tır. Çalı mada en yakın kom u, yapay sinir a ları ve destek vektör makinaları isimli üç farklı sınıflandırma kullanılmı tır. Yapılan çalı malar sonucunda sistem ba arımının %90'ın üzerinde oldu u görülmü tür.



2. RÜZGAR TARLASI KURULUMU

Rüzgar enerji santrallerinden verimli ve karlı bir şekilde yararlanabilmek için rüzgar santralini kurulacak bölgenin analizi büyük önem taşımaktadır. Bu bölümde rüzgar tarlası kurulumunda ihtiyaç duyulan ve dikkat edilmesi gereken hususlardan bahsedilecektir. Bu hususlar rüzgar özellikleri, rüzgar gülü, anemometre, rüzgar hızı, türbinlerin yerleştirilmesi, wake etkisi, türbülans, tepe etkisi, tünel etkisi, rüzgar engelleri ve pürüzlülük baskınlıkları altında incelenecektir.

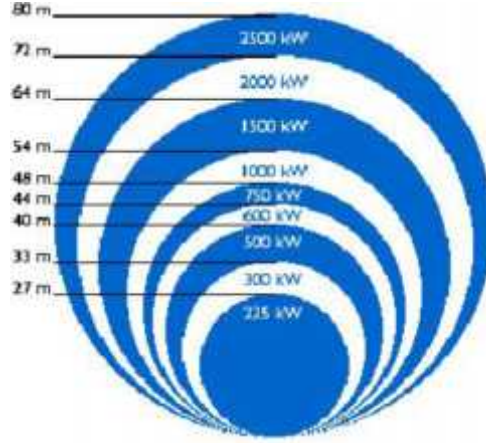
2.1 Rüzgar

Rüzgar güneşin yer yüzündeki her noktayı aynı ısıtamamasından dolayı kaynaklanan basınç ve sıcaklık farklarından oluşur. Rüzgar yüksek basınçlı bölgeden alçak basınçlı bölgeye doğru olan hava akımıdır. Hız ve yön olmak üzere iki de ikeneye sahip olan rüzgar mevsimlik, yarı sürekli hatta günlük ve saatlik olabilmektedir(Gökçınar 2008).

Rüzgardan elektrik enerjisi üretimi rüzgarın türbin kanatlarını döndürmesi ile rüzgardaki kinetik enerjinin mekanik enerjisine dönüşürülmesi ile elde edilir. Buradaki enerji üretimi rüzgarın hızı, hava yoğunluğu ve türbin rotor alanına bağlıdır.

Hava yoğunluğu arttıkça dolayısıyla havanın ağırlığı artar. Havanın sahip olduğu enerji hava yoğunluğuna bağlıdır ve aralarında doğru orantı vardır. Yani rüzgar türbininden elde edilecek enerji miktarı hava yoğunluğu arttıkça artar azaldıkça azalır. Havanın yoğunluğu sıcaklık, nem ve basınç miktarlarına göre değişir. Sıcaklık ve nem arttıkça hava yoğunluğu azalacağından dolayı rüzgardan elde edilebilecek enerji azalır. Dağlar gibi yüksek irtifalarda basınç az olduğu için hava yoğunluğu da az olur ve dolayısıyla türbinden elde edilecek enerji miktarı da azalır.

Rüzgar türbininden elde edilecek enerji miktarı rotor çapı ile orantılıdır ve rotor çapı türbinden elde edilecek enerji miktarını belirler (Şekil 2.1). Rotor çapı arttıkça rotor süpürme alanı artar ve türbine daha büyük miktarlarda rüzgar girişi olur.



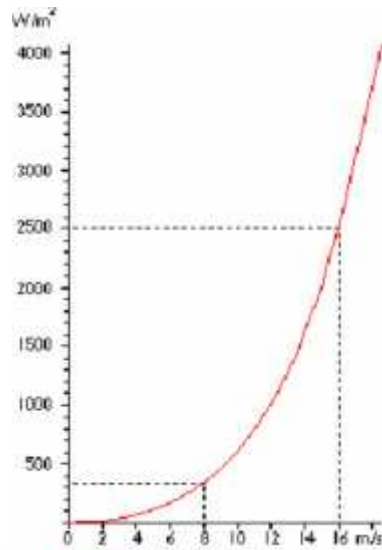
ekil 2.1 Rotor çapı ve elde edilen enerji miktarı (A çay, 2007).

Rotor çapı arttıkça rotor alanı çapın karesi kadar artacağı için elde edilecek enerji miktarı o oranda artmış olur. Eğer rotor çapı 3 kat artırılırsa rotor alanı 9 kat artar ve türbinden elde edilecek enerji de 9 kat artmış olur. Türbin üreten firmalar rüzgar türbini üretecekleri bölgenin rüzgar hızları için ürünlerinin çaplarını artırarak veya azaltarak ayarlama yaparlar.

Hava yoğunluğu ve rotor alanında sonra elde edilecek enerji miktarını belirleyen bir diğer husus ise bölgenin ortalama rüzgar hızıdır. Bölgenin coğrafi koşulları ve bitki örtüsü rüzgar tarlası tasarımında yol gösterici olsa da en önemli yol gösterici rüzgar hızının sayısal verileridir. Rüzgar hızı bakımından yüksek güvenilirlikli bir tesis için kurulacak bölgenin yakın civarlarında bulunan meteoroloji istasyonundan elde edilecek veriler ile birlikte bölgeye kurulacak anemometre adı verilen rüzgar ölçüm sisteminin verileri birlikte analiz edilir. Bu iki veri karşılaştırılarak elde edilen sonuçlar ve çıkarımlar meteorolojideki daha önceki verilere uygulanarak uzun dönem rüzgar verileri elde edilebilir. Bu analiz sayesinde yıllık, aylık ve günlük rüzgar hızları elde edilir. Rüzgar hızları genellikle aç bina gibi engellerden, arazi pürüzlülüğünden ve çeşitli coğrafi artlardan etkilendiği için meteorolojiden elde edilen veriler rüzgarın gerçek durumu ve rüzgar enerji santrali kurulacak bölgenin enerji potansiyelini belirlemede yetersiz olmaktadır. Rüzgar santrali kurulacak bölgenin rüzgar hızı yaklaşık 10-13 mil/saat olmalıdır. Bu rakamların altında rüzgar hızına sahip bölgeye rüzgar enerji santrali kurmak karlı ve mantıklı olmayacaktır.

Rüzgar türbininden elde edilecek enerji miktarı rüzgarın hızının kübü ile

orantılıdır. Yani rüzgar hızı 3 kat artırılır ise elde edilecek elektrik enerjisi 9 kat artar.



ekil 2.2 Rüzgar hızı ve elde edilen enerji (A çay, 2007).

(Denklem 2.1) Rüzgârdaki Enerji

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (2.1)$$

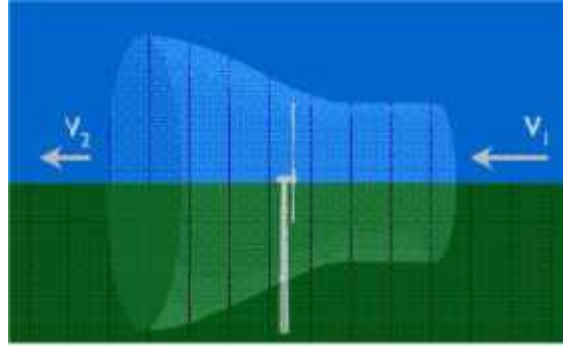
P = rüzgârdaki enerji (watt)

= havanın yo unlu u (kg /m3)

= rüzgar hızı (m/s)

r = kanat yarıçapı (m)

Rüzgar türbinleri rüzgarı daha rüzgar türbine varmadan saptırır ve bu yüzden rüzgar türbinleri ile rüzgardaki enerjinin tamamını elde etmek mümkün de ildir. Enerjinin tamamının elde edilememesi Betz Kuralı olarak adlandırılır. Betz kuralına göre rüzgar türbini ile rüzgarın sahip oldu u kinetik enerjinin sadece %59’nu mekanik enerjiye çevirebilir. Türbin rüzgardaki enerji ile dönme hareketi sa larken rüzgarın hızını yava latır ve bu yüzden rüzgarın türbine giri hızı rüzgarın türbinden çıkı hızından daha büyüktür. ekil 2.3’ de görülen V_1 hızı V_2 hızından daha büyüktür.



ekil 2.3 Türbine Rüzgârın Giriş ve Çıkışı (Açay, 2007).

2.2 Anemometre

Anemometre rüzgar hızının ölçülmesinde kullanılan ölçü aletidir. Kap, ultrasonik ve lazer anemometreler olmak üzere üç çeşit anemometre vardır. Bunların içinden genellikle en çok kullanılan kap anemometresidir. Kap anemometresi rüzgarı yakalayabileceği şekilde düz bir eksene sahip üç tane fincana benzer kaba sahiptir ve bu kaplar sayesinde rüzgarı yakalar. Dönme devri dakikalarında elektronik olarak kaydedilir. Lazer termometreler hava moleküllerinin davranışlarına baz alınarak çalışırlar. Ayrıca kullanımı yaygın ve pratik olmayan sıcak telli anemometreler vardır. Bu anemometreler kızgın telin soğumasını baz alınarak çalışırlar(Toklu 2002).

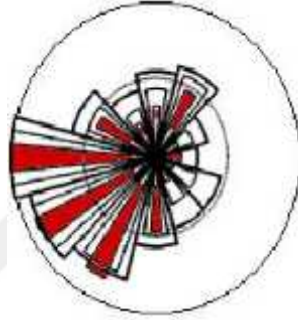
Farklı yüksekliklerdeki hesaplama belirsizliklerini ortadan kaldırmak için en iyi ölçüm rüzgar türbini rotor yüksekliğinde yapılan ölçümdür. Anemometre ölçüm direğinden kaynaklanan akım bozulmalarından etkilenmemesi için direğin en üstüne kurulmalıdır. Eğer anemometre direğin yan tarafına monte edilmek zorunda kalırsa hakim rüzgar yönünün açık olmasına dikkat edilmelidir.

Rüzgar tarlası kurulumunda anemometrenin doğru ölçüm yapması ekonomik açıdan çok önemlidir. Piyasada %1 oranında hata ile ölçüm yapabilen anemometreler mevcut olup yaklaşık 2500 Türk lirasına satın alınabilir.

Rüzgar türbini üstündeki anemometreden sağladığı rüzgar değerlerine göre rotoru rüzgar yönüne doğru çevirir. Eğer rüzgar hızı 25 m/s veya üstünde ise durur, 4m/s rüzgâr hızı ve üstünde ise çalışmaya başlar.

2.3 Rüzgar Gülü

Rüzgar gülü rüzgarın sahip olduğu frekans değerlerini ve rüzgarın yönünü gösteren bir diyagramdır. Güçlü rüzgarlara sahip bir bölgede güçlü rüzgarlar genelde aynı yönden eserler.



ekil 2.4 Rüzgâr Gülü (Yerebakan, 2001).

Yukarıdaki ekil 2.4'te gösterilen rüzgar gülünde görüldüğü gibi çevre 12 sektöre bölünmüştür ve en dıştaki yarı çap bize bir frekans ve yönünü verir. Her bir sektör analiz edilip rüzgar hızına hangi sektörün ne kadar etki ettiğini bulunabilir fakat rüzgar gülü gerçek rüzgar hızını vermez sadece rüzgar dağınıklarının yönünü verir.

Rüzgar gülü belirli sektörlerden esen rüzgarların esme sıklıklarını ve her sektörün rüzgar hızına ne kadar katkı verdiğini verir. Eğer yüzey pürüzlülüğü yüksek bir arazi var ise önemli yönde değişiklikler olur ve bu durum güvenilir değildir. Rüzgarın gücü, enerjisi ve ekli yıldan yıla değişimi için daha sağlıklı sonuçlar almak için birkaç yıllık gözlem verileri analiz edilmelidir.

