

UZAKTAN ALGILAMA GÖRÜNTÜLERİNİN SINIFLANDIRILMASI İŞLEMİNDE YARDIMCI VERİLERİN KULLANILMASI TEKNİKLERİ

Mustafa TÜRKER

ÖZET

Uzaktan Algılama (UA) görüntüleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) verilerinin önemli bir bölümünü teşkil eder. Çok bantlı (multispektral) görüntü sınıflandırması, uzaktan algılama görüntülerinden bilgi elde etmek için en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Uzaktan algılama verilerinin analizi çoğunlukla spektral değerlere dayalı olarak yapılır. Arazi örtüsü türleri benzer spektral özellikler gösterdiğinden, spektral teknikler çoğu kez sınırlı güvenilirlikte sonuçlar verir. Uydu görüntülerinden elde edilen bilginin güvenilirliği, yardımcı verilerin sınıflandırma işlemine katılımı ile artırılabilir.

ABSTRACT

Remote Sensing (RS) images constitute an important part of data input to Geographic Information Systems (GIS). Multispectral classification is one of the most widely used methods of information extraction from remotely sensed images. Most machine analysis of remotely sensed data operate based solely on spectral observation. Because of similar spectral properties of land cover types, spectral techniques often yield results with limited reliability. The reliability of information extraction from remotely sensed images can be improved by utilizing ancillary data in the classification process.

1. GİRİŞ

Çok bantlı görüntü sınıflandırması, UA görüntülerinden tematik bilgi elde etmek için en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Görüntü sınıflandırması, arazi örtüsü türleri (örneğin; su, tahıl, orman, çimen vs.) spektral yansımaya değerlerinin, bir spektral desen tanımlama teorisi ile analiz edilerek görüntünün benzer spektral sınıflara ayrılmasıdır. Diğer bir deyişle, sınıflandırma işlemi; bir görüntüyü oluşturan piksellerin niteliklerini belirlemektir.

Sınıflandırma sonuçları, arazi örtüsü türlerinin spektral yansımaya değerlerindeki benzerliklerden ve karışık pikseller (mixed pixels) den etkilenirler. Karışık pikseller iki veya daha fazla arazi örtüsü türünün sınırında mevcut olup bu piksellerin spektral yansımaya değerleri değişik türdeki arazi örtülerinin yansımaya değerlerinin karışımıdır. Görüntü sınıflandırması genellikle yalnızca piksellerin spektral yansımaya değerleri ile yapılır. Görsel analiz ve yorumlama faktörleri olan büyüklük, şekil, doku, desen ve çevresel coğrafi ilişkilerin sınıflandırma işlemine dahil edilmesi oldukça zordur. Bu nedenle, spektral sınıflandırma teknikleri çoğu kez tatmin edici sonuçlar vermez. Çözüm, sınıflandırma işlemine ek veriler ile desteklemek olabilir. Uzaktan algılama görüntüsünün kendisi dışındaki verilere “yardımcı veriler” (ancillary data) adı verilir. Yardımcı veriler, değişik türde grafik ve öznitelik bilgiler (örneğin; yükseklik, eğim, bakı, jeoloji, toprak, hidroloji, ulaşım ağı, politik sınırlar, bitki örtüsü haritaları vb.) olup uzaktan algılama görüntülerinin sınıflandırılması işlemi için önem arz ederler.

Başlangıçta, yardımcı verilerin (genellikle grafik altlıklar) kullanım alanı, yer kontrol noktalarının seçimi, görüntü rektifikasyonu ve yorumlaması, sınıflandırma eğitim alanlarının belirlenmesi ve sınıflandırma sonuçlarının değerlendirilmesi ile sınırlıydı. Daha gelişmiş tekniklerde ise yardımcı veriler, spektral bazlı sınıflandırma öncesinde, esnasında ve sonrasında uzaktan algılama görüntüsünü desteklemek için kullanılır. Yardımcı verilerin sınıflandırma işlemine bu şekilde katılımı; sırası ile tabakalama (stratification), sınıflandırma düzeltmesi (classifier modification) ve sınıflandırma sonrası iyileştirme (postclassifier sorting) olarak tanımlanmaktadır /15/.

