

TARIM PARSELLERİ İÇİNDEKİ FARKLI ÜRÜNLER ARASINDAKİ SINIRLARIN UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN OTOMATİK OLARAK BELİRLENMESİ

Emre Hamit KÖK^a ve Mustafa TÜRKER^b

^a Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri, ODTÜ, 06531-Ankara, Türkiye - (emrehkok@gmail.com)

^b Hacettepe Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 06800-Beytepe, Ankara, Türkiye - (mturker@hacettepe.edu.tr)

ANAHTAR KELİMELER: Görüntü Kesimleme, Poligon Bazlı Sınıflandırma, Ürün Bölge Sınırları, Algısal Gruplama

ÖZET:

Otomatik sınıflandırma, ürün deseni haritalarının uydu görüntülerinden elde edilmesinde en sık kullanılan yöntemdir. Gelişmiş otomatik sınıflandırma teknikleri, ekili ürünlerin alan bazında belirlenmesi yaklaşımlarına dayanmaktadır ve bu yaklaşım obje-bazlı ya da poligon-bazlı sınıflandırma tekniği olarak adlandırılmaktadır. Diğer taraftan, sınıflandırma işlemine tabi tutulacak tarımsal parseller, genellikle sınır bilgilerini tanımlayan vektör verilerle ifade edilir. Ancak, bir parsel içinde birden fazla farklı ürün türleri olabilir ve bunlar farklı ürün alt bölgeleri oluştururlar. Sınıflandırmanın parsel-bazlı yapılabilmesi için parseller içindeki farklı ürünler arasındaki sınırların belirlenmesi gerekir. Bu problemin çözümünde, görüntü kesimleme yöntemi kullanılabilir. Bu çalışmada, tarım parselleri içindeki alt ürün bölgelerinin belirlenmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknolojilerini entegre bir şekilde kullanan bir görüntü kesimleme tekniği geliştirilmiştir. Geliştirilen teknikte, sınır bilgileri tanımlanmış tarım parselleri ayrı ayrı işlenerek her bir parsel içinde alt kesimlerin bulunması yaklaşımı ele alınmaktadır. Bu yaklaşımda önce, bir kenar belirleme yöntemi ile bulunan kontur bilgileri vektörize edilerek düzgün doğru parçaları haline getirilir. Bu doğru parçaları mevcut sınır verileri ile algısal gruplama yöntemi aracılığıyla ilişkilendirilerek parsel içindeki kapalı kesimler oluşturulur. Bu kesimlerin her biri parsel içinde farklı bir ekili ürün bölgesini tanımlar. Önerilen yöntemi uygulamaya koyan bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım, Windows işletim sistemi üzerinde Visual C++ 6.0 ile geliştirilmiş olup görüntü işleme fonksiyonallıkları için OpenCV kütüphanesinden faydalanılmıştır. Yöntem, Karacabey Ovası'na ait 10 m çözünürlüklü SPOT5 HRV ve 20 m çözünürlüklü SPOT4 HRV çok bantlı uydu görüntüleri üzerinde uygulanmıştır. Her bir parsel için, yazılımın otomatik olarak bulduğu sınır bilgileri ile manuel kesimlenmiş sınır bilgileri alan benzerlikleri açısından karşılaştırılmış ve genel doğruluk yüzdesi yaklaşık 80% olarak hesaplanmıştır.

1. GİRİŞ

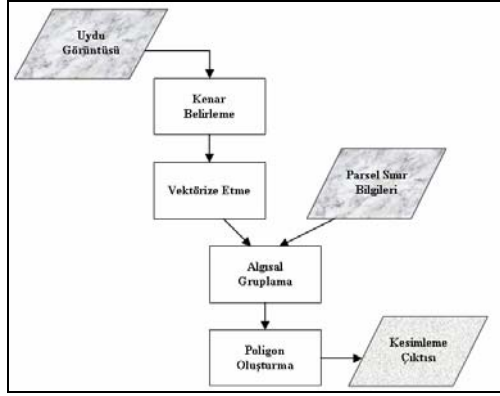
Tarımsal ürün türlerinin uydu görüntüleri üzerinde belirlenmesi için kullanılan otomatik sınıflandırma teknikleri piksel-bazlı ve poligon-bazlı olmak üzere iki ana kategoriye ayrılabilir. Her iki tekniğinde farklı avantajları ve dezavantajları olmasına rağmen, son yıllarda yapılan çalışmalarda poligon-bazlı tekniklerle daha iyi sonuçlara ulaşıldığı gözlemlenmiştir (De Wit *et al.*, 2004; Tso *et al.*, 1999, Türker ve Arıkan, 2005). Poligon-bazlı sınıflandırma tekniklerinin temel mantığı, belirli bir bölgenin homojen olduğu varsayımıyla sınıflandırma işleminin o bölgenin tümüne birden uygulanması ve o bölgeye ait tek bir sınıf belirlenmesi üzerine kuruludur. Ancak poligon-bazlı tekniklerin en büyük problemi de aslında bu varsayımın kendisinde yatmaktadır, ki bu problem, sınıflandırılmanın uygulanacağı alanın bir tek üründen oluşmaması ve alt ürün bölgeleri içerebilme olasılığıdır. Homojen bölgelerin belirlenmesi için çoğu zaman vektör kadastro haritaları kullanılmakta ve bu haritalar, parseller içinde olabilecek farklı ürün sınırlarını veya mevsim içinde değişebilen dinamik ürün bölgelerini doğru adreslememektedirler. Bu tür bir alanda, poligon bazlı sınıflandırma işlemleri alanı sadece bir ürün türü ile sınıflandıracığı için hatalı bir sonuç üretecektir. Daha doğru sonuçlara ulaşılabilmesi için, bu alanlar içerisindeki alt ürün bölge sınırlarının belirlenmesi ve bu alt bölgelerin ayrı ayrı sınıflandırılması zorunludur.