2.4 Rüzgar Hızı Değişkenliği

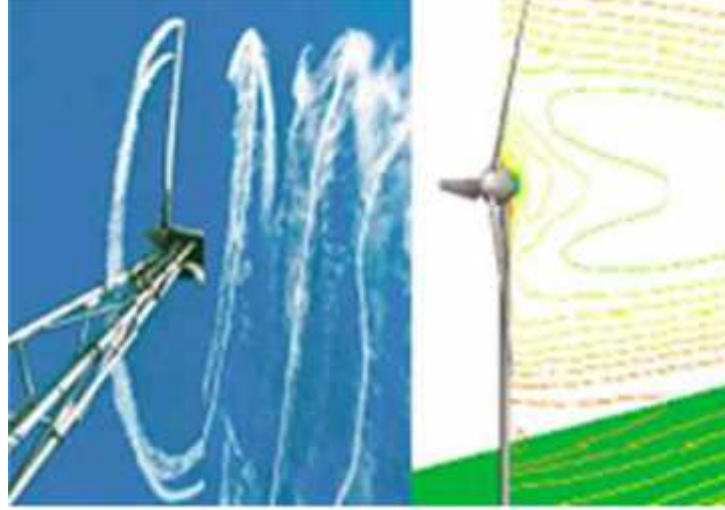
Rüzgar hızındaki değişimlerden dolayı rüzgardan elde edilen enerji miktarları da sürekli olarak değişir. Rüzgardaki bu değişimlere yüzey artları ve engeller sebep olur. Engeller arkalarında dalgalar adı verilen bozulmuş akı alanları oluşturur. Engel dalgaları rüzgar hızlarını yavaşlatır ve rüzgar yönünü değiştirir. Engelden ne kadar

yukarıya çıkılırsa o kadar rüzgar gölgelemesi az olur. Engel etkisi açısından engel ve türbin arası uzaklık çok önemlidir. Engel etkisi engelden uzakla tıkça azalmaktadır. E er arazi yüzey pürüzlülü ü dü ük ise engel etkisi engelden 15 km uzakta bile ölçülebilmektedir. Arazi pürüzlülü ü engel etkisi konusunda aktif rol oynamaktadır. E er arazi dü ük pürüzlü ise hava daha rahat bir ekilde engelin etrafından geçer ve havanın karı ması daha kolay olur. Rüzgar türbini ile engel arası mesafe 1 km küçük ise dikkate alınmalı aksi takdirde dikkate alınmamalı çünkü rüzgar üzerindeki etkisi azdır. Engel türbine kendi yüksekli inin yakla ık be katından daha yakın ise ve yüksekli i türbin rotor yüksekli ini geçmi ise engelin etkisi büyük olmaktadır. Ayrıca engel geçirgenli i adı verilen rüzgarın engelin içerisinden geçme de erleri söz konusudur. Geçirgenlik de erlerine örnek olarak kafes direkler 0.7, a açlar 0.5 ve binalar 0 verilebilir.

Rüzgarın gece sahip oldu u hız ile gündüz sahip oldu u hız aynı de ildir. Gündüz rüzgar hızı gece rüzgar hızından büyüktür. Bu i letmeciler için avantajdır çünkü elektri in büyük bölümü gündüz üretilir. Ayrıca enerji tüketimi gündüz geceye nazaran daha fazladır.

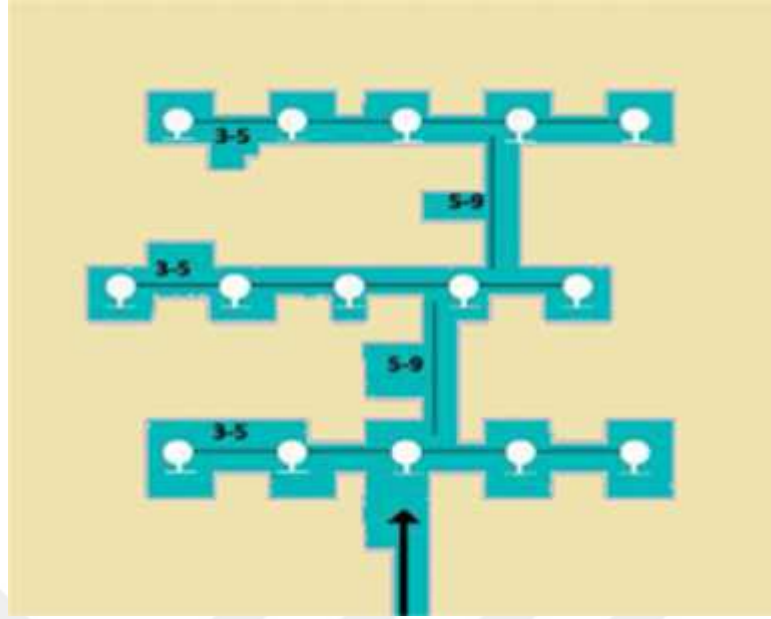
2.5 Wake Etkisi ve Türbinlerin Yerle imi

Rüzgar türbinlerinde enerji üretildi inden dolayı, rüzgarın türbinden çıkarken sahip oldu u enerji türbine girerken sahip oldu u enerjiden dü ük olur. Türbin rüzgar çıkarken sürekli olarak a a ıya do ru bir rüzgar gölgesi olu turur (ekil 2.5). Türbinin arkasında olu an bu rüzgar izine wake adı verilir.



ekil 2.5 Wake izi (E E).

Rüzgar türbinleri rüzgardaki kinetik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürdükten sonra rüzgarın hızını azaltır. Bu yüzden bir rüzgar çiftliği kurulurken türbinlerin arasında belli mesafeler bırakılması gerekir. Fakat öte yandan elektrik ebeke bağlantılarından dolayı türbinlerin arasındaki mesafe mümkün mertebe yakın olmalıdır. Rüzgar çiftliğinde türbinlerin yerlerini tasarlarken hakim rüzgar yönünde türbin rotor çapının yaklaşık 7 katı, diğer yönde ise rotor çapının yaklaşık 4 katı mesafe bırakılmalıdır.

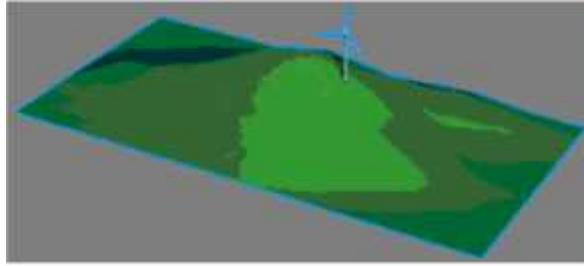


ekil 2.6 Türbin Yerleşim Planı (Anonymous 2010a).

ekil 2.6 da bir sırada 5 tane rüzgar türbini bulunan ve 3 sıradan oluşmuş bir rüzgar çiftliği tasarımı gösterilmektedir. Sıralar arasında rotor çapının yaklaşık 7 katı, bir sıradaki türbinlerin arasındaki mesafe ise rotor çapının yaklaşık 4 katı olarak gösterilmektedir.

2.6 Tepe ve Tünel Etkisi

Rüzgar hızı tepelerde yere göre daha yüksektir ve bu yüzden türbin kurulacak yerlerde tepe noktaları bir adım öne çıkmaktadır (ekil 2.7). Bu yerleşim ile hakim rüzgar yönü bakımından da avantaj sağlanır. Rüzgar, tepenin rüzgarlı tarafı dediğimiz yerden tepeye ulaşır ve daha sonra rüzgarsız taraftan alçak basınç nedeniyle hareket eder. Eğer tepe pürüzsüz ve düzgün değilse yüksek rüzgar hızı avantajı kaybedilir ve türbülans oluşur.



ekil 2.7 Tepe Etkisi Örne i (Yerebakan, 2001).

Türbini tepenin üzerine yerle tirmek çok sık uygulanan bir yöntem olsa da bu yöntem özellikle rüzgarın hakim yönünde geniş alanlar varsa avantajlıdır. Eğer tepe düz değil sarp veya engebeli ise türbülans oluşacağından dolayı avantajını kaybeder.

Açık alanların aksine binaların arasında veya dağ geçitlerinde havanın bu engeller arasında sıkışması sonucunda rüzgarın hızı hissedilir derecede artar. Açık alanda 5 m/s hızla eserken tünellerde bu hız 8 m/s hıza çıkabilir.



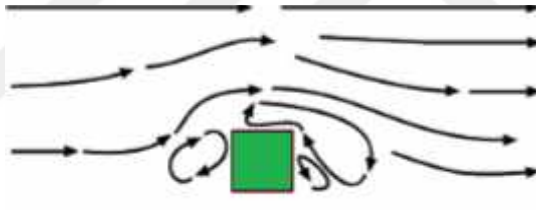
ekil 2.8 Tünel Etkisi Örne i (Yerebakan, 2001).

ekil 2.8’de görüldüğü gibi türbin iki tepe arasındaki böyle bir tünele konulursa rüzgar tünelde çevrede sahip olduğu hızdan çok daha yüksek bir hıza sahip olur. Fakat türbinin arasına yerleştirildiği engeller pürüzsüz ve düz olmalıdır. Aksi takdirde rüzgarın yönünü ve hızını değiştirecek türbülanslar meydana gelir. Türbülans ise türbinde yıpranma ve bozulmalara sebep olur.

2.7 Türbülans ve Engeller

Rüzgar çiftli i kurulacak arazinin pürüzsüz ve engelsiz olması istenir. Çünkü e er arazi düz de il ve a aç, bina gibi engellere sahip ise rüzgar hızında ve yönünde de i meler meydana gelir. Rüzgardaki bu düzensizli e türbülans denir. Türbülans rüzgardan elde edilecek enerji miktarını dü ürür ve dolayısıyla rüzgar türbininden elde edece imiz enerji de azalmı olur. Türbülansdan kaçınmak için rüzgar türbin kuleleri yerden yeterli seviyede yüksek olmalı ve rüzgar çiftli i kurulacak arazinin düz ve engelsiz olmasına dikkat edilmelidir.

Yukarıda bahsedildi i gibi rüzgar çiftli i kurulacak arazinin içerisinde kalan engeller rüzgarı önemli derecede etkiler. Rüzgarın hızını ve enerjisini dü ürür ve istenmeyen türbülans olayına sebep verir.



ekil 2.9 Bir Engelin Sebep Oldu u Rüzgâr Akı ı (Yerebakan, 2001).

ekil 2.9'de görüldü ü gibi engelin arkasında önünde ve üstünde olmak üzere üç bölgede türbülans bölgesi bulunmaktadır. En belirgin türbülans bölgesi engelin arkasında olu ur. Bu yüzden rüzgar çiftliklerini tasarlarken engelleri hesaba katmalı ve rüzgar türbinlerini engellerden uzak noktalara yerle tirmeliyiz. Çünkü engeller rüzgar hızını, engele akı yönünde azaltır. Rüzgarı, en çok türbinlere 1 km daha yakın engeller etkiler. Hatta rüzgar türbinleri birbirlerine 1 km yakın bir konuma yerle tirilirse türbin kuleleri de engel olarak görülür ve hesaplamalar buna göre yapılmalıdır.

Ayrıca engel türbinin rotor yüksekli inin yarısından fazla bir yüksekli e sahip veya engel türbine kendi yüksekli inin 50 katından daha az bir mesafede yakınsa rüzgardan verimli bir ekilde yararlanılması adına büyük risk olu turur. Engellerin

geometrisi de sonuçları büyük oranda etkiledi i için engel geni li i, engel dairesi geni li i, engel yüksekli i, engelin geçirgenli i do ru analizler yapılması için detaylı bir incelenmelidir.

