

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Onur ŞATIR**

**UYGUN BULANIK (FUZZY) SINIFLAMA YÖNTEMLERİ İLE ALADAĞ  
ÖRNEĞİNDE ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN SINIFLANDIRILMASI**

**PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2006**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UYGUN BULANIK (FUZZY) SINIFLAMA YÖNTEMLERİ İLE  
ALADAĞ ÖRNEĞİNDE ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN  
SINIFLANDIRILMASI.**

**Onur ŞATIR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI**

**Bu tez 06/10/2006 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oy Birliği ile  
Kabul Edilmiştir.**

İmza:

İmza:

İmza:

Doç.Dr. Süha BERBEROĞLU  
DANIŞMAN

Prof.Dr. M. Faruk ALTUNKASA  
ÜYE

Doç.Dr. A. Oğuz DİNÇ  
ÜYE

Bu Tez Enstitümüzün Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalında Hazırlanmıştır.

Kod No:.....

Prof.Dr. Aziz ERTUNÇ

Enstitü Müdürü

**Bu Araştırma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından  
Desteklenmiştir.**

**Proje No: : ZF2006YL57**

Not: Bu tezde özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirilerin, çizelge, şekil ve haritaların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 Sayılı Fikir Ve Sanat Kanunundaki hükümlere tabidir.

**ÖZ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**UYGUN BULANIK (FUZZY) SINIFLAMA YÖNTEMLERİ İLE  
ALADAĞ ÖRNEĞİNDE ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN  
SINIFLANDIRILMASI**

**Onur ŞATIR**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI**

Danışman: Doç.Dr. Süha BERBEROĞLU  
Yıl: 2006 Sayfa: 79  
Jüri: Prof.Dr. M. Faruk ALTUNKASA  
Doç.Dr. A. Oğuz DİNÇ  
Doç.Dr. Süha BERBEROĞLU

Araştırmada, bulanık sınıflama tekniklerinden doğrusal karışım modeli ve yapay sinir ağları yöntemleri kullanılarak, Yukarı Seyhan Havzası içerisindeki Aladağlar ve çevresinde yer alan arazinin, Ağustos 2003 tarihli Envisat MERIS ve Landsat ETM uydu görüntüleri yardımıyla sınıflanması amaçlanmıştır. Yapay sinir ağları ve doğrusal karışım modeli bulanık sınıflama yöntemiyle görüntüler sınıflanmıştır. Ayrıca bulanık sınıflamanın, belirgin sınıflamalara göre daha yüksek doğrulukla sonuç verdiği karşılaştırmalı olarak ortaya konmuştur. Landsat ETM verisi maksimum olabilirlik algoritmasıyla sınıflanıp, 300 m ölçeğine getirilerek test verisi olarak kullanılmıştır. Belirgin sonuçlar ise YSA yöntemiyle üretilmiş ve sınıfların dağılımına göre belirlenen 500 tesadüfi nokta ile test edilmiştir.

Bu sınıflamada 8 temel arazi örtüsü (tarım, açık alan, kıvılcık, karaçam, sedir, göknar, ardıç, su yüzeyleri) sınıflanmıştır. Alandaki her bir sınıfa ait yeterli sayıda eğitim pikseli bulunamadığı için, sınıflama sonucunda istenen doğruluk oranlarına ulaşamamıştır. Bu nedenle, daha genel bir sınıflama yaklaşımı izlenerek yöntemlerin kullanılabilirliği sorgulanmıştır.

Genel sınıflamalar sonrasında ortaya çıkan doğruluk oranları DKM %82, YSA %81 ve belirgin YSA %57 olarak belirlenmiştir. Bulanık görüntü sınıflaması belirgin sınıflamalardan daha yüksek doğrulukla sonuç vermiştir. Karışımın yüksek olduğu piksellerde YSA'nın DKM'den daha etkin olduğu ve doğru sonuç ürettiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık mantık, görüntü sınıflaması, doğrusal karışım modeli, yapay sinir ağları, uzaktan algılama.

**ABSTRACT**  
**Msc THESIS**

**LAND COVER CLASSIFICATION USING APROPRIATE FUZZY  
IMAGE CLASSIFICATION TECNIQUES: ALADAG CASE STUDY**

**Onur ŞATIR**

DEPARTMENT OF LANDSCAPE ARCHITECTURE INSTITUTE OF NATUREL  
AND APPLIED SCIENCES UNIVERSITY OF CUKUROVA

Supervisor: Assoc.Prof. Süha BERBEROĞLU  
Year: 2006 Page: 79  
Jury: Prof.Dr. M. Faruk ALTUNKASA  
Assoc.Prof. A. Oğuz DİNÇ  
Assoc.Prof. Süha BERBEROĞLU

The aim of this study was to classify Envisat MERIS and Landsat ETM satellite imagery recorded in August 2003 over the Aladağ in the upper basin of Seyhan River basin, using fuzzy classification techniques such as, linear mixture modelling and artificial neural networks. The images were classified successfully using these two fuzzy techniques. Fuzzy classification techniques produced more accurate results than hard classification. Landsat ETM imagery was classified using maximum likelihood classifier and the output was resampled to 300 m to produce test data. Hard classification result was produced using artificial neural network classifier and tested using 500 random points.

Eight major land cover classes (including agriculture, bare ground, *Pinus brutia*, *Pinus nigra*, *Cedrus libani*, *Abies sp.*, *Juniperus sp.*, water) were classified within this classification. The classification accuracy of some land cover classes were below acceptable level as there was insufficient number of training pixels available. For this reason, overall accuracy approach was applied to compare applicability potential of the techniques. Overall results of soft classification from linear mixture modeling and artificial neural network and hard classification from artificial neural network were 82%, 81% and 57% respectively.

It can be concluded that soft classifiers resulted more accurate classifications than hard classifiers. Additionally, there is no significant difference between soft classification outputs from linear mixture modeling and artificial neural networks, however artificial neural networks tackled pixels with high degree of mixing more accurately than linear mixture modeling.

**Keywords:** Fuzzy logic, image classification, linear mixture modeling, artificial neural networks, remote sensing.



## TEŞEKKÜR

Öncelikle yüksek lisans tez çalışmam boyunca geniş bilgi birikimleri ve deneyimleriyle bana yol gösteren danışman hocam Doç.Dr. Süha BERBEROĞLU ve Southampton Üniversitesi'nden Prof.Dr. Peter M. ATKINSON, Prof.Dr. Giles FOODY, Dr. Jaduannah DASH ve Coğrafya Bölümü başkanı Prof.Dr. Nigel ARNEL'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin araştırma ve yazım aşamasında emeği geçen arkadaşlarım Mehmet Akif ERDOĞAN ve Anıl AKIN'a bana verdikleri destekten dolayı çok teşekkür ediyorum.

Benden maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, aileme ve nişanlım ziraat mühendisi Neslihan Yonca BOLAT'a teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA NO

|                                                                                                                  |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZ.....                                                                                                          | I    |
| ABSTRACT.....                                                                                                    | II   |
| TEŞEKKÜR.....                                                                                                    | III  |
| İÇİNDEKİLER.....                                                                                                 | IV   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                                                                     | VI   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....                                                                                           | VII  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                                             | VIII |
| 1. GİRİŞ.....                                                                                                    | 1    |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....                                                                                        | 5    |
| 2.1. Bulanık Mantık Teorisi ve Uzaktan Algılamada Bu Mantık Kullanılarak Yapılan Görüntü İşleme Çalışmaları..... | 5    |
| 2.2. YSA Yöntemi ve Uzaktan Algılamada Bu Yöntem Kullanılarak Yapılan Görüntü İşleme Çalışmaları.....            | 9    |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....                                                                                       | 13   |
| 3.1. Materyal.....                                                                                               | 13   |
| 3.1.1. Çalışma Alanı ve Genel Özellikleri.....                                                                   | 14   |
| 3.1.2. Landsat TM – ETM Uydu Verisi ve Özellikleri.....                                                          | 16   |
| 3.1.3. ENVISAT – MERIS Uydu Verisi ve Genel Özellikleri...                                                       | 17   |
| 3.1.4. Orman Mesçere Haritası ve Yer Verilerinin Özellikleri...                                                  | 20   |
| 3.2. Yöntem.....                                                                                                 | 21   |
| 3.2.1. Ön Çalışma.....                                                                                           | 22   |
| 3.2.2. Analiz.....                                                                                               | 22   |
| 3.2.2.1. MO (Maksimum Olabilirlik) Yöntemi.....                                                                  | 22   |
| 3.2.2.2. YSA (Yapay Sinir Ağları) Yöntemi.....                                                                   | 25   |
| 3.2.2.3. Bulanık DKM (Doğrusal Karışım Modeli) Yöntemi.....                                                      | 29   |
| 3.2.2.3.(1). PSI (Piksel Safılık İndeksi).....                                                                   | 30   |
| 3.2.3. Değerlendirme.....                                                                                        | 31   |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....                                                                          | 32   |

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Landsat TM – ETM Uydu Görüntüsünün MO Yöntemiyle Sınıflanması.....      | 32 |
| 4.1.1. Test Verilerinin Oluşturulması.....                                   | 34 |
| 4.2. ENVISAT – MERIS Verisinin YSA Yöntemiyle Sınıflanması...                | 36 |
| 4.2.1. Detaylı YSA Sınıflaması .....                                         | 37 |
| 4.2.2. Genel YSA Sınıflaması.....                                            | 42 |
| 4.3. ENVISAT – MERIS Verisinin DKM Yöntemiyle Sınıflanması...                | 46 |
| 4.3.1. Detaylı DKM Sınıflaması.....                                          | 48 |
| 4.3.2. Genel DKM Sınıflaması.....                                            | 54 |
| 4.4. Karşılaştırmalı Analizler ve Değerlendirme.....                         | 58 |
| 4.4.1. Detaylı Bulanık Sınıflamaların Test Verisiyle Karşılaştırılması ..... | 58 |
| 4.4.2.Genel Bulanık Sınıflamaların Test Verisiyle Karşılaştırılması.....     | 66 |
| 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....                                                 | 70 |
| 5.1. Detaylı Sınıflama Sonuçları ve Öneriler.....                            | 70 |
| 5.2. Genel Sınıflama Sonuçları ve Öneriler.....                              | 72 |
| 5.3. Sonuçların Değerlendirilmesi ve Öneriler.....                           | 73 |
| KAYNAKLAR.....                                                               | 75 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                | 79 |

## **SİMGELER VE KISALTMALAR**

|        |                                        |
|--------|----------------------------------------|
| ASAR : | Advange Synhetic Aparture Radar        |
| CASI : | Compact Airbone Spectrographic Imager  |
| DKM :  | Doğrusal Karışım Modeli                |
| DN :   | Piksel Parlaklık Değeri                |
| ESA :  | European Space Ageancy                 |
| ETM :  | Enhanged Thematic Mapper               |
| GPS :  | Global Position System                 |
| GY :   | Geri Yayılım                           |
| MERIS: | Medium Resolution Imaging Spectrometer |
| MLP :  | Multi – Layer Perceptron               |
| MO :   | Maksimum Olabilirlik                   |
| TM :   | Thematic Mapper                        |
| PSI :  | Piksel Saflık İndeksi                  |
| SAR :  | Synhetic Aparture Radar                |
| SBM :  | Sayısal Bakı Modeli                    |
| SYM :  | Sayısal Yükseklik Modeli               |
| YSA :  | Yapay Sinir Ağları                     |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

## SAYFA NO

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1. Farklı Yöntemler Uygulanarak Yapılmış Sınıflama Doğrulukları.....                                      | 6  |
| Çizelge 3.1. Landsat 7 ETM Uydusunun Algılayıcı Özellikleri.....                                                    | 17 |
| Çizelge 3.2. ENVISAT – MERIS Algılayıcısının Özellikleri.....                                                       | 18 |
| Çizelge 3.3. Landsat TM – ETM ve ENVISAT – MERIS Uyduları Arasındaki Temel Farklılıklar.....                        | 18 |
| Çizelge 4.1. MO Yöntemiyle Sınıflanan Landsat Görüntüsünün Doğruluk Oranları.....                                   | 33 |
| Çizelge 4.2. Landsat Görüntüsünün MO Sınıflamasında Kullanılan Eğitim Piksellerinin Sınıflara Göre Dağılımları..... | 34 |
| Çizelge 4.3. MERIS Verisinin Detaylı YSA Sınıflaması İçin Kullanılan Eğitim Piksel Sayıları.....                    | 37 |
| Çizelge 4.4. Detaylı YSA Sınıflaması İçin Belirlenen İdeal Parametreler.....                                        | 37 |
| Çizelge 4.5. MERIS Verisinin Genel YSA Sınıflaması İçin Kullanılan Eğitim Piksel Sayıları.....                      | 43 |
| Çizelge 4.6. Genel YSA Sınıflaması İçin Belirlenen İdeal Parametreler.....                                          | 43 |
| Çizelge 4.7. PSI Öncesi ve Sonrası Eğitim Pikselleri Sayıları.....                                                  | 48 |
| Çizelge 4.8. Genel DKM Sınıflamasında PSI Öncesi ve Sonrası Eğitim Piksel Sayıları.....                             | 53 |
| Çizelge 5.1. Detaylı Bulanık ve Belirgin Sınıflamaların Doğruluk Oranları.....                                      | 69 |
| Çizelge 5.2. Genel Bulanık ve Belirgin Sınıflamaların Doğruluk Oranları.....                                        | 71 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA NO

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1. Tahmini ve Geçek Değerlerin 4 Farklı Yöntemde Karşılaştırılması.....            | 12 |
| Şekil 3.1. Çalışma Alanının Genel Konumu.....                                              | 13 |
| Şekil 3.2. Seyhan Havzası ve Çalışma Alanı.....                                            | 14 |
| Şekil 3.3. Çalışma Alanının Sasisal Eş Yükselti Modeli.....                                | 15 |
| Şekil 3.4. Çalışma Alanının Landsat ETM 4-3-2 Band Kombinasyonlu Uydu Görüntüsü.....       | 17 |
| Şekil 3.5. Çalışma Alanının ENVISAT – MERIS 10-8-6 Band Kombinasyonlu Uydu Görüntüsü.....  | 18 |
| Şekil 3.6. Landsat ve MERIS Görüntüleri Arasındaki Yersel Çözünürlük Farkı.....            | 19 |
| Şekil 3.7. Orman Meşcere Haritası Örneği.....                                              | 20 |
| Şekil 3.8. Yöntem Akış Şeması.....                                                         | 21 |
| Şekil 3.9. MO Yönteminde Yansıma Karakteristiklerine Göre Sınıfların Dağılımına Örnek..... | 23 |
| Şekil 3.10. X ve Y Ortalamalarına Piksellerin Uzaklığı.....                                | 23 |
| Şekil 3.11. MO Yöntemi Akış Şeması.....                                                    | 24 |
| Şekil 3.12. İnsan Beynindeki Nöron Yapısı.....                                             | 25 |
| Şekil 3.13. Yapay Nöron Yapısı.....                                                        | 25 |
| Şekil 3.14. Multi – Layer Perceptron Modeli.....                                           | 26 |
| Şekil 3.15. YSA Akış Şeması.....                                                           | 27 |
| Şekil 3.16. GY Öğrenme Algoritması Şeması.....                                             | 28 |
| Şekil 3.17. DKM Yöntemi Akış Şeması.....                                                   | 30 |
| Şekil 4.1. MO Yöntemiyle Sınıflanmış Landsat TM – ETM Görüntüsü .....                      | 32 |
| Şekil 4.2. Test Verilerinin Oluşturulması.....                                             | 34 |
| Şekil 4.3. MO Sınıflamasından Test İçin 300m’ye Ölçeklendirilmiş Sonuç Görüntüleri.....    | 35 |
| Şekil 4.4. Öğrenme Momenti ve Oranını Gösteren Teorik Hata Yüzeyi.....                     | 36 |
| Şekil 4.5. YSA Sınıflaması Açık Alanlar Bulanık Sonuç Görüntüsü.....                       | 38 |

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.6. YSA Sınıflaması Tarım Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü.....                                     | 38 |
| Şekil 4.7. YSA Sınıflaması Karaçam Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü.....                                   | 39 |
| Şekil 4.8. YSA Sınıflaması Kızılçam Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü.....                                  | 39 |
| Şekil 4.9. YSA Sınıflaması Ardıç Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü.....                                     | 40 |
| Şekil 4.10. YSA Sınıflaması Göknaar Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü.....                                  | 40 |
| Şekil 4.11. YSA Sınıflaması Sedir Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü.....                                    | 41 |
| Şekil 4.12. YSA Sınıflaması Su Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü.....                                       | 41 |
| Şekil 4.13. Detaylı YSA Sınıflaması Belirgin Sonuç Görüntüsü.....                                          | 42 |
| Şekil 4.14. Genel YSA Sınıflaması Açık Alanların Bulanık Sonuç Görüntüsü.....                              | 44 |
| Şekil 4.15. Genel YSA Sınıflaması Tarım Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü.....                              | 44 |
| Şekil 4.16. Genel YSA Sınıflaması Orman Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü....                               | 45 |
| Şekil 4.17. Genel YSA Sınıflaması Su Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü.....                                 | 45 |
| Şekil 4.18. Genel YSA Belirgin Sınıflaması Sonuç Görüntüsü.....                                            | 46 |
| Şekil 4.19. Sınıflara Ait Saf Piksellerin MERIS Algılayıcısındaki Piksel Parlaklık<br>(DN) Değerleri.....  | 47 |
| Şekil 4.20. Sınıflara Ait Saf Piksel Değerlerinin Standart Sapmaları.....                                  | 47 |
| Şekil 4.21. MERIS Verisi Piksel Parlaklık Değerleri Dağılımı.....                                          | 48 |
| Şekil 4.22. Detaylı DKM Açık Alanlar Sınıflaması Sonuç Görüntüsü.....                                      | 50 |
| Şekil 4.23. Detaylı DKM Karaçam Alanları Sınıflaması Sonuç Görüntüsü.....                                  | 50 |
| Şekil 4.24. Detaylı DKM Kızılçam Alanları Sınıflaması Sonuç Görüntüsü.....                                 | 51 |
| Şekil 4.25. Detaylı DKM Ardıç Alanları Sınıflaması Sonuç Görüntüsü.....                                    | 51 |
| Şekil 4.26. Detaylı DKM Göknaar Alanları Sınıflaması Sonuç Görüntüsü.....                                  | 52 |
| Şekil 4.27. Detaylı DKM Tarım Alanları Sınıflaması Sonuç Görüntüsü.....                                    | 52 |
| Şekil 4.28. Detaylı DKM Sedir Alanları Sınıflaması Sonuç Görüntüsü.....                                    | 53 |
| Şekil 4.29. Detaylı DKM Su Alanları Sınıflaması Sonuç Görüntüsü.....                                       | 53 |
| Şekil 4.30. Genel DKM Sınıflaması Açık Alanlar Sonuç Görüntüsü.....                                        | 55 |
| Şekil 4.31. Genel DKM Sınıflaması Tarım Alanları Sonuç Görüntüsü.....                                      | 55 |
| Şekil 4.32. Genel DKM Sınıflaması Orman Alanları Sonuç Görüntüsü.....                                      | 56 |
| Şekil 4.33. Genel DKM Sınıflaması Su Alanları Sonuç Görüntüsü.....                                         | 57 |
| Şekil 4.34. Açık Alanların Detaylı Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test<br>Verisiyle Karşılaştırılması..... | 58 |

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.35. Ardıç Alanlarının Detaylı Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test   |    |
| Verisiyle Karşılaştırılması.....                                            | 59 |
| Şekil 4.36. Kızılçam Alanların Detaylı Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test  |    |
| Verisiyle Karşılaştırılması.....                                            | 60 |
| Şekil 4.37. Karaçam Alanlarının Detaylı Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test |    |
| Verisiyle Karşılaştırılması.....                                            | 61 |
| Şekil 4.38. Gökmar Alanlarının Detaylı Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test  |    |
| Verisiyle Karşılaştırılması.....                                            | 62 |
| Şekil 4.39. Tarım Alanlarının Detaylı Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test   |    |
| Verisiyle Karşılaştırılması.....                                            | 63 |
| Şekil 4.40. Sedir Alanlarının Detaylı Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test   |    |
| Verisiyle Karşılaştırılması.....                                            | 64 |
| Şekil 4.41. Su Alanlarının Detaylı Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test      |    |
| Verisiyle Karşılaştırılması.....                                            | 65 |
| Şekil 4.42. Açık Alanların Genel Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test        |    |
| Verisiyle Karşılaştırılması.....                                            | 66 |
| Şekil 4.43. Tarım Alanlarının Genel Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test     |    |
| Verisiyle Karşılaştırılması.....                                            | 67 |
| Şekil 4.44. Orman Alanlarının Genel Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test     |    |
| Verisiyle Karşılaştırılması.....                                            | 68 |
| Şekil 4.45. Su Alanlarının Genel Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test        |    |
| Verisiyle Karşılaştırılması.....                                            | 69 |



## 1.GİRİŞ

Tarih süreci içerisinde insanlar her zaman bilinmeyenleri çözmek, mevcut hayat koşullarını rahatlatmak için bilgiyi yaratıcı bir şekilde kullanmaya çalışmıştır. Yeni buluşlar ve teknikler ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilmiş ve iletişim olanaklarının imkan verdiği ölçülerde başkalarına aktararak kullanılmıştır. Bilimin bu süreci durmadan devam eder ve hayatımıza sürekli yenilikler katmıştır.

İçinde yaşadığımız uzay çağında, bilişim teknolojisi, uydu teknolojisi ve iletişim olanakları büyük bir hızla gelişmektedir. Bu gelişmeye paralel olarak da, dünyadaki yeni teknolojilerin öğrenilmesi ve uygulanması süreci, iletişim olanaklarının çeşitlenmesinin etkisiyle giderek kısalmaktadır. Bilinmeyenleri bulmak da daha kolay ve basit bir hale gelmektedir. Ancak insanoğlunun, en büyük bilinmeyenlerinden birisi olan uzay ve yaşadığımız yeryüzü hala birçok sırrı içermektedir.

Yeryüzü ve uzayla ilgili bilinmeyenleri keşfetmek için son yarım yüzyıllık süreçte büyük adımlar atılmıştır. Uzaya ilk insanın gönderilmesi, Ay'a ayak basılması, ilk uydunun uzaya fırlatılması ve diğer gezegenlerin içerdiği sırların çözülmeye başlanması gelinen noktayı bizlere göstermiştir. Sputnik adlı basketbol topu büyüklüğündeki küçük uydu ile başlayan yeryüzünü keşfetme çalışmaları, zamanla geliştirilen diğer uydularında katılmasıyla oldukça ileri bir seviyeye ulaşmıştır. Günümüzde bu teknoloji o kadar gelişmiştir ki, evlerimizden internet aracılığı ile yaşadığımız mahallenin detayları dahi görebilir bir duruma gelmiştir. Yeryüzünün algılanmasında, yersel çözünürlükleri (görüntü çözünürlüğü) yüksek (örneğin IKONOS) uyduların yanı sıra radyometrik çözünürlüğü (yansıyan elektromanyetik enerjinin algılanması yeteneği) yüksek (örneğin MERIS) uydu teknolojileri de geliştirilmektedir. Çünkü yeryüzünün tanımlanması için, cisimlerinin sadece görülebilir olması değil, aynı zamanda özellikleri ve içerikleri açısından da algılanabilir olması gereklidir.

Son zamanlardaki bilimsel ve teknolojik gelişmeler tüm peyzajın analizi ve yönetimi yeteneğini güçlendirmiştir. Peyzaj ekolojisi, yönetim için peyzaj yapısının, fonksiyonlarının ve değişimlerin daha iyi algılanmasına katkıda bulunan güçlü bir

kavramsal ve teorik temeldir (Forman ve ark. 1986). Peyzaj yapısının sayısal olarak tanımlanması temel bir gerekliliktir (Forman 1995, Mc Garigal ve Marks 1995). Bireysel peyzaj elemanlarının yapısının belirlenmesinde, analizinde ve tanımlanmasında konumsal özellikler oldukça önemlidir (Schumaker 1996). Sayısal olarak belirli bir alan içerisindeki elemanların belirlenmesi, özellikle peyzaj içerisindeki biyoçeşitliliğin değerlendirilmesi açısından gereklidir (Fahrig ve Merriam 1985, Wilcox ve Murphy 1985, Rosenberg 1997).

Arazi örtüsü, fiziksel, iklimsel ve biyolojik çevrenin bütüncül olarak açıklanmasıdır. Yüzyıllardır insanlar, arazi örtüsünün ve vejetasyonun haritalanmasıyla ilgilenmiştir (Woodcock ve ark 1999). Yeryüzünden yayılan elektro manyetik yansıma, karasal ekosistemlerdeki toprağın, suyun ve vejetasyonun biyolojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri hakkında bilgi sağlar. Hava fotoğrafları ve uydu verileri yeryüzünden yansıyan bu ışınları optik dalga boylarında kayıt eder ve biyomas, fotosentez için aktif radyasyon, vejetasyon biyofiziksel değişkenleri, ışığın soğurulması, örtülülük gibi konularda geniş bir tahmin yürütme olanağı sağlar (Berberoğlu 1999).

Arazi örtüsünü belirlemek ve haritalamak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Çeşitli arazi sınıflama teknikleri, yeryüzünü kaplayan örtünün belirlenmesi için bir çok fayda sağlar. Bu sınıflama tekniklerini temel anlamda kontrollü ve kontrolsüz olarak iki sınıfa ayırabiliriz. Kontrollü sınıflamada (supervised), sınıflanacak alandaki her bir arazi örtüsüne ait bölgeler, sadece belirli bir alandan alınan ve bu arazi örtülerini en iyi şekilde temsil eden eğitim verilerine göre sınıflanır. Kontrolsüz sınıflamada (unsupervised) ise alandaki arazi örtüsü ile ilgili yersel veri sahibi olmadan basit bir kümeleme yöntemiyle kullanıcının belirlediği kadar sınıfın sonuç verisi olarak alınmasıdır. Bu temel sınıflama yöntemleri içerisinde kontrollü sınıflamada farklı algoritmalar kullanılarak uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları sınıflanabilir. Bu algoritmalar içerisinde en çok kullanılanlar, MO (maximum olabilirlik), minimum mesafe, mahalanobis mesafesi en yakın komşuluk yöntemi, paralelkenar yöntemi gibi algoritmalardır.

Uzaktan algılama ile elde edilen görüntülerin, geleneksel belirgin (hard) sınıflama teknikleriyle sınıflanması, karma piksellerinin algılanmasında yeterli

değildir (Cracknell 1998). Bulanık (fuzzy) sınıflama yöntemleri ise bu sorunu, her bir pikseldeki her sınıfın birbirlerine göre oransal değerlerinin saptanmasıyla ortadan kaldırır (Foody 1996).

Gerçek dünya karmaşıklığı genel olarak belirsizliklerden kaynaklanır. Bu belirsizliklerin çözümü için en uygun model seçilir. Modelleme amacıyla kullanılan hesap yöntemlerini genel olarak matematik eşitlikler, modelden bağımsız yöntemler ve bulanık sistemler olarak üç ana gruba ayrılabilir. Bunlardan kapalı formdaki matematik eşitlikler, çok az karmaşıklık ve belirsizlik içeren sistemleri tanımlamak için çok elverişlidir. Daha karmaşıklık içeren fakat anlamlı sayısal verilere dayalı sistemler için, yapay sinir ağları (YSA) gibi istatistiksel modelden bağımsız yöntemler öğrenme yoluyla belirsizliği azaltarak güçlü ve sağlam sonuçlar üretebilmektedir. Son olarak az sayıda sayısal verinin, eksik ve belirsizlik içeren bilgilerin bulunduğu en karmaşık sistemlerin tanımlanmasında ise bulanık sistemler kullanılmaktadır. Bulanık sistemler giriş ve çıkış bilgileri arasında belirli esaslara bağlı olarak sistemin davranışı hakkında bilgi edinmemizi sağlar ve sonuç verisine giriş verisindeki değişkenlikler yansıtılır (Akyılmaz, 2005).

Yapay sinir ağları (YSA) 1980'lerin ortalarından günümüze kadar bir çok bilimsel disiplin içindeki çalışmalara konu olmuştur. Uzaktan algılamada YSA' nın kullanımı göreceli olarak yeni olmasına rağmen yapılan çalışmalar önemli derecede artmıştır. Uygulamaların çoğunda “geri yayılım” (backpropagation) algoritmasıyla eğitilen “çok katmanlı perseptron” (multi layer perceptron “MLP”) YSA yapısının kullanılmasına rağmen son yıllarda RBF, LVQ ve SOM gibi YSA yapıları da kullanılmaya başlanmıştır (Özkan, 2000).

Uzaktan algılamada YSA, sınıflandırma problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Bir çok çalışma ile YSA'nın uydu görüntülerinin ve hava fotoğraflarının işlenmesinde diğer yöntemlere göre daha iyi sonuç verdiği kanıtlanmıştır. Bunun nedeni, YSA prensibinin insan beyninin küçük bir modeli olmasıdır. Bu özelliğiyle, işlemleri yaparken girilen eğitim parametrelerine göre mantık yürüterek sonuca gitmesidir. Kullanılan giriş verilerinin tümü karar değişkenlerinin belirlenmesinde dikkate alınır. Bu nedenle hazırlanan giriş verilerinin özenle hazırlanması ve tüm veriyi temsil etmesi çok önemlidir. İstatistiksel

modellerde her veri birimi genel bir model oluşturulmasında kullanılır ve etkisi sınırlıdır. Veri istatistiksel olarak normal dağılım gösterdiğinde sorun yaşanmaz fakat normal olmayan dağılımlarda, her veri birimini dikkate alarak karar sınırlarını belirlemesi nedeniyle YSA daha avantajlıdır.