Janssen ve Molenaar (1995) tarafından yapılan çalışmada, arazi, parsel ve ürün bölgesi hiyerarşileri tanımlanmış ve tarım parselleri içinde sınıflandırma işleminden önce görüntü kesimleme yapılması gerekliliği vurgulanmıştır. Ancak, tek başına yapılan görüntü kesimlemesi işlemi homojen ürün bölgelerinin belirlenmesi için çok yeterli sonuçlar üretememektedir. Bu yetersiz sonuçların ana sebepleri olarak; görüntü içinde ürün bölgesi olmayan diğer alanların varlığı (yol, nehir, vs.), ürün bölgelerinin çok standart olmayan çözünürlük ve boyutları, ve görüntü işleme tekniklerinin genel sorunları (gürültü, doku, vs.) sayılabilir.

Bununla birlikte, görüntü kesimleme işleminde vektör haritalar gibi yardımcı veri tabanlarının da entegre bir şekilde kullanılabilmesi söz konusudur. Sınırları vektör bir veriyle tariflenmiş alanlarda, alan-bazlı yapılabilecek bir kesimleme ile alt ürün bölgeleri belirlenebilir. Bu tür bir analiz çıktısı poligon-bazlı sınıflandırma işlemi için en doğru homojen ürün bölge sınırlarını tanımlayacaktır.

Bu çalışmada, uydu görüntüleri ve vektör kadastro haritalarını entegre bir şekilde kullanan bir görüntü kesimleme tekniği önerilmektedir. Yöntem de, vektör veri ile tanımlanmış her bir tarımsal parseli, görüntü kesimleme işlemine tabi tutulmakta ve parsel içindeki dinamik ürün sınırları otomatik olarak

bulunmaktadır. Bu işlem için, parselin görüntüdeki yeri sorgu yöntemi ile çekilmekte, görüntü öncelikli olarak bir kenar belirleme işlemine tabii tutulmaktadır. Oluşan kenar pikselleri vektörize edilerek kontur bilgileri elde edilmekte ve bu konturlar basitleştirme işlemi ile dogrusal çizgilere dönüştürülmektedir. Elde edilen çizgilerin mevcut sınır bilgileri ve birbirleriyle ilişkilendirilmesiyle parsel içinde kapalı kesimler oluşturulmaktadır. İlişkilendirme işlemi, geliştirilmiş olan bir kural tabanlı algısal gruplama algoritması ile yapılmaktadır. Sonuç olarak, parsel içinde oluşan her bir kapalı kesim, farklı bir ürün bölgesini temsil etmektedir. Önerilen yöntemin işleyiş şeması Şekil-1’de gösterilmiştir.



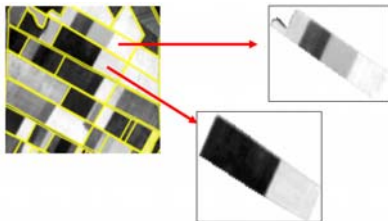
Şekil 1. Kesimleme Süreci

2. YÖNTEM

Önerilen kesimleme süreci, temel olarak kesimleme algoritmasının parsel-bazlı olarak uygulanması, yani her bir parselin ayrı ayrı işleme alınmasıdır. Her bir parsel için sınır bilgileri vektör veri olarak mevcut olduğundan, o parsel için parsel görüntü bloğu uydü görüntüsünden seçilerek ayrıştırılır. Küçük ve dar parseller, içlerinde birden fazla ürün türü olmayacağı varsayımıyla, kesimleme işlemine dahil edilmezler. Dar alanların tespit edilmesi için eşitlik 1’de tariflenen Şekil Faktörü (ŞF) değeri kullanılır. Hem ŞF için hem de parsel büyüklüğü için iki ayrı eşik değeri belirlenmiştir. Ancak, geliştirilen yazılım bu tür eşik değerlerinin kullanıcı tarafından değiştirilebildiği esnek bir yapı sağlamaktadır.

$$\text{ŞF} = \frac{\sqrt{4\pi \times \text{ParselAlan}}}{\text{ParselÇevresi}} \quad (1)$$

Dolayısı ile, her parsel için alan büyüklüğü ve şekil faktörü değeri hesaplanır ve belirlenen eşik değerinin altında kalan parseller işleme dahil edilmez. Şekil 2’de vektör parsel verisinin çakıştırıldığı uydü görüntüsünden bir kesit ve bu görüntüden ayrıştırılmış parsel görüntü blokları verilmektedir.



Şekil 2. Ayrıştırılmış parsel görüntüleri

Parsellere ait görüntüler ayrıştırıldıktan sonra görüntü kesimleme işlemi uygulanır.

2.1 Kenar Belirleme

Kenar belirleme işlemi, görüntü üstünde komşu piksel değerlerinde keskin değişikliklerin bulunduğu alanları tespit etmek için kullanılmaktadır. Diğer kenar bulma operatörlerine oranla daha performanslı olması sebebiyle, bu çalışmada, kenar belirleme yöntemi olarak Canny algoritması tercih edilmiştir. Canny algoritmasının işleyişinde kullanılan üç adet parametre vardır; (i) Gauss maskesi genişliği, (ii) izleyici tarafından belirlenen yüksek eşik değeri ve (iii) düşük eşik değeridir.