2.8 Pürüzlülük

Rüzgar yerden yakla ık 1 km ve daha yüksek yerlerde yeryüzünün tamamında aynı etkiye sahipken yere yakla tıkça rüzgar hızı sürtünmeden dolayı etkilenir ve azalır. Ormanlar ve yüksek binaların bulundu u yerler rüzgar hızını yüksek oranlarda dü ürürken hava alanlarında rüzgar hızı çok dü ük oranlarda dü er. Benzer ekilde denizler pürüzsüz oldukları için çalılarla kaplı alanlara nispeten rüzgar hızını daha az dü ürürler.

Genelde rüzgar analizlerinde pürüzlülük de i imi için türbin yüksekli inin 100 katı kadar mesafeden etkilendi i dü ünülür. Yani 75 m yüksekli inde bir türbin kullanılacaksa bu türbinin çevresinin en az 7.5 km'lik kısmı incelenip yüzey pürüzlülük haritası çıkartılmalıdır. Bunun yanında pürüzlülük haritasının sınırlarının birkaç km dı nda rüzgarı ciddi etkileyecek pürüzlülük elemanları var ise bunlarda analiz edilip pürüzlülük haritasına dahil edilmelidir.(Wiley, 2015)

Pürüzlülük haritası elle çizilebildi i gibi online kaynaklardan da elde edilebilir. Elle çizimlerde haritalar ile uydu görüntüleri beraber kullanılabilir. Ayrıca saha gezilerine çıkılması gerekir. Saha gezilerinde alınan notlar ve çekilecek foto rafların pürüzlülük durumunun belirlenmesinde ve daha gerçekçi sonuçlar elde etmek için büyük önem arz etmektedir. Fakat saha gezileri yalnızca birkaç km ile sınırlı olmakla birlikte zor ve güvenli artlar ta imaması gibi dezavantajları vardır. Online olarak eri ilebilen rüzgar pürüzlülük haritaları ise genelde Co rafi Bilgi Sistemleri ile elde edilen haritaların a a ıda bahsedilecek olan pürüzlülük sınıfları ile e le tirilmesi elde edilir (ekil 2.10). Burada rüzgar analizlerinde sıkça kullanılan WindPro yazılımı ve WAsP programı pürüzlülük analizinde kullanılırken haritaların çözünürlüklerine ve e le tirildikleri pürüzlülük haritalarına dikkat edilmesi gerekiyor. E er pürüzlülük e le tirilmesi mevcut olmayan faklı bir bitki örtüsü ile e le tirilirse rüzgar enerji santrali kurulumunu çok ciddi etkileyecek yanlı sonuçlar elde edilebilir. Örne in sık orman olan bir bölgeye bodur ve seyrek a açlar varımı gibi bir sınıflandırma yapılırsa rüzgar

akı ko ulları büyük oranda yanlış sonuçlar verecektir. Rüzgar akı ı en çok türbinin birkaç km çevresinde önem taşıdığı için online kaynaklardan elde edilen pürüzlülük haritasında da saha gezilerine çıkılıp bu alanda foto raflar çekilip, notlar alınıp daha detaylı bilgiler elde edilmelidir.



ekil 2.10 Online olarak elde edilmiş yüzey pürüzlülük haritası (Ay, 2012)

Bölgenin yüzey pürüzlülüğü bu bölgedeki yüzey pürüzlülük elemanlarının bölgedeki dağılımı ve boyutlarına bağlıdır. Başlıca pürüzlülük elemanları bitki örtüleri, göller ve yerleşim yerleridir. Rüzgar sektöründe bir bölgenin pürüzlülük durumu inceleneceği zaman pürüzlülük sınıfı ve pürüzlülük uzunluğu dikkate alınır. Rüzgar potansiyel çalışmalarında 5 çeşit rüzgar pürüzlülük sınıfı kullanılır. Arazinin pürüzlülüğü Z_0 ile gösterilir ve pürüzlülük uzunluğu 0.0002 ve 1.5 arasında değişir. Su yüzeyleri 0.0002 ile gösterilirken yerleşim yerleri 1.5 ile gösterilir. Bu pürüzlülük uzunlukları de erleri WAsP programının tablosundan bulunabildiği gibi aşağıdaki denklem ile de bulunabilir.

(Denklem 2.2) Pürüzlülük Sınıfı ve Pürüzlülük Uzunlu u Arasındaki İlişki

$$Z_0 = 0.5 \left(\frac{h \cdot S}{A_H} \right) \quad (2.2)$$

Z_0 pürüzlülük uzunlu u

h pürüzlülü e sebep olan cisimlerin yüksekli i

S rüzgâra kar ısına gelen dikey kesit alanı

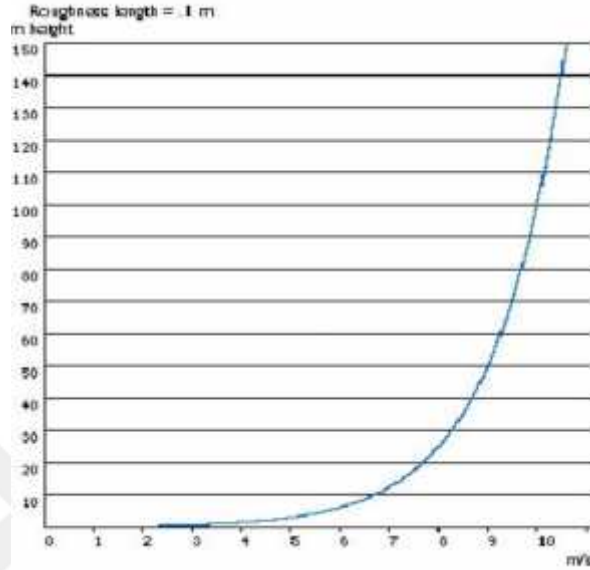
A_H arazi üzerine da ılmış olan yatay kesit alanı

WASP programı pürüzlülü ü modellemek için sektörlere böldü ü bölgeye ait pürüzlülük de iimleri dikkate alınır. Genelde 12 sektör kullanılır ve sektörlerin herbiri 300 olarak düzenlenir. Pürüzlülük için 1/25000 ölçekli harita üzerine 12 sektör için ayrı ayrı pürüzlülük de erleri kullanılmalı veya WASP programında sayısal harita üzerine bilgileri i lenmelidir(WASP Kullanım Klavuzu). A a ıdaki görülece i üzere pürüzlülük sınıfı 3 veya 4 olan bölge a açlarla ve binalarla kaplı bir alanı ifade eder buna kar ın pürüzlülük sınıfı 0 olan alan su yüzeylerini ifade eder. Hava alanlarının pürüzlülük sınıfı 1 'dir.

Çizelge 2.1 WAsP programına göre pürüzlülük sınıfı-pürüzlülük uzunluğu

WAsP Yüzey Pürüzlülüğü Sınıflandırması	Pürüzlülük uzunluğu	Pürüzlülük sınıfı
Açık deniz yüzeyi	0.0002	0
Denizden uzak, bitki örtüsü seyrek	0.030	1
Bina yoğunluğu düşük, ağaç toplulukları arası 1000m civarı olan bölgeler	0.100	2
Bina yoğunluğu fazla ve sık ağaç gruplarının olduğu bölge	0.400	3
Yoğun ve yüksek binaların bulunduğu şehirler	1.5	4

Rüzgar hızı yükseklik arttıkça artar ve bu yüzden kanatlar en üstte iken rüzgar hızı kanatlar en alttayken ki hızından daha yüksek olacaktır.



ekil 2.11 Rüzgâr hızının yüksekli e göre de i imi.

(Denklem 2.3) Rüzgâr Hızının Yükseklikle De i imi

$$v = v_r * \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_r/z_0)} \quad (2.3)$$

v yerden z seviyesinde rüzgâr hızı (m/s)

v_r z_r seviyesinde referans rüzgâr hızı (m/s)

z bulunacak rüzgâr hızının esti i yükseklik (m)

z_0 rüzgâr yönündeki pürüzlülük uzunlu u (m)

z_r referans yükseklik (m)

3. METARYEL VE METOD

3.1 Materyal

3.1.1 Hava foto rafları

Hava foto rafı (ekil 3.1) çe itli amaçlar için uçak, helikopter gibi hava ta ıtlarına monte edilmi özel kameralar ile çekilmi bir bölgenin ku bakı ı foto raflarını ifade etmektedir. Hava foto rafları özellikle haritacılıkta, ormancıkta, askeri alanlarda, tarımda ve kentsel geli im, bitki örtüsü gibi kontrol amaçlı uygulamalarda kullanılmaktadır.



ekil 3.1 Hava foto rafı örne i.

Hava foto rafları hava ta ıtlarına monte edilen kameralar yardımıyla belli bir sistem içerisinde çekilir. Çekim amacına göre de i en belli bir uçu hızı ve uçu programı vardır. Çekim, uçu boyunca e it aralıklarla yapılır ve çekimde farklı filmler ve filtreler kullanılabilir. Kullanılacakları amaca göre siyah beyaz veya renkli foto raflar alınabilir. yi bir hava foto rafı için ölçümlene yapabilen hava kameraları, detay ayırma gücü yüksek filmler ve amaca uygun dü ük hızda uçaklar kullanılmalıdır. Uçakta iyi e itilmi ve tecrübeli pilot, navigatör ve foto operatörlerinden olu an uçu ekibinin yanı sıra çekim amacına uygun uzmanlar da yer almalıdır.

Bu tez çalı masında rüzgar santrali kurulacak bölgenin havadan çekilmi

foto rafları üzerinden sayısal görüntü i leme teknikleri ile yüzey pürüzlülük analizi yapılmı tır. Bölgenin hava foto rafları Harita Genel Komutanlı ndan satın alınmı tır. Bu hava foto raflarının yanında yöneltme parametreleri ve kamera kalibrasyon bilgileri de alınmı tır. Bu foto rafların özellikleri:

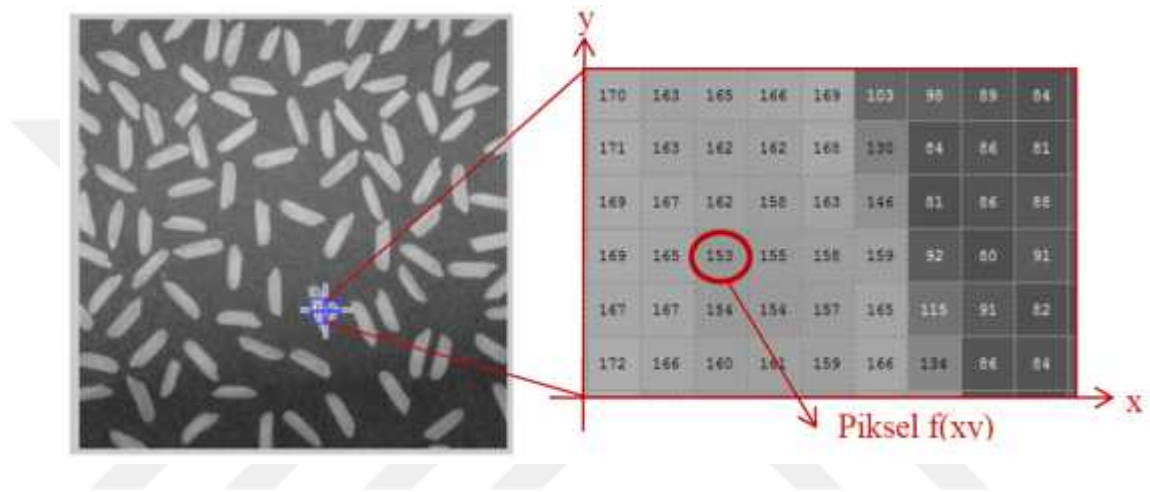
- 2011 yılında uçu lardan elde edilmi ,
- 1/60000 ölçe inde
- 3 Band (Kırmızı-Ye il-Mavi) + ColorInfrared (CIR)
- 30 cm çözünürlü ündedir.