Bir görüntünün, sınıflandırma öncesinde, coğrafi bölgelere göre tabakalanmasındaki amaç, sınıflandırılması yapılacak bölgelerin homojenliğini sağlamaktır. Her bölge daha sonra birbirinden bağımsız olarak sınıflandırılır ve sonuçlar birleştirilir. Örneğin; bir coğrafi bölge belli yükselti aralıkları ile tabakalanır, sınıflandırma her yükselti aralığı için bağımsız olarak yapıldıktan sonra sınıflandırılmış çıktılar birleştirilir ve böylece bölgenin sınıflandırılmış görüntüsü elde edilir. Tabakalama için seçilen ölçüt, sınıflandırılacak arazi örtüsü türlerindeki değişimin azaltılmasında önem arz eder /15/. Örneğin; bitki örtüsü sınıflandırması çalışmalarında yükseltiyle tabakalanmış bir alan, tabaka içi değişimi azaltılabilir /15/. Görüntü tabakalamanın iki avantajı vardır: (i) görüntü analizinin her aşamasında küçük veriler ile işlem yapılır ki bu büyük çalışma alanları için önemlidir; (ii) tabaka içi spektral değişim azalır ve her tabaka bağımsız değerlendirilerek sınıflar arasındaki olası spektral yanılgılardan kaçınılabilir.

Yardımcı verilerin sınıflandırma işlemi esnasındaki katılımında iki farklı yöntem vardır. Birinci yöntemde, yardımcı veriler mevcut spektral bantlara ek bant olarak ilave edilir. Yardımcı verilerin bu şekilde kullanımına “mantıksal kanal yöntemi” (logical channel approach) denir /22/. İkinci yöntemde, En Büyük Olasılık karar kuralı (Maximum Likelihood decision rule) yardımcı verilerden çıkarılmış öncül olasılıklar ile iyileştirilir /22/, /23/. İkinci yöntemde kullanılan öncül olasılıklar arazi örtüsü sınıflarının alansal tahminlerine göre veya sınıflar arasındaki ilişkilere dayalı olarak belirlenebilir. İkinci yöntemde belirtildiği şekilde yardımcı verilerin sınıflandırma işlemine katılımı, çalışma bölgesi hakkında detaylı bilgi sahibi olunmasını gerektirir.

Sınıflandırma sonrasında yardımcı veriler, spektral yanılgıları yoketmek amacı ile kullanılır. Sınıflandırılmış bir görüntünün problemlili pikselleri, yardımcı verilerin desteği ile oluşturulan karar kurallarına dayalı olarak uygun sınıflara ayrılabilir. Hutchinson /15/ tarafından yapılan bir çalışmada sayısal arazi modelinden elde edilen eğim verileri yardımcı ile kuru göl yatağı ve parlak kum tepelikleri arasındaki spektral benzerlik sonucu yanlış sınıflandırılan piksellerdeki yanılgılar giderilmiştir.

Yardımcı verilerin kullanıldığı yukarıdaki teknikler, yalnız spektral yansıma değerlerine dayalı kararlardaki hataları gidermekte ve görüntü sınıflandırması doğruluğunu arttırmaktadır. Fakat, sınıflandırmanın doğruluğundaki potansiyel artışa karşın, kullanılan Sayısal Görüntü Analizi Sistemleri (SGAS)’nin raster bazlı olmasından doğan zorluklar vardır.

Bu zorluklardan biri veri yapılarındaki (raster/vektör) farklılıktan kaynaklanmaktadır. Uzaktan algılama görüntülerinin sınıflandırılması işlemine katılan yardımcı bilgiler genellikle harita bazlı (örneğin; bitki örtüsü ve toprak haritaları, topoğrafik haritalar, jeolojik haritalar vb.) olup bu bilgiler CBS’nde çoğunlukla vektör formda depolanmıştır. Buna karşın, uzaktan

algılama görüntüleri raster formdadır. Veri yapılarındaki bu farklılık, yardımcı bilgilerin görüntü sınıflandırması işlemine direk katılımını kısıtlamaktadır. SGAS görüntü analizlerini raster formda gerçekleştirecek şekilde dizayn edilmiştir. Bu demektir ki, görüntü sınıflandırmasında kullanabilmek için yardımcı verileri önce raster forma dönüştürmek gerekir. Vektör formdaki bir verinin raster forma dönüştürülmesinde teknik olarak bir problem yoktur. Fakat, veri yapılarında değişiklik yapılması ve verilerin sistemler arasındaki sık transferi işlemleri yavaşlatır.

Diğer bir zorluk ise vektör formdaki poligon verilerin içermiş olduğu çoklu-öznitelik bilgilerden kaynaklanmaktadır. Vektör poligonlar genellikle poligonların değişik karakterini ihtiva eden çoklu-öznitelik bilgiler ile ilişkilendirilir. Bu durumda, her poligona tek ve uygun bir öznitelik verilmesi amacı ile vektör verilerin öncelikle işlenmesi gerekir. Sözel veriler veri tabanında depolanır ve bu veriler üzerindeki işlemler bir Veri Tabanı İşletim Sistemi-VTİS (Database Management System-DBMS) ile gerçekleştirilir. SGAS genellikle bir VTİS’ni desteklemez. Bu yüzden, vektör poligonların işlenmesi bir CBS’nde yapılmalı ve işlenen veriler de görüntü analizlerini desteklemek için bir SGAS’ne aktarılmalıdır.

