

UNSUPERVISED SINIFLANDIRMA YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ, KARŞILAŞTIRILMASI VE YENİ METOD GELİŞTİRİLMESİ ÜZERİNDE ÇALIŞMALAR *

*Examining of unsupervised clustering methods, confrontation with and improving new clustering method **

Bülent MITİŞ
Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Anabilim Dalı

Ural DİNÇ
Ç.Ü. Ziraat Fakültesi
Toprak Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışmada kümeleme yöntemlerinin incelenmesi, karşılaştırılması ve yeni bir kümeleme yöntemi geliştirilmesi üzerinde çalışmalar yapmak amaçlanmıştır. Yapılan bu çalışmada daha önce geliştirilen kümeleme algoritmalarından bazıları Fortran programlama dili ile kodlanıp program haline getirilerek yer gerçeği bilinen bölgelere uygulanmış ve bunların sınıflamadaki doğruluğu incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Landsat-5 uydusunun TM sayısal görüntü verileri kullanılarak GAP bölgesinde seçilen test alanlarındaki toprak çeşitlerini sınıflandırmak amaçlandığından genellikle yeşil bitki örtüsünün az olduğu Eylül, Ekim ve Kasım aylarına ait sayısal görüntü verileri üzerinde çalışılmıştır.

Bu görüntü verileri kullanılarak yeni bir yöntem geliştirilmesi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Yeni yöntem de Fortran programlama dili ile program kodlanarak hazırlanmıştır. Geliştirilen yeni yöntem de önce yer gerçeği bilinen bölgelere uygulanmış ve önceki yöntemlerle elde edilen kümelenmiş görüntülerle karşılaştırılmıştır. Geliştirilen yeni yöntem ile toprak sınıfları ve fazları birbirine karıştırılmadan belirlenebilmekte, toprak sınırları ayırt edilebilmektedir. Yeni yöntem ile zaman sorununa da çözüm bulmaya çalışılmıştır.

ABSTRACT

The main topics of this study are examining of clustering methods, confrontation with and improving new clustering method. In this study some of recent improved clustering algorithms were programmed by using Fortran language to applicate ground truth regions and also their truth dedicated in classification and confronted.

Aim of this study was on soil classification in digital images of test areas from GAP region, so in that reason September, October and November months were chosen as a less vegetation data from Landsat-5 TM satellite.

In addition while using image data all studies dedicated to improving the new method. The new method was prepared by using Fortran language. Primarily new method applicated to ground truthed places and confronted with images

from recent methods. Soil classes and phases can be indicare with no mixture from the new improved method. Also boundary of soil can be seperated. In addition with this method time solution was solved.

Giriş

1972 yılında Amerika Birleşik Devletleri tarafından yeryüzündeki doğal kaynakları belirlemek amacıyla gönderilen ilk Landsat (Ertis-1) uydusu ile uzaktan algılama çalışmalarına başlanmıştır (NASA, 1976; Barret ve Curtis, 1978). Uzaktan algılama, fiziksel temas olmaksızın, tayfsal özelliklerinden yararlanarak cisimler hakkında bilgi toplama işlemidir.

Yeryüzündeki farklı cisimlerin çeşitli dalga boylarında farklı yansıma ve farklı yayınma değerlerinin olması nedeniyle bu cisimlerin uzaktan algılama yöntemiyle belirlenebileceği (Floyd ve Sabin, 1978) düşünüldüğü için çok çeşitli uzaktan algılayıcı sistemler geliştirilmiştir (Slatter, 1980). Cisimlerin dalga boyuna göre yansıma, yayınma ve geçirgenlik özellikleri tanınmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Bu yöntemle yapılabilecek araştırmaları haritacılık, çevre bilimi, tarım ve ormancılık, deniz bilimleri, yer bilimleri ve hidroloji olmak üzere altı sınıfta toplamak mümkündür (Dinç ve ark., 1986).

Bu konularda kullanılmak üzere uzaya gönderilen birçok uydu vardır. Bunların başında da Landsat serisi uydular ve Spot uydusu gelmektedir.

* Yüksek Lisans Tezi – MSc. Thesis

Bu uydulardan elde edilen sayısal verileri kullanarak cisimleri tanıma, toprak çeşitlerini bulma ve bitki alanlarını birbirinden ayırma amacıyla sınıflandırma yöntemleri kullanılır. Sınıflandırma yöntemleri eğitilmiş (supervised) ve eğitimsiz (unsupervised) sınıflandırma yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılır (Swain, 1978; Floyd ve Sabin, 1978; Maktav ve Sunar, 1991).