3.2 Metod

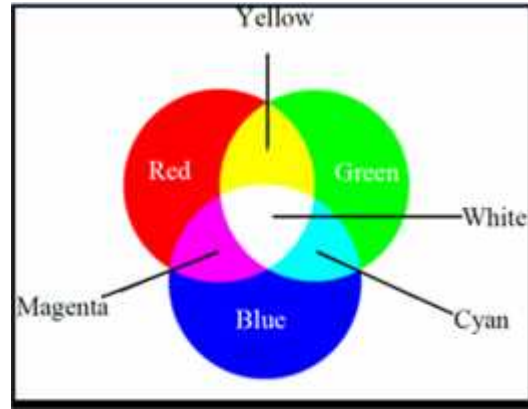
3.2.1 Sayısal görüntü i leme

Sayısal görüntü en küçük parçası bir piksel olarak adlandırılan ve her bir pikselin bir parlaklık de erine kar ılık geldi i m satır ve n sütundan olu an bir matristir (ekil 3.2) (Gonzalez, vd., 2004).



ekil 3.2 Resim üzerindeki piksel (Gökçe, 2014).

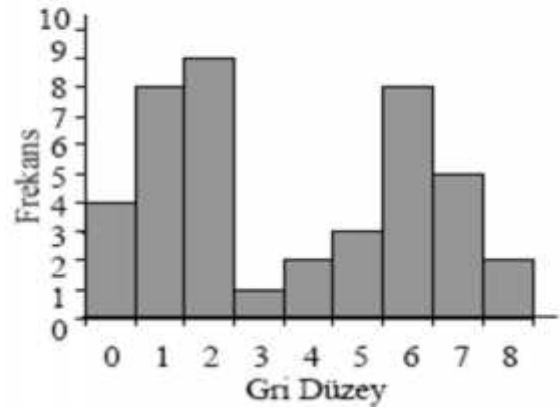
Görüntü çe itleri olarak renkli görüntü (RGB), gri seviye görüntü, ikili görüntü vb. sayılabilir. Her bir görüntü çe idinde piksel parlaklı ı farklı de erler almaktadır. Bir RGB görüntüde bu renkli görüntüyü olu turan piksellerin her biri üç temel renk olan kırmızı, ye il ve mavi renklerinin karı ımından olu mu tur(ekil 3.3).



ekil 3.3 RGB uzayına göre renklerin oluşması (Gökçe, 2014).

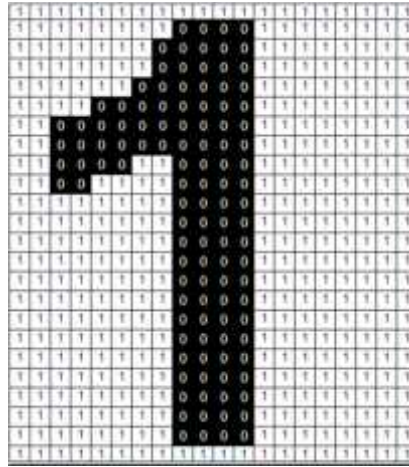
Bir gri seviye görüntü siyah ve beyaz arasında toplam 256 gri seviyeden oluşur (Peker, 2009).

7	5	5	5	6	6	6
7	4	0	0	6	6	6
0	4	2	2	6	1	1
0	1	2	2	6	1	7
1	1	2	2	2	7	7
1	1	2	2	3	8	8



ekil 3.4 Gri seviye görüntü ve histogramı.

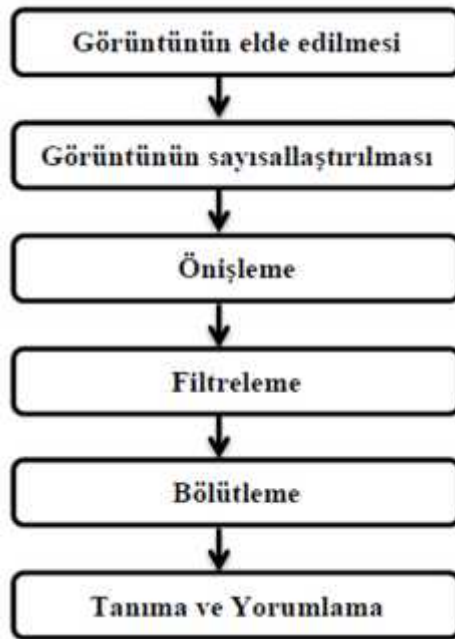
Binary görüntü ise $m \times n$ boyutlu görüntü matrisindeki piksellerin sadece 0 ya da 1 olarak iki seviye içinde tanımlandığı görüntü çeşididir. Bu piksellerden oluşan sayısal görüntüye binary veya ikili görüntü denir. Burada 1'ler beyaz pikselleri 0'lar ise siyah pikselleri gösterir (ekil 3.5). Binary görüntülerde renk detayları ve grinin tonları kaybolmaktadır (Çetin, 2012).



ekil 3.5 Binary görüntü örne i.

3.2.2 Sayısal görüntü i leme adımları

Sayısal görüntü i lemede tüm i lemler görüntü üzerindeki en küçük görüntü elemanı olan pikseller üzerinde gerçekleşir. Bu i lemler ilk olarak sayısallaştırılan resim üzerinde gereken gürültü temizleme, kontrast artırma vb. gibi ön i lemeler, özellik çıkartımı, tanıma, doğrulama gibi i lem adımlarını içermektedir. Sayısal görüntü i lemede kullanılan temel i lemler olarak geometrik dönüştürme, renk düzeltme, sayısal kırılma, görüntü düzenleme, görüntü içerisindeki nesnelere tanıma, istatistiksel bilgiler çıkarma, filtreleme, matematiksel ve morfolojik i lemler sıralanabilir. Görüntü i lemede kullanılacak yöntem ve tekniklerin verimliliği, esnekliği ve yapılabirliği üzerinde çok etkilidir. ekil 3.6'da temel olarak görüntü i leme adımları akı diyagramı olarak verilmiştir.



ekil 3.6 Sayısal görüntü i leme adımları (Gökçe, 2014).

Sayısal görüntü i leme adımlarının ön i leme kısmı, görüntüye uygulanacak algoritmalarından alınan neticeleri büyük oranda etkiler. Bu ön i lemler yani histogram ayarlama, görüntünün parlaklığını ayarlama vb. i lemler filtreleme, bölütleme ve eikleme gibi i lemlerden önce yapılmalıdır. Parlaklık görüntünün tamamını ilgilendiren aydınlık seviyesi ile ilgili bir bilgi iken kontrast nesne veya bölgeler arasındaki parlaklık farkını belirtmek için kullanılır.

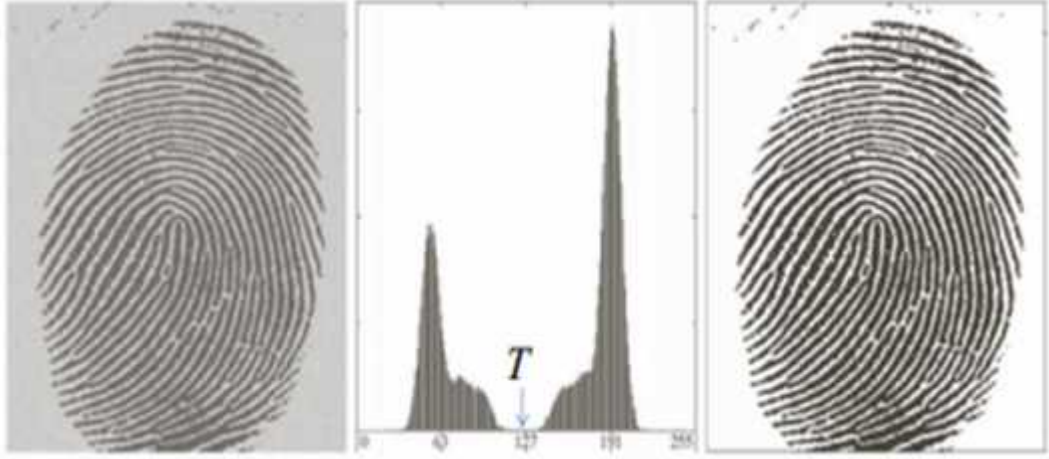
Görüntü filtreleme görüntünün piksel değerleri ile oynanarak yapılır. Bu eilde nesnelere belirlenmesi, nesne kenarlarının keskinleştirilmesi, gürültü giderme gibi i lemler yapılır (Anonim, 2012). Görüntü filtreleme i lemi ile sanki görüntü üzerinde bir filtre varmış gibi her piksel değerinin tekrar hesaplanmasıdır. Filtreler yardımı ile görüntüye de i ik efektler verilerek yeni görüntü elde edilir. Filtreleme adımları ilk olarak filtreyi, çalışılacak piksel merkeze gelecek eilde konumlandırmak ile başlar. Daha sonra filtrenin tüm elemanları ile ilgili pikselle komşuluk ilişkisi olan piksellerin çarpılması ile devam eder ve en son çarpımların toplanması ile sonuçlanır. Bu i lem adımları görüntüdeki tüm pikseller ile gerçekleşir. Filtrelemenin daha iyi anlaşılabilmesi için korelasyon ve konvolüsyon kavramlarını da açıklamak gerekir.

Korelasyon yukarıda anlatıldı ğı gibi filtrenin pikseller üzerinden ği lem yapmasıdır. Konvolusyon ise filtre matrisinin a a ıdan yukarıya ve sa dan sola 180 derece dönü türülmü ğü haliyle aynı ği lemleri yapmaktır. Konvolüsyon yumu atma keskinle tirme ve kenar belirleme gibi görüntü ği leme fonksiyonlarını gerçekte tirmede çok sık kullanılır.

Görüntü bölütleme, görüntü içerisinde benzer özelliklere sahip nesnelerin ve bölgelerin görüntü içerisinde belirgin hale getirilmesidir. Farklı görüntü bölütleme teknikleri olmasına kar ın görüntülerin hepsi için iyi sonuçlar veren bir teknik yoktur. Görüntünün özelli ğine en uygun teknik seçilmelidir(Kocatürk, 2007). İnsanlar için çok kolay olan nesnelere temsil eden alt görüntüleri belirlemek ği lemi bilgisayarlar için çok zordur. Bölütleme di ğer adıyla segmentasyon bir görüntüyü her biri içerisinde farklı özelliklerin tutuldu ğu anlamlı bölgelere ayırarak nesnelere bilgisayarın görmesine yardımcı olur. Örne ğin, görüntü içerisindeki benzer parlaklıklar mevcut olabilir ve bu parlaklıklar sayesinde görüntü içerisindeki farklı bölgelerdeki nesnelere yakalayabiliriz. Bir havadan çekilmi ği foto rafta yolda hareket eden araçları ve çevredeki a açları yoldan ayırmak için segmentasyon uygulayabiliriz.

Gri seviyedeki benzerliklere göre görüntü bölütleme bölge bölütlemesi olarak bilinir ve e ikleme, büyütme ve yarma-kayna tırma ği lemlerine dayalı olarak gerçekte ir.

E ikleme (thresholding) görüntü bölütleme için kullanılan en önemli yakla ımlarda biri olup görüntü içerisindeki nesnelere arka plandan ayırmak amacıyla yapılır. E ikleme için gri seviye da ılımlarını gösteren görüntü histogramlarından yararlanılır. Histogram ile görüntü, nesnelere ait pikseller ve arka plana ait pikseller olmak üzere ikiye ayrılır. Daha sonra bir e ik de eri seçilerek görüntüdeki piksel de erleri kar ıla tırılır. Görüntüdeki her bir piksel bu e ik de eri ile kar ıla tırılır ve e ik de erinden büyük olan pikseller nesneye ait dü ğük olan de erler ise arka plana ait olur. ekil 3.7'de bir parmak izi görüntüsünden T e ik de eri ile ikili görüntüye dönü türülmesi verilmi tir.



ekil 3.7 E ikleme örne i.