Bulanık mantık (fuzzy logic) teorisi Lotfi Zadeh tarafından klasik küme teorisinin bir uzantısı olarak 1965 yılında ortaya atılmıştır. Temel fikri klasik kümelerdeki gibi bir değerin bir kümenin elemanı olup olmadığı sorusuna “evet” yada “hayır” gibi kesin cevaplar vermeyip bu elemanın üyeliğinin “0” ile “1” arasında değerler alabilen sürekli bir üyelik fonksiyonu ile ifade edilmesidir (Yılmaz ve Arslan 2005).

Bulanık mantık teorisi on yıldan fazla bir süredir, çeşitli sorunların giderilmesinde geniş çapta kullanılmaktadır. Bu teori çok genç olmasına rağmen yönetim ve karar alma, ekonomik analizler, tıp, araştırma operasyonları, şekil tanımlama, görüntü sınıflama gibi bir çok alanda kullanılmaktadır (Nedeljkovic 2002). Bu teorinin görüntü işlemede kullanılması ise son 10 yıl içerisinde artmıştır.

On yıl önceki görüntü işleme çalışmalarında en büyük sorunlardan birisi karma piksel problemleri idi. Bu sorunun çözümü için sadece yersel çözünürlükle ilgili verilerin yeterli olmayacağı biliniyordu. Bulanık kontrollü sınıflama tekniği keşfedildikten sonra bu sorunun çözümünde oldukça yol alınmıştır. Zaman içerisinde farklı modeller ve yöntemler geliştirilmiştir. Bunların başında, doğrusal karışım modeli, bulanık k-ortalama (c-means) yöntemi, yapay sinir ağları yöntemi, sigmoidal bulanık yöntem gibi yöntemler gelmektedir. Bu yöntemler kullanılarak karma piksel sorununun çözümü mümkündür.

Bulanık görüntü işleme teknikleri karma piksel problemini çözüp daha iyi bir doğruluk oranı elde etmesine karşın, kesin olarak hangi sınıfın nerede olduğunu net bir sınırla ifade edemez (Aplin ve Atkinson 2001).

Bu araştırmanın amacı, iki farklı bulanık sınıflama yönteminin (doğrusal karışım modeli ve yapay sinir ağları) Toros-Aladağ yakın çevresindeki orman örtüsünün ve diğer temel arazi kullanımının saptanmasında klasik yöntemlere göre farklılıklarını belirlemek ve iki yöntemi karşılaştırarak, en uygun görüntü sınıflama yöntemini saptamaya çalışmaktır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Bulanık Mantık Teorisi ve Uzaktan Algılamada Bulanık Mantık Kullanılarak Yapılan Görüntü İşleme Çalışmaları

Wang (1990), geleneksel kontrollü sınıflama tekniklerinde, eğitim verisi ve sınıflama sonuçları bir piksel – bir sınıf yöntemiyle açıklanır. Karışım sınıfı, eğitimin ve piksellerin belirlenmesinde üyelik fonksiyonlarının tanımlanması için kullanılmaz ve karışım olarak alınamaz. Dolayısıyla karışım bilgileri ihmal edildiği için doğruluk oranı düşük olmaktadır. Bu çalışmada, bulanık kontrollü sınıflama ile coğrafi bilginin bulanık küme olarak tanımlanması sağlanmıştır. Bu algoritma iki temel aşamayı içerir; bulanık eğitim verisinden bulanık parametrelerin tahmini ve yansıma değerlerine ait ayrımın bulanık olarak bölünmesidir. Böylece, sınıflar arasındaki belirsizliklerin tanımlanması mümkün olmakta ve klasik sınıflama yöntemlerine göre bulanık sınıflamalar çok daha doğru sonuçlar vermektedir.

Atkinson ve ark. (1997), NOAA AVHRR görüntülerinin sorunlarından birisi arazi örtüsündeki değişkenliğin 1x1 km çözünürlükte pikseller ile temsil edilememesidir. Bu nedenle genellikle NOAA AVHRR pikselleri arazi örtü tiplerinden oluşan bir karışım içermektedir (alt piksel karışımı). İngiltere New Forest'taki arazi sınıflarının alt piksel oranlarının haritalanmasında 3 teknik karşılaştırılmıştır. Bunlar yapay sinir ağları, karışım modeli ve bulanık c-ortalama (c-means) sınıflamasıdır. NOAA AVHRR ve SPOT HRV uydularının 28 Haziran 1994 tarihli görüntüleri kullanılmıştır. SPOT HRV görüntüsü MO yöntemiyle sınıflandırılmıştır ve her NOAA AVHRR pikselinin bilinen alt piksel oranı bu yöntemle elde edilmiştir. Bu veriler, öngörülerin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Bu araştırmanın sonucunda YSA en iyi sonuç veren teknik olarak belirtilmiştir. Ancak, bu doğruluk eğitim setinin ve yardımcı verilerin güvenilirliğine bağlıdır. Eğitimli bulanık c-ortalama sınıflaması, doğrusal karışım modeline göre daha iyi sonuç vermiştir.

Bastin (1997), dört farklı alan kullanımının (bozkır, yüksek orman, alçak orman ve su) saptanması için üç farklı bulanık sınıflama yöntemini (bulanık

c - ortalama sınıflaması, doğrusal karışım modeli ve olasılıklara dayalı maksimum olabilirlik algoritması) karma piksellerin tanımlanmasında kullanmıştır. Her sınıfa ait 11x11 piksellik örnekler oluşturulup, yer verileri ile uygun ölçekte karşılaştırılmıştır. Genel olarak bulanık c-ortalama sınıflaması alt piksellerin tanımlanmasında diğerlerine göre yüksek doğrulukta sonuç vermiştir. Sırasıyla doğrusal karışım modeli ve maksimum olabilirlik yöntemleri en yüksek doğruluğa sahiptir.

Aplin ve Atkinson (2001), bu çalışma, İngiltere'nin Batı Sussex bölgesinde 300x300m'lik kentsel ağırlıklı bir alanda yapılmıştır. Bölgede çeşitli binalar, yollar, koruluk alan ve çim alanları bulunmaktadır. Alan temelli sınıflamalarda, alt piksel ölçeğinde bulanık arazi sınıflamasına dönüştürmek için bir yöntem geliştirilmiştir. Sınıflama için IKONOS görüntüsü ve arazi örtüsü sınırlarını belirlemek içinde Compact Airbone Spectrographic Imager (CASI) görüntülerinden faydalanılmıştır. Öncelikle, görüntü pikselleri sınırlar kullanılarak parçalanmıştır. İkinci olarak, parçalanmış bu pikseller arazi sınıfları ile tanımlanmıştır. Üçüncü ve son olarak, MO belirgin sınıflaması ve Mahalanobis mesafesine dayalı bulanık sınıflamalar ile arazi piksel bazlı sınıflanmış ve arazi örtüsü sınırları ile belirlenen alanlardaki sınıflama sonuçlarına karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, bulanık olarak üretilen verilere dayalı alansal sınıflama, MO yöntemiyle üretilen verilere dayalı alansal sınıflamaya göre daha doğru sonuç vermiştir.

Çizelge 2.1. Farklı Yöntemler Uygulanarak Yapılmış Sınıflama Doğrulukları (Aplin ve Atkinson, 2001)

| Arazi Örtü Sınıfları | MO Yöntemiyle Yapılmış Belirgin Sınıflama | Belirgin Piksel Bazlı Sınıflama Temelli Alansal Sınıflama | Bulanık Piksel Bazlı Sınıflama Temelli Alansal Sınıflama |
|----------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Çim Alan             | 0.61                                      | 0.91                                                      | 0.99                                                     |
| Koruluk              | 0.32                                      | 0.71                                                      | 0.76                                                     |
| Ev Çatısı            | 0.26                                      | 0.73                                                      | 0.86                                                     |
| Asfalt               | 0.34                                      | 0.74                                                      | 0.74                                                     |
| GENEL                | 0.36                                      | 0.77                                                      | 0.83                                                     |

Nedeljkovic (2002), çalışmanın temel amacı bulanık mantığın görüntü sınıflamada kullanımını değerlendirmektir. Spot uydu görüntüsü kullanılarak iki farklı sınıflama sonucu elde edilmiştir. Bunlar MO yöntemi ile yapılan sınıflama diğeri ise bulanık mantık ile yapılan sınıflamadır. Sonuçlar karşılaştırmalı olarak

tesadüfi seçilmiş 100 nokta ile değerlendirilmiştir. Buna göre bulanık mantıkla görüntü sınıflamasının tatmin edici bir sonuç verdiği belirlenmiştir. Toplam doğruluk oranı, %89 olmuştur.

Lucas ve ark. (2002), çıplak kumul ve yarı karışık kumul alanlar, kıyı kumul bitki alanlarındaki nadir türleri destekleyen ve gevşek habitatlar için uygun ortamlardır. Ekolojik olarak, geniş kumul alanlarının çalılık veya kumul yüzeylerinin belirlenmesi, habitatların haritalanması koruma amaçlı yönetim planı için temel veri sağlamaktadır. Habitatları haritalamak için çok bantlı hava fotoğrafları, doğrusal karışım modeli ve üretilen bulanık üye fonksiyonları (membership function) kullanılmıştır. Sonuç olarak doğrusal karışım modeli ile kumul ve bitkilere ait yansıma karışım oranlarının tespit edilebilmiştir.

Hegde (2003), Hindistan'ın Shimla bölgesindeki değişimin modellenmesi için 1987 ve 1999 yıllarına ait 1987 Landsat TM ve 1999 IRS – 1D uydu görüntüleri kullanılmıştır. Kontrollü ve kontrolsüz görüntü sınıflama teknikleri arazi örtüsünün sınıflanmasında kullanılmıştır. Sınıflardaki belirsizlik görüntülerin sınıflanmasındaki en önemli sorun olmuştur. Bu belirsizliği tanımlamak için bulanık yaklaşım kullanılmıştır. Sonuçlara göre; bulanık sınıflamalar, geleneksel yöntemlere göre çok daha doğru sonuçlar vermiştir. Arazi değişimlerinin modellenmesi için bulanık sınıflamalar, sınıflama sonrasında çıkan sonuçlara göre birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu yaklaşımla değişimin miktarı ve yönü tanımlanmıştır.

Yılmaz ve Arslan (2005), bulanık mantık teorisi, pek çok endüstriyel alanda bulanık kontrol mekanizmaları başarılı sonuçlar vermiştir. Bunun nedeni, bulanık kontrollerin klasik kontrollere göre insan düşüncesini ve komutları bulanık kurallar yardımı ile daha iyi ifade edebilmesidir. Günümüzde diğer mühendislik alanlarında olduğu gibi, bulanık mantık pek çok jeodezik problemin çözümünde de kullanılabilir. Bu problemlerin bazıları; coğrafi bilgi sistemlerinde veri analizi, deformasyon analizi, yer dönme parametrelerinin belirlenmesi olarak sayılabilir. Bulanık mantık yönteminde yaygın olarak kullanılan iki yöntem vardır. Bunlar; Mamdani ve Sugeno yöntemleridir. Mamdani yöntemi, yaygın olarak kullanım alanı olan, uzman bilgisi gerektiren ve her türlü problemin çözümüne uygulanabilen bir bulanık mantık yöntemidir. Sugeno yöntemi ise değişken sayısının çok fazla olmadığı ya da bu

değişkenlerin fazla sayıda alt kümelere ayrılmadığı durumlardaki problemlerin çözümünde uygulanır.

Lee ve Lathrop (2005), doğrusal karışım modeli, Landsat (ETM) görüntüsünün alt piksel analizinde, su yüzeyi, işlenmiş ve işlenmemiş çim, ağaç örtüsü olmak üzere 3 anahtar arazi örtüsünün tahmin edilmesinde test edilmiştir. İki farklı son üye (endmember) setinin nispi verimliliği karşılaştırılmıştır. İç son üye seti arazi örtüsü eğitim piksellerinin medyan değerlerinden oluşmakta ve dış son üye seti ise aşırı piksel değerlerinden oluşmaktadır. Doğruluk analizleri, sınıflanmış ikonos görüntüleri ve dijital ortho-fotoğraflardan elde edilen bağımsız tahminlerle karşılaştırılmıştır. Ağaç ve çim örtülerinin ayrımı, bu iki arazi örtü tipi arasındaki yansıma benzerliği nedeniyle diğerlerine oranla daha sorunlu olmuştur. İç son üye seti, dış son üye setine göre çim ve kentsel ağaç örtüsünün ayrımında daha iyi sonuç vermiştir.

Zhu (2005), uzaktan algılanmış görüntülerin alt piksel analizi için yeterli sayıda görüntü bandına ihtiyaç duyulması, doğrusal karışım modeli için genelde sınırlayıcı bir unsurdur. Çünkü arazi örtüsü sınıflamasının, son üye sayısı genelde Landsat TM ya da SPOT görüntüleri kullanıldığında band sayısından daha fazladır. Bu çalışmada, sadece her pikselin saf piksellerdeki son üye alt kümesini ilgilendiren zorluğu çözecek iki algoritma yaklaşımı amaçlanmıştır. Bunlar MRES (ayrıntılı en az kalan arama algoritması) ve PG (tek olasılıkla yönlendirilmiş süreç) algoritmalarıdır. MRES yöntemi her olası alt kümeyi sınar ve bunların kalan değerlerini ölçer. Tüm olası senaryolar test edilir, en küçük kalan değeri veren alt küme bulunur. Bulunan alt kümenin saf sonucu, bu pikselin bileşenleri olarak kabul edilir. PG yöntemi her pikselin son üyesine olan uzaklık olasılığını hesaplar ve bir alt küme oluşturmak için en yüksek olasılığa sahip son üyeleri alır. Sonrasında doğrusal bir işlem alt pikselleri ayırt etmek için kullanılmıştır. Sonuç olarak PG yönteminin MRES yöntemine göre daha az etkin olduğu gözlenmiştir.



## 2.2. YSA Yöntemi ve Uzaktan Algılamada Bu Yöntem Kullanılarak Yapılan Görüntü İşleme Çalışmaları

Atkinson ve Tatnall (1997), son on yıllık süre içerisinde uzaktan algılamada yapay sinir ağlarının kullanılabilirliği artmıştır. Bir çok benzer çalışmayı günümüzde görmek mümkündür. Bu çalışma YSA'nın uzaktan algılamada kullanım olanaklarıyla ilgili bilgi vermektedir. Bu teknik genellikle, arazi örtüsü ve bulut yapılarının sınıflanmasında kullanılmaktadır. Buna göre YSA' nın avantajlarını şöyle sıralayabiliriz:

- a) Karmaşık verilerin çözülmesinde MO gibi istatistiksel sınıflamalara göre daha doğru sonuç vermektedir.
- b) Yüksek doğruluktaki sonuçlara, diğer yöntemlere göre daha hızlı ulaşılabilir.
- c) Ön bilgileri ve görüntü dışı veriler analiz içerisinde değerlendirebilmektedir.
- d) Farklı veri tiplerini (farklı algılayıcılardan alınan verileri) bir arada analiz etmektedir. Böylece, birden çok verinin olduğu çalışmalarda sonuç alınmasını kolaylaştırmaktadır.

Foschi ve Smith (1997), bu çalışmada alt piksellerdeki orman örtüsünün belirlenmesi için YSA yaklaşımları kullanılmıştır. Bir çok küçük orman alanı uzaktan algılamayla saptanırken, içerisinde bir pikselden küçük karışık peyzaj elementleri içerir. Bu sorunu çözmek için YSA yöntemi bir alternatif olabilir. Böylece doğruluk oranı çok daha yüksek sonuçlar elde etmek mümkündür. Sinir ağları alt piksellerdeki orman örtüsünün tespit edilmesi için eğitilmiştir. Çok katmanlı perceptron (MLP) ile geri yayılım (GY) öğrenme algoritması kullanılmıştır. YSA yapısı 8 girdi, 18 gizli ve 1 çıkış katmanından oluşmaktadır. Hedeflenen sonuç sadece orman örtüsünü bulanık olarak tespit etmektir. Sonuç göstermiştir ki, karışım pikselleri içerisindeki orman örtüsünün belirlenmesinde YSA yöntemleri oldukça doğru sonuç vermektedir.

Kanellopoulos ve Wilkinson (1997), araştırma, ağ eğitimi ve genel sınıflama performansını optimize etmenin en uygun yöntemini belirlemek amacıyla uzaktan algılanmış verilerin sınıflanması için sinir ağı kullanılan, beş yıl süren bir takım

deneysel araştırmaları anlatmaktadır. Bu alanlarda sınıanan en iyi uygulamalar; ağ yapısı seçimi, algoritma optimizasyonunun kullanılması, girdi verisinin ölçeklendirilmesi, kaos etkisinden kurtarma, arttırılmış özellik verilerinin kullanımı ve hibrid sınıflayıcı yöntemleridir. Sonuç olarak çok miktarda uygulama güncel olarak kullanılmaktadır. Sinir ağları, uzaktan algılamada süreklilik gerektiren görüntü işleme ihtiyacı için güvenle kullanılabilir.

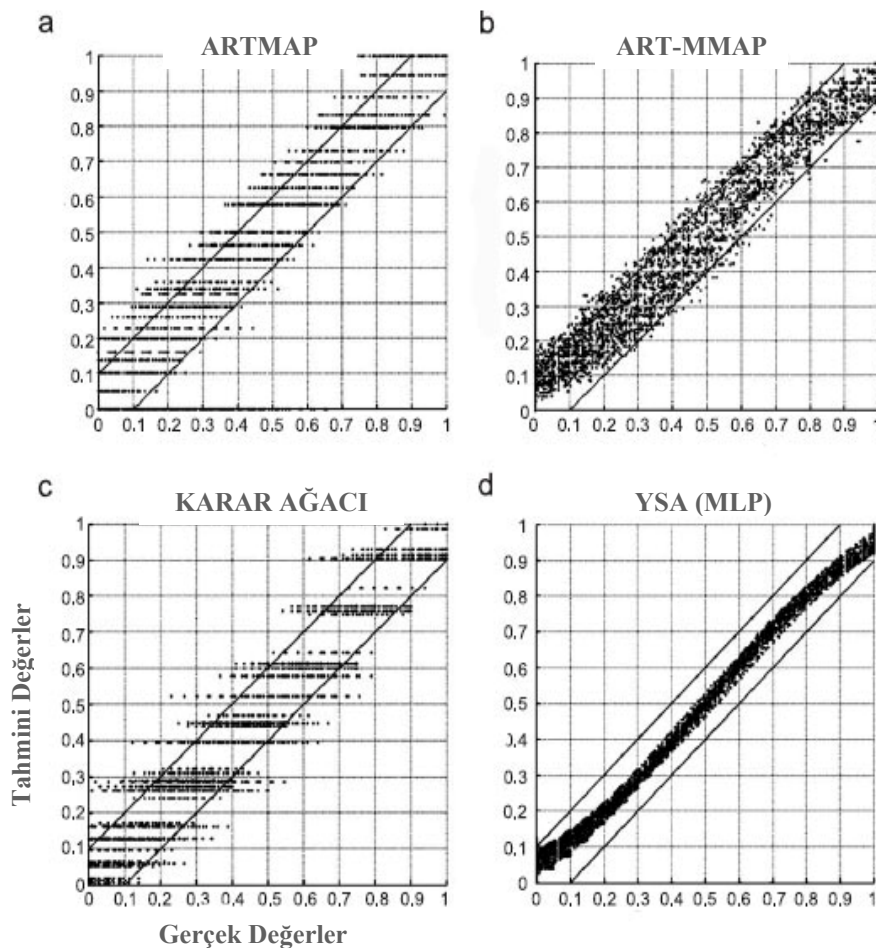
Berberoğlu (1999), çalışmanın temel amacı Akdeniz Bölgesi'ndeki arazi örtüsünün uzaktan algılama ile belirlenmesi için uygun bir yöntemin geliştirilmesidir. Üç farklı Landsat TM görüntüsünün sınıflanması için MO, YSA ve tekstür analizlerinden oluşan sınıflama teknikleri Çukurova Bölgesi'nde kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, YSA yönteminin MO yöntemine göre %15 daha iyi sonuç verdiği saptanmıştır.

Özkan (2001), üç ana YSA yapısı ve buna bağla görüntü sınıflama algoritmaları karşılaştırılmıştır. Bu YSA yapıları, MLP, RBF ve LVQ' dur. Bu algoritmalar içerisinde görüntü sınıflamada en çok kullanılan MLP yapısının farklı algoritmaları karşılaştırılmıştır. Bunlar: DBD (delta bar delta), EDBD (geliştirilmiş delta bar delta), BFG Quasi – Newton geri yayılım algoritması, CGB Powell – Beale gradient azatlım algoritması, CGP (Polak – Ribiere gradient azatlım algoritması), OSS tek adım sekant yöntemi, RP esnek öğrenme ve SCG ölçeklendirilmiş gradient azatlım algoritmasıdır. Bunlar arasında en iyi sonuçları, MLP YSA yapısı vermiştir. Bu yapı içerisinde en iyi sonucu da BFG ve CGB algoritmaları vermiştir.

Amici ve ark. (2004), bu çalışmada sel riski altındaki alanlarda değişimin haritalanması için SAR (Synthetic Aperture Radar) görüntüsü kullanılmıştır. Çalışmanın temel amacı bulanık ve sinirsel bulanık tekniklerin SAR verilerinin sınıflanması için uygunluğunun değerlendirilmesidir. Yapılan çalışmanın sonucunda en yüksek doğruluk değeri %90.3 üretici ve %71.9 kullanıcı doğruluk oranları olarak bulanık sinir ağları yaklaşımında saptanmıştır.

Liu ve Wu (2005), alt piksel katmanlarının sınıflanması yersel çözünürlüğü kaba olan (~1km) verilerde, başarılı bir şekilde bir çok arazi örtüsünün tanımlanması için küresel ve bölgesel ölçekte, alan kullanımlarının haritalanmasında geniş çapta kullanılmaktadır. Alt piksellerin sınıflanması için, çoğunlukla kullanılan dört

doğrusal olmayan model birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bunlar ART-MAP, ART-MMAP, karar ağacı ve MLP' dir. GY algoritmasıyla karşılaştırma dört temel faktöre dayanır; doğruluk, model karmaşıklığı, hata dağılımı ve interpolasyon yeteneğidir. Çalışma sonucunda MLP, MODIS verisinde diğer uygulamalara göre daha iyi sonuç vermiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Tahmini ve Gerçek Değerlerin 4 Farklı Yöntemde Karşılaştırılması (Liu ve Wu 2005)

Nemmour ve Chibani (2006), Bu çalışmadaki amaç SPOT HRV görüntüleri kullanılarak, bulanık küme ve YSA tabanlı yöntemlerle uydu görüntülerindeki değişimin tespit edilmesidir. Farklı tarihli görüntüler, değişim olan ve değişim olmayan sınıflar olarak bulanık model kullanılarak sınıflanmıştır. İki farklı bulanık model sınıflamada kullanılmıştır. Mahalanobis mesafesine dayalı model ve bulanık sinir ağları modeli karşılaştırılmıştır. Bulanık sinir ağları tabanlı model en iyi sonucu

vermiştir. Bazı hataların düzeltilmesiyle değişim tespitinde çok daha iyi sonuçlar verebilmektedir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

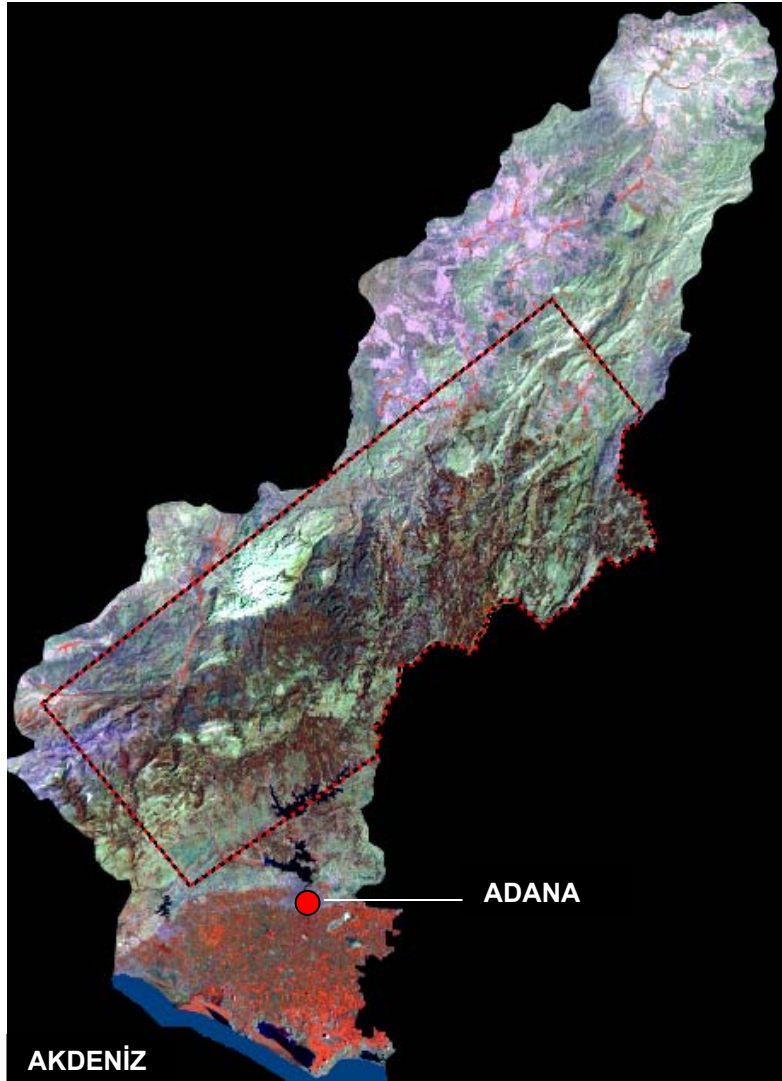
Adana ilinin kuzey bölgesindeki, Yukarı Seyhan Havzası içerisinde kalan Aladağ ve çevresindeki ormanlık bölgeler çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu bölgelerin, 17 Ağustos 2003 tarihli Landsat ETM ve Envisat MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) uydu görüntüleriyle birlikte, yer verisi olarak orman meşcere haritaları ve bazı orman meşcere gruplarından alınmış GPS verileri kullanılmıştır. Bu görüntüler, çeşitli uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak sınıflanmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma Alanının Genel Konumu (Anonymous, 2005)

### 3.1.1. Çalışma Alanı ve Genel Özellikleri

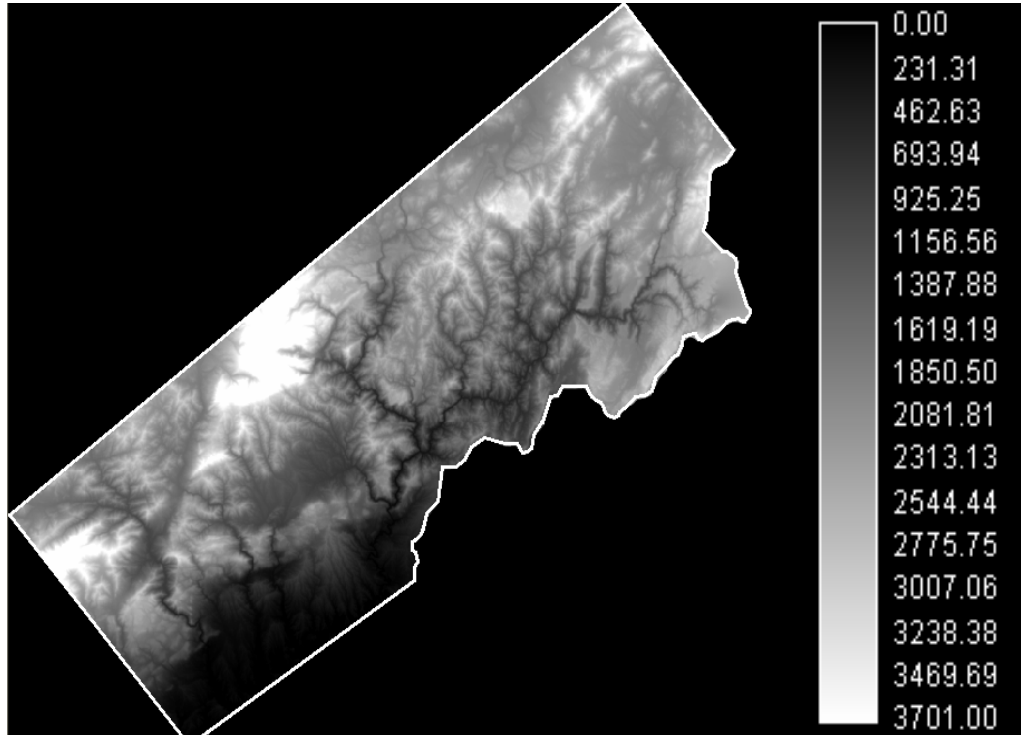
Çalışma alanı genel olarak olarak, Adana ilinin kuzey bölgesi Yukarı Seyhan Havzası'ndaki Karaisalı, Pos, Saimbeyli, Eğner, Eğni Orman Bölgeleri ve Kozan İlçesi Orman Bölge sahasının bir bölümünü kapsamaktadır. Coğrafi olarak tanımı, (sol üst köşesi) boylam 633900 UTM, enlem 4263819 UTM ve (alt sağ köşe) boylam 804900 UTM, enlem 4100610 UTM' dir. Çalışma alanı boyutları 180km X 65km' dir (şekil 3.2).



Şekil 3.2. Seyhan Havzası ve Çalışma Alanı.