Bu çalışmada düşük eşik değeri çok düşük, yüksek eşik değeri ise görece yüksek seçilmiştir. Bu tercihin sebebi, daha dar bir eşik değeri aralığında farklı ürün bölgeleri arasında yumuşak geçişlerin olduğu yerlerde bu sınırların tespit edilemeyecek olmasıdır. Bununla birlikte, bu tür bir aralığın kullanımı kenar olarak belirlenmiş piksellerde bir miktar gürültüye neden olacaktır. Fakat, gürültü sonradan temizlenebilecek bir şey iken, daha bir dar aralık kullanıldığında tespit edilmemiş gerçek ürün sınırları sonradan düzeltilemeyecek unsurlardır. Genel yaklaşım olarak fazladan görüntü kesimlemesi (over-segmentation), eksik görüntü kesimlemesine (under-segmentation) tercih edilmiştir. Kenar belirleme işlemi sonucunda, siyah bir arka plan üstünde, kenar olduğu varsayılan beyaz pikseller grubu oluşmuştur.

2.2 Parsel Dış Sınır Maskesi

Mevcut parsel sınırlarına yakın bir çok piksel, kenar belirleme sonucunda kenar olarak tespit edilecektir. Şekil 2’de görüldüğü üzere parsel görüntü bloğu oluşturulurken parsel sınırları dışında kalan bölgelere beyaz renk atandığından, parsel içi ile parsel dışı arasındaki geçişlerde keskin renk değişiklikleri bulunmakta ve bu alanlar kenar belirleme algoritması tarafından kenar olarak tespit edilmektedir. Ancak aslında parselin dış sınırı olan bu kenar bilgileri, elimizde vektör parsel verisi olarak mevcut olduğundan, sınır pikselleri belirli bir tampon genişliği kullanılarak maskelenir.

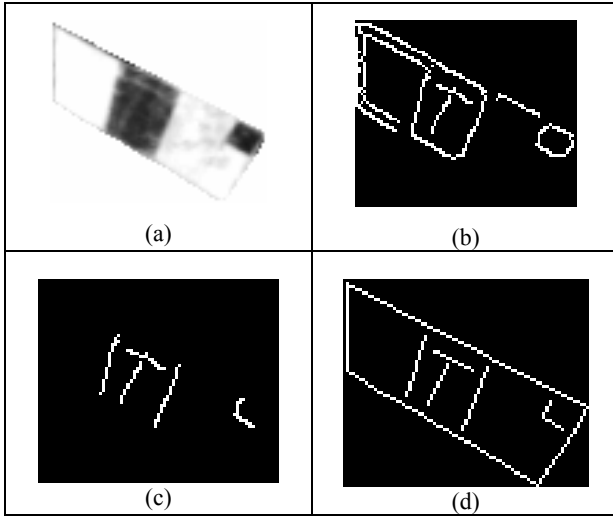
2.3 Vektörize Etme ve Çizgi Basitleştirme

Vektörize etme işlemi ile, dış sınır maskesi sonucunda oluşan iki renkli görüntüde, beyaz piksellerin oluşturduğu düz çizgilerin başlangıç ve bitiş koordinatları belirlenir. Temel olarak raster formatında olan görüntüden vektör formatına geçiş adıdır. Bu geçiş işlemi için bilinen birçok yöntem ve algoritma vardır (Zenko *et al.*, 1996).

Bu çalışmada, vektörize etme işlemi için Suzuki algoritması kullanılmıştır (Suzuki, 1988). Önce görüntüde bir inceltme operatörü uygulanmış, arkasından beyaz pikseller arasındaki komşuluk ilişkilerini gösteren zincir grafiği (chain graph) oluşturulmuştur.

Görüntü üstünde bulunan bütün düz çizgiler bu zincir grafiği ile ifade edilir. Fakat, elde edilen bu küme algısal gruplama yapabilememiz için oldukça kalabalık ve karışık bir kümedir. Görüntü üstünde mevcut olan bütün düz çizgi kümesi çizgi basitleştirme yöntemiyle daha anlamlı bir yapıya çevrilmelidir. Bu işlem için en popüler yöntemlerden biri olan Douglas-Peucker algoritması (Hershberger *et al.*, 1992) tercih edilmiştir. Bu işlem sonrasında mevcut parsel dış sınır bilgileri de elde edilen çizgi kümesine eklenir. Şekil 3’de örnek bir parsel için,

girdi görüntüsü ve ara işlemler sonucunda elde edilen görüntüler verilmiştir.



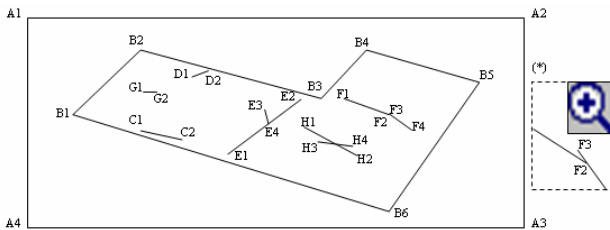
Şekil 3. Parsel #2140 için (a) uydu görüntüsü, (b) kenar görüntüsü, (c) parsel dış sınır maskesi uygulanmış kenar görüntüsü ve (d) vektörize edilmiş ve çizgi basitleştirmesi uygulanmış kenar görüntüsü.