E ikleme uygulamalarının amacı temel olarak görüntüyü anlamlı bölgelere ayırmaktır. ekil 3.7’de yapılan tek e ik uygulaması ile parmak izi nesnesi arka plandan net bir ekilde ayrılmı tır. Ancak tanımlanmak istenen nesne bazen bu görüntüdeki gibi arka plandan net bir ekilde ayrılmayabilir. Arka plan görüntüde ba ka nesnelerin bulunması, istenen nesneye yakın gri seviye kümelerine sahip di er nesnelerin bulunması e ikleme i lemlerini zorla tırabilir. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek için sayısal görüntü i lemede “Çoklu imge E ikleme” ve “Kümeleme” yöntemleri geli tirilmi tir. Bu iki yöntem görüntü içerisinde herhangi bir nesnenin aranmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Çoklu imge e iklemede görüntü üzerinde birden fazla e ik uygulanarak görüntüde birbirine yakın anlamlı piksel kümeleri bir sayı ile etiketlenir. Daha sonra yine görüntü i leme teknikleri ile etiketlenen nesnelere istenen nesne kolayca çekilip arka plandan ayrılabilir. Bu nesne üzerinde alan hesabı, çevre hesabı, yuvarlaklık hesabı vb. basit nesneye ait özellikler çıkarılabilir. Kümeleme yöntemleri ise temel olarak kullanıcı tarafından verilen küme sayısı kadar merkez atayıp herbir pikselin bu merkeze yakınlık ve uzaklı na göre etiketlenmesine dayanmaktadır.

Bu tez çalışmasında hava foto raflarından yüzeydeki a açların tespiti ve kapladıkları alanların miktarı çoklu imge e ikleme ve kümeleme yöntemleri ile incelenmi tir. Çoklu imge e ikleme olarak Otsu yöntemi, kümeleme olarak k-means ve fuzzy-c means yöntemleri kullanılmı , fotogrametride sıklıkla kullanılan ERDAS Imagine yazılımı ile algoritmaların performans karşılaştırılması yapılmı tır. Hava foto rafları gri seviye dönü türüldükten sonra algoritmalar sayısal görüntülere

uygulanmı , a aç olarak etiketlenen piksel kümeleri arka plandan çıkarılmı tır. Bu binary görüntü üzerinde a açların kapladıkları alanlar piksel sayısı olarak hesaplanmı ve tüm görüntü piksel sayısına bölünerek ilgili resimdeki a aç kapalılık oranı yüzde olarak hesaplanmı tır. Hesaplanan kapalılık oranı ERDAS Imagine ile etiketlenen görüntüdeki piksel oranları ile kar ıla tırılarak algoritmaların performans oranları bir kalite ölçüm metri i ile tartı ılmı tır. Böylece ERDAS Imagine ile yapılan bölütleme ve hesaplamanın kullanıcı ba ımlılı ı ve süre bakımından uzun zaman almasına kar ılık alternatif yöntemler ara tırılmı tır.

3.2.3 Çalı mada kullanılan görüntü i leme teknikleri

1 OTSU algoritması: istatistiksel bir imge e ikleme yöntemi olan Otsu yöntemi ilk defa 1979 yılında Nobuyuki Otsu tarafından önerilmı tır (Otsu, 1979). Otsu metodu görüntünün istatistiksel özelliklerinden yola çıkarak sınıf içi varyansın minimum ve sınıflar arası varyansın maksimum olma durumlarına göre imgeyi kümelere ayırır. Otsu yöntemi için öncelikle iki küme tek e ik için formülazasyon daha sonra çok e ik ve çok küme için formülüzasyon anlatılacaktır.

L bir imge üzerindeki gri seviye sayısı olarak alınırsa, imge gri seviye aralı ı 0' dan L-1' e kadar de i ir $\{0, 1, 2, \dots, (L-1)\}$. C0 ve C1 imge üzerinde iki küme olmak üzere t e ik seviyesi olarak dü ünülürse C0 kümesi gri seviye aralı ı 0'dan t-1' e kadar C1 kümesi gri seviye aralı ı t'den L' ye kadar aralık de i imi gösterir. Sınıf içi ve sınıflar arası varyansın hesaplanabilmesi için öncelikle her bir gri seviyenin imge içindeki tekrarlanma olasılıkları bulunmalıdır. $h(i)$ imge içindeki herhangi bir gri seviyenin tekrarlanma miktarını vermek üzere N tüm görüntüdeki toplam piksel sayısı olarak her bir gri seviyenin tekrarlanma olasılı ı E itlik (3.1)' de verilmı tır.

$$P_i = h(i)/N \quad (0 \leq i \leq (L-1)) \quad (3.1)$$

C0 ve C1 kümeleri için gri seviye aralıkları toplanarak küme a ırlıkları E itlik(3.2)' de verildi i gibi hesaplanır.

$$w_0 = \sum_{i=0}^{t-1} P_i \quad w_1 = \sum_{i=t}^{L-1} P_i \quad (3.2)$$

Hesaplanan küme a ırlıklarından yola çıkararak küme ortalama de erleri E itlik(3.3) ile hesaplanır.

$$\mu_0 = \sum_{i=0}^{t-1} \frac{ixP_i}{w_0} \quad \mu_1 = \sum_{i=t}^{L-1} \frac{ixP_i}{w_1} \quad (3.3)$$

Kümelerin ortalama ve a ırlık de erleri çarpılıp toplanarak tüm imgenin ortalama yo unlu u hesaplanır E itlik(3.4) ile hesaplanır.

$$\mu_T = \mu_0 w_0 + \mu_1 w_1 \quad (3.4)$$

Kümeler arası varyans de erleri hesaplanan ortalama, a ırlık ve görüntünün ortalama yo unlu undan yola çıkılarak E itlik(3.5)' te verildi i gibi hesaplanır.

$$\sigma_0 = w_0 (\mu_0 - \mu_T)^2 \quad \sigma_1 = w_1 (\mu_1 - \mu_T)^2 \quad (3.5)$$

Kümeler arası varyans de erinin maksimum olma durumuna göre E itlik(3.6)'da verilen f(t) fonksiyonu kullanılarak E itlik(3.7)' de verildi i gibi fonksiyonu maksimize eden t e ik de eri aranır. Bulunan e ik de eri imgeyi ikiye bölen optimum t e ik de eridir.

$$f(t) = \sigma_0 + \sigma_1 \quad (3.6)$$

$$t^* = \arg \max \{f(t)\} \quad 0 \leq t \leq L-1 \quad (3.7)$$

ki küme olarak anlatılan Otsu yöntemi benzer işlemler tekrar edilerek imgeyi çoklu kümelerde ayırabilmektedir. Çok sayıda kümeler arası varyansı maksimize eden t e ik de erlerinin bulunması E itlik(3.8) ve E itlik(3.9)' da gösterilmektedir(Duraisamy vd. 2010).

$$f(t) = \sigma_1 + \sigma_2 + \dots + \sigma_m \quad (3.8)$$

$$(t_0^*, t_1^*, \dots, t_m^*) = \arg \max \{f(t)\} \quad 0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_m \leq L-1 \quad (3.9)$$

ekil 3.8' te standart bir test imgesi olan ‘‘Cameraman’’ görüntüsünde tek e ik iki küme, iki e ik üç küme, üç e ik 4 küme için sonuçlar sırasıyla verilmi tir.



(a)

(b)



(c)

(d)

ekil 3.8 (a) Gri seviye görüntü (b) Tek e ik iki küme görüntü (c) ki e ik üç küme görüntü (d) Üç e ik dört küme görüntü.

2.K-means Yöntemi: Kümeleme yöntemlerinden bir olan k-means algoritması merkez olarak seçilen piksellerin benzer piksellere göre uzaklık ve yakınlık miktarlarına göre kümeleme yapan bir algoritmadır. Böylece imge dı ardan verilen küme sayısı kadar optimum bir ekilde bölütlenir. Temel olarak dört adımdan oluşmaktadır.

1. N adet piksel de eri için K adet veri merkezinin atanması
2. Atanan merkez de erlerinin her bir piksel de erine göre uzaklık ve yakınlık de erlerinin hesaplanması
3. Uzaklık de erlerine göre yeni merkezlerin atanması
4. Küme merkezleri en optimum duruma geldikleri ana kadar 2 ve 3 adımlarının tekrarlanması(eker, 2008)

Görüntüler öncelikle her bir piksel de eri bir eleman olacak ekilde vektör haline getirilir. K- means algoritması yukarıda verilen 4 adım için sırasıyla uygulanır ve optimum merkezler olu tuktan sonra vektör tekrar görüntü haline getirilir. ekil 3.9' da kameraman görüntüsü için iki küme, üç küme ve dört küme için bölütlenmi görüntüler verilmi tir.



(a)

(b)



(a)

(b)

ekil 3.9 (a) Gri seviye görüntü (b) ki küme görüntü (c) Üç küme görüntü (d) Dört küme görüntü.

3. Fuzzy C- means: Fuzzy C- means algoritması 1973 yılında Dunn tarafından tanımlanmış, 1981 yılında Bezdek tarafından geliştirilmiş bir kümeleme algoritmasıdır. (Höppner, 2000) Temel yaklaşım veri içerisindeki her bir deerin bulanık mantık prensiplerince $[0, 1]$ arasında bir üyelik derecesi almasıdır. Veri içerisindeki her bir deerin hangi kümeyle ne kadar oranla dahil olduğunu karar verilir. Deerin hangi kümeyle daha yüksek oranla yakın ise o kümenin elemanıdır. Bir amaç fonksiyonu ile nihai karar verinceye kadar fonksiyon minimize edilir. Nihai karar verildiği zaman olabilecek optimum kümelemeye ulaşılmıştır (Çamurcu, 2007)

Görüntü bölütlemesinde ise imge bir vektör haline getirilerek piksel değerleri hangi kümeyle bulanık mantık kurallarınca üye olabileceği hesaplanır. Daha sonra vektör

tekrar görüntü haline getirilerek kümeleme net bir şekilde izlenebilir. Ekil 3.10' da iki, üç ve dört küme için cameraman görüntüsünde fuzzy c-means çıktıları verilmiştir.