Bir bütün olarak değerlendirildiğinde karasal iklim koşullarının etkin olduğu görülmektedir. Alanın toprak yapısı incelendiğinde 3 ana toprak grubu bulunmaktadır. Bunlar kolüvyal, kireçsiz kahverengi orman ve kahverengi orman toprak çeşitleridir. Ayrıca bazı alanlar çıplak kayalıklardan oluşmaktadır. Bu kayalar çoğunlukla kireç içeriklidir. Ağaç varlığı homojen ve karışık meşcere olarak yer almaktadır. Baskın tür olarak sırasıyla, *Pinus brutia* (kızılçam), *Pinus nigra* (Kara Çam), *Juniperus sp.* (ardıç), *Cedrus libani* (sedir) ve *Abies cilicica* (Toros Göknarı) bulunmaktadır. Arazinin Güneydoğusundaki Çatalan Baraj Gölü'nden başlayarak Kuzeye doğru yüksekliği artmaktadır. Çoğunlukla dağlık bir bölgedir ve yükseklik bazı bölgelerde 3000m'nin üzerindedir (şekil 3.3). Dağlar Güneybatı – Kuzeydoğu yönünde denize kısmen paraleldir. Ancak, Seyhan Havzası'ndan su toplayan dereler ve çaylar dağ silsilesini dik olarak kesmektedir. Bu durum bölgede, bakıya ve yüksekliğe göre değişken, karmaşık bir bitki örtüsü oluşmasına neden olmuştur.



Şekil 3.3. Çalışma Alanının Sayısal Eşyüksehti Modeli.

Alanın genel arazi örtüsü incelendiğinde dört temel arazi örtüsünün baskın olduğunu görülmektedir. Bunlar; Orman alanları (iğne yapraklı ağaç türlerinin

bulunduğu ormanlar), tarım alanları (sulu ve kuru tarım yapılan alanlar), çıplak yüzeyler (vegetasyon içermeyen bölgeler) ve su yüzeyleridir.

### 3.1.2. Landsat TM – ETM Uydu Verisi ve Genel Özellikleri

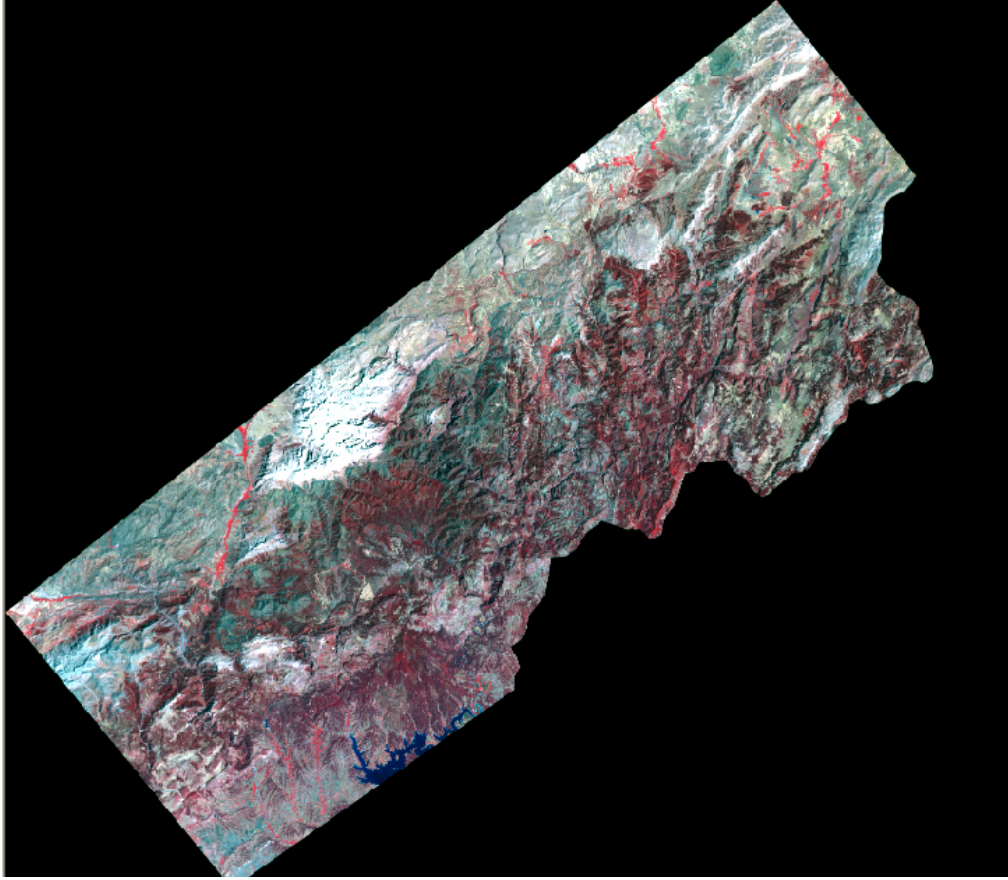
Otuz yıldan fazla bir süredir hizmet veren Landsat uyduları geniş arşiv olanağına sahip olması ve çok bantlı görüntü alabilme özelliğinden dolayı, bir çok uzaktan algılama çalışmasında kullanılmaktadır. Landsat 7 ETM uydusu güneşle uyumlu yakın kutupsal yörüngede yerleştirilmiştir. Deniz seviyesinden 705m yükseklikte, yeryüzünden yansıyan elektromanyetik enerjiyi farklı tipte algılayıcılarıyla kaydeder (çizelge 3.1). Tarama genişliği 185km'dir. Görüntü boyutu 185x172 km'dir.

Çizelge 3.1. Landsat 7 ETM Uydusunun Algılayıcı Özellikleri (Anonymous 2006)

| Elektromanyetik (EM)<br>Alan | Bant Genişliği        | Yersel<br>Çözünürlük | Radyometrik<br>Çözünürlük |
|------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|
| Görünür Mavi                 | 1. bant (0.45 – 0.52) | 30m                  | 8bit                      |
| Görünür Yeşil                | 2. bant (0.52 – 0.60) |                      |                           |
| Görünür Kırmızı              | 3. bant (0.63 – 0.69) |                      |                           |
| Yakın Kızıl Ötesi            | 4. bant (0.76 – 0.90) |                      |                           |
| Orta Kızıl Ötesi             | 5. bant (1.55 – 1.75) |                      |                           |
| Termal                       | 6. bant (10.4 – 12.5) | 60m                  |                           |
| Orta Kızıl Ötesi             | 7. bant (2.08 – 2.35) | 30m                  |                           |
| Pankromatik                  | (0.52 – 0.90)         | 15m                  |                           |

Günümüze kadar, bölgesel ve yerel ölçekteki çalışmalarda oldukça iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Landsat TM-ETM uydu görüntüsü bulanık olarak sınıflanan MERIS uydu görüntüsünün karşılaştırmalı doğruluk analizlerinin yapılması ve bulanık kümelerdeki üyeli derecelerinin tahmin edilmesi için belirgin MO yöntemiyle detaylı sınıflanarak kullanılmıştır.

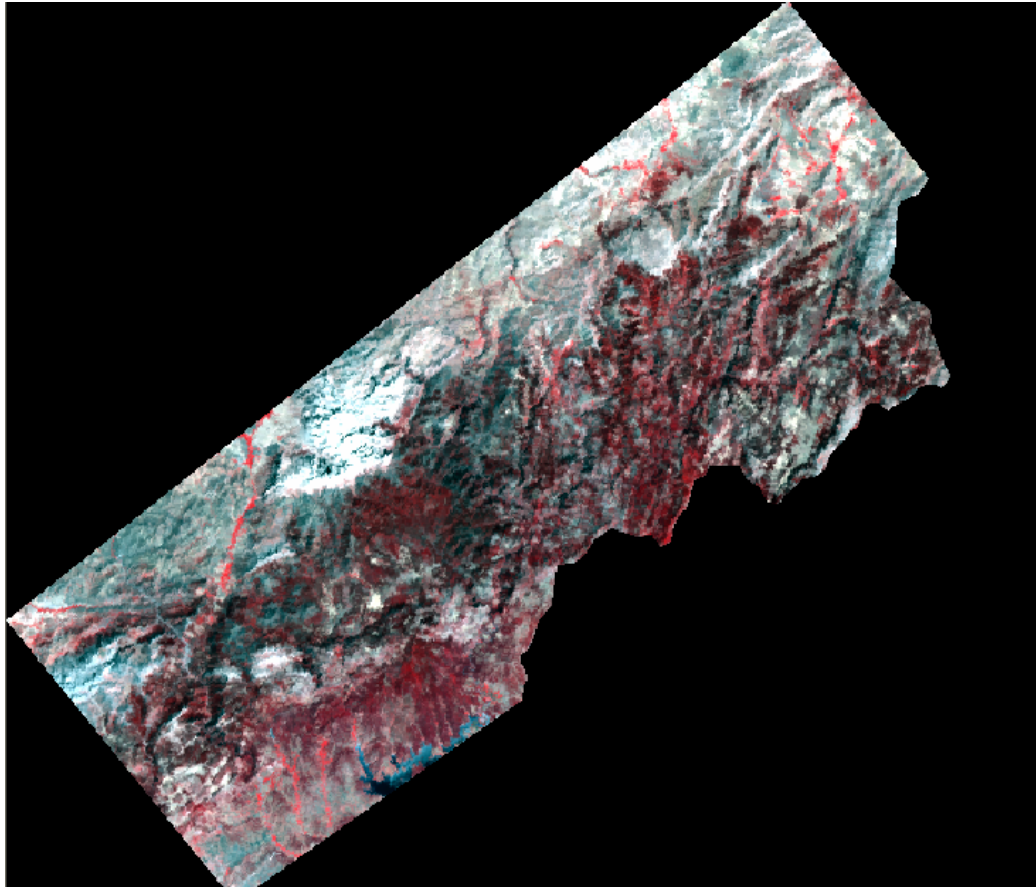




Şekil 3.4. Çalışma Alanının Landsat ETM 4-3-2 band kombinasyonlu Uydu Görüntüsü.

### 3.1.3. ENVISAT – MERIS Uydu Verisi ve Genel Özellikleri

ESA (Avrupa Uzay Ajansı) tarafından, 1 Mart 2002 tarihinde çalışmaya başlayan ENVISAT Uydusu üzerinde, iki farklı algılayıcı sistemi bulunmaktadır. Bunlardan birisi ASAR (gelişmiş yapay açıklıklı radar) diğeri de MERIS (orta çözünürlüklü görüntüleme spektrometresi)' dir. Beş yıl süresince hizmet vermesi beklenen ENVISAT uydusu, yeryüzünden 800km yükseklikte, güneşle uyumlu yakın kutupsal yörüngede hizmet vermektedir. MERIS algılayıcısı, 15 farklı elektromanyetik yansımada görüntü kaydedebilme özelliğine sahiptir. Yersel çözünürlüğü, çalışmanın hassasiyetine göre 300 m'den 1.2 km'ye kadar ölçeklendirilerek kullanılabilir. Radyometrik çözünürlüğü 16 bit'tir (65535 farklı parlaklık duyarlılığı).



Şekil 3.5. Çalışma Alanının ENVISAT – MERIS 10-8-6 Band Kombinasyonlu Uydu Görüntüsü.

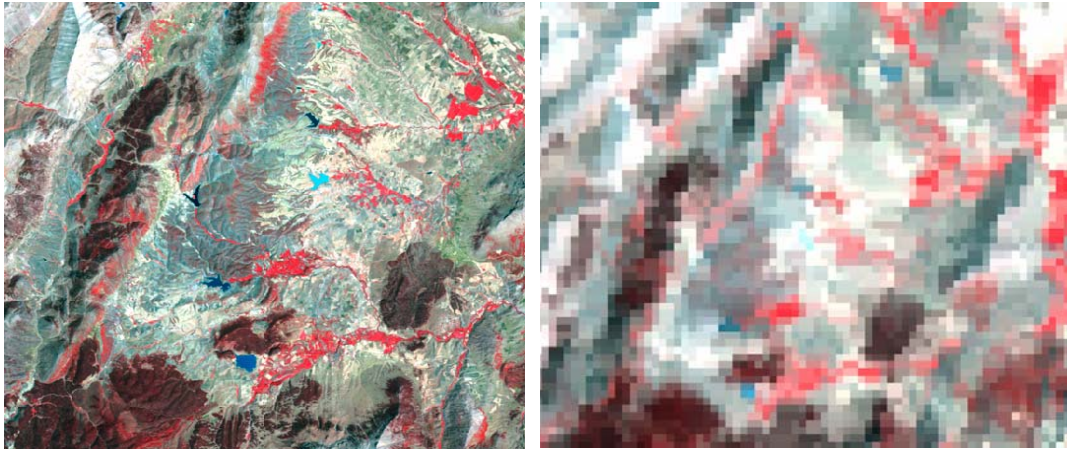
Çizelge 3.2. ENVISAT – MERIS Algılayıcısının Özellikleri (ESA 2006).

| EM Algılayıcı Numarası | Algılayıcı Merkezi (nm) | Genişliği (nm) | Yersel Çözünürlük                                   |
|------------------------|-------------------------|----------------|-----------------------------------------------------|
| 1                      | 412.5                   | 10             | 290m x 260m (tam)<br>1.2km x 1.04km<br>(azaltılmış) |
| 2                      | 442.5                   |                |                                                     |
| 3                      | 490                     |                |                                                     |
| 4                      | 510                     |                |                                                     |
| 5                      | 560                     |                |                                                     |
| 6                      | 620                     |                |                                                     |
| 7                      | 665                     |                |                                                     |
| 8                      | 681.25                  | 7.5            |                                                     |
| 9                      | 708.75                  | 10             |                                                     |
| 10                     | 753.75                  | 7.5            |                                                     |
| 11                     | 760.625                 | 3.75           |                                                     |
| 12                     | 778.75                  | 15             |                                                     |
| 13                     | 865                     | 20             |                                                     |
| 14                     | 885                     | 10             |                                                     |
| 15                     | 900                     | 10             |                                                     |

ENVISAT – MERIS ve Landsat TM – ETM Uydu görüntülerine baktığımızda, bir çok temel farklılık görmekteyiz (çizelge 3.3; şekil 3.6).

Çizelge 3.3. Landsat TM – ETM ve ENVISAT – MERIS uyduları arasındaki temel farklılıklar.

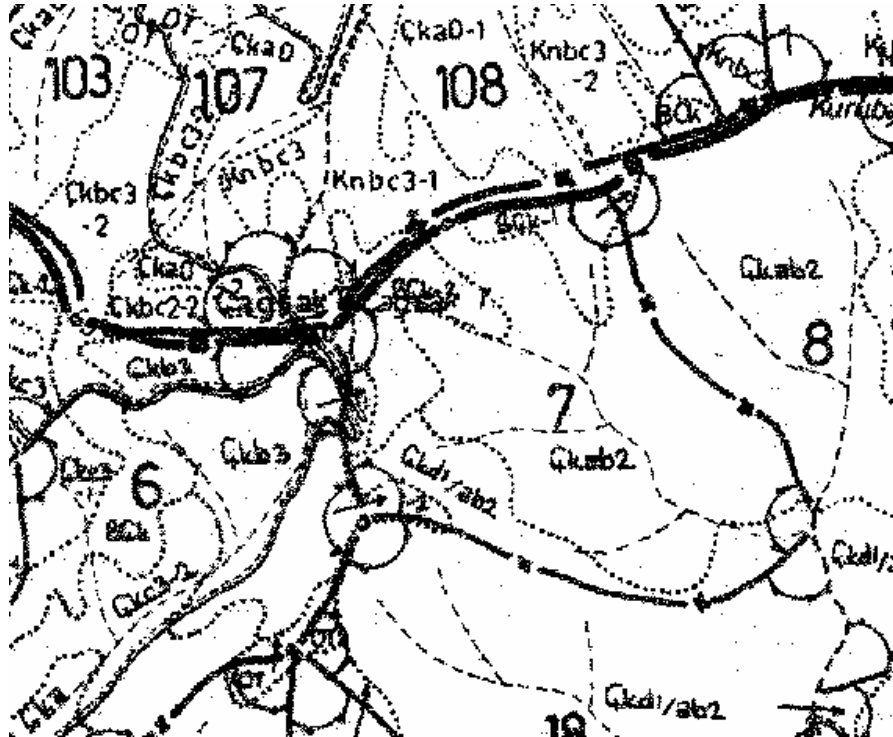
| Landsat TM – ETM                                                                                                                                                                                                                                                         | ENVISAT – MERIS                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yersel çözünürlüğü 30 – 60m’ dir.<br>Radyometrik Çözünürlüğü 8bit’tir.<br>Geniş bir arşiv olanağı vardır.<br>Geçmiş uygulamalara bakılarak, uygulama alanının geniş olduğu söylenebilir.<br>Bölgesel ve yerel ölçeklerdeki çeşitli coğrafik çalışmalarda kullanılabilir. | Yersel çözünürlüğü 300 – 1200m’ dir.<br>Radyometrik çözünürlüğü 16bit’tir.<br>Yansıyan EM’yi algılama hassasiyeti diğer uydulara göre çok iyidir.<br>Yeni bir uydu olduğu için uygulama alanları halen sınanmaktadır.<br>Bölgesel ve küresel ölçekteki çalışmalarda etkin kullanılabilir. |



Şekil 3.6. Landsat ve MERIS Görüntüleri Arasındaki Yersel Çözünürlük Farkı (Landsat 30 m, MERIS 300 m).

### 3.1.4. Orman Meşcere Haritası ve Yer Verilerinin Özellikleri

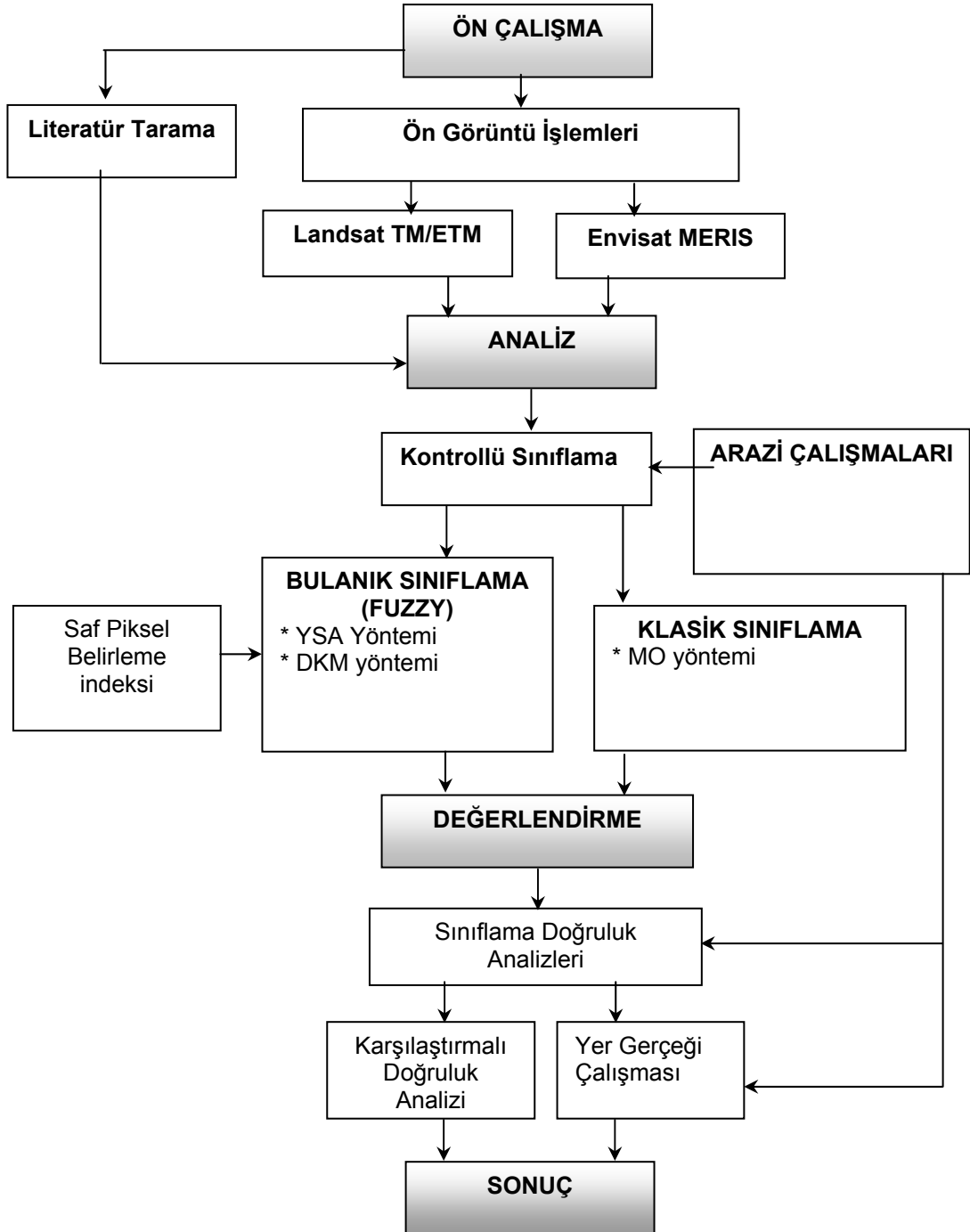
Orman meşcere haritaları, Orman Genel Müdürlükleri'nin 1/25000 ölçekli hazırladıkları ve ormanlık alanlardaki ağaç türlerini, ziraat alanları, çıplak toprak alanları, meraları, yerleşim alanlarını ve su yüzeylerini gösteren haritalardır. Kullanılan orman meşcere haritaları Adana Orman Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Bu haritalar, çeşitli rumuzlarla arazi örtüsünü tanımlar. Ayrıca meşcere tipleri hakkında detaylı bilgi verir. Özellikle, meşcerenin kapallılığı ve olgunluğuyla ilgili genel bilgi sahibi olmak mümkündür (şekil 3.7). Bununla beraber, Mayıs ve Haziran 2003 tarihlerinde yapılan arazi çalışmalarıyla, özellikle Aladağ bölgesindeki Katran Çukuru ve çevresinde olan saf meşcere tiplerine ait 45 GPS verisi alınmıştır. Bu GPS verileri orman meşcere haritalarıyla beraber, Landsat Uydu görüntüsünün sınıflanması için yeterli veri setini oluşturmuştur.



Şekil 3.7. Orman Meşcere Haritası Örneği (Anonymous 2000)

### 3.2. Yöntem

Araştırma yöntemi: ön çalışmalar; analiz; değerlendirme (sentez) ve sonuç olarak dört ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Yöntem Akış Şeması

### 3.2.1. Ön Çalışma

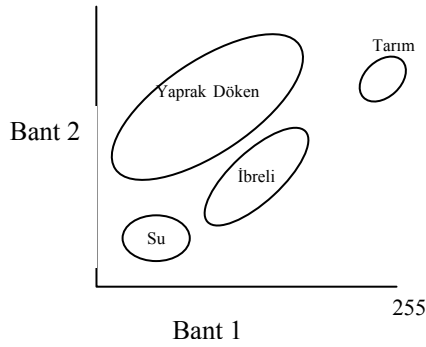
Landsat ETM ve ENVISAT – MERIS uydu görüntülerinin seçilmesi, literatür tarama, geometrik düzeltmeler, çalışma alanının sınırlarının belirlenmesi, arazi çalışmaları ve GPS ölçümlerinden oluşmaktadır. Her iki uydu görüntüsünde de sınıflandırmanın yapılabilmesi için uygun koordinatların girilmesi ve doğruluk analizleri yapılırken, karşılaştırılabilir olması için geometrik düzeltmelerin yapılmıştır. Ayrıca çalışma alanındaki meşcere tiplerinin sıklığı ve hangi bölgelerde olduğu GPS yardımıyla alınan koordinatlar ile belirlenerek sınıflama işlemlerinde kullanılmıştır.

### 3.2.2. Analiz

Çalışmanın analiz aşaması görüntü sınıflamasıyla ilgili çeşitli bölümlerden oluşmaktadır. Bu aşamada, Landsat ETM görüntüsü kontrollü olarak belirgin MO algoritmasıyla sınıflanmıştır. Bu elde edilen görüntü MERIS verisinin ölçeğine göre yeniden ölçeklendirilerek doğruluk analizinde kullanılmıştır. DKM (doğrusal karışım modeli) ve YSA yöntemleriyle, MERIS verisi bulanık olarak sınıflanmıştır. DKM yöntemi için alandaki son üyelerin yani bir arazi örtüsüne ait saf MERIS piksellerinin belirlenmesi için PSİ (piksel saflık indeksi) uygulanmıştır.

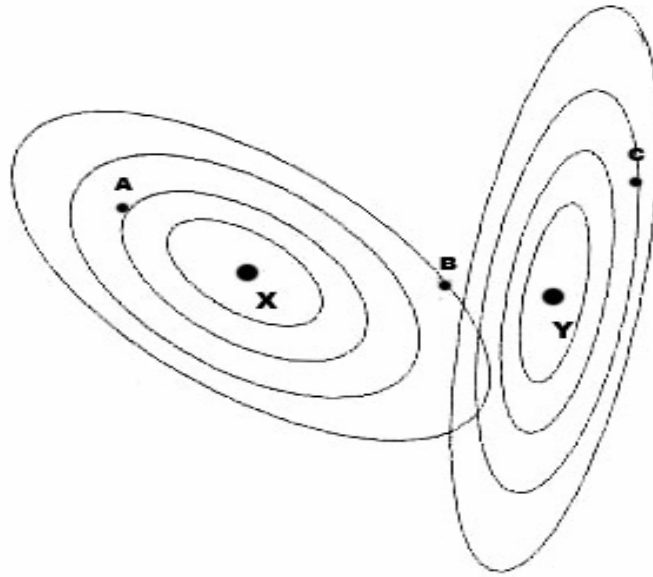
#### 3.2.2.1. MO (Maksimum Olabilirlik) Yöntemi

MO yöntemi Bayesian olasılık teorisine dayalı ve istatistiksel fonksiyonlara bağlı bir sınıflama yöntemidir. Bu yöntemde piksellerin varyans – kovaryans ve ortalama değerleri, sınıfların belirlenmesinde kullanılmaktadır (Eastman, 2001). Maksimum Olabilirlik yönteminde, bantlar arası korelasyon ile sınıfların yansıma karakteristikleri ortaya konmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Maksimum Olabilirlik Yönteminde Yansıma Karakteristiklerine Göre Sınıfların Dağılımına Örnek.

MO algoritmasında, her sınıfa ait olan ortalama değerler sınıflar arasındaki sınırları belirler. Buna göre, her bir piksel, parlaklık değerine göre, kendisine en yakın ortalamaya sahip sınıfa atanır (şekil 3.10).

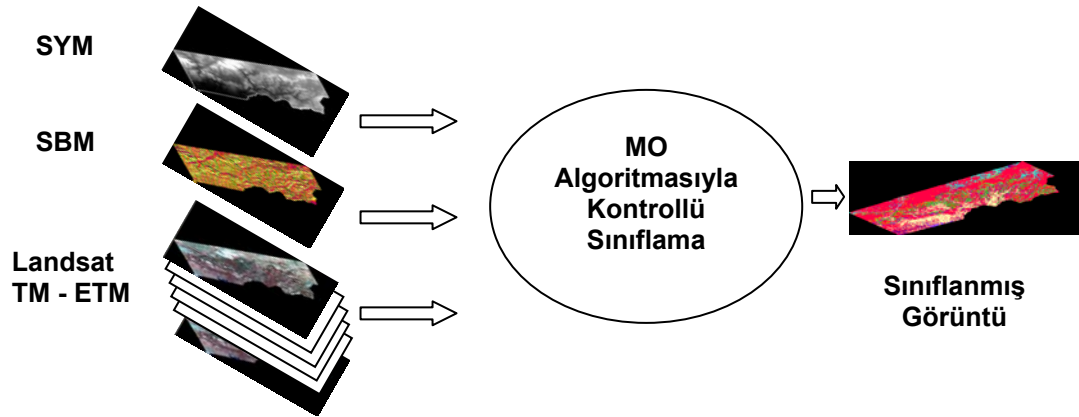


Şekil 3.10. X ve Y Ortalamalarına Piksellerin Uzaklığı

Şekil 3.10'daki örneği MO yöntemine göre sınıflanırsa, "A" pikseli "X" sınıfına, "C" pikseli "Y" sınıfına dahil olacaktır. Ancak, buradaki "B" pikseli "X" sınıfının bir elemanı olmasına rağmen "Y" sınıfının merkezine daha yakın olduğu için bu sınıfa atanacaktır.

Landsat TM – ETM görüntüleri MO yöntemiyle sınıflanmıştır. Eldeki yer verileri, arazinin yapısı ve Landsat görüntüsünün özellikleri dikkate alınarak, toplamda sınıf başına en az 229 piksel eğitim için kullanılmıştır. Toplam 10 farklı sınıftan alınan eğitim pikseli sayısı 12076’dır. Arazi sınıfları, açık alan, kızılçam, karaçam, ardıç, göknar, sedir meşcereleri ve tarım2 (kuru tarım alanları), tarım3 (boş tarım alanları), tarım (sulu tarım), su yüzeyleri olarak tanımlanmıştır. Genel bir sınıflama yapacak olursak orman alanları, su yüzeyleri, tarım alanları ve açık alanlar olarak da sınıflamak mümkündür.

Landsat verisi sınıflanırken, büyük bölümü iğne yapraklı ormanlarla örtülü olan alan içerisindeki arazi örtüsünü ve meşcere tiplerini etkileyen topografik faktörler (yükseklik ve bakı) dikkate alınarak sınıflanmıştır. Tanımlama (eğitim) pikselleri oluşturulurken, Landsat görüntüsünün 6 bandının yanı sıra sayısal yükseklik modeli (SYM) ve bakı modeli dikkate alınmıştır. Sayısal bakı modeli (SBM) oluşturulurken, 4 ana yön (kuzey, güney, doğu, batı) belirlenerek, SYS üzerinden modellenmiştir (şekil 3.11). Her bir veri, ayrı bir katman olarak sınıflamaya eklenmiştir.

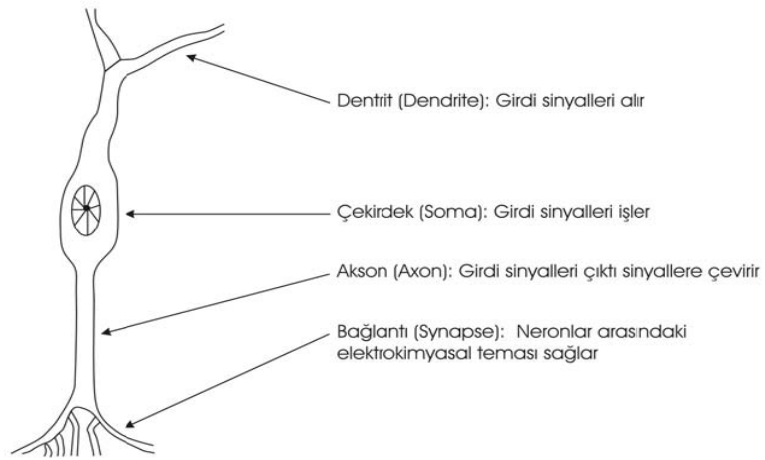


Şekil 3.11. MO Yöntemi Akış Şeması.