Böylece daha iyi bir teknik; raster görüntü, vektör grafik ve öznitelik verilerin birbiriyle entegre edilmesi, ve analizlerin de entegre analizlere olanak sağlayan bir sistemde gerçekleştirilmesi ile oluşturulabilir.

2. UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ’NİN ENTEGRASYONU

CBS ve UA teknolojilerindeki ilk gelişmeler birbirlerinden bağımsız olmuştur. UA, haritaların, istatistiksel grafiklerin, özet tabloların ve raporların sonuç ürünleri olarak elde edilmesinde kullanılırken, CBS aktivitelerinin çoğu hava fotoğraflarının değerlendirilmesi ve mevcut grafik altlıkların sayısallaştırılması yolu ile sayısal veri elde edilmesine yönelmiştir /9/. CBS’nde depolanmış mevcut bilgiler artık güncel hale getirilmeli ve yeni ek bilgiler ile genişletilmelidir. Uçak ve uydular tarafından alınan yapılan çeşitli görüntüler bu amaçlar için önemli bir veri kaynağıdır. Diğer taraftan, CBS’nde depolanmış büyük miktardaki bilgiler UA görüntülerinin işlenmesi ve analizlerinde kullanılabilir. Şu söylenebilir ki, bu iki teknolojinin birbirlerini bütünleyen nitelikleri vardır.

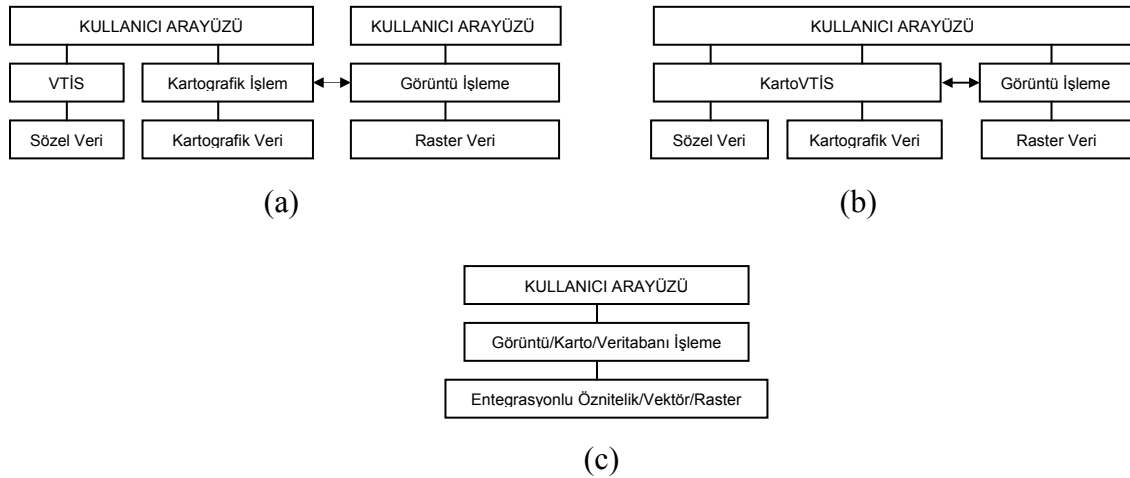
UA teknolojisi kendi başına bağımsız bir şekilde düşünülmemelidir. Sınıflandırılmış görüntülerin bilgisayar ekranında ve/veya tematik harita olarak gösterimi ve bunlar üzerinde yapılan görsel analizler sınırlıdır. Ham veya işlenmiş görüntüler entegrasyonlu veri analizlerini (integrated data analysis) desteklemek amacı ile CBS’nde diğer veriler ile entegre edilmelidirler. Bunun yararları anlaşılmış ve geçen yıllarda raster görüntü ve vektör grafik verilerin entegrasyonunu sağlayan birçok CBS geliştirilmiştir. Parker /20/ tarafından yapılan bir araştırmaya göre CBS’nin yarıya yakın bir kısmı hem raster ve hem de vektör veri yapısını desteklemektedir. Hem raster ve hem de vektör verilerin işlenmesine olanak sağlayan bir CBS genellikle “Entegrasyonlu Coğrafi Bilgi Sistemi (ECBS)” (Integrated Geographic Information System-IGIS) olarak adlandırılır /10/, /8/. Uzaktan Algılama verisinin CBS’ni destekleyebilmesi veya entegre edebilmesi için söz konusu CBS’ni oluşturan coğrafi veri tabanının ölçeği büyük önem taşır. Örneğin 1:5,000 ölçeğindeki bir coğrafi veri tabanının dayandığı CBS’ni bugünkü uydu görüntüleri ile desteklemek geometrik doğruluk anlayışını zedeler.