(a)

(b)

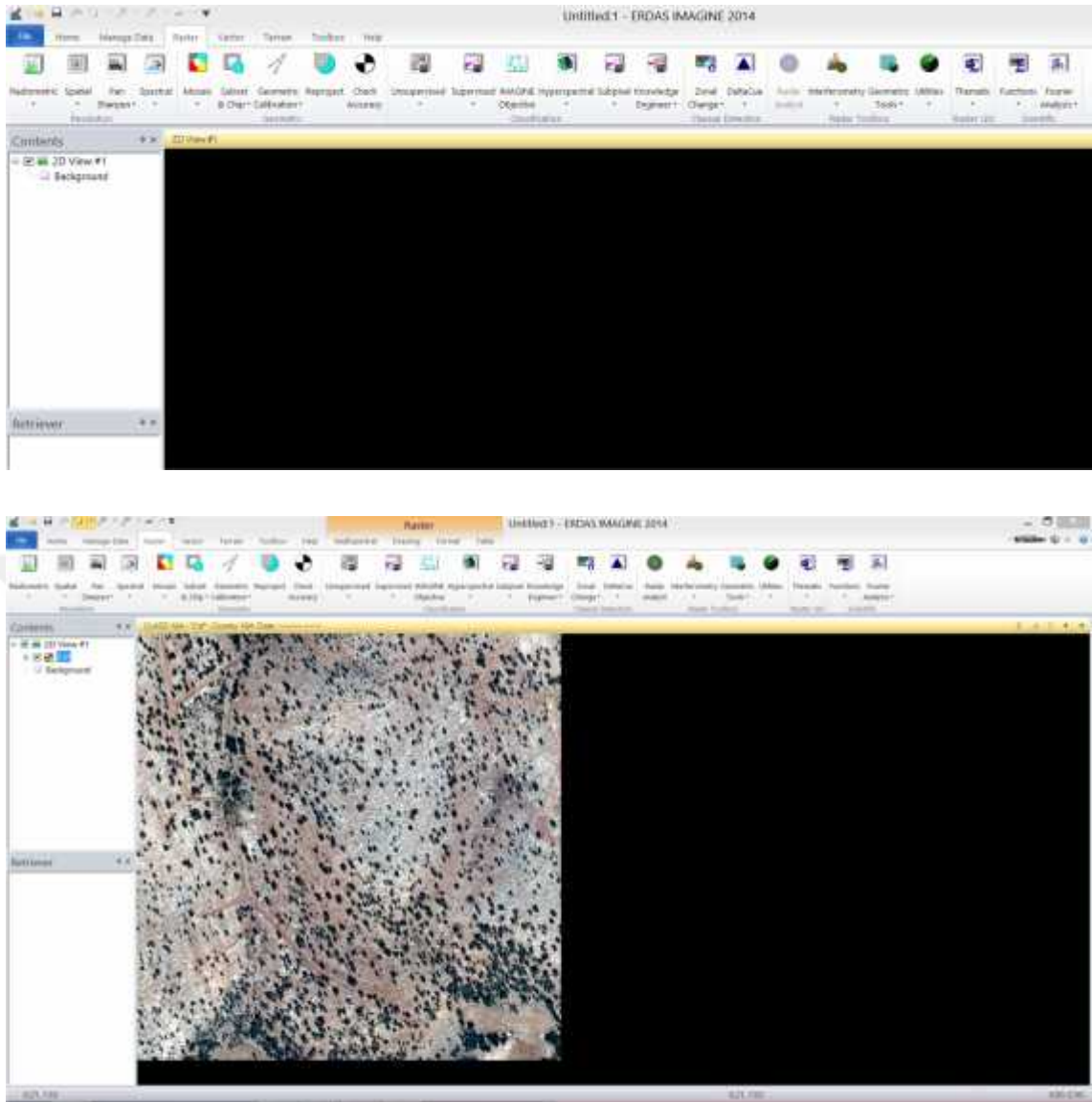


(c)

(d)

Ekil 3.10 (a) Gri seviye görüntü (b) Tek küme görüntü (c) İki küme görüntü (d) Üç küme görüntü .

5. ERDAS magine ile görüntü bölütleme: ERDAS magine programı görüntü bölütleme programı olup aynı zamanda coğrafî bilgi sistemi paketidir. Grafik kullanan bir arayüze sahiptir. Bu çalışmada hava foto rafları üzerinde sınıflandırma yapmakta kullanılmaktadır.



ekil 3.11. ERDAS program arayüzü.

Sayısal görüntülerin sınıflandırmasında amaç pikselleri grupla tırarak benzer de erlere sahip nesnelere ayırt edebilmektir. Uzaktan algılama ve görüntü analizlerinde önemli yeri bulunan sınıflandırma bir karar verme mekanizmasıdır. Sınıflandırma yaparak her bir pikselin spektral özelliklerine göre farklı gruplara ayırmak ve görüntü üzerindeki ait oldu u kümeyi bulmaktır. Sınıflandırma i lemi piksel tabanlı ve nesne tabanlı olmak üzere ikiye ayrılır. Piksel tabanlı sınıflandırma i lemi de kendi arasında e itimli ve e itimsiz olmak üzere ikiye ayrılır (Oruç, 2003).

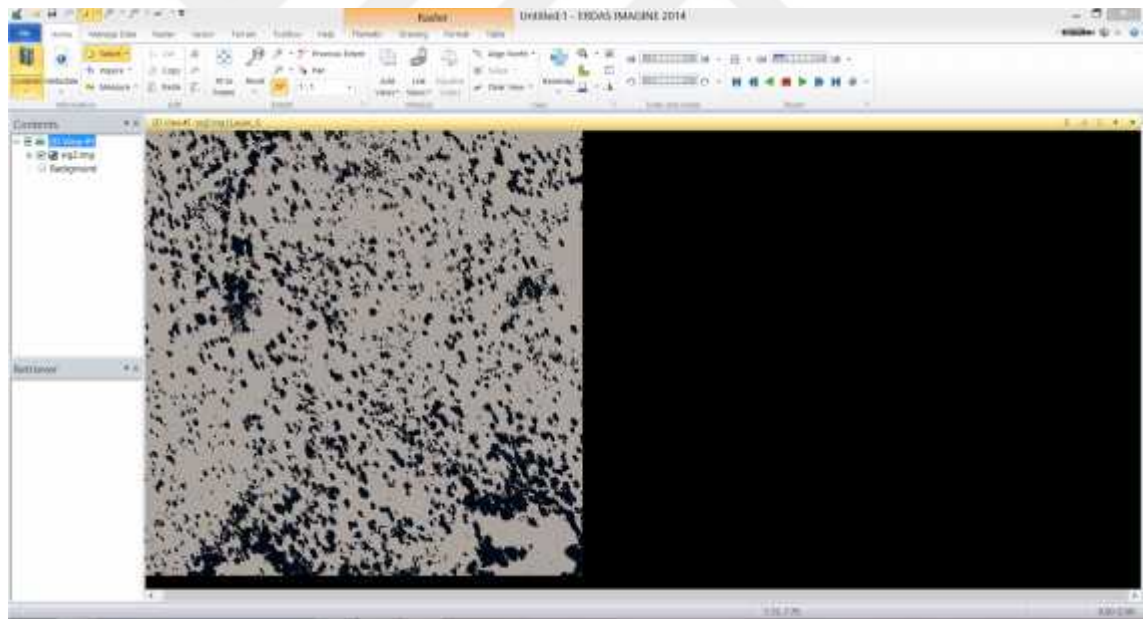
E itimli sınıflandırma yönteminde arazi görüntüsü üzerinde yeterli sayıdaki örnek alanlar seçilerek sınıflandırılacak her bir nesne için spektral özellikleri tanımlı

dosyalar oluşturulur(ekil 3.12). Bu oluşturulan dosyaların görüntünün orijinal verilerine uygulanması ile görüntüdeki her bir pikselin hesaplanan sınıflardan en çok benzediği sınıfa otomatik olarak atanır (ekil 3.13). E itimli sınıflandırma i leminde en büyük benzerlik, paralelyüz ve en küçük uzaklık olmak üzere üç yaklaşım vardır (Maktav ve Sunar, 1991).



Class #	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order	Count	Prob.	P	I	H	A	FS
1	Class 1		0.618	0.549	0.527	1	1	356	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
2	Class 2		0.680	0.701	0.700	2	2	868	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
3	Class 3		0.609	0.560	0.536	3	3	1539	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
4	Class 4		0.667	0.642	0.630	4	4	623	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
5	Class 5		0.680	0.647	0.627	5	5	840	1.000	✓	✓	✓	✓	✓
6	TOPRAK ZEMİN		0.647	0.618	0.601	6	6	4226	1.000	✓	✓	✓	✓	✓

ekil 3.12 Piksel de erlerine göre küme olu turma.



ekil 3.13 Zemin ve a açları sınıflandırma arayüzü.

E itimsiz sınıflandırma da ise görüntü üzerinde çalı ılan bölgede yeterince örnekleme bölgesi veya olmaması durumlarında görüntü spektral olarak ayrılıp sınıflar belirlenir ve bu ekilde bölge hakkında bilgi edinme yoluna gidilir. Olu turulan bu sınıflar do al grupla malara ba lı olup olu an bu grupların daha önceden ne oldukları bilinmemektedir. Sınıfların özellikleri bölgeye ait topografik haritalar, hava foto rafları

ve daha önceden toplanan bilgiler ile kıyas edilerek belirlenir. Görüntü üzerinde geçici olarak kümeleme merkezi seçilir ve her bir pikselin hangi kümeye ait olduğu küme merkezi ile pikselin birbirine uzaklıkları hesaplanıp belirlenir. Kabul edilen uzaklık değerleri ile karşılaştırılması ile bulunur. Bu yaklaşımda en küçük uzaklık değeri baz alınır. Kümeye atılan her bir pikselle beraber aritmetik ortalama hesaplanarak geçici merkezin yerinde değişim olmayana kadar devam eder (Verbyla, 1995).

Bu çalışmada rüzgar santrali kurulacak bölgenin yüzey pürüzlülüğü için kullanılmış oldu. Otsu, Fuzzy ve K-Means algoritmalarının sonuçlarının doğruluk yüzdesini bulmak için aynı bölgenin hava foto rafları üzerine ERDAS Imagine programını kullanarak yapılmış oldu. Sınıflandırma sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

4. UYGULAMA

Bu tez çalışmasında Harita Genel Komutanlığından satın alınan yüksek çözünürlüklü hava foto rafları kullanılmıştır. Foto raflar UltraCam X marka kamera ile 1/60000 ölçeğinde ve renkli olarak çekilmiştir. Yüksek çözünürlüklü bu foto raflar üzerinden 750*750 matris boyutlu 9 adet açılı bölge seçilerek MATLAB ortamında OTSU, fuzzy c-means ve k-means algoritmaları ile açılı bölgelerin bölütlenmesi gerçekleştirilmiştir, açılı bölgelerin bulunmasında sıklıkla kullanılan ERDAS IMAGINE programı bölütlenmesi “altın standart” olarak alınarak performans analizi yapılmıştır. Böylelikle arazinin içerisindeki yüzey pürüzlülük elemanlarının sınırlarını belirlenerek arazi içindeki yüzey pürüzlülüğünün yüzdesel olarak analizi yapılmıştır. 9 adet resim (Resim1,2,3,4,5,6,7,8,9) olarak etiketlenerek tüm görsel çıktılar Resim üzerinden yapılmıştır, aynı isimlerle diğer resimlere uygulanmıştır. Görüntüler renkli olduğu için öncelikle gri seviyeye dönüştürülmüştür. Daha sonra algoritmalar uygulanarak resim üzerindeki piksellerin kümeleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Kümelenen piksellerden sadece açılı bölgelerin etiketleri alınarak diğer bölgeler arka plan kabul edilmiş ve görüntüden atılmıştır. Binary seviyeye dönüp bir maske haline gelen imge üzerindeki beyaz bölgelerin alanları MATLAB aracılığıyla hesaplanmıştır, görüntüdeki tüm piksel sayısına bölünerek açılı bölgelerin görüntü üzerindeki yüzdesi hesaplanmıştır. Aynı zamanda binary maske görüntüdeki herbir nesnenin çevre piksel koordinatları MATLAB görüntü işleme araçları ile hesaplanarak sınırları çizdirilebilmektedir.

4.1 OTSU

Hava görüntüleri OTSU metodu ile farklı eşikler kullanılarak kümelendirilmiştir. Bu metodun uygulanabilmesi için MATLAB araçlarından “multithresh” komutu pratik bir kullanım sunmaktadır. Renkli görüntü açılı kenarlarının çizilebilmesi için görüntü üzerindeki nesnelerin çevre koordinatlarını hesaplayan “bwboundaries” komutu kullanılmıştır. Çizelge 4.1’de Resim1 üzerinde uygulanan kod kümesi, Şekil 4.2’de OTSU metodu kullanılarak Resim1 üzerinde yapılan eşikleme uygulaması adımları, Çizelge 4.2’de ise tüm görüntüler üzerinden hesaplanan açılı piksellerinin sayısı ve tüm görüntü içindeki yüzdelik oranları verilmiştir.