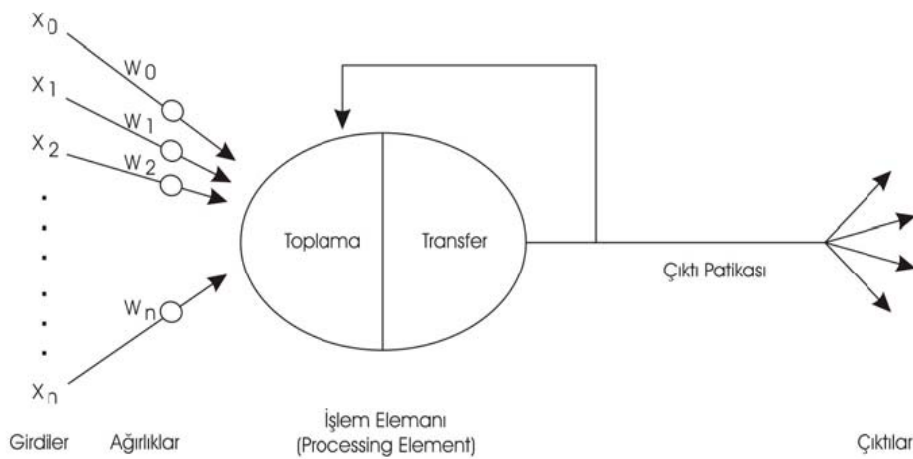


### 3.2.2.2. Yapay Sinir Ağları (YSA) Yöntemi

YSA geleneksel istatistiksel görüntü sınıflama yöntemlerine alternatif olan yapay zeka tekniklerinden biridir. YSA'nın geliştirilmesinde insan beyninin çalışma mekanizması örnek alınmıştır (şekil 3.12). Fakat insan beyninin kompleks yapısına kıyasla YSA yapıları çok daha basittir (Berberoğlu, 2001).

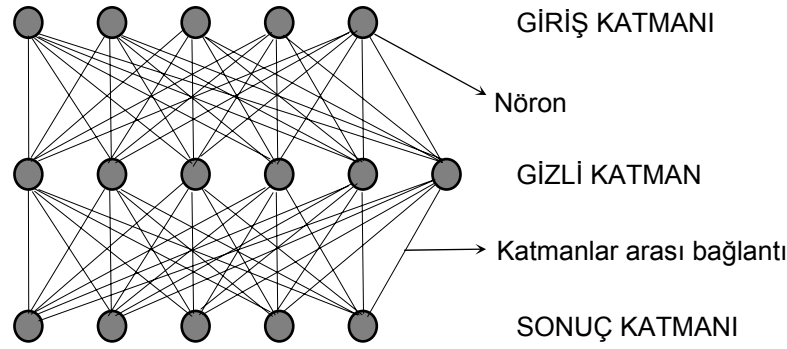


Şekil 3.12. İnsan Beynindeki Nöron Yapısı



Şekil 3.13. Yapay Nöron Yapısı (Mccullogh ve Pitts 1943)

YSA sınıflama yöntemi için bazı modeller geliştirilmiştir. Rumelhart *et al.* (1986) tarafından geliştirilen MLP modeli literatürde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Bu model en az üç katmandan oluşur (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Multi-Layer Perceptron Modeli (Berberoğlu,2001)

- I. Katman 1: Giriş katmanıdır sisteme sınıflaması yapılacak bilgiler girilir ve diğer katmanlara buradan veriler aktarılır burada herhangi bir işlem yapılmaz. Bu katman uydu verilerinin değişik bantlardaki yansıma ve sınıflamaya yardımcı olacak diğer değerleri içerir.
- II. Katman 2: Gizli katmanlardır sayısı kullanıcı tarafından belirlenir, genelde bir fakat dağılım değişkenliği çok yüksek olan veriler için birden fazla kullanılabilir.
- III. Katman 3: Bu sonuç katmanıdır ve arazi sınıflarını içerir.

MLP modeli GY öğrenme algoritmalarından birisidir. Buna göre, nöron sisteminin eğitimi sırasında, bazı noktalarda sistem geriye doğru çalışarak olası hataları en aza indirmeye çalışır. Bu çalışmada GY öğrenme algoritması içerisinde MLP modeli uygulanmıştır.

GY algoritması içerisinde üç temel parametre görmekteyiz:

$$\Delta W_{ji}(t) = \eta \delta_j X_i + \alpha \Delta W_{ji}(t-1) \quad (3.1)$$

$\eta$ = Öğrenme Katsayısı.

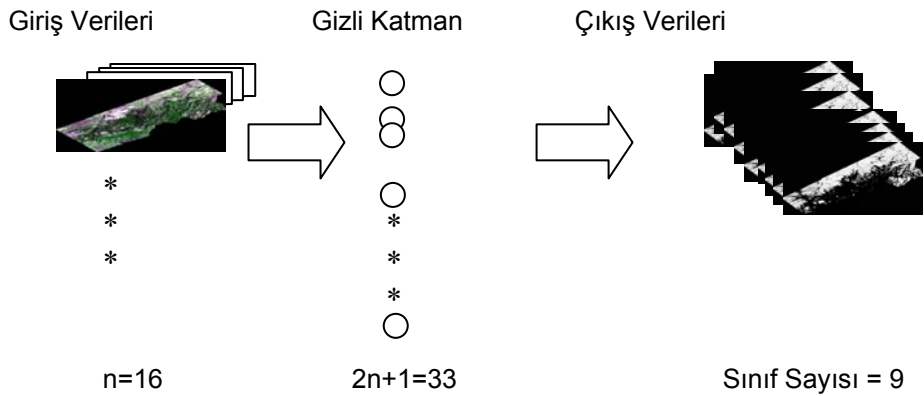
$\alpha$ = Momentum Katsayısı.

$\delta_i$ = Ara veya çıkış katmanındaki herhangi bir “j” nöronuna ait bir katsayı.

Tüm bu parametreler eğitim sistemindeki hata miktarının ne kadar olacağını etkileyen önemli değerlerdir. Sistemin eğitilmesinde, bu sayıların seçimi eldeki verinin niteliğine göre değişmektedir. Bu nedenle, bu parametreleri doğru belirlemek için, yapılan eğitim işleminin sonucuna göre, deneme yanılma yöntemiyle bularak uygun parametrelerin girilmesi gerekmektedir.

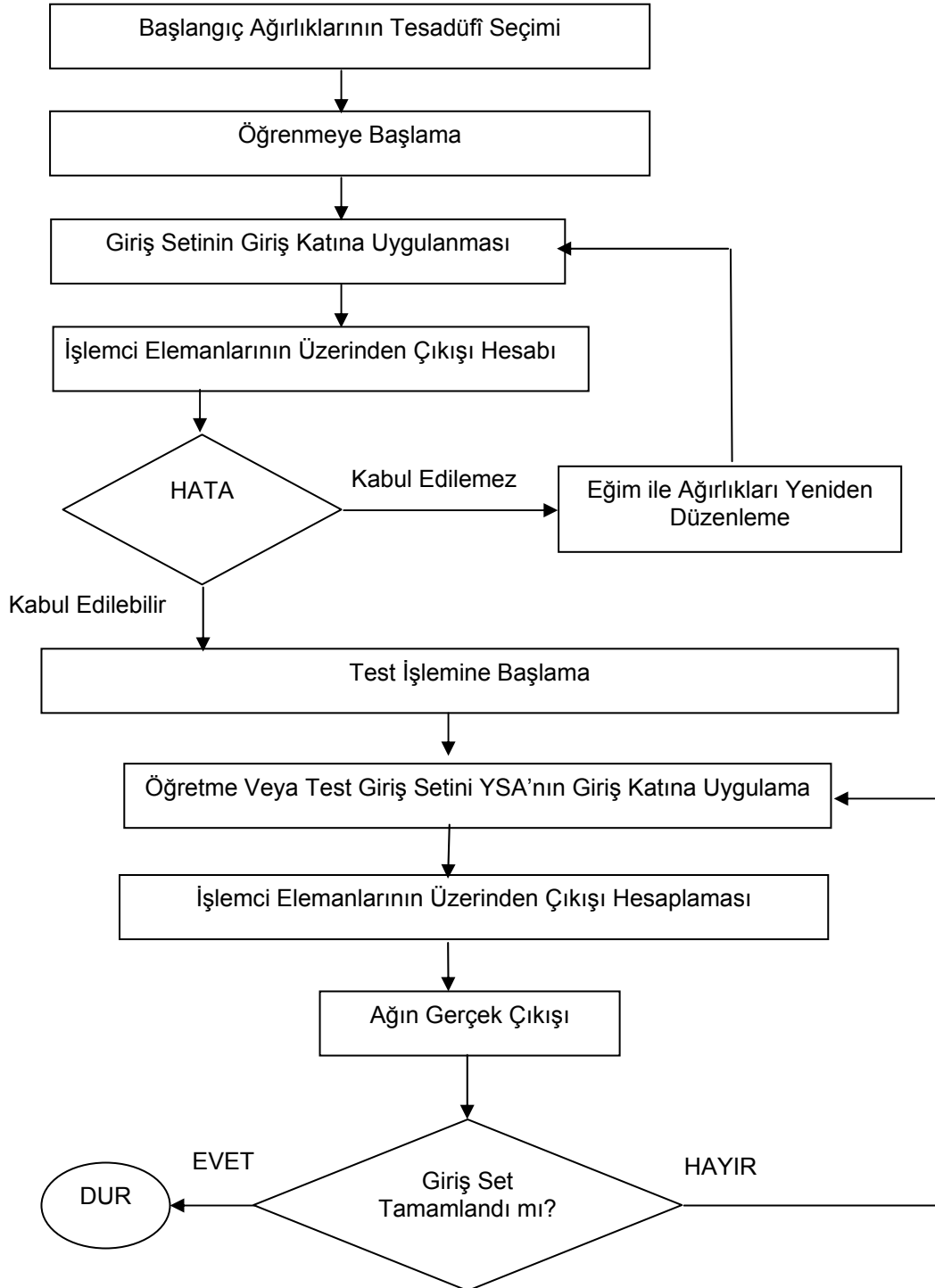
MERIS verileri, YSA yöntemindeki MLP modeliyle GY öğrenme algoritması kullanılarak sınıflanmıştır. MERIS verisinin kaba çözünürlükte olmasından dolayı Landsat görüntüsünde sınıflanan 10 arazi sınıfı yerine MERIS verisinde 9 arazi sınıfı belirlenmiştir. Boş tarım arazileri açık alan olarak sınıflanmıştır. Toplamda 286 piksel sınıflama için kullanılmıştır. Bunlar içerisinde en az 6 pikselle ardıc örtüsü sınıflanmaya çalışılmıştır. Bunun nedeni, alan içerisindeki ardıc örtüsünün çok zayıf olmasındandır.

MLP yöntemiyle sınıflama yapılırken MERIS verisinin 15 bandı ve SYM giriş verisi olarak kullanılmıştır. Toplam giriş verisinin 2 katının 1 fazlası gizli katman ve sınıf sayısı kadar da çıkış nöronu kullanılmıştır (Şekil 3.15). Çıkış verisi üyelik fonksiyonlarını görmek için bulanık olarak alınmıştır. 9 ayrı sınıf için 9 farklı görüntü elde edilmiştir.



Şekil 3.15. YSA Akış Şeması

Buna göre, basit bir GY öğrenme algoritması şekil 3.16'deki sistem şemasına göre çalışır.



Şekil 3.16. Geri Yayılım (GY) Öğrenme Algoritması Şeması (Sağıroğlu 2006).

### 3.2.2.3. Bulanık DKM (Doğrusal Karışım Modeli) Yöntemi

DKM'nin amacı her bir piksel için yansıma verileri yardımıyla içerdiği alan kullanım türlerinin belirlenmesidir. Başka bir deyişle, DKM'nin öncelikli amacı doğrusal karışımın derecesine bağlı olarak her bir pikseldeki arazi sınıfının yansıma katılımlarının ayrılması ve miktarının tahmini prensibine dayanmaktadır. Bir pikseldeki her sınıfın ortalama oranının hesaplanması için her arazi sınıfına ait saf yansımaların tespit edilmesi gerekmektedir. DKM'nin matematiksel modeli aşağıdaki gibidir:

$$DN_i = \sum_{c=1}^{n=1} f_{ic} DN_{ic} + \epsilon_i \quad (3.2)$$

$DN_i$  = Dijital Sayı (piksel parlaklık değeri)

$C$  = Herhangi alan kullanım sınıfı

$I$  = Yansıma Bandı

$n$  = Band Sayısı

$f_{ic}$  = Her bant için hesaplanan görüntü saf pikseli  $k$  'nin fonksiyonu

$DN_{ic}$  = Her bir görüntünün saf piksel  $k$  'nin bant  $i$ 'deki parlaklık değeri

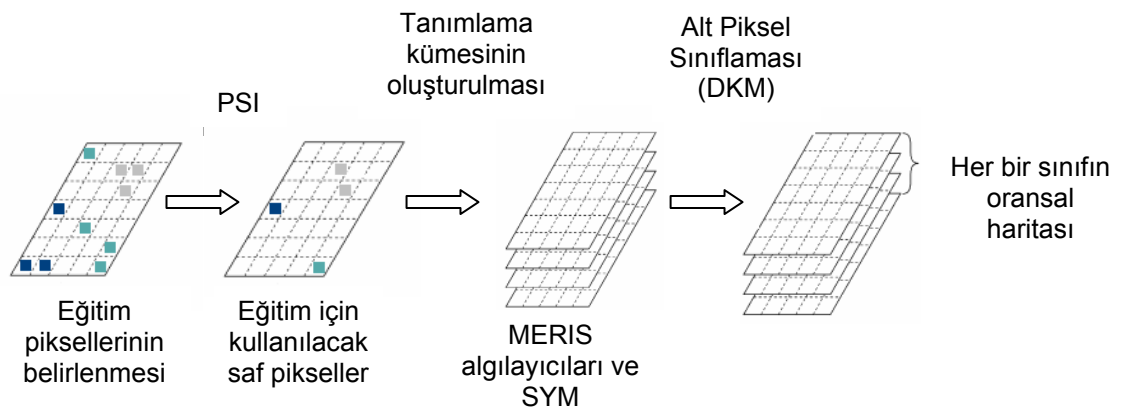
$\epsilon_i$  = Bant  $i$  için hata terimi

Bu eşitlikte sınırlama her bir piksel için  $\sum_{c=1}^n f_{ic}=1$ 'dir. Ayrıca her bir piksel için  $f_c \geq 0$

olmalıdır (Özkan, 2001). Sadece referans yansıma saf piksel olduğunda  $f_c$  her zaman sıfır ile bir arasında bir değer almaktadır (Embashi,1998).

DKM'nin uygulanabilmesi için son üyelerin belirlenmesi çok önemlidir. Son üye kavramı, bir arazi sınıfına ait olan en belirleyici üyedir. DKM'de bu üyeler PSİ (piksel saflık indeksi) yardımıyla belirlenirler. Bu yöntemle belirlenen pikseller, ilgili arazi sınıfına ait saf piksel olarak kabul edilir. Birden fazla saf piksel olması

durumunda aynı sınıfa ait tüm piksellerin ortalamalarına göre saf piksel değeri belirlenir. Bu değer alt piksellerin oranlarının belirlenmesinde kullanılır. Bir MERIS pikseli 100 Landsat TM – ETM pikselini içermektedir. 300X300m MERIS pikseli 90.000m<sup>2</sup>'lik bir alan kaplar ve bütün bu alanın aynı meşcereyi içermesi ve %100 kapalı olması, çalışma alanı dikkate alındığında çok küçük bir olasılıktır. Dolayısıyla alt pikseller DKM yöntemiyle, YSA'da olduğu gibi üyelik derecelerine (piksel içerisindeki oranlarına) göre sınıflanmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. DKM Yöntemi Akış Şeması

### 3.2.2.3.(1). PSI (Piksel Saflık İndeksi)

Uygun saf piksellerin seçimi doğrusal karışım modeli için oldukça önemlidir. İki şekilde saf piksel seçimi gerçekleştirilebilir. Birincisi yansıma kütüphanesi olarak adlandırılan arazi veya laboratuvar çalışmalarından, ikincisi ise, görüntüden kullanıcı tarafından çeşitli algoritmalar yardımıyla seçilmesidir. Yansıma kütüphane yöntemi ‘bilinen’; ikinci yöntem ‘toplanan’ olarak tanımlanır. Toplanmış saf piksel seçim yöntemi bilinen yönteme göre daha avantajlıdır çünkü tüm pikseller aynı atmosferik koşulda belirlenmiştir. Böylece bilgisayar çalışmaları aşamasında görüntünün atmosferik olarak düzeltilmesi gibi bazı adımların zorunluluğu kalmamaktadır.

Saf piksellerin, eğitim verisi içerisinde ayırt edilebilmesi için, Mahalanobis mesafesine dayalı saflık indeksi kullanılmıştır. Buna göre, her bir sınıfın kendi içerisindeki ortalama parlaklık değerleri esas alınmıştır. Bu ortalamaya en yakın

değerler saf olarak kabul edilir. Mahalanobis mesafesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$(X_k - U_i)^T \cdot V_i^{-1} (X_k - U_i) \quad (3.3)$$

$X_k$  = Tüm görüntü bandlarında ki ilgili sınıfa ait parlaklık değerleri.

$U_i$  = İlgili sınıfa ait piksellerin ortalama değeri.

$V_i$  = İlgili sınıfın varyans – kovaryans matrisi.

### 3.2.3. Değerlendirme

Değerlendirme aşamasında yapılan sınıflamaların doğruluk analizleri yapılmıştır. Bu analizler 2 aşamada uygulanmıştır.

Öncelikle MO yöntemiyle sınıflanan Landsat ETM görüntüsü orman meşcere haritasıyla karşılaştırılarak doğruluk analizi yapılmıştır. Bunun için, 500 tane (sınıfların alandaki dağılımları dikkate alınarak) tesadüfi noktalar belirlenmiştir. Sınıflanmış Landsat görüntüsündeki her noktaya karşılık gelen sınıf meşcere haritasından kontrol edilmiştir. Böylece test amaçlı kullanılacak verinin güvenilirliği belirlenmiştir.

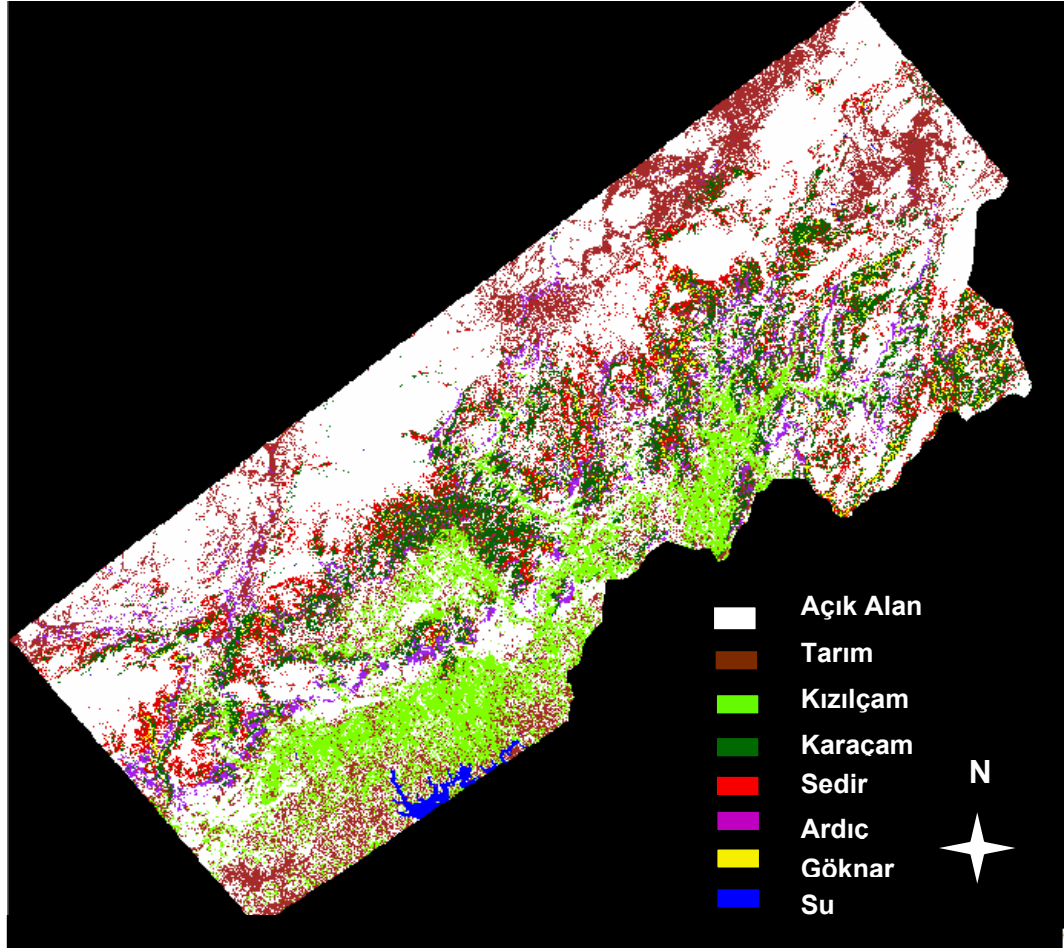
İkinci aşamada ise, sınıflanmış Landsat görüntüsündeki her bir sınıf “0 ve 1” olarak yeniden kodlanmış ve kodlanan bu veri 10 kat büyütülerek MERIS verisiyle aynı yersel ölçeğe (300m) getirilmiştir. Bunun nedeni, her bir MERIS pikseline düşen 100 Landsat pikselinin içerdiği sınıfların, MERIS pikseli içerisindeki oranlarını bulmaktır. Böylece, MERIS verisinin sınıflanmasıyla ortaya çıkan sonuçlar, test verisiyle karşılaştırılabilmiştir.

Değerlendirmede öncelikle, detaylı (tür tabanlı) sınıflamalar test verileriyle karşılaştırılmıştır. Alınan sonuçlar doğrultusunda, sınıf sayıları azaltılarak daha genel bir sınıflamaya gidilmiştir (açık alan, orman, tarım, su). Böylece, uygulanan bulanık sınıflama tekniklerinin MERIS verileri için hangi ölçekte daha iyi sonuç vereceği karşılaştırılmıştır.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

##### 4.1. Landsat ETM Uydu Görüntüsünün MO Yöntemiyle Sınıflanması

Landsat ETM görüntüsü, MO yöntemiyle sınıflanıp, MERIS ölçeğinde ölçeklendirilerek test verisi olarak kullanılmıştır (şekil 4.1). Test verisi olarak kullanılabilir olması için MO sınıflama sonucunun tatmin edici derecede doğru olması gerekmektedir. Bu oran, bu çalışma için %90 - %100 arası olarak öngörülmüştür. Bu çerçevede, Landsat görüntüsünün 4 kez sınıflaması sonucunda, belirlenen doğruluk oranı yakalanmıştır.



Şekil 4.1. MO Yöntemiyle Sınıflanmış Landsat TM – ETM Görüntüsü (Sayısal Yükselti Modeli+Sayısal Bakı Modeli+6 Band)



MO yöntemiyle yapılan sınıflamada sınıflama doğruluk oranını arttırmak amacıyla, var olan SYM (sayısal yükseklik modeli) ayrı bir katman olarak eklenmiştir. Ayrıca, özellikle bitki türlerinin alandaki dağılımına bakı faktörünün de önemli etkisi olabileceği öngörülerek SBM (sayısal bakı modeli) SYM verisinden üretilmiş ve sınıflamaya eklenmiştir. Sınıflama doğruluk analizi yapılırken, 500 nokta, sınıfların dağılımına göre tesadüfi belirlenmiş ve yer verileri ile karşılaştırılmıştır. Test verisinin güvenilirliği belirlenirken, tüm bileşenleri değerlendiren kappa doğruluk oranları dikkate alınmıştır. Genel kappa doğruluğu % 90,05 olarak belirlenmiştir (çizelge 4.1). Bu doğruluk oranı test verisi için yeterli bulunmuştur. En yüksek doğruluğa ulaşmadan önce farklı sınıflama kombinasyonları denenmiştir. Bu sınıflamalarda, MO yöntemiyle sadece 6 band kullanılarak yapılan sınıflamanın genel başarı oranı % 79, SYM kullanılarak yapılanda ise % 87 olarak tespit edilmiştir. En yüksek doğruluk oranı 6 band, SYM ve SBM'nin birlikte kullanımı ile elde edilmiştir.

Çizelge 4.1. MO Yöntemiyle Sınıflanan Landsat Görüntüsünün Doğruluk Oranları

| Sınıflar     | Üretici Doğruluğu | Kullanıcı Doğruluğu | Kappa Doğruluğu |
|--------------|-------------------|---------------------|-----------------|
| Açık Alan    | % 97              | % 99                | % 98            |
| Kızılçam     | % 96              | % 99                | % 98            |
| Karaçam      | % 94              | % 80                | % 74            |
| Sedir        | % 99              | % 74                | % 84            |
| Ardıç        | % 77              | % 74                | % 73            |
| Gökmar       | % 80              | % 61                | % 60            |
| Tarım        | % 100             | % 98                | % 98            |
| Su           | % 100             | % 100               | % 100           |
| <b>Genel</b> | <b>% 93</b>       | <b>% 86</b>         | <b>% 90</b>     |

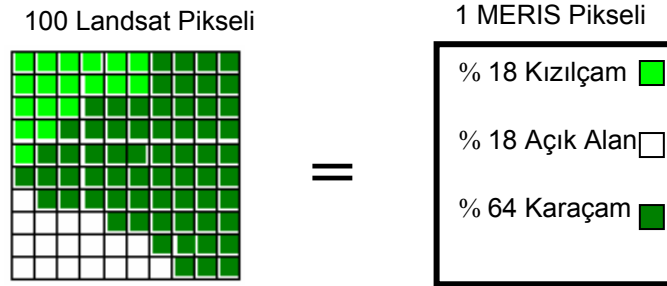
MO sınıflaması için toplam 12.076 Landsat pikseli eğitim amaçlı kullanılmıştır. Özellikle, ardıç ve göknar sınıflarından belirleyici pikselleri tespit etmek oldukça zor olmuştur. Bu durum, sınıflama doğruluklarına da yansımıştır (çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Landsat Görüntüsünün MO Sınıflanmasında Kullanılan Eğitim Piksellerinin Sınıflara Göre Dağılımları

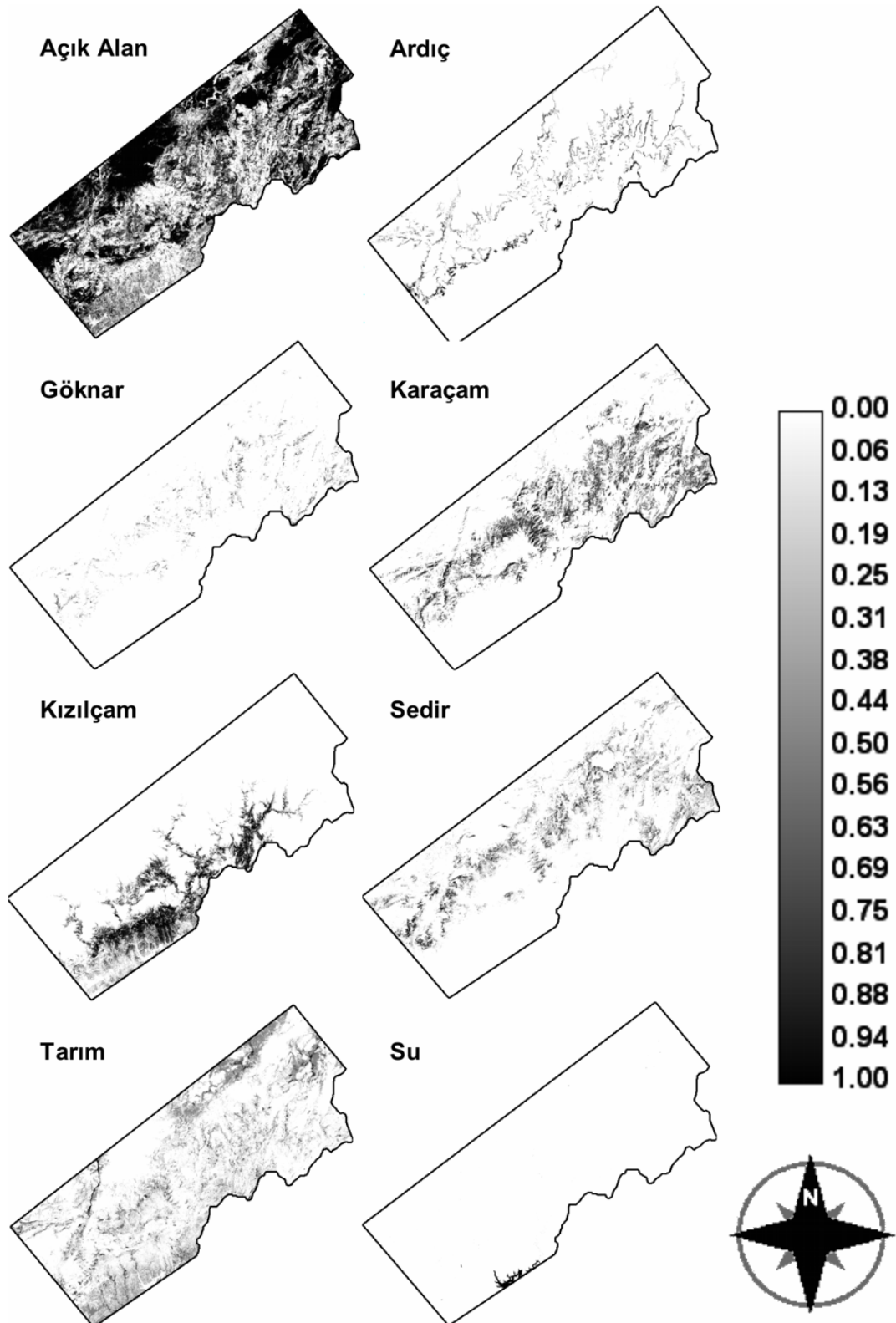
| Açık Alan | Tarım | Kızılçam | Karaçam | Sedir | Ardıç | Göknar | Su   |
|-----------|-------|----------|---------|-------|-------|--------|------|
| 4094      | 5806  | 1462     | 1071    | 352   | 260   | 229    | 2802 |

#### 4.1.1. Test Verilerinin Oluşturulması

MO yöntemiyle sınıflanan Landsat verisinde her bir MERIS pikseline düşen 100 Landsat pikselinin içerdiği sınıfların oransal dağılımlarının hesaplanması sonucu oluşturulmuştur (şekil 4.2). Her sınıfa ait test görüntülerinin MERIS pikselleriyle tam çakışması için MERIS görüntüsü ile geometrik kaydı (rektifikasyon) yüksek doğrulukla gerçekleştirilmiştir. Sonrasında oluşan test verileri YSA ve DKM yöntemleriyle elde edilen sonuçlarla tam çakışmış ve karşılaştırılabilir olmuştur (şekil 4.3).