2.4 Algısal Gruplama

Buraya kadar yapılan işlemler sonucunda oluşan veri seti, dış sınır bilgisi ve kenar belirleme sonucunda içeride oluşan dogrusal çizgilerdir. Ancak bu çizgiler henüz kapalı kesimleri ifade etmeye yetmemektedir. Dolayısıyla, bu çizgiler arasındaki bağlantılar ve yakınlıklar incelenerek gerekli birleştirme, silme, kaydırma işlemleri yapılması ve kapalı kesimlerin oluşturulması gerekmektedir. Burada bilinen algısal gruplama yöntemleri kullanılarak kural tabanlı bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma temel olarak iki adım içermektedir. Bunlar,

- gürültü doğru parçalarını tespit edip silmek ve
- kalan doğru parçalarının uç noktalarını modifiye ederek kapalı kesimler elde etmek.

Algısal gruplama işlemi daha detaylı anlatılabilmek için önceki işlemler sonucunda oluşmuş veri kümesini tariflemekte fayda vardır:



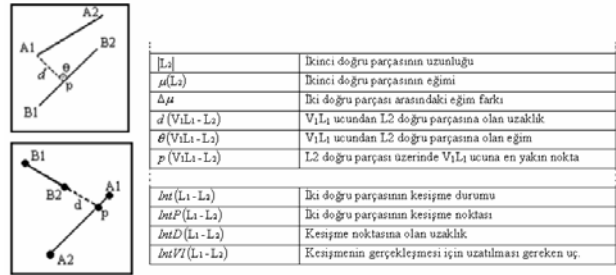
Şekil 4. Örnek bir parsel ve tespit edilmiş doğru parçaları

Bu veri kümesi konturlardan oluşmaktadır. Her bir kontur birbirleri ile bağlantılı birden fazla doğru parçasından oluşmaktadır. Şekil 4'de gösterilen örnek parsel için oluşmuş veri kümesi aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$MS = \{ \text{Kontur-B}, \text{Kontur -C}, \text{Kontur -D}, \text{Kontur -E}, \text{Kontur -F}, \text{Kontur -G}, \text{Kontur -H} \},$$

$$\text{Örn: Kontur -E} = ([E1-E2], [E3-E4]) \text{ ve Kontur -B parsel dış sınır bilgileridir} \quad (2)$$

Bir kontur kümesi içindeki ve farklı kontur kümeleri arasındaki doğru parçacıkları ikiyeşerli şekilde analiz edilerek çeşitli silme ve birleştirme işlemleri yapılır. Bu analizde uç noktalar arasındaki uzaklıklar, çizgi eğimleri, kesişme olasılıkları gibi parametreler tanımlı eşik değerleriyle birlikte kullanılır. Kullanılan analiz parametreleri Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Analiz parametreleri

2.4.1 Kurallar

Tanımlı analiz parametreleri ile uygulanacak sıralı kural listesi şöyle özetlenebilir.

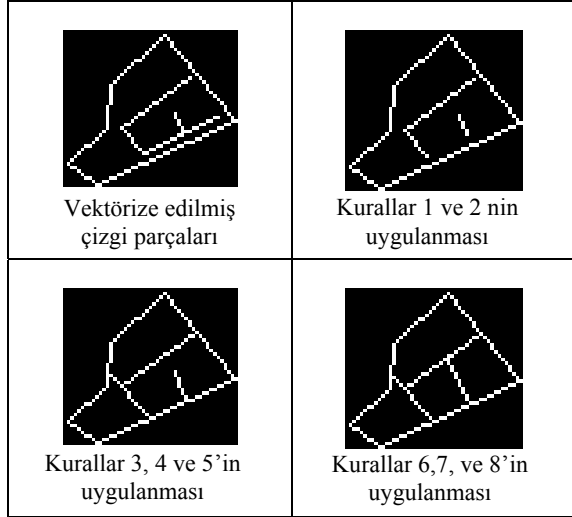
- Kural 1 – Üst üste gelen ve dar bir açıyla kesişen doğru parçalarından kısa olan silinir.
- Kural 2 – Birbirlerine çok yakın (paralel) olan farklı kontur kümelerindeki doğru parçalarından kısa olan silinir.
- Kural 3 – Parsel dış sınır çizgisiyle belirli bir uzatma sonucu kesişebilecek çizgiler uzatılır ve kesiştirilir.
- Kural 4 – Birbirleriyle belirli bir uzatma sonucu kesişebilecek çizgilerden kısa olan uzatılır ve kesiştirilir.
- Kural 5 – Herhangi bir şekilde uzatılmamış ve belirli bir uzunluktan kısa olan çizgiler silinir
- Kural 6 – Ucu açıkta olan çizgiler, açık uçlarına en yakın doğru parçasına değecek şekilde belirli bir değişiklik mesafesini aşmayacak ölçüde değiştirilir.
- Kural 7– Ucu hala açık olan çizgiler silinir.
- Kural 8 – Üst üste gelmiş çizgilerden kısa olanlar silinir ve birleşme noktalarındaki ufak kayma hataları düzeltilir.