Çizelge 4.1 OTSU algoritması için kullanılan kodlar

```

a =imread('Resim1.tif'); %Görüntünün Okunması
b =rgb2gray(a); % Renkli görüntünün gri seviyeye dönü türülmesi
c =multithresh(b,1); % Görüntü üzerinde optimum e ik de erlerinin bulunması

d =imquantize(b,c); % Görüntüye e ik de erlerinin uygulanması

d(d>1) = 0; % Sadece a aç olan bölgelerin alınması

x = regionprops(d, 'Area'); % Görüntüdeki a aç nesnelerinin alanlarının bulunması

%% A aç alanı, Toplam alan ve yüzdelik oranların bulunması

Agac_alani=STATS.Area
Toplam_Alan=size(X,1)*size(X,2)
Kapalilik=Agac_alani/Toplam_Alan

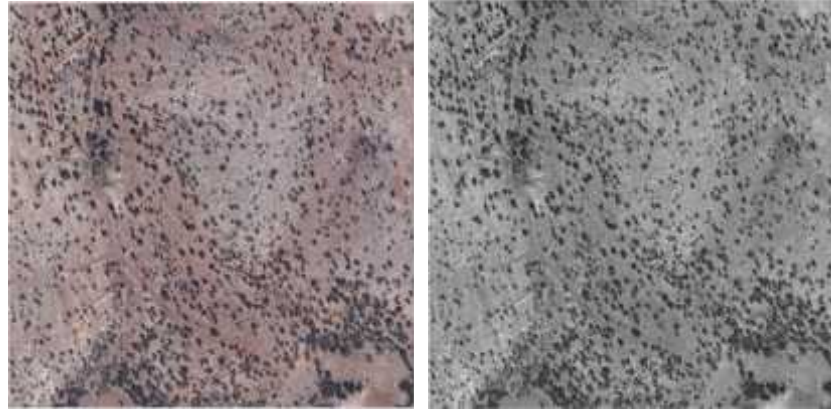
%% Orijinal görüntü üzerinde a aç çevrelerinin çizdirilmesi

imshow(a, 'DisplayRange',[])
kenarlar= bwboundaries(k);
hold on
for k=1:length(kenarlar)
boundary = kenarlar{k}; plot(boundary(:,2),boundary(:,1),'g', 'LineWidth',1);
end

```

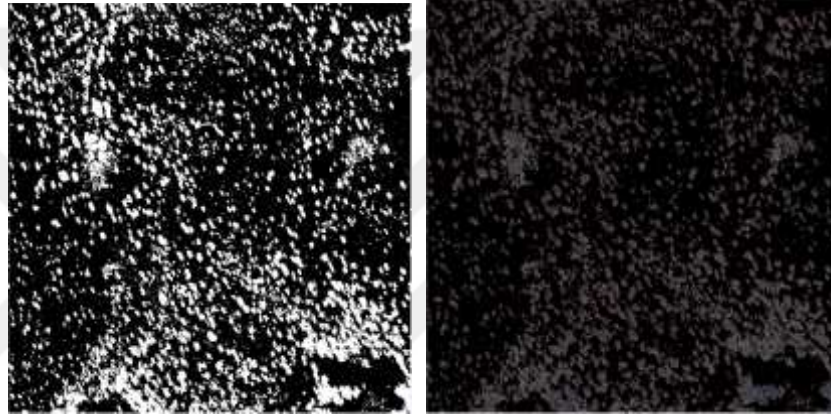
Çizelge 4.2 OTSU algoritması sonuçları.

ALGORITMA	OTSU			
RES M	KÜME	A AÇ	TUM ALAN	YÜZDE
Resim1	2	129890	562500	23.09
Resim2	3	121731	562500	21.64
Resim3	3	82391	562500	14.65
Resim4	2	108569	562500	19.32
Resim5	3	45055	562500	8.01
Resim6	4	52068	562500	9.26
Resim7	3	143003	562500	25.42
Resim8	3	73229	562500	13.02
Resim9	4	54246	562500	9.64



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

ekil 4.1 (a) Arazi orijinal görüntü (b) gri seviye görüntü (c) Binary görüntü (d) A açların orijinal görüntüsü (e) A açların yakalandı 1 görüntü.

4.2 Fuzzy C-Means

Çizelge 4.3 Fuzzy C-means algoritmasında kullanılan kodları.

```

a=imread( " " ); b=rgb2gray(a) ; c=single(b(:)) ; nRegions=2 ;

options=[2 100 1e-5 0] ; [center,U,obj_fcn]=fcm(I5,nRegions,options) ;

maxU=max(U) ; index=zeros(nRegions,length(c)) ;

for i=1: nRegions

    tmpindex=find(U(i,:)==maxU);

    H(tmpindex)=i; end

[r c]=size(c) ; d=reshape(H,r,c) ; figure;imshow( d, 'DisplayRange' , [ ] ) ;

title('C-means') ; colormap(gray(nRegions)) ; colorbar( 'YTick' , 1:4)

k=d ; k(k>1)=0; k=1-k; figure;imshow( k, 'DisplayRange' , [ ] ) ;

x = regionprops(d, 'v');

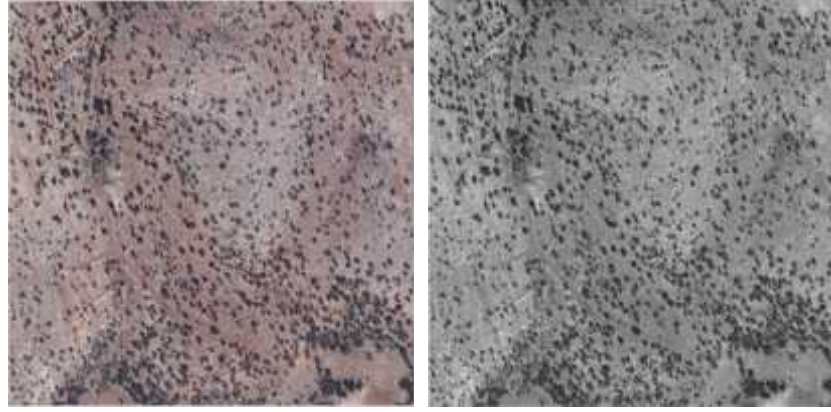
y=x.v ; z=size(X,1)*size(X,2) ; %=y/z k= bwboundaries(d);

for k=1:length(k) ;

    boundary = k{d};

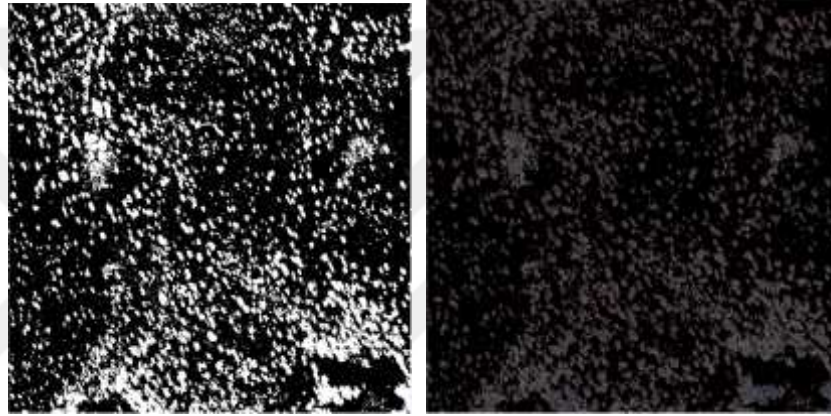
    plot(boundary( :, 2 ),boundary( :, 1 ), 'b','LineWidth',1); end

```



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

ekil 4.2 (a) Arazi orijinal görüntü (b) gri seviye görüntü (c) Binary görüntü (d) A açların orijinal görüntüsü (e) A açların yakalandı 1 görüntü.

Çizelge 4.4 Fuzzy C-Means algoritması sonuçları.

ALGORITMA	FUZZY C-MEANS			
	KÜME	A AÇ	TUM ALAN	YÜZDE
Resim1	2	132270	562500	23.51
Resim2	3	121731	562500	21.64
Resim3	3	81097	562500	14.42
Resim4	2	108659	562500	19.32
Resim5	3	45055	562500	8.01
Resim6	4	56373	562500	10.02
Resim7	3	140686	562500	25.01
Resim8	3	73229	562500	13.02
Resim9	4	54246	562500	9.64

4.3 K-Means

Çizelge 4.5 K-Means algoritmalarının kodları.

```

a=imread( " " ); b=rgb2gray(a) ; c=single(b (:)) ; nRegions=2;

[Classindex,C]=kmeans(c,nRegions,'distance','cityblock','Replicates',nRegions+1);

[r,c]=size(b); d=reshape(Classindex,r,c);

figure;imshow(d,'DisplayRange',[]);title('K-means');colormap(gray(nRegions));

colorbar('YTick',1:3) k=d ; k(k>1)=0 ; k=1-k;

figure;imshow( k, 'DisplayRange', [ ] ) ; x = regionprops(d, 'v');

y=x.v ; z=size(X,1)*size(X,2) ;

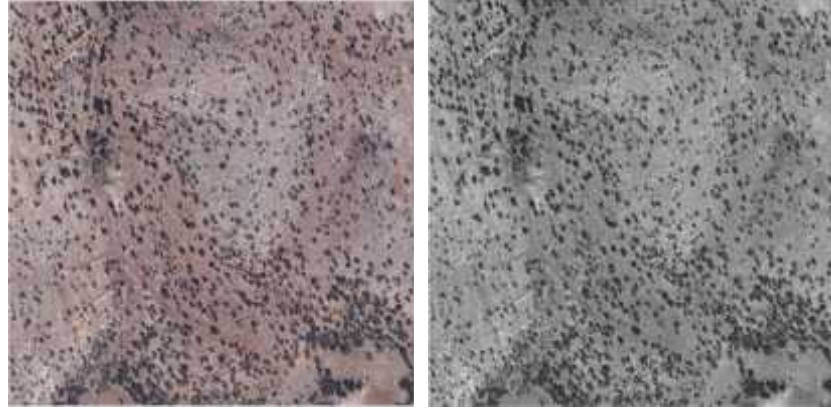
%=y/z k= bwboundaries(d);

for k=1:length(k) ;

boundary = k{d};

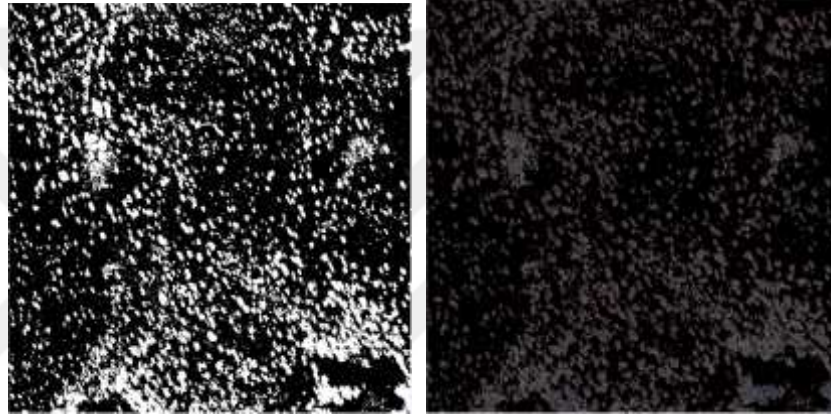
plot(boundary( :, 2 ),boundary( :, 1 ), 'r','LineWidth',1); end

```



(a)

(b)



(c)

(d)