Şekil 4.2. Test Verilerinin Oluşturulması

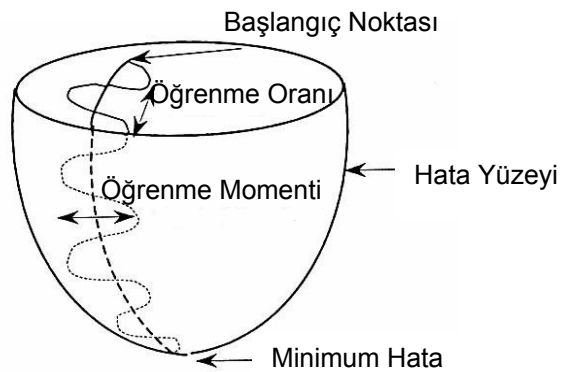


Şekil 4.3. MO Sınıflamasından Test İçin 300m'ye Ölçeklendirilmiş Sonuç Görüntüleri

#### 4.2. ENVISAT – MERIS Verisinin YSA Yöntemiyle Sınıflanması

YSA yöntemiyle yapılan sınıflandırmalarda sonuç verisi olarak 2 tür harita üretilmiştir. Bunlardan birincisi, belirgin sonuç, diğeri ise bulanık sonuçtur. Belirgin elde edilen veride, tek bir harita üzerinde tüm sınıfların alandaki dağılımlarını kesin sınırlarla görmek mümkündür. Karma pikselleri burada görmek mümkün değildir. Bulanık elde edilen verilerde ise her sınıfa ait farklı bir harita oluşturulmuştur. MLP yöntemi ve GY öğrenme algoritması esas alınarak YSA görüntü sınıflandırmaları yapılmıştır. YSA yöntemiyle yapılan sınıflamalar 2 farklı ölçekte uygulanmıştır. Öncelikle MERIS verisi detaylı olarak sınıflanmıştır. Bu sınıflamada, açık alanlar, kızılçam, karaçam, sedir, göknar, ardıç alanları, su yüzeyleri ve tarım alanları tespit edilmeye çalışılmıştır. Alınan sınıflama sonuçları test verileri ile karşılaştırılarak doğrulukları hesaplanmıştır. Sonrasında ise genel bir sınıflama yapılmıştır. Bu sınıflamada ise, açık alanlar, orman alanları, tarım alanları ve su yüzeyleri tespit edilmiştir.

YSA sınıflaması için giriş ve ara katmanların oluşturulmasının yanı sıra sınıflama değişkenleri de çok önemlidir. Buna göre öğrenme oranı, öğrenme momentı ve döngü sayısı eğitim hatasının düşük veya yüksek olmasını etkileyen belirleyici faktörlerdir (şekil 4.4, çizelge 4.4).



Şekil 4.4. Öğrenme Momenti Ve Oranının Etkisini Gösteren Teorik Hata Yüzeyi (Berberoğlu 1999)

#### 4.2.1. Detaylı YSA Sınıflaması

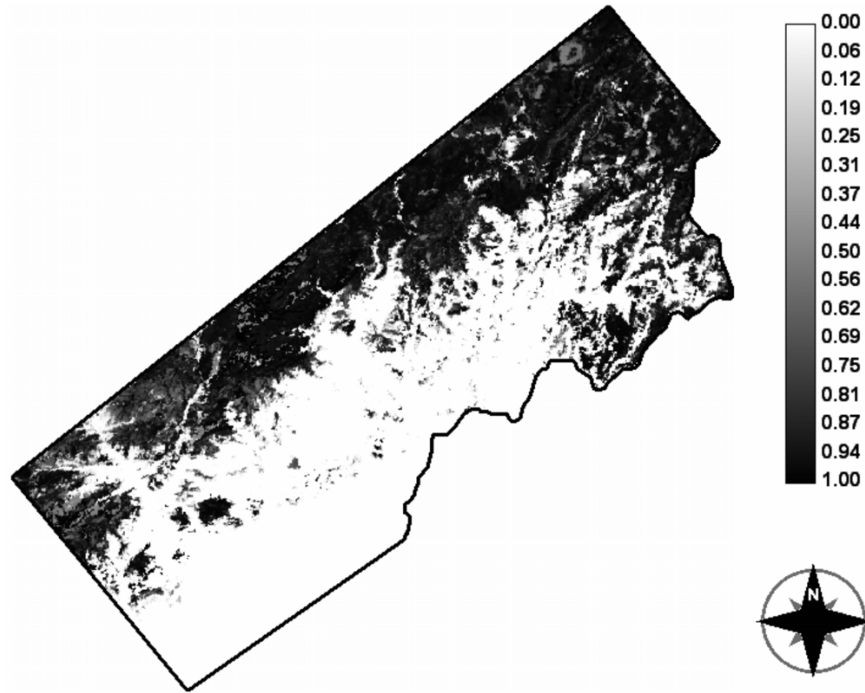
Detaylı YSA sınıflaması için toplamda 286 piksel eğitim için kullanılmıştır. Özellikle, sedir, ardıç ve göknar sınıflarından eğitim pikseli bulmakta zorlanılmıştır. Toplamda 8 sınıf belirlenmiştir (çizelge 4.3). Tarım sınıfı içerisinde yer alan kısımda kuru ve sulu tarım alanları ayrı sınıflanmış fakat beraber değerlendirilmiştir. Boş tarım alanları ise açık alan sınıfına eklenmiştir (şekil 4.13). Detaylı YSA sınıflamasında her sınıfa ait bulanık sonuç görüntüleri üretilmiştir (şekil 4.5 – 4.12).

Çizelge 4.3. MERIS Verisinin Detaylı YSA Sınıflaması İçin Kullanılan Eğitim Pikselleri Sayıları

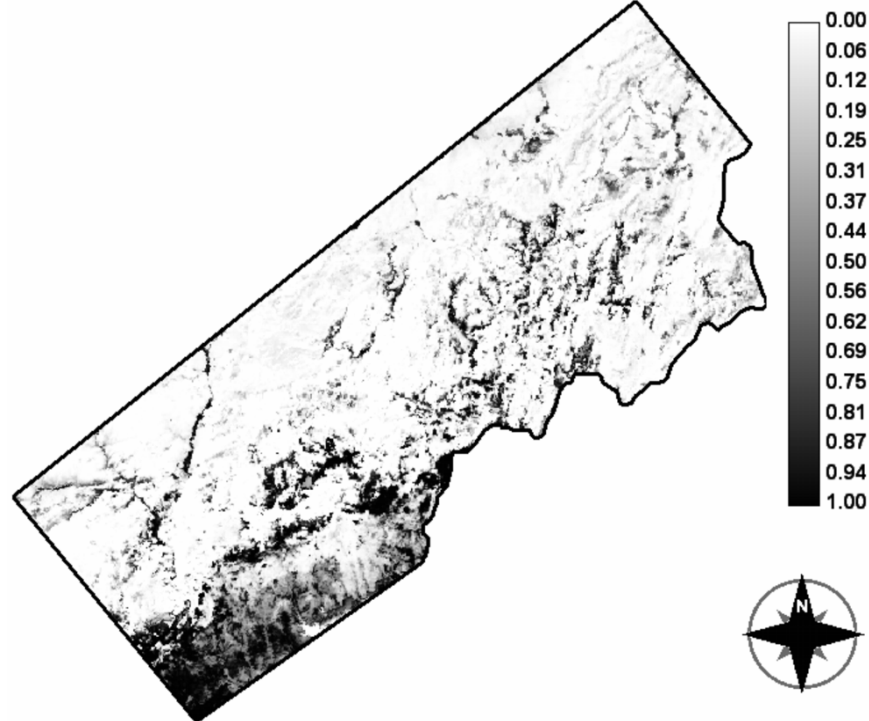
| Açık Alan | Kızılçam | Karaçam | Sedir | Göknar | Ardıç | Tarım | Su |
|-----------|----------|---------|-------|--------|-------|-------|----|
| 149       | 20       | 16      | 9     | 8      | 6     | 55    | 23 |

Çizelge 4.4. Detaylı YSA Sınıflaması İçin Belirlenen İdeal Parametreler

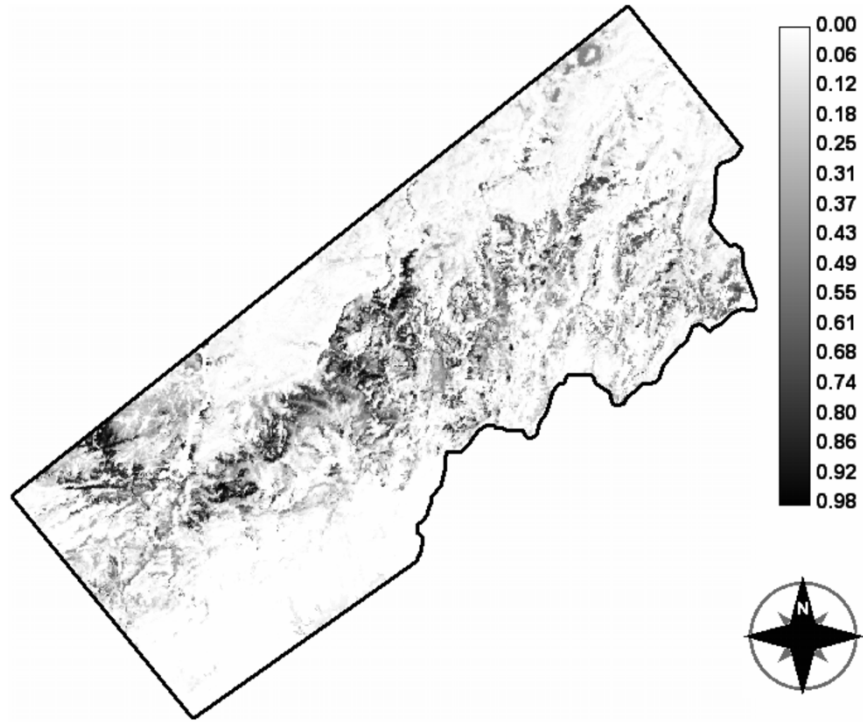
|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| <b>Giriş Katmanı</b>       | 16 Eleman    |
| <b>Gizli Katman</b>        | 33 Eleman    |
| <b>Çıkış Katmanı</b>       | 9 Eleman     |
| <b>Öğrenme Oranı</b>       | 0.1          |
| <b>Öğrenme Momenti</b>     | 0.5          |
| <b>Döngü Sayısı</b>        | 6494         |
| <b>Öğrenme Fonksiyonu</b>  | Geri Yayılım |
| <b>Transfer Fonksiyonu</b> | Sigmoidal    |



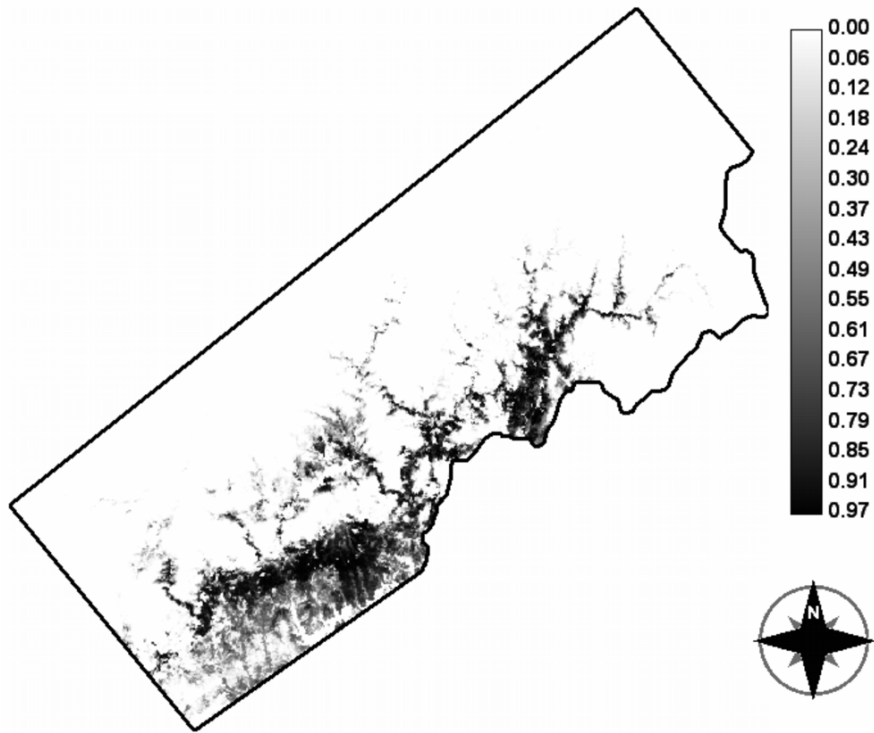
Şekil 4.5. YSA Sınıflaması Açık Alanlar Bulanık Sonuç Görüntüsü



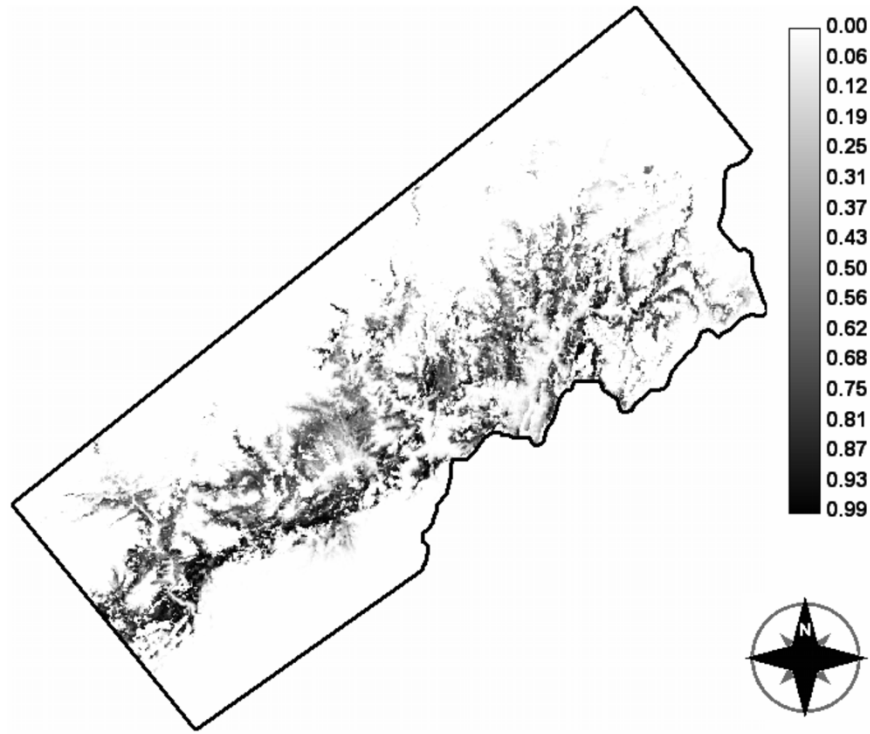
Şekil 4.6. YSA Sınıflaması Tarım Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.7. YSA Sınıflaması Karaçam Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.8. YSA Sınıflaması Kızılçam Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.9. YSA Sınıflaması Ardıç Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.10. YSA Sınıflaması Göknaar Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü

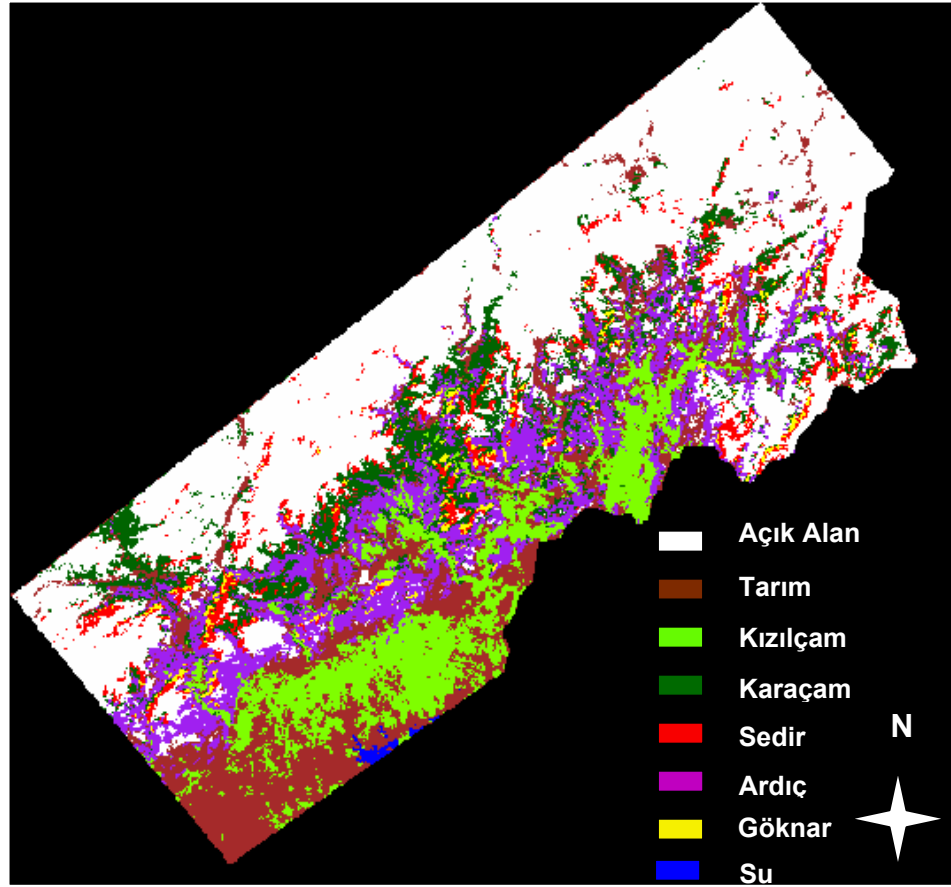




Şekil 4.11. YSA Sınıflaması Sedir Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.12. YSA Sınıflaması Su Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.13. Detaylı YSA Sınıflaması Belirgin Sonuç Görüntüsü

#### 4.2.2. Genel YSA Sınıflaması

Genel YSA sınıflamasında 4 temel arazi örtüsü (orman, tarım, su, açık alan) sınıflanmıştır (şekil 4.18). Sınıflama daha genel olarak yapıldığı için, detaylı sınıflamadaki gibi eğitim pikseli bulma sorunu yaşanmamıştır. Orman alanları birbirleriyle en çok karışan mesçere tipleri dikkate alınarak orman 1 ve orman 2 olarak sınıflanmış ancak sonuçlarda bunlar birleştirilerek orman alanları olarak değerlendirilmiştir. Tarım alanları da detaylı sınıflamadaki gibi sulı ve kuru tarım alanları olarak sınıflanmış ve sonuç verilerinde tarım sınıfı olarak birleştirilerek değerlendirilmiştir (şekil 4.14 – 4.17). Genel YSA sınıflaması yapılırken, tarım alanlarının eğitim pikselleri, açık alanlarla tarım alanları arasındaki karışıklığı engellemek amacıyla arttırılmış, açık alanlardan alınanlar ise bir miktar azaltılmıştır

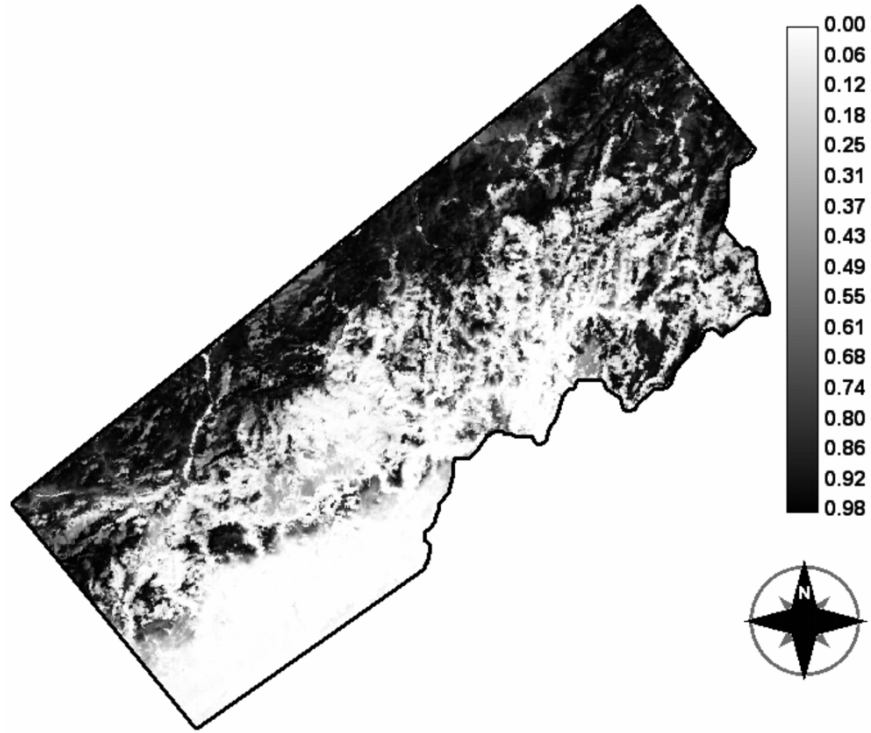
(çizelge 4.5). Pikseller seçilirken, arazi örtüsünü en iyi örnekleyen bölgelerden alınmasına özen gösterilmiştir. Bunun için, detaylı YSA sınıflaması sonuçlarından faydalanılmıştır. Genel YSA sınıflaması için toplamda 416 piksel kullanılmıştır. Detaylı sınıflamada kullanılan eğitim pikseli sayısından fazla olmasının nedeni, orman örtüsünün detayına inilmemesidir. Detaylı sınıflamada, ardıç, kızılçam gibi türlerden olabildiğince saf bölgeler alınmaya çalışıldığı için bir arazi sınıfı için alınan örnek piksel sayısı da düşük olmuştur. Ancak orman alanları genel olarak değerlendirildiğinde homojen dağılımlı ormanların bulunduğu eğitim pikselleri daha rahat bulunmuştur. Sınıflama parametreleri sınıf sayısına ve eğitim piksellerinin sayısına göre detaylı sınıflamaya kıyasla değişmiştir (çizelge 4.6).

Çizelge 4.5. MERIS Verisinin Genel YSA Sınıflaması İçin Kullanılan Eğitim Pikseli Sayıları

| Açık Alan | Tarım | Orman | Su |
|-----------|-------|-------|----|
| 93        | 89    | 197   | 37 |

Çizelge 4.6. Genel YSA Sınıflaması İçin Belirlenen İdeal Parametreler

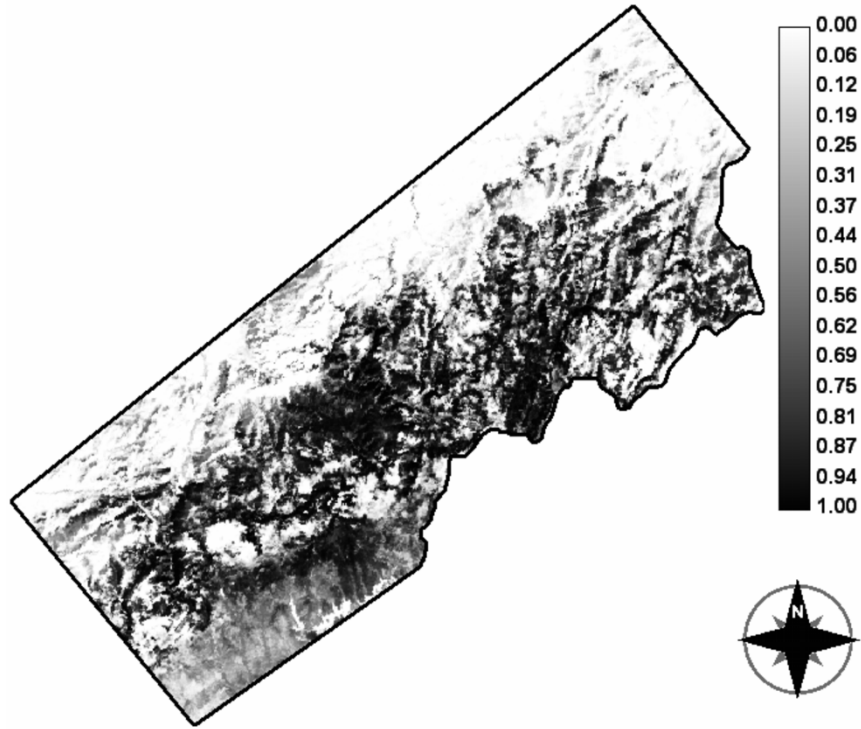
|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| <b>Giriş Katmanı</b>       | 16           |
| <b>Gizli Katman</b>        | 33           |
| <b>Çıkış Katmanı</b>       | 6            |
| <b>Öğrenme Oranı</b>       | 0.1          |
| <b>Öğrenme Momenti</b>     | 0.5          |
| <b>Döngü Sayısı</b>        | 8643         |
| <b>Öğrenme Fonksiyonu</b>  | Geri Yayılım |
| <b>Transfer Fonksiyonu</b> | Sigmoidal    |



Şekil 4.14. Genel YSA Sınıflaması Açık Alanların Bulanık Sonuç Görüntüsü



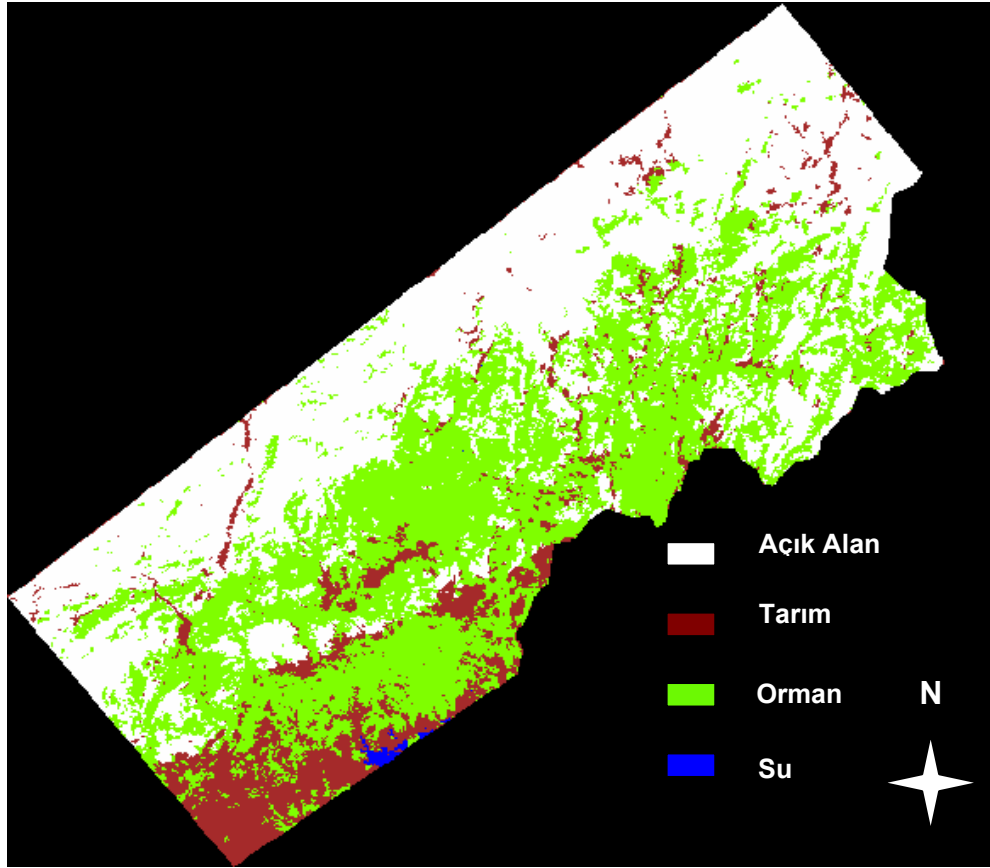
Şekil 4.15. Genel YSA Sınıflaması Tarım Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.16. Genel YSA Sınıflaması Orman Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü



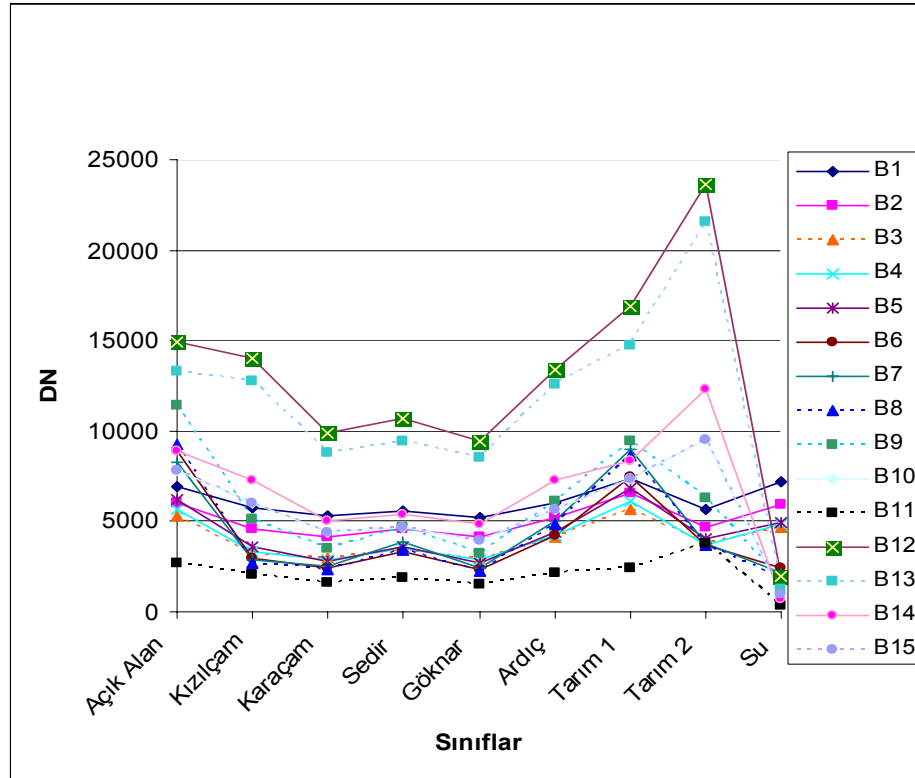
Şekil 4.17. Genel YSA Sınıflaması Su Alanları Bulanık Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.18. Genel YSA Belirgin Sınıflaması Sonuç Görüntüsü

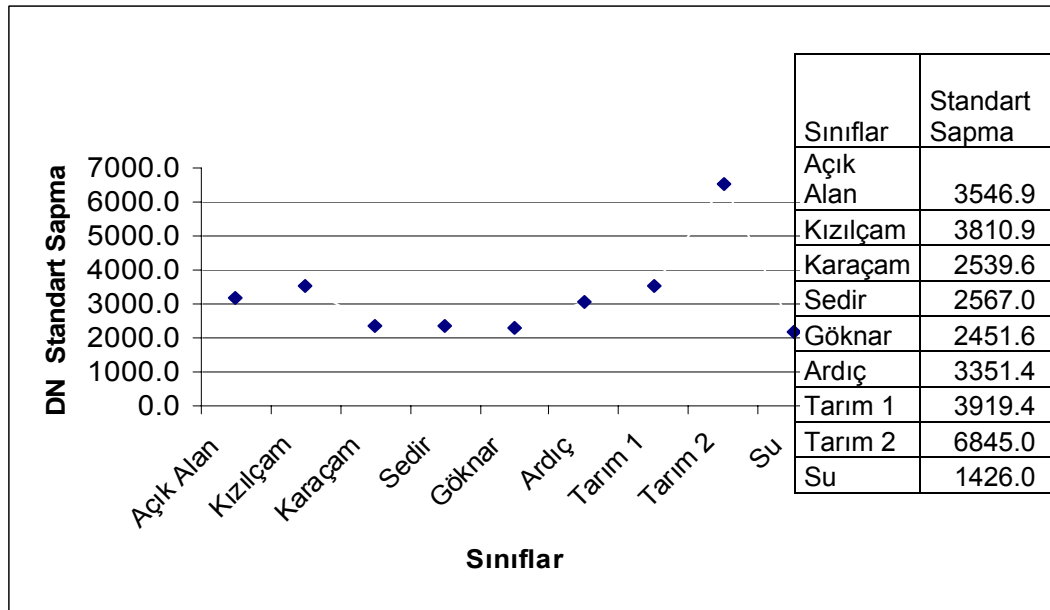
#### 4.3. ENVISAT – MERIS Verisinin DKM Yöntemiyle Sınıflanması

DKM sınıflaması YSA sınıflamasında olduğu gibi 2 farklı ölçekte yapılmıştır. Bunlardan birincisi detaylı DKM sınıflandırması, diğeri ise genel DKM sınıflandırmasıdır. DKM sınıflandırmasının yapılabilmesi için son üyelerin belirlenmesi gerekmektedir. Son üyeler bir sınıfa ait en belirleyici (saf) piksellerdir (şekil 4.19, 4.20). Çeşitli farklı algoritmalarla belirlenebilir. Bunun için, PSI Mahalanobis mesafesi dikkate alınarak belirlenmiştir (şekil 4.21).

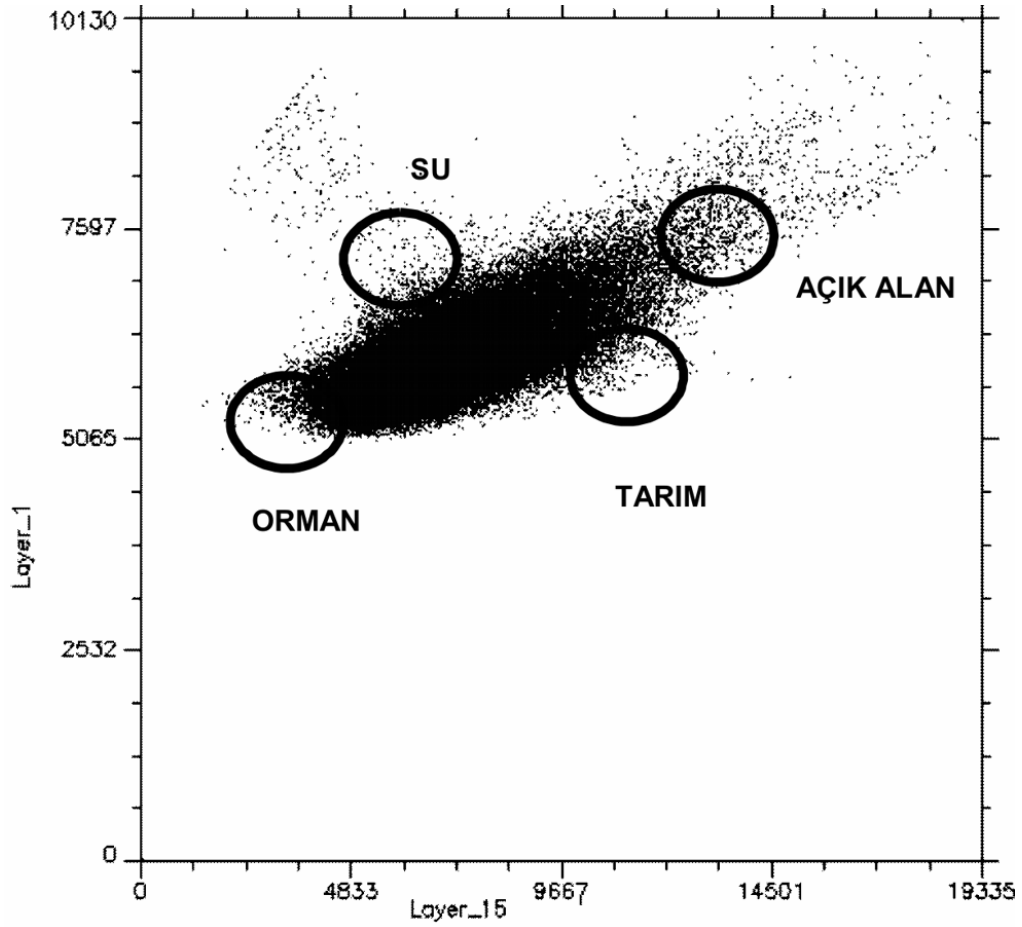


Şekil 4.19. Sınıflara Ait Saf Piksellerin MERIS Algılayıcısındaki Piksel Parlaklık (DN) Değerleri

Kullanılan çizgisel ifade her hangi bir seriyi ifade etmemektedir, grafiğin kolay algılanabilmesi için kullanılmıştır



Şekil 4.20. Sınıflara Ait Saf Piksel Değerlerinin Standart Sapmaları



Şekil 4.21. MERIS Verisi Piksel Parlaklık Değerleri Dağılımı (Band 1 – 15)

#### 4.3.1. Detaylı DKM Sınıflaması

Detaylı DKM sınıflamasında öncelikle saf pikseller PSI ile belirlenmiştir. Karşılaştırılabilir olması için detaylı YSA sınıflamasında kullanılan eğitim pikselleri kullanılmıştır. Ancak PSI sonrasında bu piksellerden sadece saf olanlar sınıflamaya dahil edilmiştir. Bu beraberinde önemli bir sorunu da getirmiştir. Zaten az olan eğitim pikselleri kendi içlerinde saflık derecelerine göre elenerek azalmıştır. Bu durum sınıflama doğruluk oranlarını olumsuz etkilemiştir. Çünkü, bu yöntemin başarısı saf piksellerin miktarı, saflık dereceleri ve kullanılan uydu verisinin yersel ve radyometrik çözünürlükleriyle doğrudan ilgilidir. PSI hesaplanırken Mahalanobis mesafesi esas alınmıştır. Buna göre, her bir pikselin, kendi sınıfına ait seçilen

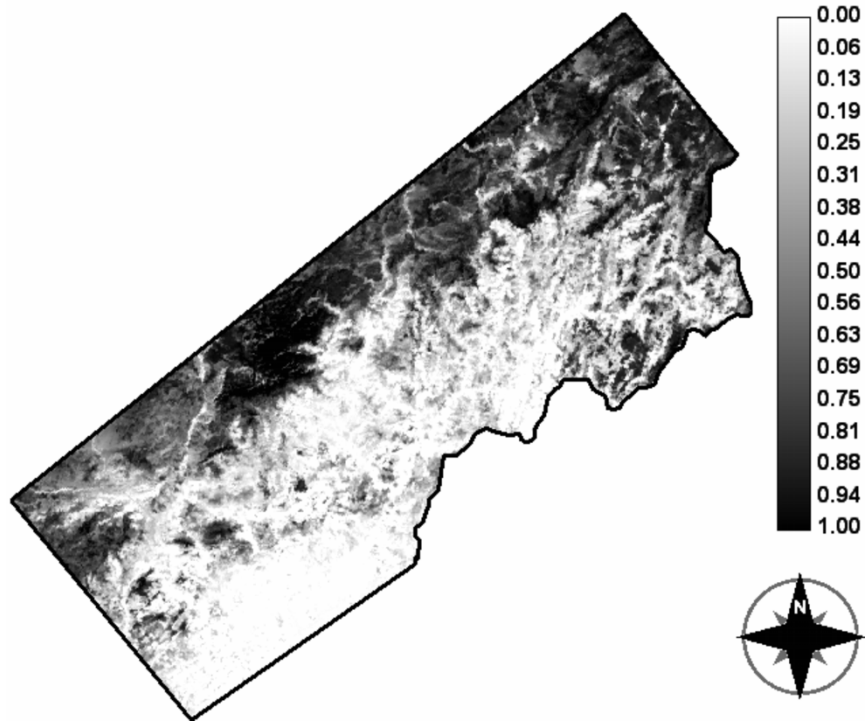


piksellerin ortalama parlaklık değerlerine ne kadar yakın ya da uzak olduğu dikkate alınarak belirlenir. PSI yapılırken saflık derecesini belirleyen bir eşik değeri vardır. Bu eşik değeri “1” iken ortalamaya en yakın, tam saf pikseller alınır, “0” iken eğitim pikselleri elenmez aynen sınıflamada kullanılır. Bu eşik değerini, yapılan sınıflamadaki PSI sonrası eğitim piksellerinin sayıları belirler. Eğer bazı sınıfları tanımlayacak pikseller PSI sonrası bulunamıyorsa eşik değeri düşürülebilir (çizelge 4.7).

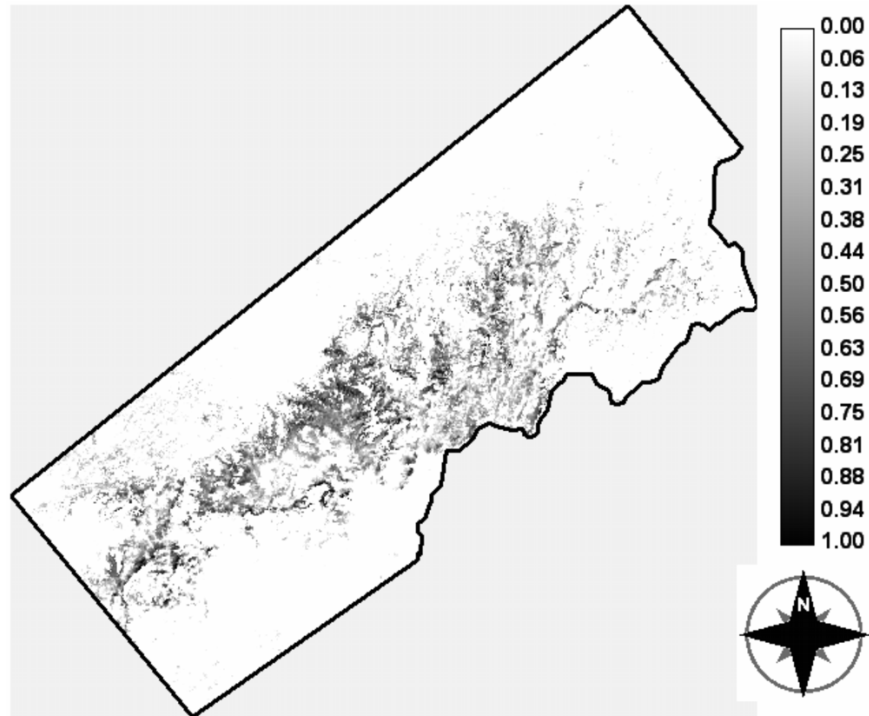
Çizelge 4.7. PSI Öncesi Ve Sonrası Eğitim Pikselleri Sayıları

| Sınıf Adı | PSI' dan Önce | PSI' dan Sonra |
|-----------|---------------|----------------|
| Açık Alan | 149           | 86             |
| Kızılçam  | 20            | 12             |
| Karaçam   | 16            | 9              |
| Sedir     | 9             | 3              |
| Ardıç     | 6             | 2              |
| Gökmar    | 8             | 3              |
| Tarım     | 55            | 12             |
| Su        | 23            | 20             |

Detaylı DKM sınıflamasından toplamda YSA'da olduğu gibi 8 farklı arazi sınıfı bulanık olarak sınıflanmıştır. Sonuçlar görsel olarak YSA sınıflamasıyla kıyaslandığında yakın çıkmasına rağmen, detaylara inildiğinde ve analiz edildiğinde farklılıklar ortaya çıkmıştır (şekil 4.22 – 4.29).



Şekil 4.22. Detaylı DKM Açık Alanlar Sınıflaması Sonuç Görüntüsü



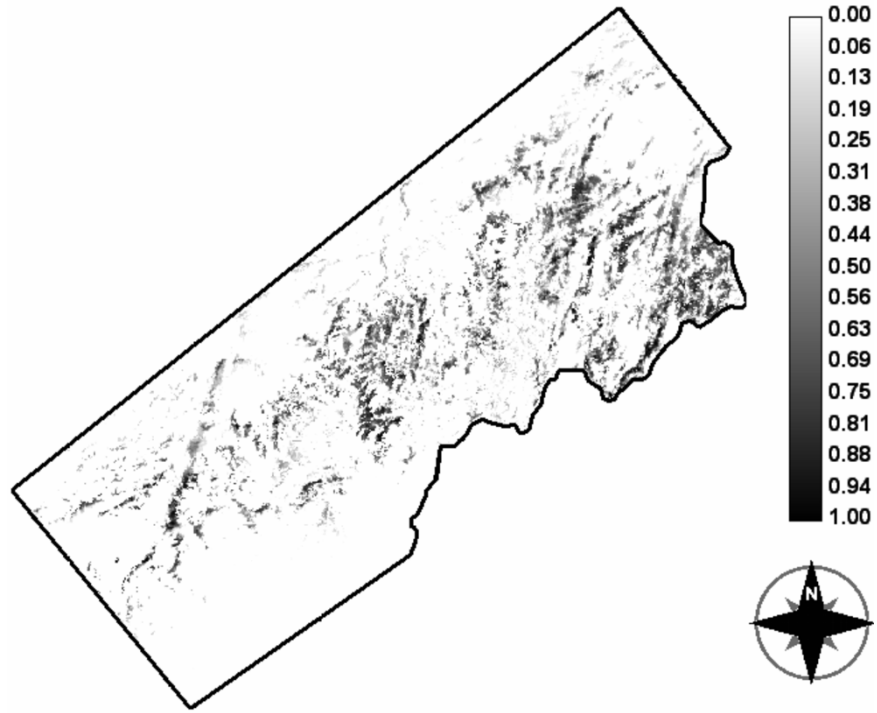
Şekil 4.23. Detaylı DKM Karaçam Alanları Sınıflaması Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.24. Detaylı DKM Kızılcım Alanları Sınıflaması Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.25. Detaylı DKM Ardıç Alanları Sınıflaması Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.26. Detaylı DKM Göknaar Alanları Sınıflaması Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.27. Detaylı DKM Tarım Alanları Sınıflaması Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.28. Detaylı DKM Sedir Alanları Sınıflaması Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.29. Detaylı DKM Su Alanları Sınıflaması Sonuç Görüntüsü

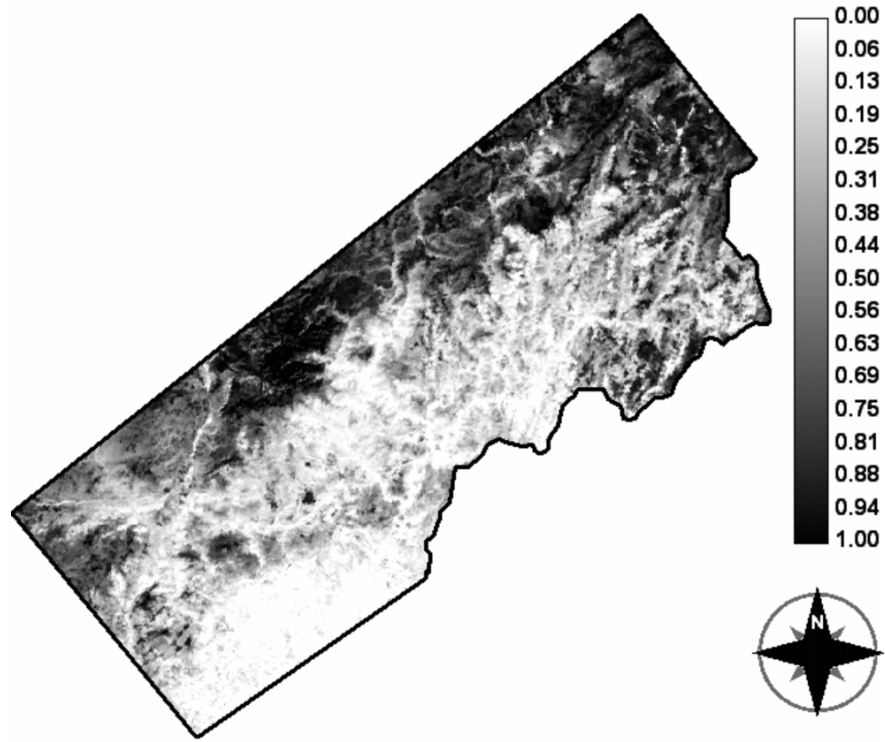
#### 4.3.2. Genel DKM Sınıflaması

Genel DKM sınıflamasında, genel YSA sınıflamasında olduğu gibi 4 farklı ana arazi örtüsü sınıflanmıştır. Sonuçların, karşılaştırılabilir olması için aynı eğitim verisi kullanılmıştır. DKM sınıflamasını uygulanmadan önce, saf pikseller eğitim verisi içerisinde çıkarılmıştır. Genel sınıflamalarda eğitim verisinin yetersizliği gibi bir olumsuzlukla karşılaşılması (çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Genel DKM Sınıflamasında PSI Öncesi Ve Sonrası Eğitim Pikselleri Sayısı

| Sınıf Adı | PSI' dan Önce | PSI' dan Sonra |
|-----------|---------------|----------------|
| Açık Alan | 93            | 52             |
| Tarım     | 89            | 22             |
| Orman     | 197           | 44             |
| Su        | 37            | 21             |

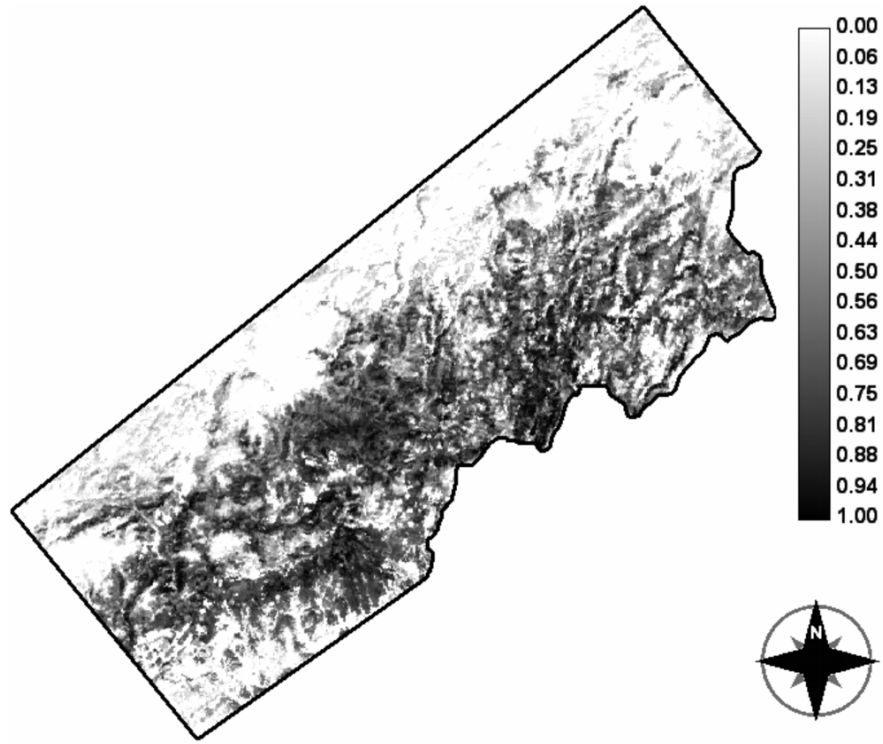
Detaylı sınıflamadaki orman mesçerelerinin tek bir sınıflama içerisinde birleştirilmesi sınıflama doğruluklarını önemli ölçüde etkilemiştir. Yeterli sayıda eğitim pikseli bulunmasının yanı sıra alan içerisinde çok karmaşık yapıda bulunan ağaç türlerinden kaynaklanan sapmalarda ortadan kalkmıştır. Orman alanlarının düzgün sınıflanmasıyla açık alanlar ve tarım alanlarındaki doğruluk oranları da artmıştır. Her sınıfa ait, oransal dağılımı gösteren sonuç görüntüsü üretilmiştir (şekil 4.30 – 4.33).



Şekil 4.30. Genel DKM Sınıflaması Açık Alanlar Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.31. Genel DKM Sınıflaması Tarım Alanları Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.32. Genel DKM Sınıflaması Orman Alanları Sonuç Görüntüsü



Şekil 4.33. Genel DKM Sınıflaması Su Alanları Sonuç Görüntüsü



#### 4.4. Karşılaştırmalı Analizler ve Değerlendirme

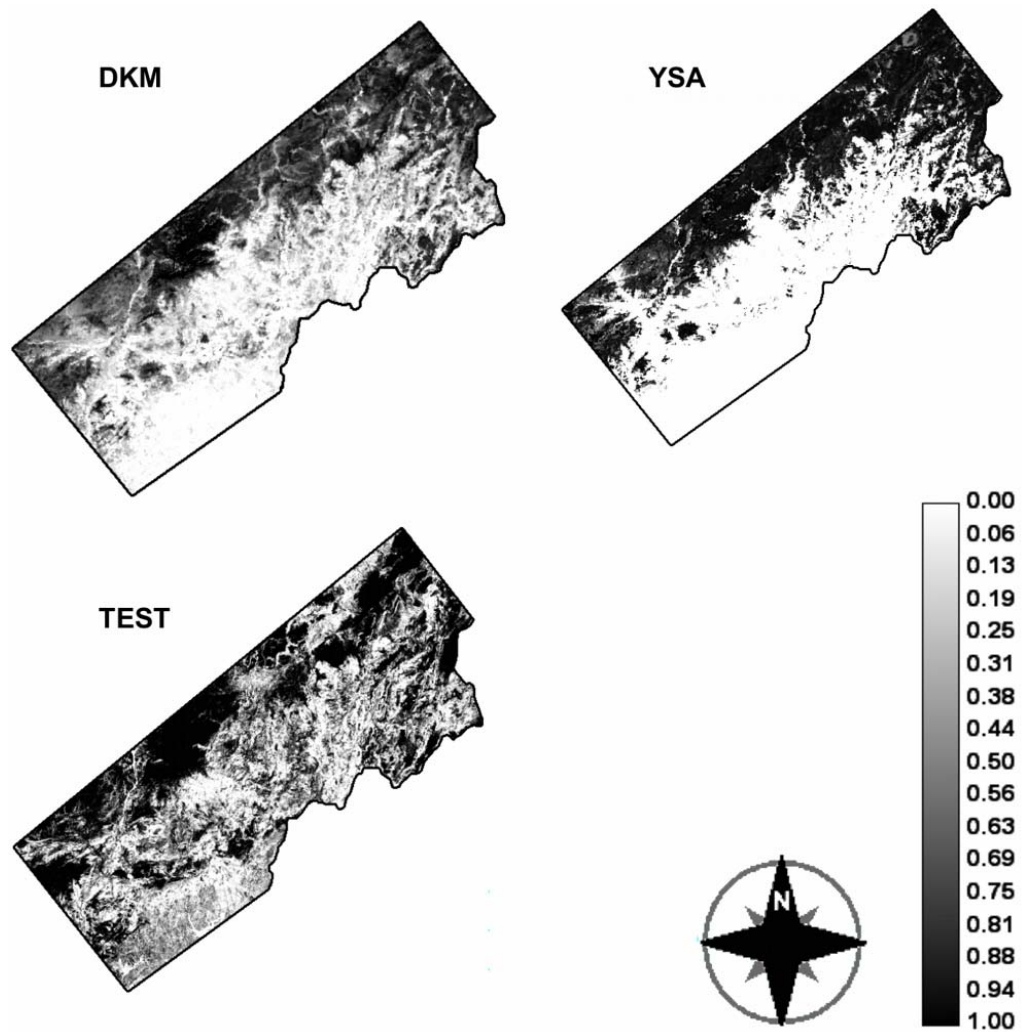
Farklı teknikler ve farklı ölçeklerde bulanık olarak sınıflanan ENVISAT – MERIS uydu görüntüsü, detaylı ve genel sınıflama sonuçları olarak 2 farklı kategoride değerlendirilmiştir. Bununla beraber, bulanık sınıflamanın belirgin sınıflamalara göre genel doğruluk oranlardaki başarısını göstermek amacıyla YSA yöntemiyle elde edilen belirgin sınıflama sonuçları da genel doğruluk oranlarında birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Doğruluk analizleri yapılırken her bulanık sonuç, MO sınıflamasından elde edilen ve test için yeniden ölçeklendirilerek oluşturulan görüntülerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sırasında alanın belirli bir bölgesi test için ayrılmamıştır. Tüm alanın bir bütün olarak, önceden hazırlanmış aynı ölçekte oluşturulan verilerle regresyon analizi yapılarak uyumluluğu saptanmıştır. Bu çerçevede, MERIS verisindeki 129000 piksel bire bir test verisiyle karşılaştırılmış ve analiz edilmiştir. Alandan çeşitli test bölgeleri belirleyerek karşılaştırmak, sonucu göreceli olarak etkileyebileceğinden ve alanın tümü için test veri üretilebildiğinden böyle bir yöntem izlenmesi doğruluğun daha objectif bir şekilde tespit edilmesini sağlamıştır.

Belirgin YSA, genel ve detaylı sınıflama sonuçlarının doğrulukları, sınıfların dağılımına göre tesadüfi olarak belirlenmiş 500 nokta ile hesaplanmıştır. MO yöntemiyle sınıflanan Landsat uydu görüntüsünün belirgin elde edilen sonucu YSA sınıflamalarından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve her sınıf için doğruluk oranları saptanmıştır.