Eğitilmiş sınıflama, sınıflandırılacak bölge hakkında kullanıcıların yeterli bilgiye sahip olmaları durumunda kullanılacak bir yöntemdir. Eğitilmiş sınıflandırma yöntemlerine bir çok yaklaşımlar vardır. Eğer sadece iki band ile çalışılıyorsa sınıflar arasındaki sınırlar gözle kolaylıkla görülebilir. En az mesafe yöntemi buna örnek olarak verilebilir (Townshend, 1981). En az mesafe yönteminde her sınıfın yalnız ortalama vektörü bulunup, sınıfların kovaryans matrislerinin eşit olduğu varsayılır. Her piksel n boyutlu uzayda kendisine en yakın ortalama vektörünün sınıfına konmuş olur. Bu yöntemde hata oranı diğer sınıflama yöntemlerine göre yüksektir (İnce, 1986).

Daha karışık yaklaşımlardan biri de olasılık yöntemlerinin kullanıldığı yöntemlerdir. Bu yöntemde örnek olarak en çok benzerlik sınıflandırması (maximum likelihood) yöntemi gösterilebilir (İnce, 1986).

En yakın komşu yöntemi veya en yakın k sayıda komşunun sınıflandırmada hesaba katıldığı KNN yöntemi (İnce, 1986), bitki indeksi yöntemi (Wooding, 1979) diğer eğitilmiş sınıflandırma yöntemlerinden bazılarıdır.

Eğitimsiz sınıflama ise sınıflanacak bölge hakkında hiçbir bilginin olmaması veya bilginin yetersiz olması durumlarında kullanılır (Bernstein, 1978). Eğitimsiz sınıflandırma yöntemi (kümeleme), eğitilmiş sınıflandırma yöntemlerine geçişte ilk aşama olup sayısal görüntü işlemede çok önemli bir yer tutar. Kümeleme yöntemlerinin amaçlarından birisi de n boyutlu görüntüde en yakın iki piksel grubu yaratmaktır. Bu ilk kümelemeyi belirler. İki en yakın piksel grubu aynı sınıfa konulur. Eğer algoritmadaki herhangi bir adımda ayrı ayrı iki grup en yakın çifti teşkil ediyorsa bu iki grup birleşir ve algoritma istenen sınıf sayısına gelene kadar devam eder. Eğitimsiz sınıflama yöntemlerinde sınıflandırılacak bölgenin tüm pikselleri kullanılarak kümelenecekler arandığı için bilgisayar kapasitesinin de yeterli olması gerekmektedir. Aynı zamanda sınıflandırılacak bölgenin tüm piksellerinin kullanılması zorunluluğu zaman sorununu da ortaya çıkarmaktadır.

Piksellerin bir araya gelip kümelenecekleri için, önce bir benzerlik veya yakınlık ölçütü tanımlamak gerekmektedir. Benzerlik ölçütü olarak Öklit (Euclidean) ve Mahalanobis gibi çeşitli uzaklıklar kullanılır.

Öklit uzaklığı $D = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$ olarak verilir (Spath, 1980; Richards, 1986). Burada;

n : bant sayısı,

x_i : i. banttaki x pikselinin parlaklığı,

y_i : i. banttaki y pikselinin parlaklığıdır.

Mahalanobis mesafesi ise $D = \sqrt{(x_i - a)^T S^{-1} (x_i - a)}$ olarak tanımlanır (Spath, 1980). Burada;

$a = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_i$ ortalama,

$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - a_i)(y_j - a_j)$ kovaryans matrisidir.

Kovaryans matrisinde;

n : band sayısı,

a_i :birinci bant ortalaması,

a_j :ikinci bant ortalaması,

x_i :birinci banttaki piksel parlaklığı,

y_j :ikinci banttaki piksel parlaklığıdır.

Bu ölçüt kararlaştırıldıktan sonra, kümeleri oluşturmada seçilen algoritmalar genelde iki kriter üzerinde işlemi sürdürürler. Birincisi kümeleri oluşturan piksellerin yakınlık veya benzerliklerinin bir değer ile kontrolü, ikincisi oluşan kümelerin yakınlık veya benzerliklerine göre birleştirilmesi veya bölünmesidir. Buradaki amaç, kümelerin içindeki piksellerin uzaklığını mümkün olduğu kadar minimum, kümeler arası uzaklığın ise mümkün olduğu kadar maksimum olmasını sağlamaktır. Kümeleme sonuçlarının kontrolü, sınıflarla ilgili bilgi ve yer gerçeği olmadığından veya yetersiz

olduğundan istatistiksel yöntemlerle yapılır. Kümelerin içerdiği piksellerin ortalamaları, varyansları, standart sapmaları veya kovaryans matrisleri bulunarak kümelerin sağlıklı olup olmadığına karar verilir. Değilse yeniden küme aranmasına gidilir.