Her bir kural, eşitlik 2'de tanımlanan veri yapısı kullanılarak algoritmik bir ifadeyle tanımlanmıştır. Örnek olarak ilk kuralın tanımı aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} &\forall CS_i \in MS \text{ where } BI(CS_i) = FALSE \\ &\forall LS_m, LS_n \in CS_i \\ &\text{analyze}(LS_m, LS_n) \\ &\text{if } (\Delta\mu \leq \text{ConnectedLineSlopeThreshold}) \\ &\quad \text{if } (d(V_1L_1 - L_2) \leq \text{ConnLineDistThreshold} \text{ and} \\ &\quad d(V_2L_1 - L_2) \leq \text{ConnLineDistThreshold}) \\ &\quad \quad \text{remove}(LS_m) \\ &\quad \text{else if } (d(V_1L_2 - L_1) \leq \text{ConnLineDistThreshold} \text{ and} \\ &\quad d(V_2L_2 - L_1) \leq \text{ConnLineDistThreshold}) \\ &\quad \quad \text{remove}(LS_n) \end{aligned} \quad (3)$$

Bu kuralda, mevcut parsel sınır bilgisi haricinde her bir kontur kümesinin kendi içindeki doğru parçalarının ikiyeşerli analiz

edilmesi tariflenmiştir. İkili çizgilerden birbiriyle dar bir açıda kesişen veya tamamen üstüste temas edenlerden kısa olan silinir. Açı ve uç noktaların diğer çizgiye olan uzaklıkları için tanımlı eşik değerleri kullanılır. Diğer kuralların algoritmik olarak tanımları ve detaylı açıklamaları Kök (2005)'de bulunabilir. Örnek bir parsel için, algısal gruplama kurallarının uygulanışı ve ara çıktılar Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. Parsel #5210 için algısal gruplama adımları

2.5 Poligon Oluşturma

Parsel içinde açık ucu bulunmayan doğrusal çizgilerin algısal gruplama yoluyla bulunmasından sonra, bu doğruların kesişme ilişkileri incelenerek birbiriyle kesişmeyen poligonlar oluşturulur. Bu işlem, doğru parçalarının birleşme ilişkilerinin bir zincir ağacı ile ifade edilmesi ve bu ağaç düğümleri içinde döngüsel rotalar bularak yapılır. Bir düğümden kendisine olan döngüsel bir rota aslında kapalı bir poligona denk gelmektedir. Her bir birleşme noktası için bütün döngüsel rotaları bulmak o noktayı içeren bütün poligonları bulmak demektir. Bu işlem dışarıda nokta kalmayana kadar tekrarlandığında parsel içinde bulunan bütün poligonlar bulunmuş olur ve oluşan bu poligon kümesinden bir başka poligonu içermeyenler yani ayrık olanlar seçilir.

Elde edilen poligon kümesinde bazı küçük ve gürültü sonucu oluşmuş poligonların olması ihtimal dahilindedir. Bu tür poligonların ayrı bir ürün bölgesi olmayacağı varsayımıyla, komşu poligonlarla birleştirilmesi yoluna gidilir. Bu işlem için de bir alan büyüklüğü eşik değeri kullanılmıştır. Birleştirme işlemi, kesimleme sürecinin en son adımıdır ve elde edilen görüntü son kesimleme çıktısıdır. Şekil 7'de poligon oluşturma işlemi iki parsel üzerinde gösterilmiştir.

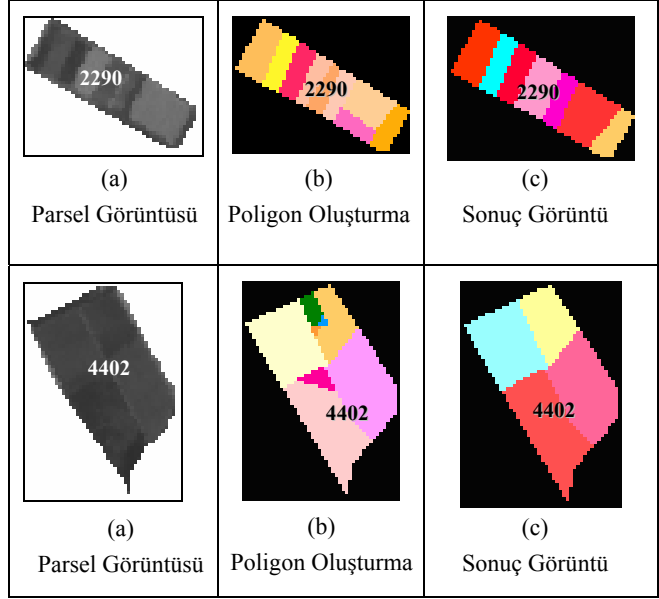


Figure 7. Parsel 2290 ve 4402 görüntüleri için poligon oluşturma işlemi.

2.6 Yazılım

Bütün kesimleme sürecini otomatik bir şekilde gerçekleştirmek için Alan Bazlı Görüntü Kesimleme Yazılımı (Field-Based Image Segmentation Software- FBISS) geliştirilmiştir. Yazılım tüm girdi, ara ve son çıktıları görüntüleyebilen, kesimleme işleminde kullanılan parametrelerin değiştirilebildiği, sonuçlar üzerinde çeşitli analizlerin yapılabildiği çok fonksiyonlu bir kullanıcı arayüzüne sahiptir. Geliştirilen yazılımın kabiliyetleri aşağıda sıralanmıştır.