UA ve CBS arasındaki entegrasyon üç derecede gözlenebilir /11/. Eğer UA ve CBS için ayrı bilgisayarlar ve yazılımlar kullanılıyor ise, bu birinci derece entegrasyondur (Şekil 1a). Birinci derece entegrasyon, verilerin farklı iki yazılım arasındaki transferi ile gerçekleşir. Raster ve vektör veriler farklı yazılım sistemlerinde işlenir ve sonuçlar ekranda simültane (eş zamanlı) olarak gösterilir. Görüntü, vektör veri arkasında pasif rol oynar.

İkinci derece entegrasyon, aynı bilgisayara yüklenen ve farklı iki yazılım olan SGAS ile CBS yazılımlarının fonksiyonlarına simültane erişim olanağı sağlayan müşterek bir kullanıcı arayüzü altında gerçekleşir (Şekil 1b). Her iki yazılımın da analitik ve işletim unsurları işlemlerin herhangi bir aşamasında kullanılabilir. Fakat, hala ayrı iki yazılım bulunmakta ve de işlemler her birinde bağımsız olarak gerçekleştirilmektedir. Bu da farklı iki veri dosyasının düzenlenmesi ve muhafaza edilmesini gerektirir.

İkinci derece entegrasyonunun değişik versiyonları mevcuttur. Versiyonlardan biri, entegrasyonu iki farklı şirketin yazılımları üzerinde geliştirilmiş müşterek bir kullanıcı arayüzü ile sağlar /21/, /12/. Başka bir versiyonda ise entegrasyon raster ve vektör veri yapılarına simültane ulaşım sağlayan tek bir yazılım ile gerçekleştirilir /9/. İkinci versiyonun avantajı iki ayrı sistemdeki aynı işlevi gören benzer fonksiyonların elemine edilmiş olmasıdır.

UA ve CBS arasındaki en gelişmiş üçüncü derece entegrasyon, raster ve vektör verilerin bütünleşmiş tek bir veri modeli anlamındadır (Şekil 1c). Üçüncü derece entegrasyon “tam entegrasyon” (total integration) olarak da tanımlanır /11/. Üçüncü derece entegrasyon karmaşık bir yazılım tasarımı gerektirir. Çünkü bu derecedeki bir entegrasyon farklı iki yazılım paketinin toplam fonksiyonlarından daha geniş fonksiyonlar sağlamak zorundadır. Entegrasyon en alt işlem seviyesinde tutulur. Zaman sarfedici işlemler olup veri kalitesini de etkileyen raster ve vektör veriler arasındaki dönüşümlerin analizi tarafından yapılması ihtiyacı ortadan kalkar /5/. Böyle bir sistemde verilerin yapılarının bilinmesine gerek olmayıp hangi formatta ne tür işlemlerin gerçekleştirileceğine sistemin kendisi karar verir. Ancak, üçüncü derece entegrasyonu sağlayan bir yazılımın bulunmadığı belirtilmiştir /13/.



Şekil 1: (a) Birinci derece entegrasyon, CBS ve SGAS arasındaki veri transferi ile gerçekleştirilir. (b) İkinci derece entegrasyon, CBS ve SGAS fonksiyonlarına simültane

erişim sağlayan bir kullanıcı arayüzü ile gerçekleştirilir. (c) Üçüncü derece entegrasyon, kombine işlemleri (combined processing) sağlayan tek bir yazılım ile gerçekleştirilir (/11/'den alınmıştır).

3. YARDIMCI VERİLERİN CBS/UA ENTEGRASYONU ORTAMINDA SINIFLANDIRMA İŞLEMİNE KATILIMI

Yardımcı veriler, CBS/UA entegrasyonu ortamında görüntü analizlerini yönlendirmek ve iyileştirmek için kullanılırlar. CBS sözel veriler ve topolojik bilgiler bakımından zengindir. Veri tabanlarında depolanmış sözel bilgiler üzerindeki sorgulamalar, SGAS'nin birçoğu tarafından sağlanmayan bir VTİS ile yapılır. CBS'nde depolanmış yardımcı veriler bir bilgi tabanı (knowledge base) vazifesi görür. Ne tür yardımcı bilgilerin, nasıl ve sınıflandırmanın hangi aşamasında kullanılacağı, sistemin entegrasyonlu veri analizi kapasitesine ve özel uygulamalara bağlıdır. Bölüm 1'de açıklanan tekniklerde olduğu gibi, CBS'nde depolanmış yardımcı veriler sınıflandırma öncesinde, esnasında, sonrasında veya bunların kombinasyonlarında kullanılabilir.