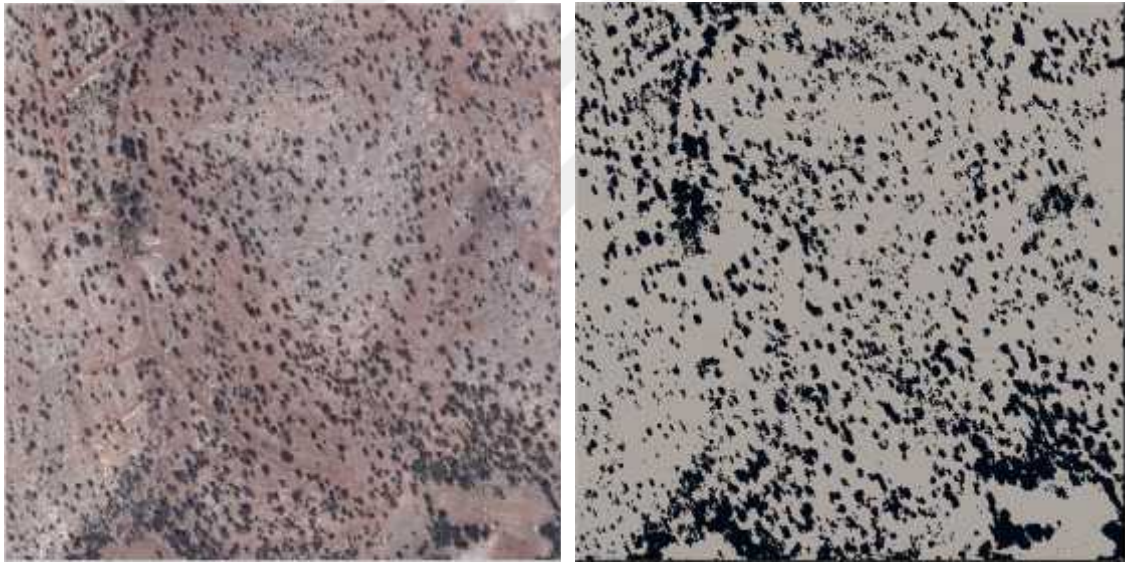
(e)

ekil 4.3 (a) Arazi orijinal görüntü (b) gri seviye görüntü (c) Binary görüntü (d) A açların orijinal görüntüsü (e) A açların yakalandı 1 görüntü.

Çizelge 4.6 K-Means algoritması sonuçları.

ALGORITMA	K-MEANS			
	RES M	KÜME	A AÇ	TUM ALAN
Resim1	2	127558	562500	22.68
Resim2	2	140573	562500	24.99
Resim3	2	101435	562500	18.03
Resim4	2	108659	562500	19.32
Resim5	2	268193	562500	47.68
Resim6	2	70081	562500	12.46
Resim7	2	178778	562500	31.78
Resim8	2	106672	562500	18.96
Resim9	2	241717	562500	42.97

4.4 ERDAS magne



(a)

(b)

ekil 4.4 (a) Orijinal Görüntü (b) Sınıflandırılmış görüntü.

Çizelge 4.7 ERDAS magine ile yapılan çalı manın sonuçları.

ALGORITMA	ERDAS magine			
	RES M	KÜME	A AÇ	TUM ALAN
Resim1	2	126527	562500	22,49
Resim2	2	121449	562500	21.59
Resim3	2	65665	562500	11.67
Resim4	2	113008	562500	20.09
Resim5	2	43214	562500	7.68
Resim6	2	60673	562500	10.79
Resim7	2	142257	562500	25.29
Resim8	2	72274	562500	12.85
Resim9	2	70950	562500	12.61

5. TARTI MA VE SONUÇLAR

Rüzgar santrali kurulumunda önemli bir parametre olan yüzey pürüzlülük analizinde kullanılan pürüzlülük haritalarının oluşturulmasında sayısal görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır. Uygulamada bölgenin Harita Genel Komutanlığı'ndan alınan hava foto rafları ve MATLAB programı kullanılmıştır. Yöntem olarak görüntü bölütleme işlemi tercih edilmiş ve üç farklı algoritma kullanılmıştır. Kullanılan algoritmalar sırasıyla OTSU algoritması, fuzzy c-means ve k-means algoritmalarıdır. Çizelge 5.1'de kullanılan bu üç algoritmanın arazi üzerindeki sınıflandırma yüzdeleri verilmiştir. Daha sonra bölgenin aynı hava foto rafları üzerinde ERDAS Imagine programı ile sınıflandırma yapılmıştır (Çizelge 5.2). ERDAS programından elde edilen sonuçlar kullanılan üç algoritmanın gerçekte uygunluklarını tayin etmek için kullanılmıştır.

Çizelge 5.1 Üç algoritmanın arazi üzerinde yakalandıkları başarı yüzdeleri.

	OTSU	FUZZY	K-MEANS
Resim1	23.09	23.51	22.68
Resim2	21.64	21.64	24.99
Resim3	14.65	14.42	18.03
Resim4	19.32	19.32	19.32
Resim5	8.01	8.01	47.68
Resim6	9.26	10.02	12.46
Resim7	25.42	25.01	31.78
Resim8	13.02	13.02	18.96
Resim9	9.64	9.64	42.97

Çizelge 5.2 ERDAS magine programının yakalamı oldu u a aç yüzdeleri

	ERDAS magine
Resim1	22.49
Resim2	21.59
Resim3	11.67
Resim4	20.09
Resim5	7.68
Resim6	10.79
Resim7	25.29
Resim8	12.85
Resim9	12.61

Çizelge 5.3 Kullanılan algoritmaların ERDAS yazılımına göre do ruluk sınıflandırması.

	ERDAS-OTSU	ERDAS-FUZZY	ERDAS-K-MEAN
Resim1	95,08249	94,94204	94,94204
Resim2	97,02507	97,02507	96,816
Resim3	96,00996	96,14329	95,34916
Resim4	96,34151	96,34151	96,34151
Resim5	99,128	99,128	98,77173
Resim6	97,99413	98,2944	98,20924
Resim7	91,76853	91,87716	91,54311
Resim8	98,73227	98,73227	98,55147
Resim9	95,81191	95,81191	95,83733
ORTALAMA	96.43	96.47	96.26

Üç algoritmanın gerçeğe uygunluğunu bulmak için sınıflandırma doğruluğu yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile üç algoritmanın her resim için bulduğu piksel değerlerini tek tek ERDAS programının bulduğu piksel değerleri ile karşılaştırılmış ve bulunan doğruluk yüzdelerinin aritmetik ortalaması alınarak algoritmanın başarı yüzdesi tayin edilmiştir (Çizelge 5.3). Alınan bu sonuçlara göre Otsu % 96.43, Fuzzy % 96.47 ve K-Means % 96.27 sınıflandırma başarıları görülmektedir.

Satırlıklı rüzgar yatırımları yapabilmek için rüzgar analizleri alanında yapılan pürüzlülük elemanlarını ve sınırlarını tayin etmek büyük öneme sahiptir. Sektördeki ve akademik alanlardaki gelişmeler önümüzdeki yıllarda daha kaliteli analizler yapmak için mühendislere önemli kaynak olacaktır. Ayrıca daha sonraki çalışmalarında havadan çekilen fotoğrafların çözünürlüğü ve çekildikleri yükseklikten alınan sonuçlara etkileri incelenebilir ve optimum çözünürlük ve yükseklik bulunabilir.

KAYNAKLAR

Anonymous. Department of Energy. www.doe.gov, 2010a.

F GES, “Image Processing with MATLAB Training Notes”, **F GES**, Ankara, 2012.

A ay, M., “Türkiye’nin Elektrik Enerjisi Arz Talep Dengesinin Tespiti, Üretim Projeksiyonuna Yönelik Rüzgar Elektrik Santrali Tasarımı RES’in Kurulum Maliyetlerinin ve Üretim Parametrelerinin Analizinin Matlab&Simulink ile Yazılan Programda Yapılması”, Bitirme Tezi, **Sakarya Üniversitesi**, (2007).

Ay, A., “Rüzgar Analizlerinde Yüzey Pürüzlülü ü”, <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/ruzgar-analizlerinde-yuzey-puruzlulugu> ,(20.11.2015).

Çamurcu, A.Y., I ık, M., “K-Means, K-Medoids ve Bulanık C-Means Algoritmalarının Uygulamalı Olarak Performanslarının Tespiti”, **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 31-45 (2007).

Çetin, S. “Sathi kaplamalarda meydana gelen bozulmaların görüntü i leme yöntemiyle analizi.” Doktora Tezi, **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, (2012).

Duraisamy, S. P. and Kayalvizhi, R., "A New Multilevel Thresholding Method Using Swarm Intelligence Algorithm for Image Segmentation", **J. Intelligent Learning Systems & Applications**, 126-138 (2010).

E E, “Rüzgar Türbinin Kullanımı ve Geli imi, Elektrik leri Etüt daresi Genel Müdürlü ü”, http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar_turbin.html (15.01.2016).

Gonzalez, R.C., Woods, R.E., Eddins, S.L., “Digital Image Processing Using MATLAB 1st Edition”, **Prentice-Hall** , U.S (2004).

Gökçe M., “Sayısal Görüntü leme ile Göz Hastalıklarının Te hisi için Yardımcı Sistem

KAYNAKLAR(Devam Ediyor)

- Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, **Bursa Teknik Üniversitesi**, (2014)
- Gökçınar, R. E. “Rüzgâr Enerjisi Fayda-Maliyet Analizi ve Hibrit Sistemler” **İstanbul Teknik Üniversitesi**, İstanbul,(2008).
- Höppner, F., Klawonn, F., Kruse, R., and Runkler, T., “Fuzzy Cluster Analysis”, John Wiley&Sons, **Chichester**, (2000).
- Kocatürk, . U. (2007) “Saat kadranının optik görüntüsünden saatin kaç oldu unu anlayan görüntü i lem sistemi”, Yüksek Lisans Tezi, **Ba kent Üniversitesi**, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Maktav, D. ve Sunar, F., “Uzaktan Algılamada Kantitatif Yaklaşım”, **Hürriyet Ofset**, İstanbul, 428-430 (1991).
- Otsu, N., "A threshold selection method from gray level histograms", IEEE Transactions on Systems, **Man, and Cybernetics**, SMC-9(1):62-66 1979
- Peker, M. “Görüntü i leme tekni i kullanılarak gerçek zamanlı hareketli görüntü tanıma”, Yüksek Lisans Tezi, **Sakarya Üniversitesi**, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, (2009)
- eker Evren ., K-Ortalama Algoritması, K-Means Algorithm,2008 <http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com/2008/12/15/k-ortalama-algoritmasi> (25.03.2016)
- Toklu M., “Rüzgar Enerjisi ve Elazığ artlarında Bir Rüzgar Santrali Tasarımı”, Yüksek lisans tezi, **Fırat üniversitesi**, (2002)
- Matthew, “Wind Resource Assessment and Micrositing, Matthew Huaiquan Zhang”, **Wiley**, 30-55 (2015)
- Verbyla, D. L., “Satellite Remote Sensing of Natural Resources, Lewis Publishers”, **CRC Press Valley Stream**, New York, (1995)
- Yerebakan M., Rüzgar Enerjisi, **İstanbul Ticaret Odası Yayınları**, Eylül Ayı, 113-126 (2001).

ÖZGEÇM



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Vahap NECCAROĞLU
Doğum Yeri ve Tarihi : OSMANGAZI 20.05.1990

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Makine Mühendisliği

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Deneyimi

Çalıştığı Kurumlar : -

İletişim

Adres : Dürdane Köyü No:29 Osmangazi/BURSA

Tel : -

E-Posta Adresi : vahap_neccaroglu@hotmail.com

Akademik Çalışmaları

Tarih:..../07/2016