- Görüntü Aç/Kaydet/Farklı Kaydet/Yazdır
- Büyüt/Küçült/Pencere Boyutunda/Tam Ekran Göster
- Vektör Dosyasını Yükle (Formatlı Metin Dosyası)
- Uygulama ve Kesimleme Parametrelerini Belirle
- Kesimlemeyi Uygula
- Son ve Ara Çıktıları Görüntüle
- Parsel veya Kesimleri Birleştir
- Gerçek Sonuç İle Karşılaştır
- Sonuçları Raporla (Formatlı Metin Dosyası)

3. UYGULAMA

3.1 Çalışma Alanı ve Veriler

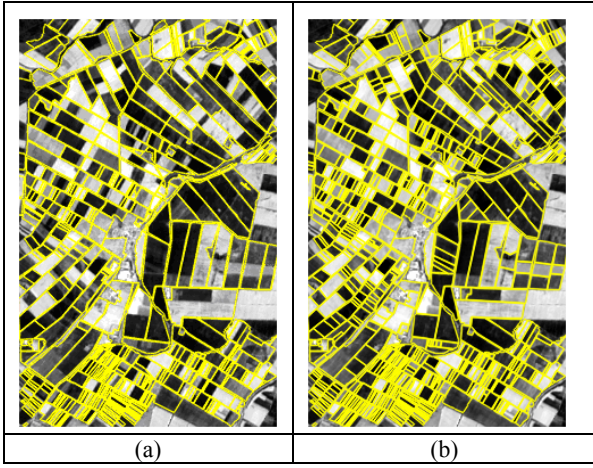
Uygulama alanı olarak Türkiye'nin Kuzeybatısında yer alan Karacabey Ovası seçilmiştir. Seçilen bölge 4600×7200 m ebatlarında olup, 514 adet çeşitli boyutlarda parsel içermektedir. Çok verimli topraklara sahip olan bölgede domates, mısır, biber, buğday, pirinç, soğan, karpuz, nohut ve şeker pancarı gibi ürünler yetiştirilmektedir.

1988 - 1992 yılları arasında gerçekleştirilmiş olan arazi bütünlemesi çalışması sonrasında, bölgedeki parsel şekilleri genellikle düzgün dikdörtgenler halini almıştır. Ancak yapılan arazi bütünlemesi çalışmasına rağmen, bölgede hala önemli sayıda küçük boyutlu parsellerin bulunduğu gözlemlenmiştir.

Kullanılan uydu görüntüleri 20m konumsal çözünürlüklü SPOT4 XS ve 10m çözünürlüklü SPOT5 XS görüntüleridir. Her

iki çok bantlı uydu görüntüsünden de Temel Bileşen Analizi bantlarının birinci bileşeni (SPOT5_PCA ve SPOT4_PCA) ve ilk üç bant ortalaması $([Band1+Band2+Band3]/3)$ sonucu oluşan parlaklık görüntüsü (SPOT5_I ve SPOT4_I) olmak üzere tek bantlı görüntüler elde edilmiş ve bütün işlemler bu tek bantlı görüntüler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Vektör veri olarak, bölgeye ait parsel sınırlarının tanımlandığı kadastro haritaları kullanılmıştır. Diğer taraftan, parseller içindeki ürünler arasındaki sınırlar da bir başka çalışmada (Özdarıcı, 2005) manuel sayısallaştırılarak aynı vektör veri formatında hazırlanmıştır. Bu veri, parseller içinde otomatik olarak tespit edilen sınırların doğruluğunu değerlendirmek amacıyla referans veri olarak kullanılmıştır. Mevcut parsel sınırları ve manuel olarak sayısallaştırılmış parsel içi ürünler arasındaki sınırlar SPOT4_PCA görüntüsü üzerine çakıştırılmış olarak Şekil 8a ve 8b’ de gösterilmiştir. Bu çalışmada kesimleme işlemimizin temel amacı Şekil 8a görüntüsünden 8b görüntüsünü otomatik bir şekilde elde etmektir.



Şekil 8. SPOT4_PCA görüntüsü üzerinde (a) parsel sınırları (b) el ile sayısallaştırılmış parsel içi ürün sınırları

Çalışma alanı içinde bulunan 514 parselden 222 adeti eşitlik 1’de tanımlanan şekil faktörü (ŞF) eşik değerini geçememiş ve dolayısıyla kesimleme işlemine dahil edilmemişlerdir. Daha önce belirtildiği üzere, burada temel varsayım, küçük ve dar parseller içinde birden farklı ürün bölgesi olma olasılığının çok düşük olmasıdır.

3.2 Doğruluk Analizleri

Otomatik kesimleme işlemi sonucunda elde edilen alt ürün bölgelerinin (sonuç kesimler) doğruluğunun değerlendirilmesi için parsel içi manuel olarak sayısallaştırılmış referans veri (gerçek kesimler) kullanılmıştır. İki obje arasındaki M_{ij} geometrik örtüşme faktörü, M_i ve M_j gibi iki bağıl olasılığın geometrik ortalaması olarak ifade edilebilir (Janssen ve Molenaar, 1995).

$$M_{ij} = \sqrt{(M_i \cdot M_j)}$$

$$M_i = \text{Alan}(i \cap j) / \text{Alan}(i)$$

$$M_j = \text{Alan}(i \cap j) / \text{Alan}(j)$$
(4)

M_{ij} benzeşme faktörü, 0 ile 1 aralığında bir değer olarak hesaplanacaktır. Değerin 0 çıkması, iki objenin hiç bir şekilde geometrik olarak örtüşmediği anlamına gelirken, 1 değeri tam bir örtüşme anlamına gelir. Her bir parsel için, ihtiva ettiği