a. Sınıflandırma Öncesinde

CBS'nde depolanmış yardımcı veriler sınıflandırma öncesinde birkaç amaç için kullanılabilir. Bunlardan birtanesi görüntünün tabakalanmasıdır. Tabakalama işlemi, veri tabanında depolanmış öznitelik bilgileri yardımcı ile daha hızlı ve kolay olur. Veri tabanı, kullanıcı tarafından oluşturulan kriterlere uygun tabakaları (strata) belirlemek için sorgulanır. CBS'nde depolanmış büyük miktardaki yardımcı bilgiler, tabakalama işleminin gerçekleştirilmesi için gerekli olan karmaşık karar kurallarının oluşturulmasına olanak sağlar.

Görüntü bölme (image segmentation), yardımcı bilgilerin sınıflandırma öncesi kullanımındaki diğer bir potansiyeldir. Görüntü bölmedeki amaçlardan biri sayısal harita verilerini kullanarak görüntü içersinde ilgi duyulan bölgeyi belirlemek ve sınıflandırmayı yalnız o bölge içinde gerçekleştirmektir. Örneğin, bir orman haritası ile görüntünün ormanlık bölgeleri dışını maskelemek sureti ile o bölgeleri işlem dışı tutmak mümkündür. Görüntü bölmedeki diğer bir amaç sınıflandırmanın doğruluğunu arttırmaktır. Görüntüyü homojen alanlara bölüp sınıflandırmayı bu alanlar içinde birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirmek sınıflandırmanın doğruluk derecesini artırır /3/, /25/.

Yardımcı bilgilerin sınıflandırma öncesinde diğer bir kullanımı ise eğitim alanı örneklerinin seçilmesindedir. Sayısal haritalar, obje sınırları ve görüntüyü sadece görsel yorumlayarak belirlenmesi mümkün olmayan objeler hakkında bilgi sağlar. Uzaktan algılama görüntüsü ile karşılaştırılmış obje sınırları ve bu objeler ile ilişkilendirilmiş öznitelik bilgileri eğitim alanı örneklerinin seçilmesinde, özellikle deneyimsiz kullanıcılar için, mükemmel bir öncüdür.

Yardımcı verilerin sınıflandırma öncesi kullanımı ile ilgili Wooding /25/, Janssen vd. /17/, Belaid vd. /3/, Mason vd. /19/ ve Ban ve Howarth /1/ tarafından yapılmış çalışmalarda uydu görüntüsü sayısal arazi sınırları ile alt bölgelere bölünmüştür. Daha sonra, her alt bölge görüntü sınıflandırmasında ayrı üniteler olarak işlenmiş ve dolayısı ile sınıflandırma doğruluğunda çeşitli yüzde oranlarında artışlar elde edilmiştir. Goodenough /14/, benzer bir şekilde mevcut orman haritalarını SPOT uydu görüntüsü ile karşılaştırmış ve ormanlık alanları maskelemek sureti ile görüntü analizlerini yalnız ormanlık alanlar üzerinde yapmıştır.

b. Sınıflandırma Esnasında

CBS’nde depolanmış yardımcı veriler, sınıflandırma esnasında görüntü istatistiklerini destekleyecek bir bilgi tabanı vazifesi görür. Öncül olasılıklar, CBS’nde depolanmış yardımcı veriler vasıtası ile daha etkili olarak belirlenebilir. Örneğin; eğer öncül olasılıklar arazi örtüsü sınıflarının alanlarına bağlı olarak belirlenecek ise, alansal değerler veri tabanı üzerindeki bir sorgulama ile elde edilir ve bu alanlar ile öncül olasılıklar hesaplanabilir. Vektör formdaki yardımcı verilerin görüntü sınıflandırması esnasında ek bantlar olarak sınıflandırma işlemine katılabilmesi için raster forma dönüştürülmesi gerekmektedir. Veri dönüşümü, CBS/UA entegrasyonunu sağlayan bir sistemde çok daha hızlı ve kolay gerçekleştirilir. Dolayısı ile raster forma dönüştürülmüş veriler, sınıflandırma işlemi esnasında daha etkili bir şekilde kullanılmış olur.