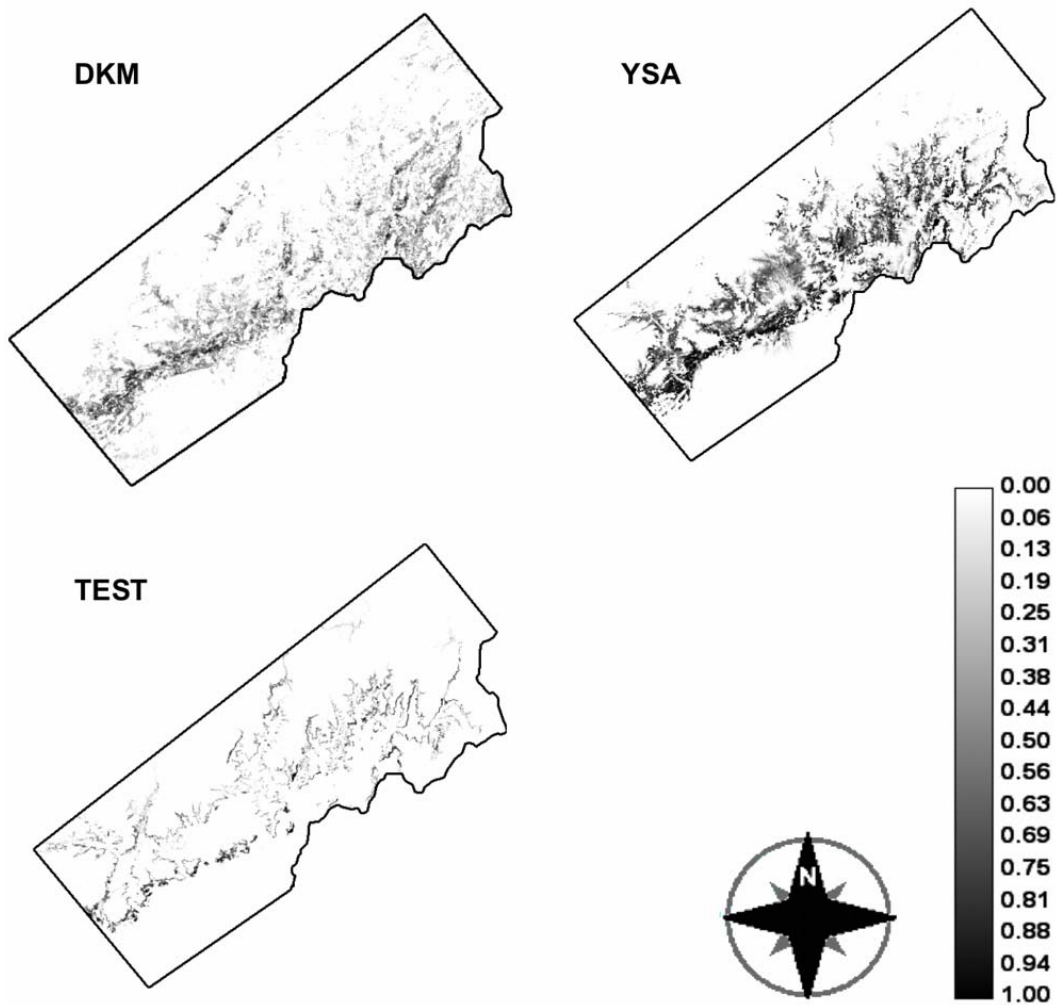
#### 4.4.1. Detaylı Bulanık Sınıflamaların Test Verisiyle Karşılaştırılması

Test verisi ile yapılan karşılaştırmalar sonucunda, DKM %78, YSA %70 oranında örtüşmüştür. Açık alanlardan eğitim piksellerinin elde edilmesi oldukça kolay olduğu için doğruluk oranları yüksek çıkmıştır. DKM oranının YSA' dan yüksek olmasının nedeni, açık alanların saf piksellerle çok daha iyi tanımlanabilmesindendir. YSA sınıflaması için kullanılan eğitim pikselleri, belirleyici olmasına rağmen tamamen saf pikseller değildir (şekil 4.34).



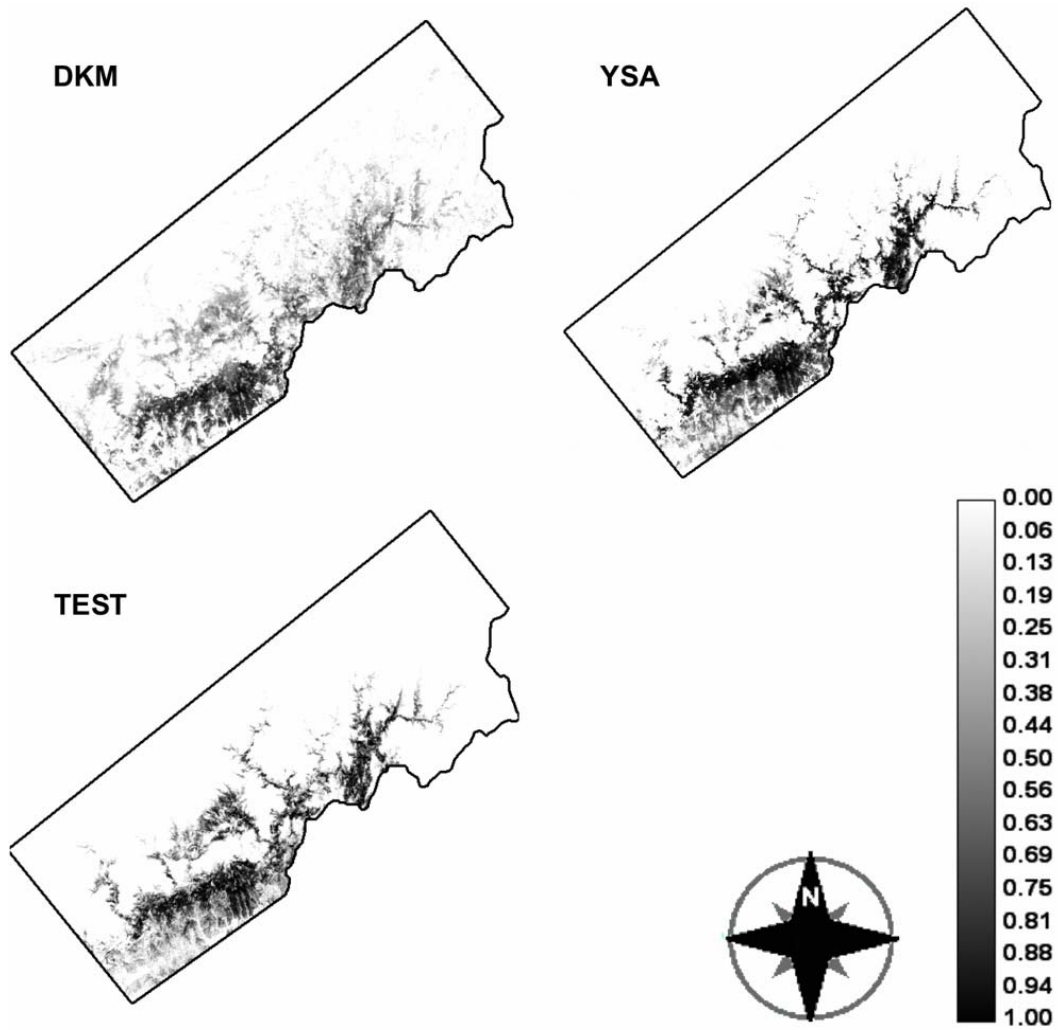
Şekil 4.34. Açık Alanların Detaylı Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test Verisiyle Karşılaştırılması

Ardıç türünün alandaki dağılımının fazla ancak yoğunluğunun az olması nedeniyle, uygun eğitim piksellerinin bulunması çok zor olmuştur. Bu durum, doğruluk oranlarını olumsuz yönde etkilemiştir, DKM % 29, YSA %36 test verisi ile örtüşmüştür. YSA sınıflaması DKM ye göre daha başarılı olmuştur. Ardıç, çalışma alanı genelinde, kızılçam ve açık alanlarla birlikte karışık durumdadır. YSA yöntemi, önceki çalışmalara ve buradaki sonuçlara bakıldığında, çok karmaşık alanları tanımlamada DKM' ye göre daha başarılıdır (şekil 4.35, 4.36, 4.37, 4.38, 4.40).



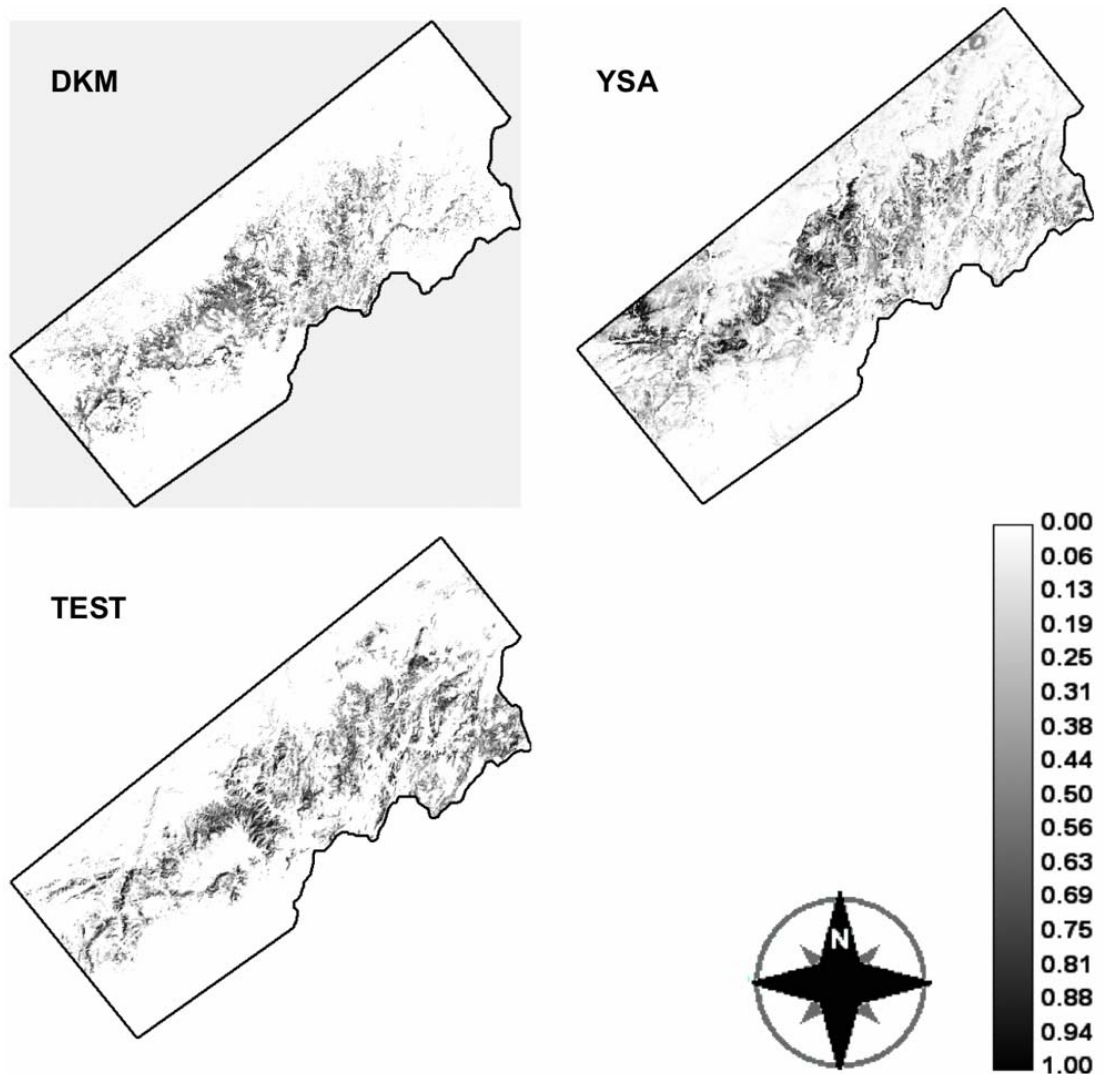
Şekil 4.35. Ardıç Alanlarının Detaylı Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test Verisiyle Karşılaştırılması

Kızılçam türü alandaki en baskın türdür. DKM % 83, YSA % 88 oranında test verisiyle örtüşmüştür. Kızılçam alanda, çoğunlukla karaçam, bazı bölgelerde ise ardıç ve tarım alanlarıyla karışım halindedir. Tanımlamada, büyük oranda başarı sağlanmasının en temel nedeni, bir çok bölgede yoğun ve sık olarak bulunduğu için, eğitim piksellerinin tespit edilmesinde sorun yaşanmamıştır. Alanda en çok karışım halinde bulunan türler iğne yapraklı ormanlardır. Karışım türlerinin sınıflanmasında ise YSA, DKM' ye göre daha başarılı olduğundan, YSA çok daha iyi sonuç vermiştir (şekil 4.36).



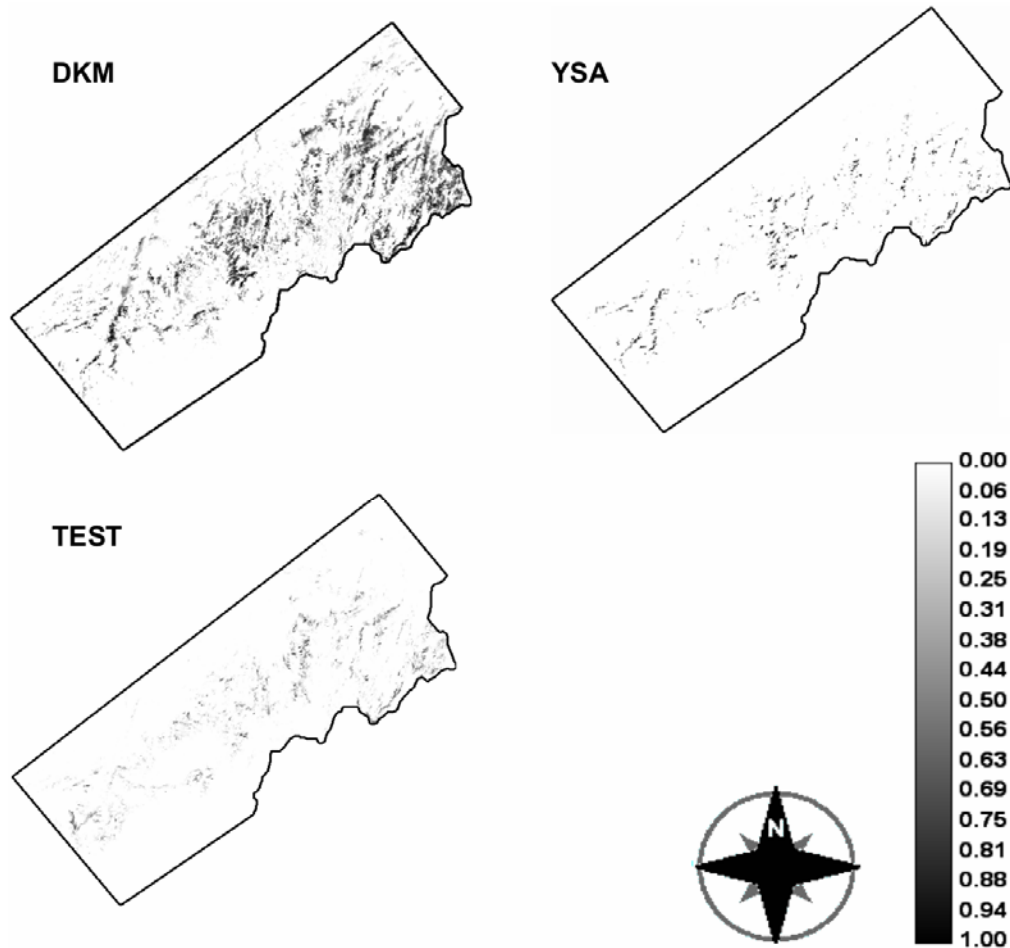
Şekil 4.36. Kızılçam Alanlarının Detaylı Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test Verisiyle Karşılaştırılması

Karaçam alan içerisinde bazı bölgelerde yoğun olarak bulunsa da bu bölgeler içerisinde saf karaçam olan yerler fazla yoktur. Bu durum doğruluk oranlarını etkilemiştir. DKM % 38, YSA % 49 olarak test verisiyle örtüşmüştür (şekil 4.37). Karaçam yetiştirme ortamı nedeniyle özellikle kızılçam ve sedir mesçereleriyle tek bir piksel içerisinde karışım halindedir. Bu nedenle, karaçam mesçeresini çok net olarak tanımlayacak piksellerin seçilmesi oldukça zor olmuştur. Yeterince tanımlayıcı özellikte eğitim pikseli bulunması halinde, karaçam mesçeresi detaylı sınıflamada kızılçam gibi yüksek doğrulukta tanımlanabilirdi.



Şekil 4.37. Karaçam Alanlarının Detaylı Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test Verisiyle Karşılaştırılması

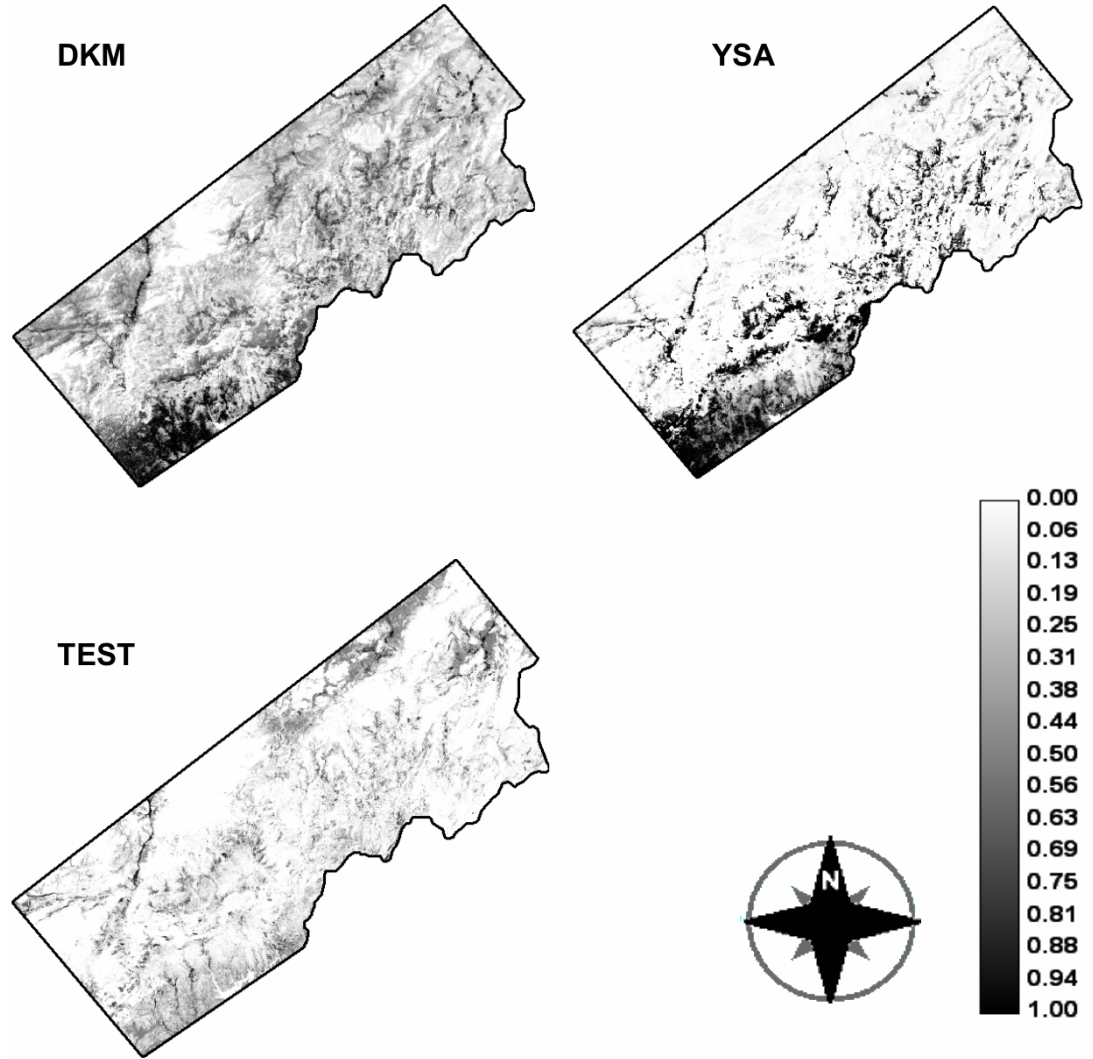
Gökmar türü Aladağlar Bölgesi'nde belirli bölgeler dışında çok yaygın bulunmamaktadır. Bulunduğu yerlerde ise tür sıklığı fazla değildir. Bu nedenle tespit edilmesi en zor tür gökmar olmuştur. DKM % 26, YSA %36 oranında test verisiyle örtüşmüştür. Eğitim piksellerinin sayısı "8" iken PSI sonrasında "3" olmuştur. Her piksel içerisindeki gökmar sıklığı oldukça az olduğundan, tanımlamada sorun yaşanmıştır. Landsat ETM görüntüsüyle yapılan sınıflamada da en düşük doğruluk oranı %60' la gökmar sınıfındır. Bu nedenle MERIS verisi ile tanımlandığında doğruluk oranının düşük olması beklenmektedir (şekil 4.38).



Şekil 4.38. Gökmar Alanlarının Detaylı Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test Verisiyle Karşılaştırılması

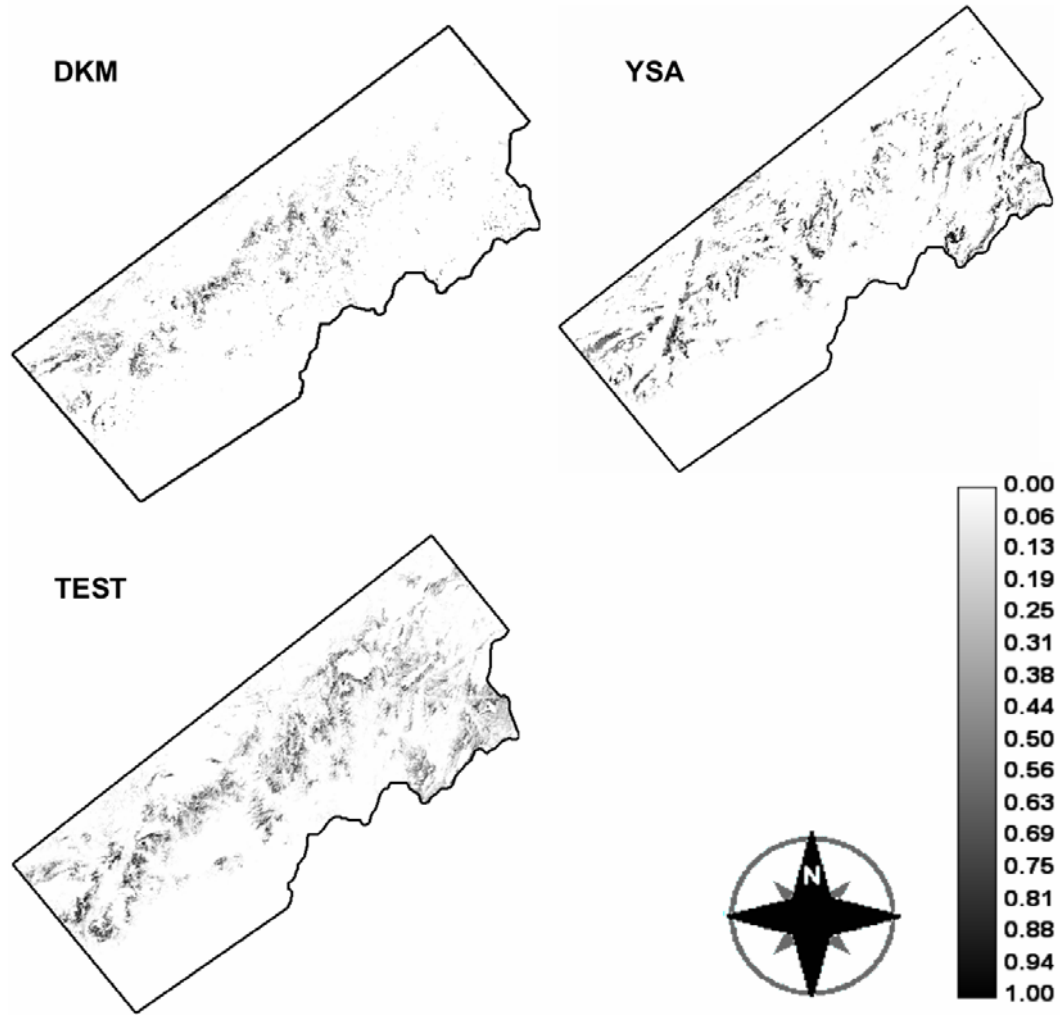


Bulanık olarak sınıflanan tarım alanları bazı bölgelerde açık alanlarla ve bazı bozuk kızılcım alanlarıyla karışmıştır. Bu durum, tarım alanlarının doğruluklarının düşmesine neden olmuştur. DKM %60, YSA %51 oranında test verisiyle örtüşmüştür. Tarım alanları, geniş bölgeleri kapladığı için, karışım olarak alanda, orman mesçerelerine göre daha az bulunmaktadır. Bu nedenle saf piksellerle tanımlanması çok daha kolay olmuştur. Bu durumda DKM yöntemiyle yapılan sınıflamanın doğruluk oranını arttırmıştır. Ağustos ayı olması nedeniyle tarım alanlarının yarısından çoğunun boş olması da açık alanlarla tarım alanlarının bazı noktalarda birbirleriyle karışmasına ve doğruluk oranının düşmesine neden olmuştur (şekil 4.39).



Şekil 4.39. Tarım Alanlarının Detaylı Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test Verisiyle Karşılaştırılması

Sedir alanları göknar alanlarına göre daha fazla olmasına rağmen alandaki MERIS verisiyle sınıflamak için yeterince saf piksel elde edilememiştir. Buna göre, DKM % 27, YSA % 34 oranında örtüşmüştür. Alanda çoğunlukla göknarla ve bazı bölgelerde de karaçamla karışım halinde bulunan sedir türünden, yeterli miktarda eğitim pikseli elde edilememesi, bu türün alanda göknar türü gibi çok dağınık halde olması ve MERIS piksellerine oranla az yoğunlukta bulunduğu için doğruluk oranları düşük olmuştur (şekil 4.40).



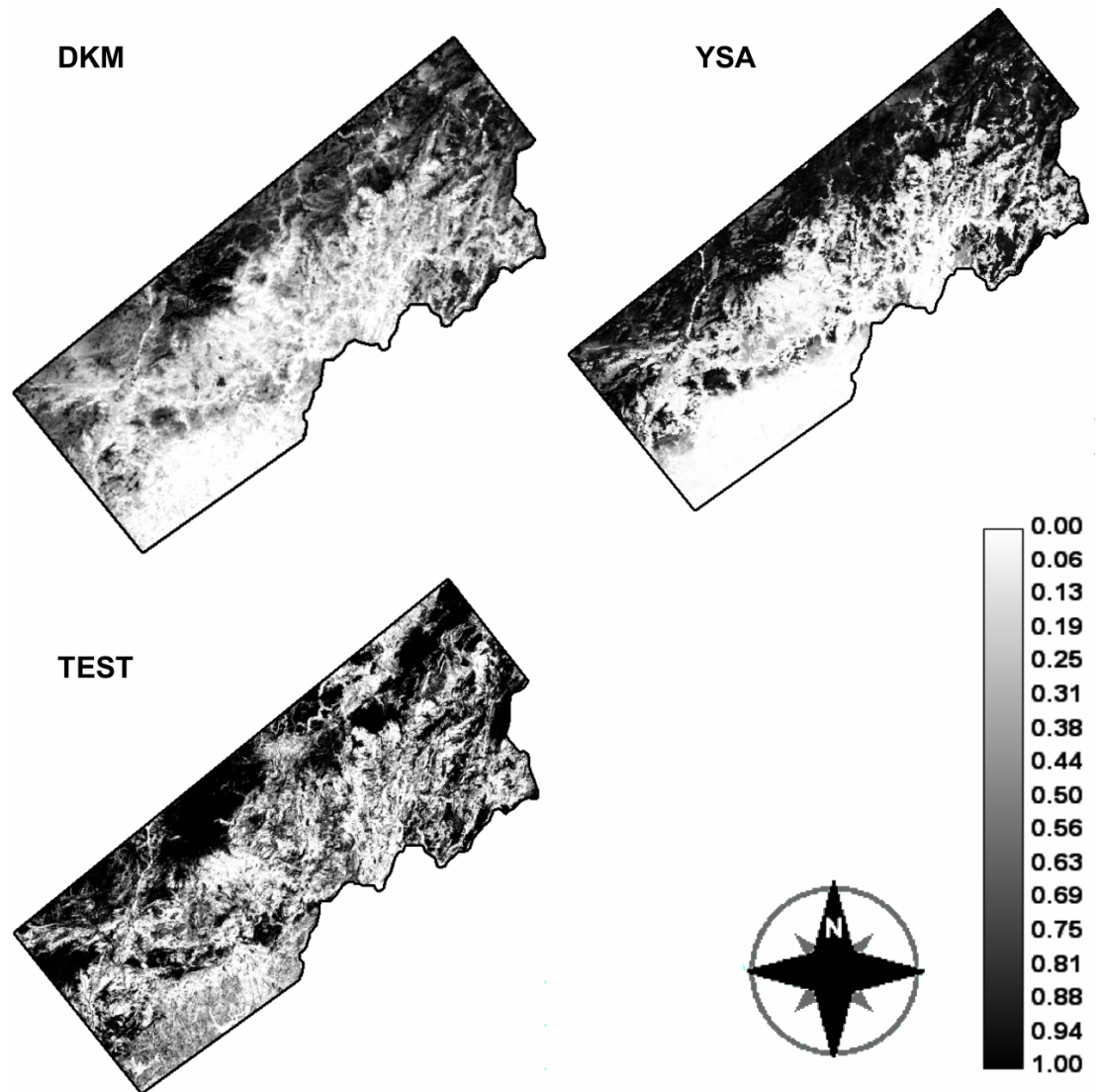
Şekil 4.40. Sedir Alanlarının Detaylı Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test Verisiyle Karşılaştırılması





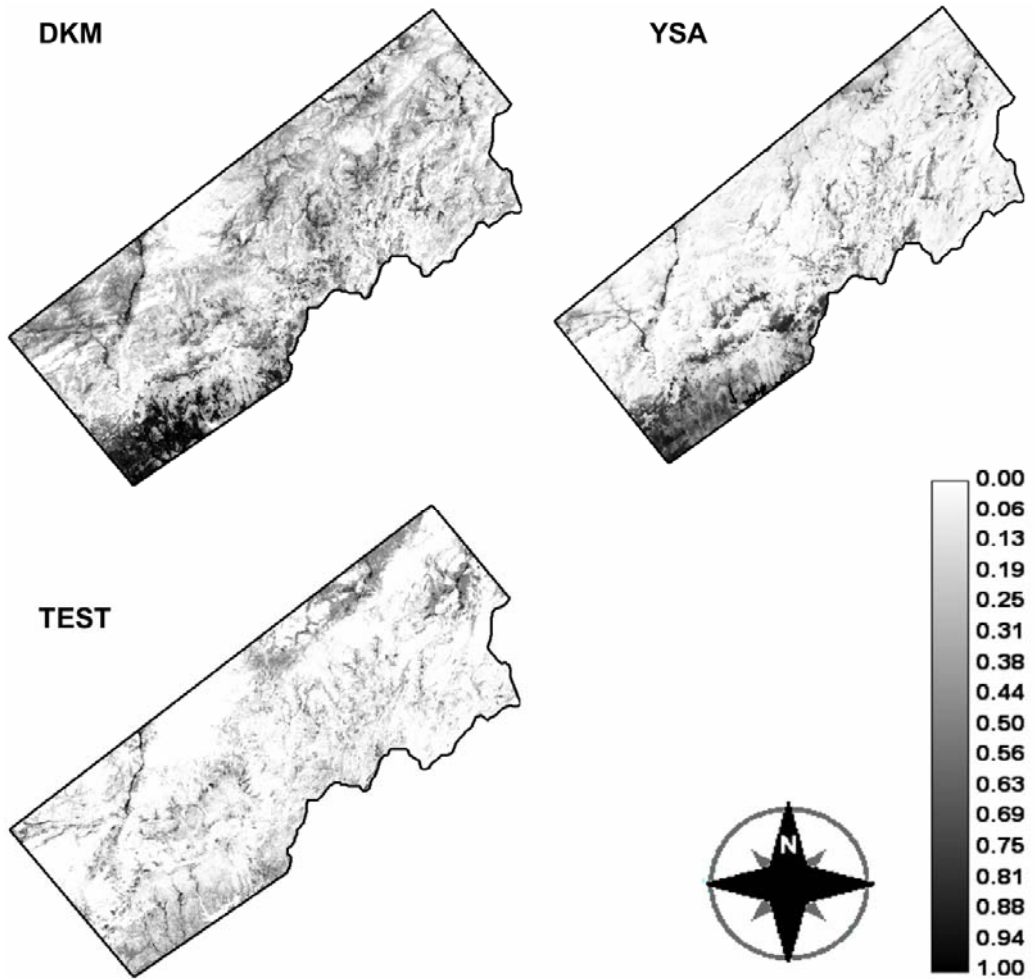
#### 4.2. Genel Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test Verisiyle Karşılaştırılması

Genel Sınıflamalarda detaylı sınıflamalara göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Sınıflamayı genelleştirmek orman alanlarındaki eğitim piksellerini arttırmıştır. Bu durum eğitim piksellerinin sayısının azlığından kaynaklanan sınıflama doğruluklarındaki düşüşü gidermiştir. Açık alanlarda, DKM % 79, YSA % 78 oranında test verisiyle örtüşmüştür (şekil 4.42).