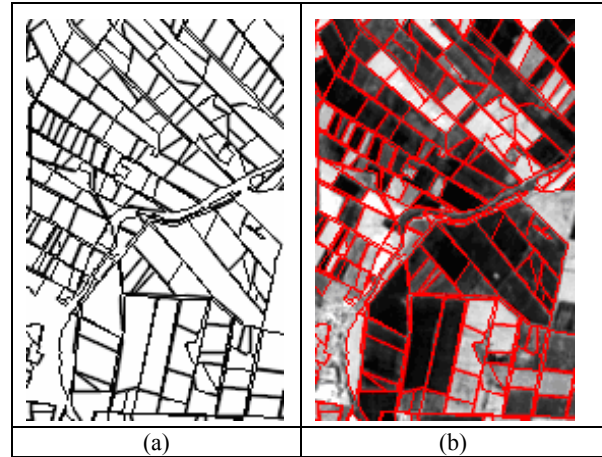
gerçek kesim ile onunla örtüşen sonuç kesim ikilileri seçilerek ortalama bir örtüşme yüzdesi (ÖY) hesaplanmıştır. Bütün parseller için bu işlem yapıldığında, hesaplanan ÖY ortalaması ana doğruluk parametresi olarak belirlenmiştir (DP-1).

Sonuçların değerlendirilmesi için ek birkaç parametre daha tanımlanmıştır. Her bir gerçek kesim için en az %75 örtüşme yüzdesi eşik değeri başarı kriteri olarak belirlenmiştir. (Janssen ve Molenaar, 1995). Bu örtüşme yüzdesinin altında kalan sonuçlar başarısız, üstüne çıkanlar ise başarılı olarak değerlendirildiğinde, başarılı sonuçların başarısız sonuçlara oranı hesaplanmış ve ikinci bir doğruluk parametresi (DP-2) olarak kaydedilmiştir.

Ayrıca, DP-2’de başarılı ve başarısız olarak tanımlanmış kesimlerin örtüşme yüzdeleri de (DP-3, DP-4) hesaplanmıştır. Son olarak, nicel bir parametre olarak gerçek kesim adedinin, sonuç kesim adedine oranı hesaplanmış ve bir fazladan kesimleme ve eksik kesimleme analizi yapılmıştır (DP-5).

3.3 Sonuçlar ve Tartışma

Geliştirilmiş olan otomatik kesimleme yöntemi dört adet tek bantlı görüntü üzerinde uygulanmıştır. Çalışma alanından seçilmiş olan bir kısım üzerinde, elde edilen sonuçları yansıtan görüntüler Şekil 9a ve 9b’ de verilmiştir.



Şekil 9. Çalışma alanının bir kısmı için (a) sonuç kesimleri ve (b) sonuç kesimlerinin SPOT4_PCA görüntüsü ile çakıştırılması.

Sonuçlar ve hesaplanan doğruluk parametreleri Tablo 1 ve Tablo 2’de özetlenmiştir. Tablo 1, fazladan kesimlenmiş (FK), eksik kesimlenmiş (EK) ve denk kesimlenmiş (DK) parsel sayılarını içermektedir. Aynı zamanda denk kesimlenmiş (sonuç kesim adedi = gerçek kesim adedi) parseller için geometrik hata yüzdesi de verilmiştir.

	EK	FK	DK	GH (%)
SPOT5_PCA	52	60	180	3.5
SPOT5_I	62	53	177	2.8
SPOT4_PCA	81	46	165	2.6
SPOT4_I	95	43	154	2.0

Tablo 1. Nicel Analiz Sonuçları

Nicel analiz sonuçları incelendiğinde belirgin bir eksik kesimleme veya fazladan kesimleme göze çarpmamaktadır. SPOT 4 görüntülerinde oluşmuş eksik kesimleme sayısının SPOT 5 muadillerine göre biraz daha fazla olduğu gözlenmiştir. Nicel analiz, işlemin performansı için fikir vermekle birlikte asıl doğruluk değerleri bulunan kesimlerin geometrik olarak örtüşme oranlarıyla ölçülmüştür. Bu değerler Tablo 2’de verilmiştir.

	DP1 (%)	DP2 (%)	DP3 (%)	DP4 (%)
SPOT5_PCA	83.8	70.6	94.6	54.8
SPOT5 Intensity	82.6	67.5	94.6	54.1
SPOT4_PCA	78.8	61.5	94.2	52.1
SPOT4 Intensity	76.2	57.6	93.9	49.3

Tablo 2. Geometrik Analiz Sonuçları

Tablo 2’de görüldüğü üzere DP1 için en yüksek değere SPOT5_PCA görüntüsünde ulaşılmıştır. Bir diğer doğruluk parametresi olan DP2’ye tek başına bakıldığında, bu yüzdenin DP1’e oranla daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Ancak, DP2 parametresinin DP3 ve DP4 ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Başarılı adledilen kesimlerin geometrik örtüşme oranı olan DP3 %95 çıkmıştır ki, bu değer %75’in üzerinde olması gereken ÖY değerleri için çok yüksek bir ortalamadır. Aynı şekilde başarısız adledilen kesimlerin geometrik örtüşme oranı olan DP4 %50 civarında çıkmıştır. Bu sonuç da, aslında başarısız olarak değerlendirdiğimiz kesimlerde bile ortalama %50 örtüşme sağlandığını göstermektedir.