Janssen ve Middelkoop /16/ tarafından yapılan çalışmada tarımsal ürünlerin sınıflandırma doğruluğunun arttırılabilmesi için bir bilgi tabanlı görüntü sınıflandırma (knowledge based image classification) tekniği dizayn edilmiştir. Yardımcı veriler olarak, CBS’nde depolanmış önceki yıllara ait ürün verileri kullanılmıştır. Ürün ekimi sırasından (crop rotation scheme) elde edilen ekim sırası bilgileri ile Bayesian sınıflandırma algoritması uyarlanmıştır. Sınıflandırma doğruluğunda, En Büyük Olasılık sınıflandırması sonuçlarına göre %20 ye varan oranlarda artış olduğu belirtilmiştir. Benzer bir çalışma Bedard vd. /2/ tarafından da yapılmıştır. Ürün ekimi sırası bilgileri SAR görüntüsünün bilgi tabanı destekli sınıflandırmasına katılmış ve dolayısı ile %10 civarında daha iyi bir sonuç elde edilmiştir. Kam /18/, mevcut arazi örtüsü bilgilerini kullanarak konut alanlarının daha hassas sınıflandırmasını gerçekleştirebilmek için önce vektör tabanlı bir CBS, raster tabanlı bir CBS ve bir de İlişkisel Veri Tabanı İşletim Sistemi (Relational Database Management System-RDBMS)’ ni birbirleri ile entegre etmiştir. Daha sonra, görüntü sınıflandırması esnasında CBS’nde depolanmış mevcut arazi örtüsü bilgileri yardımcı ile öncül olasılıkları değiştirmek sureti ile sınıflandırma doğruluğunda önemli bir oranda artış elde etmiştir.

c. Sınıflandırma Sonrasında

CBS’nde depolanmış yardımcı bilgilerin sınıflandırma sonrası kullanım alanlarından biri, Bölüm 1’de olduğu gibi, spektral yanımlar sonucu yanlış sınıflandırılmış piksellerdeki hataları gidermektir. Fakat, vektör veri, raster görüntü ve öznitelik bilgilerin entegrasyonlu analiz ortamı, sınıflandırma sonrası düzeltmelerin getirilmesinde daha karmaşık kuralların oluşturulmasına olanak verir.

Diğer bir kullanım alanı, kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşan spektral sınıfların nitelendirilmeleridir. Nitelendirme işlemi, sınıflandırılmış görüntünün değişik formdaki referans veriler (örneğin; haritalar, hava fotoğrafları, büyük ölçekli uydu görüntüleri, yer gerçekleri vb.) ile karşılaştırılmasıyla yapılır. Genellikle, spektral sınıf sayısı arttıkça sınıfların nitelendirilmesi işlemi de zorlaşır. Fakat, CBS/UA entegrasyonu tarafından sağlanan raster ve vektör verilerin çakıştırılmış görüntüsü, spektral sınıfların nitelendirilmesi işleminde büyük bir avantajdır. Şöyle ki, önce içinde homojen spektral grup olan bir vektör poligon ekran üzerinden belirlenir. Sonra, spektral grup ile poligon arasında mantıksal bir ilişki oluşturmak için veri tabanında o poligonun öznitelik bilgileri incelenir. Mantıksal bir ilişki kurulduktan sonra da sözkonusu spektral grup nitelendirilir.

Sınıflandırılmış görüntüler ile CBS veri tabanlarının güncelleştirilmesi diğer bir potansiyel kullanım alanıdır. Örneğin; tarımsal bir alanın sınıflandırılmış görüntüsü ile tarla sınırlarını gösteren vektör poligonlar çakıştırılıp her poligonun tematik kodu o poligon içine düşen sınıflandırılmış piksellerden bulunur ve bu kodlar bir veri tabanında yeni öznitelik bilgileri olarak depolanabilir /4/. Böylece, veri tabanı üzerindeki her türlü sorgulama yeni öznitelik bilgileri üzerinde de yapılabilir.

Yapılan çalışmalara örnek olarak, 1:100,000 ölçekli sayısal haritalarda belirlenen vektör formdaki sulu arazi kategorileri ile sınıflandırılmış Landsat Thematic Mapper (TM) görüntüsünü çakıştırıp, bu iki veri arasında uyumluluk ve uyumsuzluk alanları oluşturulması ve mevcut grafik verinin güncelleştirilmesi verilebilir /7/. Yapılan diğer bir çalışmada, topoğrafik veriler, su bölümü çizgisi verileri ve Landsat MSS görüntüsü, Olympic National Park, Washington'un ormanlık bir bölgesinin arazi örtüsü sınıflandırmasının iyileştirilmesi amacı ile entegre edilmiştir /6/. Görüntü önce En Büyük Olasılık sınıflandırma tekniği ile 29 sınıfa ayrılmış, sınıfların spektral yansıma değerleri arasında benzerlikler olmasından dolayı bu sınıflar 9 ana sınıfa toplanmıştır. Daha sonra, 9 ana sınıf, CBS'nde depolanmış topoğrafik ve klimatolojik parametreler kullanılarak 21 arazi örtüsü türüne tasfiye edilmiştir. White vd. /24/ tarafından yapılan benzer bir çalışmada, Landsat TM görüntüsü kontrolsüz sınıflandırma tekniği ile sınıflandırılmış, oluşan sınıflar, yükseklik, eğim, bakı ve su kaynağına yakınlık parametreleri kullanılarak geliştirilen bir CBS modeli ile iyileştirilmiştir.