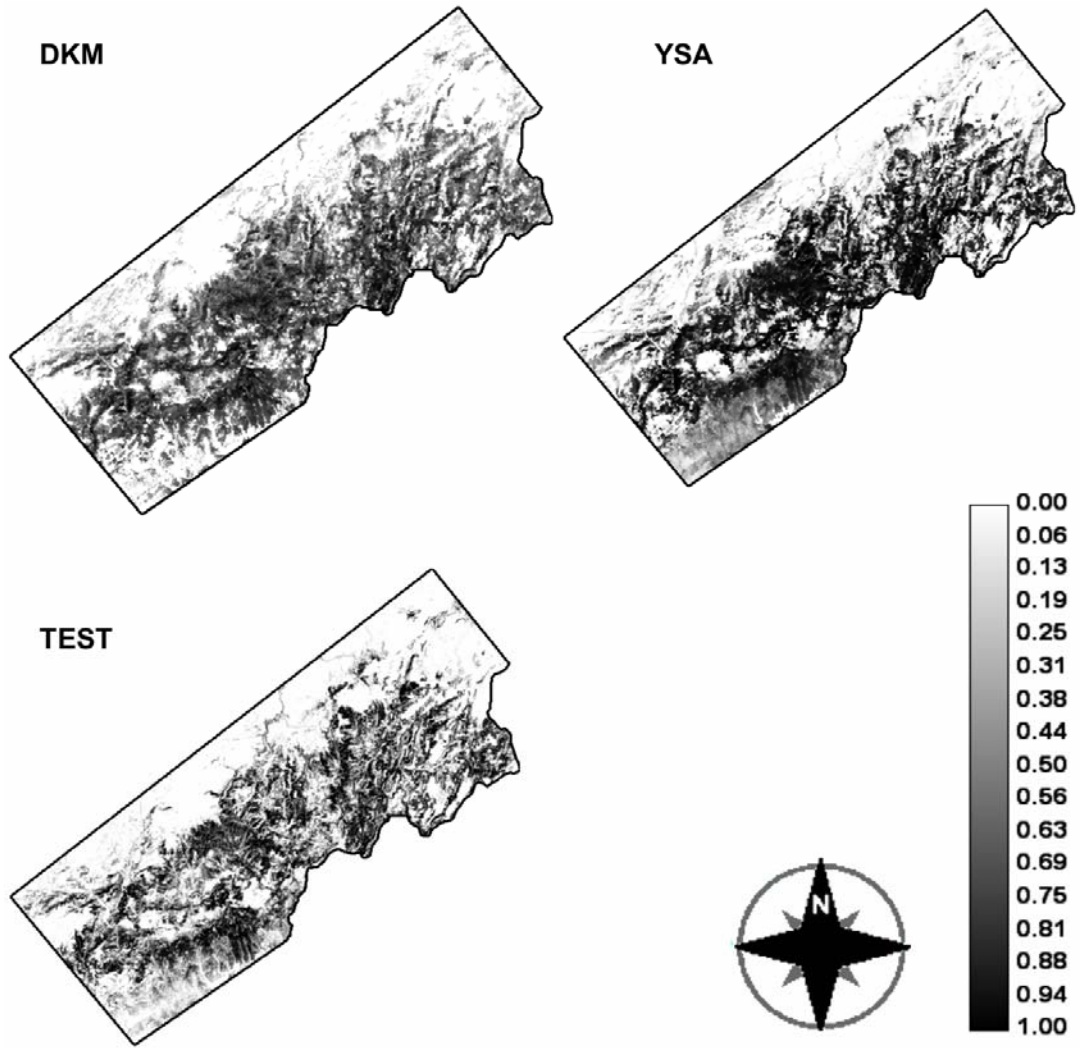
Şekil 4.42. Açık Alanların Genel Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test Verisiyle Karşılaştırılması

Tarım alanları genel olarak sınıflanırken tüm ağaç türleri orman olarak sınıflandığı için tarım alanlarının ağaç türleriyle olan karışımları engellenmiştir. Bu nedenle, tarım alanlarının doğruluk oranlarında detaylı sınıflamaya göre artış görülmüştür. DKM % 64, YSA %60 olarak test verisiyle örtüşmüştür. Detaylı sınıflamaya göre tarım alanlarından alınan eğitim piksellerindeki artış, YSA' nın doğruluk oranının % 51'den % 60'a çıkmasına neden olmuştur. DKM sonuçlarında ise % 4 oranında bir artış olmuştur. Berberoğlu 1999'a göre eğitim piksellerinin sayısındaki artışın YSA sınıflamalarındaki doğruluk oranlarını arttıracak saptanmıştır. Bu nedenle genel sınıflama sonuçlarındaki bu olumlu artış beklenen bir gelişmedir (şekil 4.43).



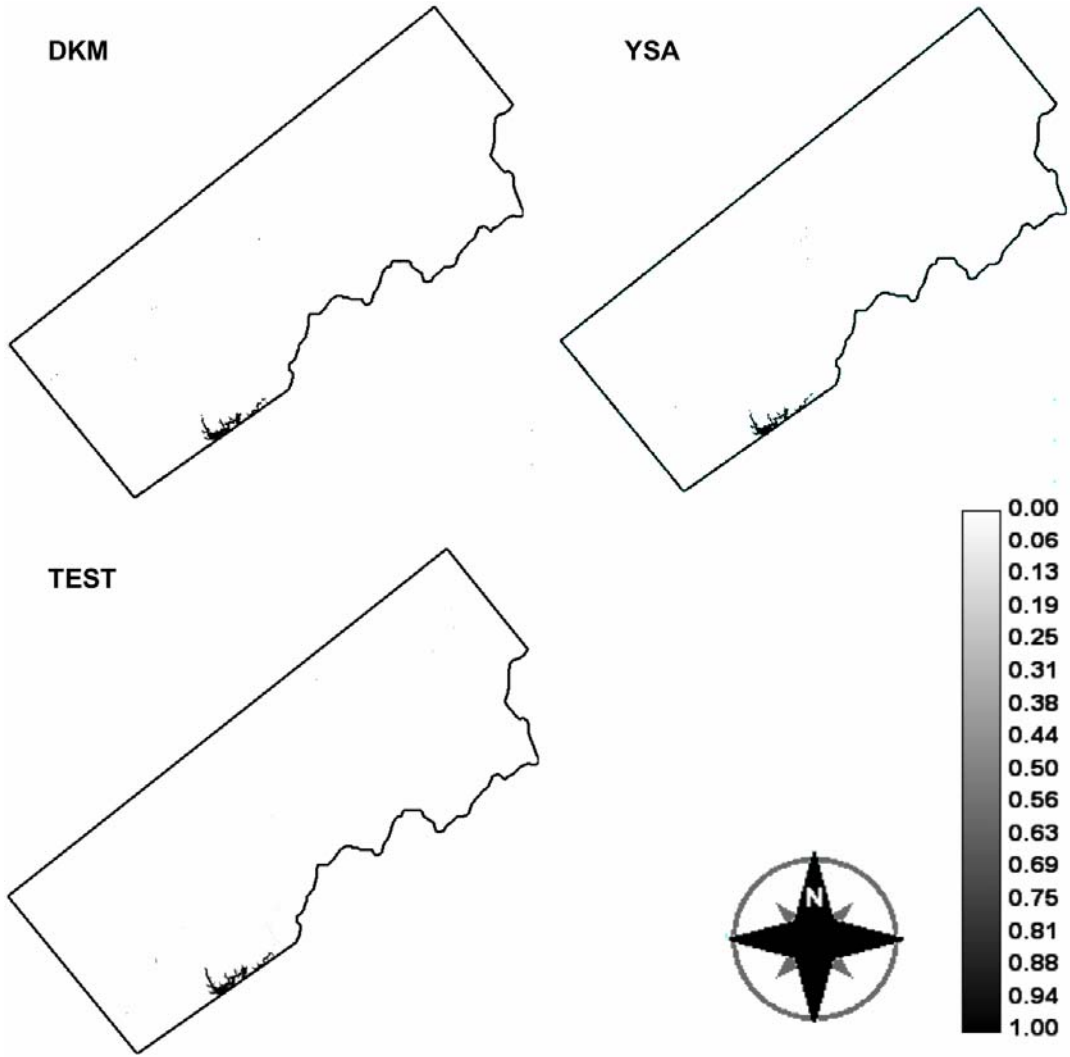
Şekil 4.43. Tarım Alanlarının Genel Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test Verisiyle Karşılaştırılması

Detaylı sınıflamadaki bütün vejetasyon sınıfları (ardıç, göknar, sedir, kızılçam, karaçam) genel sınıflamada orman alanları olarak birleştirilmiştir. Böylelikle, en çok birbirlerine karışan sınıflar olan ağaç türleri birlikte düşünülerek bu sorun giderilmiştir. DKM % 80, YSA % 79 oranlarında test verisiyle örtüşmüştür. Orman alanları genel olarak sınıflandığında, karışma oranının en çok olduğu bölgeler birleştirilmiş ve tek bir sınıf haline gelmiştir. Böylece, bu alanlardan elde edilen piksel sayılarının artmasıyla saf piksel sayıları da artmıştır. Bu durum DKM sınıflamasının doğruluğunun büyük oranda YSA ile aynı olmasını sağlamıştır (şekil 4.44).



Şekil 4.44. Orman Alanlarının Genel Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test Verisiyle Karşılaştırılması

Su alanları detaylı sınıflamadaki aynı yöntem izlenerek test verisiyle karşılaştırılmıştır. Buna göre, DKM %99, YSA %100 oranlarında test verisiyle örtüşmüştür. Genel sınıflama ve detaylı sınıflama arasında çok fazla fark olmamıştır. %1 - %2 oranlarındaki sapmalar sınıflama parametrelerindeki farklılıklardan kaynaklanmış olabilir. Bu nedenle, her iki sınıflama yaklaşımında da su yüzeyleri yüksek doğrulukla sınıflanmıştır (şekil 4.45).



Şekil 4.45. Su Alanlarının Genel Bulanık Sınıflama Sonuçlarının Test Verisiyle Karşılaştırılması

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Farklı yöntemler denenerek, Yukarı Seyhan Havzası'ndaki Aladağlar ve yakın çevresinde bulunan, ormanlık alanlar içerisine kalan bölgedeki arazi örtüsü, uygun bulanık tekniklerle sınıflanmıştır. Bununla birlikte, belirgin sınıflamalarla bulanık sınıflamalar arasındaki farklılığı göstermek amacıyla YSA yöntemiyle elde edilen belirgin sınıflama sonuçları da, bulanık sonuçlarla karşılaştırılmıştır (çizelge 5.1). Genel ve detaylı olarak 2 farklı yaklaşımla sınıflama yapılmıştır. Her bir sınıflama yaklaşımı kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Belirgin sınıflamalar değerlendirilirken, tesadüfi seçilmiş 500 nokta test verisiyle karşılaştırılmıştır.

### 5.1. Detaylı Sınıflama Sonuçları ve Öneriler

Çizelge 5.1. Detaylı Bulanık Ve Belirgin Sınıflamaların Doğruluk Oranları

| <b>Sınıf \ Yöntem</b> | <b>DKM</b>  | <b>YSA (Bulanık)</b> | <b>YSA (Belirgin)</b> |
|-----------------------|-------------|----------------------|-----------------------|
| Açık Alan             | % 78        | % 70                 | % 60                  |
| Tarım Alanları        | % 60        | % 50                 | % 12                  |
| Su Yüzeyleri          | % 99        | % 98                 | % 85                  |
| Kızılçam Alanları     | % 83        | % 88                 | % 56                  |
| Karaçam Alanları      | % 38        | % 49                 | % 30                  |
| Sedir Alanları        | % 27        | % 34                 | % 8                   |
| Göknaar Alanları      | % 26        | % 36                 | % 0                   |
| Ardıç Alanları        | % 29        | % 36                 | % 7                   |
| <b>GENEL</b>          | <b>% 61</b> | <b>% 58</b>          | <b>% 33</b>           |

Detaylı sınıflandırma sonuçları değerlendirildiğinde:

- I. Detaylı sınıflamalarda DKM tekniği YSA tekniğine göre genel doğruluk oranlarında daha iyi sonuç vermiştir.
- II. Bulanık sınıflama belirgin sınıflamadan her arazi örtüsü sınıfı için daha doğru sonuç üretmiştir.

- III. DKM bulanık sınıflaması değerlendirildiğinde, açık alan, tarım alanları ve su yüzeyleri gibi saf piksellerin yeterli miktarda bulunduğu, arazi örtüsü sınıflarında daha başarılı, saf piksellerin az bulunduğu durumlarda (ağaç türlerinde) ise YSA yönteminin daha başarılı olduğu görülmektedir.
- IV. Detaylı sınıflama yaklaşımı genel olarak değerlendirildiğinde istenilen başarıya ulaşılamamıştır. Çalışma alanındaki vejetasyon yapısının çok karmaşık olması nedeniyle, MERIS verisinin en iyi yersel çözünürlükte (300m) kullanılmasına rağmen, tür bazında yapılan sınıflamalar istenilen sonucu vermemiştir. Arazi örtülerinin kapladığı büyüklükler ve ölçek (yersel çözünürlük) arasındaki ilişkiye göre uygun sınıflama yönteme seçilmelidir. Bu çalışmada 300 m çözünürlükte tür bazında ayrıntıya girmenin bu bölgede uygun olmadığı görülmüştür.

Detaylı sınıflama sonuçlarına göre DKM ve YSA yöntemleri kullanılan verilere bağlı olarak, bir piksel içerisinde fazla miktarda arazi örtüsü bulunuyorsa ve eğitim pikselleri sayısı her arazi sınıfı için ideal sayıda bulunamıyorsa, sonuçların doğruluk düzeyleri kabul edilebilir sınırlarda olmamaktadır. Bu sorunun giderilmesi için:

- I. Karışımın az olduğu alanların seçilmesi ve her sınıfı karakterize eden saf piksellerin tespit edilmesi sınıflama başarısını önemli oranda etkileyebilmektedir. Kızılçam türünün sınıflama doğruluğunun yüksekliği bu durumu desteklemektedir. Kızılçam alanları geniş ve kapalılıkları yüksek olduğu için diğer türlerden ayrılması daha kolay olmuştur. Ayrıca yetiştirme ortamı farklılıkları da bunda etkilidir. Kızılçam türü genellikle 0 – 700 m arasında yoğunken, diğer türler 600m ve üzerinde yoğun olarak bulunmaktadır. Bu durum, sınıflama başarısını etkileyen nedenlerden birisidir.
- II. Az sayıda eğitim pikselinin olduğu durumlarda detaylı bir sınıflama yerine genel bir sınıflama yapmak daha uygun olacaktır. Eğitim piksel sayısı aynı zamanda sınıfların belirlenmesinde etkili olmaktadır.

- III. MERIS gibi radyometrik çözünürlüğü yüksek bir uydu ile Landsat gibi yersel çözünürlüğü yüksek bir uydunun avantajlarından her iki uydu görüntüsünün birlikte kullanımı ile, arazi örtüsünün, özellikle vejetasyonun tür bazında sınıflanması başarıyla gerçekleştirilebilir.

## 5.2. Genel Sınıflama Sonuçları ve Öneriler

Genel sınıflama sonuçlarına bakıldığında, MERIS verisinin, bulanık olarak sınıflanmasından elde edilen sonuçlar doğrudan her arazi sınıfı için yeterli sayıda eğitim piksellerinin varlığı ile ilişkilidir (çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Genel Bulanık Ve Belirgin Sınıflamaların Doğruluk Oranları

| <b>Sınıf \ Yöntem</b> | <b>DKM</b>  | <b>YSA (Bulanık)</b> | <b>YSA (Belirgin)</b> |
|-----------------------|-------------|----------------------|-----------------------|
| Açık Alan             | % 79        | % 78                 | % 70                  |
| Tarım Alanları        | % 64        | % 60                 | % 18                  |
| Orman Alanları        | % 80        | % 79                 | % 45                  |
| Su Yüzeyleri          | % 99        | % 100                | % 85                  |
| <b>GENEL</b>          | <b>% 82</b> | <b>% 81</b>          | <b>% 57</b>           |

Genel sınıflama sonuçlarına baktığımızda:

- I. YSA sınıflaması ve DKM sınıflamasının doğrulukları birbirlerine çok yakındır. Fakat, DKM karışım piksellerinin yoğun olmadığı ve yeterli miktarda saf pikselin bulunduğu durumlarda daha doğru sonuç vermiştir.
- II. Bulanık sınıflama yöntemleri belirgin sınıflamadan kesinlikle daha iyi sonuç vermektedir.
- III. Eğitim verilerinin yeterli olması ve doğru olarak seçilmesi halinde bulanık sınıflama yöntemleri iyi sonuç vermektedir.



### 5.3. Sonuçların Değerlendirilmesi ve Öneriler

- I. ENVISAT – MERIS verisiyle Aladağlar Bölgesi ve yakın çevresinin bulanık olarak sınıflanmasında, iğne yapraklı mesçere tiplerinin her birinden yeterli sayıda eğitim pikseli elde edilemediğinden dolayı, en ideal sınıflama genel arazi örtüsünü belirlemek için yapılan bulanık sınıflamadır.
- II. Bulanık sınıflama uygulamalarında her bir sınıftan yeterli sayıda eğitim pikseli bulunması halinde karmaşık yapıdaki arazi örtüsünün tanımlanmasında, YSA daha başarılı olabilir.
- III. Arazi örtüsünün fazla karışık olmadığı alanlarda (her sınıftan yeterli sayıda saf piksel elde edilmesi halinde) DKM yöntemiyle yapılan görüntü sınıflaması iyi sonuçlar vermektedir.
- IV. YSA yöntemi, DKM yöntemindeki gibi saf piksellerin tespit edilmesi gibi ek işlemler gerektirmemektedir. Eğitim piksellerini belirleyip doğrudan sonuca gitmek mümkündür.
- V. Bulanık sınıflamalarda arazi sınıfları, belirgin sınıflamalardaki gibi kesin ve net çizgilerle ayrılmamıştır (halen devam etmekte olan bazı alt piksel haritalama tekniklerinin geliştirilmesiyle bu sorunun aşılmasında önemli çalışmalar yapılmıştır). Ancak, sınıfların dağılımlarını oransal olarak tespit etmek mümkündür.
- VI. DKM ve YSA bulanık sınıflama teknikleri fazla miktarda karmaşıklık olan alanlarda beklenen sonucu veremeyebilir.
- VII. Uygun eğitim piksellerinin seçilmesi, çalışma alanına ve eldeki verilere uygun, doğru yaklaşımın uygulanması sonucunda DKM ve YSA tekniklerinin uygulanması çok iyi sonuçlar verebilir.
- VIII. ENVISAT – MERIS verisiyle Türkiye genelinde veya daha geniş global bir ölçekte, fazla detaya inilmeden arazi örtüsü (iğne yapraklı orman alanları, yapraklı ormanlar, çalılık alanlar, tarım alanları, açık alanlar, su yüzeyleri) çok daha az maliyetle ve kabul edilebilir bir doğrulukta DKM ve YSA gibi bulanık yöntemler kullanılarak rahatlıkla sınıflanabilir.

- IX. ENVISAT – MERIS gibi maliyeti düşük (görüntü başına € 10) orta veya düşük çözünürlükteki uydu görüntüleriyle, detaylı sınıflamalar ancak her arazi sınıfından yeterli sayıda, net bir şekilde tanımlayıcı piksel varsa mümkün olabilir.

## KAYNAKLAR

- ATKINSON, P.M., CUTHER, M.E.J. and LEWIS, H., 1997. Mapping Sub – Pixel Proportional Land Cover with AVHRR Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 18 (4): 917 – 935.
- ATKINSON, P.M. and TATNALL, A.R.L., 1997. Detecting Subpixel Woody Vegetation in Digital Imagery Using Two Artificial Intelligence Approaches. *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*, 63 (5): 493 – 500.
- APLIN, P. and ATKINSON, P.M., 2001. Sub – Pixel Cover Mapping for Per – Field Classification. *International Journal of Remote Sensing*, 22 (14): 2853 – 2858.
- AMICI, G., DELL’ACQUA, F., GAMBA, P. and PULINA, G., 2004. Comparison of Fuzzy and Neuro – Fuzzy Data Fusion for Flooded Area Mapping SAR Images. *International Journal of Remote Sensing*, 25 (20): 4425 – 4430.
- AKYILMAZ, O., 2005, Esnek Hesaplama Yöntemlerinin Jeodezide Uygulamaları. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ANONYMOUS., 2000. Orman Meşcere Haritası. Adana Orman Genel Müdürlüğü.
- ANONYMOUS., 2006. Çalışma Alanı Kuş Bakışı Görüntüsü. Google Earth.
- ANONYMOUS., 2006. İstanbul Teknik Üniversitesi Uydu ve Uzaktan Algılama Merkezi Web Sayfası. “[www.cscrs.itu.edu.tr](http://www.cscrs.itu.edu.tr)”.
- BASTIN, L., 1997. Comparison of Fuzzy c – means Classification, Linear Mixture Modeling and MLC Probabilities as Tool for Unmixing Coarse Pixels. *International Journal of Remote Sensing*, 18 (17): 3629 – 3648.
- BERBEROĞLU, S., 1999. Optimising the Remote Sensing of Mediterranean Land Cover. Phd. Thesis, University of Southampton School of Geography.
- BERBEROĞLU, S., 2001. Akdeniz kıyı peyzajının uzaktan algılama ile sınıflaması, *Türkiye Kıyıları 01*. Kıyı Alanları Yönetimi Türk Milli Komitesi, ODTÜ, Ankara.
- CRACKNELL, A.P., 1998. Synergy in Remote Sensing: What’s in A Pixel? *International Journal of Remote Sensing*, 19: 2025 – 2047.

- EMBASHI, M.R.M., 1998. Mapping Sub-Pixel Variation in Land Cover at the Global Scale Using NOAA AVHRR Imagery. PhD Thesis. Department of Geography, Faculty of Science, University of Southampton, England.
- EASTMAN, R. J., 2001. Idrisi32 Release 2 Guide to GIS and Image Processing Volume 2. Clark Labs. United States of America.
- FARIG, L. and MARIAM, G., 1985. Habitat Patch Connectivity and Population Survival. *Ecology*, 66: 1762 – 1768.
- FORMAN, R.T. and GODRON, M., 1986. *Landscape Ecology*. New York Willey.
- FORMAN, R.T.T., 1995. *Land Mosaics: The Ecology of Landscape and Regions*. Cambridge UK: Cambridge University Press.
- FOODY, G.M., 1996. Approaches for the Production and Evaluation of Fuzzy Land Cover Classifications From Remotely Sensed Data. *International Journal of Remote Sensing*, 17: 1317 – 1340.
- GOPAL, S., WOODCOCK, C.E. and STRAHLER, A.H., 1999. Fuzzy Neural Network Classification of Global Land Cover From A 1<sup>0</sup> AVHRR Data Set. *Remote Sensing of Environment*, 67: 230 – 243.
- KANELLOPOULOS, I. and WILKINSON, G.G., 1997. Strategies and Best Practise for Neural Network Image Classification. *International Journal of Remote Sensing*, 18 (4): 711 – 725.
- LUCAS, N.S., SHANMUGAM, S., BARNSELY, M., 2002. Subpixel Habitat Mapping of Coastal Dune Ecosystem. *Applied Geography*, 22: 253 – 270.
- LEE, S. and LATHROP., R.G., 2005. Sub – Pixel Estimation of Urban Land Cover Components with Linear Mixture Model Analysis ans Landsat Thematic Mapper Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 26 (22): 4885 – 4095.
- LIU, W., WU, E.Y., 2005. Comparison of Non – Linear Mixture Models: Sub – Pixel Classification. *Remote Sensing of Environment*, 94: 145 – 154.
- MC. CULLOGH, W.S. and PITTS, W., 1943. A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5: 115 – 133.

- MC. GARIGAL, K. and MARKS, B.J., 1995. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. US Department of Agriculture General Technical Report PNW – GTR – 351, Pacific Northwest Research Station.
- MATHER, P.M., 2004. Computer Processing of Remotely – Sensed Images: An Introduction, Third Edition. John Willey and Sons Ltd. ISBN: 0 – 470 84918 – 5.
- NEDELJKOVIC, I., 2002. Image Classification Based on Fuzzy Logic. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, 34: Part xxx.
- NEMOUR, H. and CHIBANI, Y., 2006. Fuzzy Neural Network Architecture for Change Detection in Remotely Sensed Imagery. International Journal of Remote Sensing, 27 (4): 705 – 717.
- ÖZKAN, C., 2001. Uydu Görüntü Verilerinin Yapay Sinir Ağları ile Sınıflandırılması. Doktora Tezi Ara Raporu, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Uzaktan Algılama Anabilim Dalı.
- RUMELHART, D. E., HINTON, G. E. AND WILLIAMS, R. J., 1986, Learning internal representations by error propagation. In *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*. Volume 1: Foundations, edited by D. E. Rumelhart and J. L. McClelland (Cambridge, Massachusetts: The MIT Press), pp. 318–362.
- ROSENBERG, D.K., NOON, B.R. and MESLOW, E.C., 1997. Biological Corridors: Form, Function and Efficacy. Bioscience, 47: 677 – 687.
- SCHUMAKER, N.H., 1996. Using Landscape Indices to Predict Habitat Connectivity. Ecology, 77: 1210 – 1225.
- SANTOSH, H., 2003. Modeling Land Cover Change: A Fuzzy Approach. Msc Thesis ITC, Nederland.
- SAĞIROĞLU, Ş., 2006, Yapay Sinir Ağları ve Mühendislik Uygulamaları. Seminer Notları, Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü.
- ŞEN, Z., 2001. Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri. Bilge Yayıncılık, İstanbul.

- TURNER, M.G., 1989. Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. Annual Review of Ecology and Systematics, 20: 171 – 197.
- WILCOX, B.A. and MURPHY, D.D., 1985. Conservation Strategy: The Effects of Fragmentation on Extinction. American Naturalist. 125: 879 – 887.
- WANG, F., 1990. Fuzzy Supervised Classification of Remote Sensing Images. IEEE, Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 28 (2): 194 – 201.
- YILMAZ, M., ARSLAN, E., 2005. Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İTÜ, İstanbul.
- ZHU, H., 2005. Linear Spectral Unmixing Assisted by Probability Guided and Minimum Residual Exhaustive Search for Sub – Pixel Classification. International Journal of Remote Sensing, 26: 5585 – 5601.

## ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Ankara’da doğdum. İlkokul eğitimimi Sarıkamış, orta okul ve lise eğitimlerimi Balıkesir’de tamamladım. 1999 yılında Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümünü kazandım ve 2003 yılında mezun oldum. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimime başladım. Bir yıl İngilizce hazırlık süreci ve sonraki yılda ders aşamasını tamamladım. 2005 yılında Tezim ile ilgili araştırmalarımı yapmak ve uzaktan algılama konularında yeni teknikler öğrenmek amacıyla, Avrupa Birliği Leonardo Da Vinci mesleki eğitim bursuyla 9 ay İngiltere’nin Southampton Üniversitesi Coğrafya Bölümünde eğitim aldım. 2005 yılı içerisinde Yüzüncü Yıl Üniversitesi’nin Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü’ne araştırma görevlisi olarak kabul edildim. Halen aynı görevime devam etmekteyim.