Sonuçlardan görüleceği üzere, SPOT4 görüntülerine oranla, SPOT5 görüntülerinden belirgin bir şekilde daha yüksek performans elde edilmiştir. SPOT4 parselleri düşük çözünürlükten ötürü daha küçük boyutlu olduklarından, farklı ürün bölgeleri arasındaki geçişler SPOT5 parselleri kadar belirgin gözükmemiş, eksik kesimleme görece daha fazla yaşanmıştır. Diğer taraftan, PCA görüntüleri ile parlaklık görüntüleri kıyaslandığında, bütün bantların spektral değişikliklerini kısmen ihtiva eden PCA görüntülerinden biraz daha iyi sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir. PCA görüntülerinde farklı ürün bölgeleri arasında daha yüksek kontrast farkı ve daha keskin geçişler olduğu görülmektedir. Bu özelliğinden dolayı, PCA görüntülerden daha iyi sonuçlar alınmış olması muhtemeldir.

4. SONUÇLAR

Elde edilen sonuçlar özellikle ara çıktı görüntüleriyle beraber incelendiğinde, önerilen kesimleme tekniğinin performansının kenar belirleme işleminin sonuçlarıyla şiddetle ilintili olduğu gözlemlenmiştir. Canny algoritması kenar pikselleri doğru belirlediğinde, daha iyi sonuçlar elde edilirken, Canny’nin çok fazla gürültü pikselleri ürettiği veya iç sınırları oluşturacak olan pikselleri tespit edemediği durumlarda kesimleme işlemi de hatalı sonuçlar üretmiştir.

Genel bir performans değerlendirmesi olarak, kesimleme doğruluk yüzdesinin SPOT4 ve SPOT5 görüntülerinde 80 ± 4 civarında olduğu söylenebilir ki bu sonuçlar çalışma açısından oldukça tatmin edicidir. Sonuçları, görülen hatalar bazında ele aldığımızda, gerçekleşen fazla kesimlemelerin daha çok gürültü kenar pikselleri yüzünden ve Kural 4’de uygulanan çizgisel uzatma hatalarından kaynaklandığı görülmektedir. Eksik

kesimleme nedenleri de şu şekilde sıralanabilir: (i) Canny tarafından tespit edilememiş kenar pikselleri, (ii) algısal grulamada yanlışlıkla silinmiş sınır çizgileri ve (iii) aslında ayrı ürün bölgesi olan küçük alanların, tespit edilmelerine rağmen, poligon birleştirme sırasında yitirilmesi. Ayrıca, sürecin temel sorunlarından bir tanesi, girdi olarak tek bantlı görüntü kullandığından, çok bantlı uydu görüntüsünden tek bantlı görüntüye indirgemedi neden oluşan bilgi kaybıdır.

Sistemin performansı ve doğruluk değerleri ileride yapılacak çalışmalarla artırılabilir. Öncelikli olarak çok bantlı görüntü üstünde çalışabilen kenar belirleme tekniğiyle bütün bantlardaki ürün bölgeleri geçişlerindeki spektral farklılık işleme dahil olacak ve daha iyi sonuçlar elde edilecektir. Ek olarak, algısal grulama için tanımlanmış kurallarda iyileştirmeler yapılabilir. Örneğin, sadece elde edilen vektör veri setinin kullanıldığı algısal grulama kurallarında spektral verinin de entegre bir şekilde karar verme mekanizmasına dahil edilebileceği ve daha karmaşık kural tanımlarıyla daha iyi sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir. Aynı şekilde, yapay zeka veya istatistiksel öğrenme teknikleriyle sistemin kural tabanlı karar verme mekanizması güçlendirilebilir. Yazarlar, bu çalışmada önerilen yaklaşımın parsel-bazlı kesimleme ve sınıflandırma işlemlerini kapsayan komple bir görüntü analizi aracı için iyi bir başlangıç noktası olduğunu düşünmektedir. Geliştirilen yazılım da, bu vizyonla genişleyebilir ve kolay idame ettirilebilir bir tasarım altyapısı üzerine inşa edilmiştir.

Referanslar

- Hershberger, J., ve Snoeyink, J. 1992. Speeding Up the Douglas-Peucker Line Simplification Algorithm. In *Proceedings, 5th International Symposium Spatial Data Handling*, p. 134-143.
- Janssen, L. L. F. ve Molenaar M. 1995. Terrain Objects, Their Dynamics, and Their Monitoring by The Integration of GIS and Remote Sensing, *IEEE Transactions On Geoscience and Remote Sensing*, 33(3): 749-758.
- Kök, E. H. 2005. Developing An Integrated System For Semi-Automated Segmentation of Remotely Sensed Imagery, M.Sc. Thesis, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri (JCBT), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Türkiye, 146 sayfa.
- Özdarıcı, A. 2005. Accuracy Assessment of the Field-Based Classification Using the Different Spatial Resolution Images, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri (JCBT), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Türkiye, 113 sayfa.
- Suzuki, S. 1988. Graph-based Vectorization Method for Line Patterns. In: *Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Ann Arbor, MI, June 5-9 pp. 616-621.
- Türker, M. ve Arkan M. 2005. “Sequential masking classification of multi-temporal Landsat7 ETM+ images for field-based crop mapping in Karacabey, Turkey” *International Journal of Remote Sensing*, 26 (17):3813-3830.
- Zenzo, S. D., L. Cinque, ve S. Levialdi. 1996. Run-Based Algorithms for Binary Image Analysis and Processing. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 18(1): 83-89.