4. SONUÇLAR

Çok bantlı görüntü sınıflandırması uzaktan algılama görüntülerinden bilgi elde etmek için en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Fakat, sınıflandırma işlemi sadece piksellerin spektral yansıma değerleri ile yapıldığında sınıflandırmanın doğruluğu çoğu kez düşük olmaktadır. Sınıflandırma doğruluğunun artırılabilmesi için geliştirilen analiz tekniklerinin başında sınıflandırmanın mevcut yardımcı veriler ile desteklenmesi gelmektedir. Çeşitli araştırmacıların ilgili konudaki çalışmaları, yardımcı veri desteği ile yapılan sınıflandırmanın doğruluğunda belirgin bir artış olduğunu göstermiştir.

Yardımcı verilerin görüntü sınıflandırması işleminde etkin bir şekilde kullanılabilmesi ancak raster, vektör ve öznitelik bilgilerin entegrasyonlu analizlerine olanak sağlayan bir sistem ile mümkündür. UA ve CBS arasındaki entegrasyon veri tabanı düzeyinde olmalıdır. Böylece, CBS tarafından sağlanan topolojik ve öznitelik bilgiler görüntü analizlerinde daha etkin bir şekilde kullanılır. Görüntü tabakalama ve bölme, eğitim alanı örneklerinin seçimi, geometrik düzeltme, sınıflandırma esnasında katılım, vektör poligonlar içinde görüntü istatistiklerinin belirlenmesi, CBS veri tabanlarının güncelleştirilmesi ve sınıflandırma doğruluğunun tayini, yardımcı verilerin sınıflandırma işleminde yaygın kullanım alanlarıdır.

Uzaktan algılama ve CBS arasındaki ilişki iki yönlüdür. Bir taraftan UA görüntüleri CBS verilerinin önemli bir bölümünü teşkil ederken diğer taraftan CBS'nde depolanmış mevcut veriler görüntü analizlerini desteklemek için bilgi tabanı vazifesi görürler. UA ve CBS'ndeki son gelişmeler bu iki teknolojinin birbirini bütünleyen teknolojiler olduğunu göstermiştir. Çağımız, görüntü çağıdır. Değişik uydular tarafından alımı yapılan çeşitli nitelikteki uydu görüntüleri her geçen gün hızlı bir şekilde artmaktadır. Bunun paralelinde bu verilerin entegrasyonlu analizlerine yönelik yeni tekniklerin geliştirilmesi ihtiyacı kaçınılmazdır.

KAYNAKLAR

- /1/ Ban, Y. : Integration of ERS-1 SAR and Landsat TM Data for Agricultural Crop Classification, Proceedings for the 26th International Symposium on Remote Sensing of Environment, the 18th Symposium of the Canadian Remote Sensing Society: Information Tools for Sustainable Development, Vancouver, B.C., Canada, s. 546-549, 25-29 Mart 1996.
- /2/ Bedard, D. : Investigating Crop Rotation Knowledge to Improve Agricultural SAR Classifications, Fifteenth Canadian Symposium on Remote Sensing, Toronto, Ontario, Canada, s. 239-244, 1992.
Brown, R.
Naunheimer, J.
Brisco, B.
Huang, S.
- /3/ Belaid, M.A. : Post Segmentation Classification of Images Containing Small Agricultural Fields, Geocarto International, Cilt:3, s. 53-60, 1992.
Edwards, G.
Jaton, A.
Thomson, K.P.B.
Beaulieu, J.-M.
- /4/ Brown, R.J. : GIS Use in Analysis of Remotely Sensed Imagery, Proceedings, National Conference, Challenge for the 1990s GIS, Ottawa, Ontario, s. 134-140, 1989.
Manore, M.J.
- /5/ Burrough, P. : Geographical Information System Techniques for Linking Remote Sensing Images with Other Spatial Data, Land Observation by Remote Sensing: Theory and Applications, Ed. Buiten, H.J. ve Jan G.P.W. Clevers, s. 323-336, 1993.
- /6/ Cibula, W. : Use of Topographic and Climatological Models in a Geographical Data Base to Improve Landsat MSS Classification for Olympic National Park, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Cilt: 53, Sayı:1, s. 67-75, 1987.
Nyquist, M.O.
- /7/ Cowen, D.J. : The Integration of Thematic Mapper and Digital Line Graphs for Timber Stand Assessment, Proceedings, Third International Symposium on Spatial Data Handling, Sydney, Australia, s. 39-55, 17-19 Ağustos 1988.
Jensen, J.R.
Smith, W.
Shirley, W.L.
Fischer, M.
- /8/ Davis, F.W. : GIS and Remote Sensing, Geographic Information Systems-Principles and Applications, Bölüm 14, Cilt: 1, Ed. D.J. Maguire, M. Goodchild ve D.W. Rhind, U.K., s. 191-213, 1991.
Simonett, D.S.

- /9/ Derenyi, E.E. : Design and Development of Heterogeneous GIS, CISM Journal, ACSGS, Cilt: 45, Sayı: 4, s. 561-567, 1991.
- /10/ Dobson, J.E. : Commentary: A Conceptual Framework for Integrating Remote Sensing, GIS and Geography, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Cilt: 59, Sayı:10, s. 1491-1496, 1993.
- /11/ Ehlers, M.
Edwards, G.
Bedard, Y. : Integration of Remote Sensing with Geographic Information Systems: A Necessary Evolution, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Cilt: 55, Sayı:11, s. 1619-1627, 1989.
- /12/ Gernazian, A.
Sperry, S. : The Integration of Remote Sensing and GIS, Advanced Imaging, Cilt:3, s. 30-, 1989.
- /13/ Glenn, D.
Compton, B.
Crosbie, P. : Dynamic Integration of Spatially Referenced Data Independent of Data Source Format, Proceedings, 7th Annual Symposium on Geographic Information Systems in Forestry, Environmental and Natural Resources Management, Vancouver, British Columbia, Cilt: 2, s. 1065-1071, Şubat 1993.
- /14/ Goodenough, D.G. : Thematic Mapper and SPOT Integration with a Geographic Information Systems, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Cilt: 54, Sayı: 2, s. 167-176, 1988.
- /15/ Hutchinson, C.F. : Techniques for Combining Landsat and Ancillary Data for Digital Classification Improvement, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Cilt: 48, Sayı:1, s. 123-130, 1982.
- /16/ Janssen, L.L.F.
Middelkoop, H. : Knowledge-Based Crop Classification of a Landsat Thematic Mapper Image, International Journal of Remote Sensing, Cilt: 13, Sayı: 15, s. 2827-2837, 1992.
- /17/ Janssen, L.L.F.
Jaarsma, M.N.
van der Linden, E.T.M. : Integrating Topographic Data with Remote Sensing for Land-Cover Classification, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Cilt: 56, Sayı: 11, s. 1503-1506, 1990.
- /18/ Kam, T,-S. : Integrating GIS and Remote Sensing Techniques for Urban Land-Cover and Land-Use Analysis, Geocarto International, Cilt:10, Sayı:1, s. 39-49, 1995.

- /19/ Mason, D.C. : The Use of Digital Map Data in the Segmentation and
 Corr, D.G. Classification of Remotely-Sensed Images, International
 Cross, A. Journal of Geographical Information Systems, Cilt: 2,
 Hogg, D.C. Sayı: 3, s. 195-215, 1988.
 Lawrences, D.H.
 Petrou, M.
 Tailor, A.M.
- /20/ Parker, H.D. : GIS Software 1989: A Survey and Commentary,
 Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Cilt:
 55, Sayı: 11, s. 1589-1591, 1989.
- /21/ Sittard, M. : New Delopments in ARC/INFO and Integration of
 ERDAS and ARC/INFO, Geo-Informations-Systeme,
 Cilt: 1, s. 21-27, 1990.
- /22/ Strahler, A.H. : Improving Forest Cover Classification Accuracy from
 Logan, T.L. Landsat by Incorporating Topographic Information,
 Bryant, N.A. Proceedings of the Twelfth International Symposium on
 Remote Sensing of the Environment, s. 927-942, 1978.
- /23/ Strahler, A.H. : Incorporating Collateral Data in Landsat Classification and
 Estes, J.E. Modeling Procedures, Proceedings of the Fourteenth
 Maynard, P.F. International Symposium on Remote Sensing of the
 Mertz, F.C. Environment, San Jose, Costa Rica, s. 1009-1026, 1980.
 Stow, D.A.
- /24/ White, J.D. : Forest Mapping at Lassen Volcanic National Park,
 Kroh, G.C. California, Using Landsat TM Data and a Geographic
 Pinder III, J.E. Information Systems, Photogrammetric Engineering and
 Remote Sensing, Cilt: 61, Sayı: 3, s. 299-305, 1995.
- /25/ Wooding, M.G. : SAR Image Segmentation Using Digitized Field
 Boundaries for Crop Mapping and Monitoring
 Applications, Proceedings, EARSEL Workshop
 'Microwave Remote Sensing Applied to Vegetation',
 Amsterdam, s. 93-98, 10-12 Aralık 1984.