Materyal ve Metod

Materyal

Kümeleme yöntemlerinin incelenmesi, karşılaştırılması ve yeni bir yöntem geliştirilmesi üzerine çalışmalar yapılırken, daha önce üzerinde çalışmalar yapılarak yer gerçeği bilinen bazı bölgelerin görüntü verileri kullanılmıştır. Landsat-5 uydusunda bulunan TM algılayıcısı tarafından kaydedilen görüntü verileri kullanılmıştır. Üç bantta yapılan çalışmalarda görüntülerin 3, 5 ve 7. bantları üzerinde çalışılmıştır. Üzerinde çalışılan sayısal görüntü verilerinin bölgeleri ve tarihleri aşağıdadır.

Çizelge 1: Çalışılan bölgelerin sayısal görüntüleri ve tarihleri

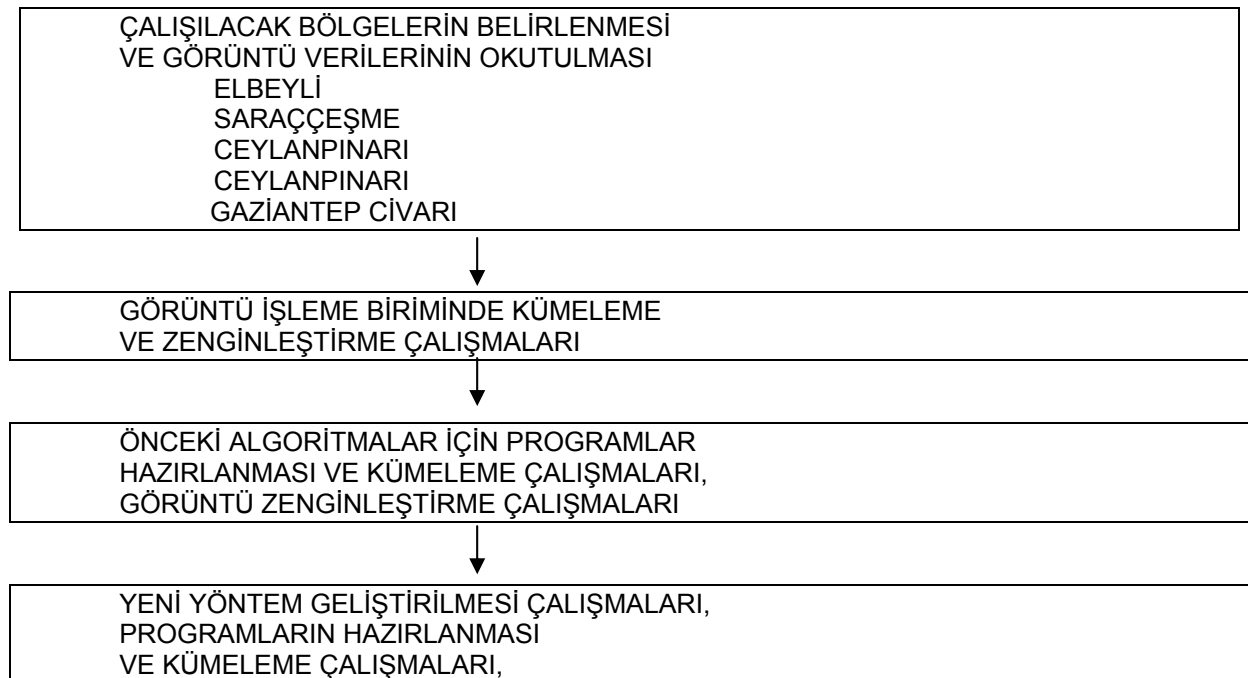
Bölgeler	Uydusu	Tarihi	Piksel Sayısı
Bölge-1: Gaziantep Elbeyli	Landsat-5 TM	31/10/89	512x512
Bölge-2: Saraççeşme	Landsat-5 TM	16/10/86	512x512
Bölge-3: Ceylanpınarı	Landsat-5 TM	17/09/87	512x512
Bölge-4: Ceylanpınarı	Landsat-5 TM	16/10/86	512x512
Bölge-5: Gaziantep civarı	Landsat-5 TM	07/11/89	512x512

Kullanılan bu görüntü verileri bilgisayar uyumlu teypler üzerinde, gerekli geometrik ve radyometrik düzeltmeleri yapılmış olarak bulunmaktadır. Görüntü verileri üzerindeki bu çalışmalar Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Uzaktan Algılama Merkezindeki sistemler kullanılarak yapılmıştır.

Metod

Yöntem üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Önce çalışılacak bölgeler belirlenmiştir. Bu bölgeler, görüntü işleme biriminde bulunan Gemstone görüntü işleme yazılımının eğitimsiz (unsupervised) kümeleme yöntemi ile kümelendirilmiş ve yine görüntü işleme birimindeki programlarla zenginleştirilmiştir.

İkinci aşamada daha önce geliştirilen kümeleme algoritmalarından ikisi (çekimli birleşme algoritması ve pencere yöntemi algoritması) Fortran programlama dili ile kodlanarak bu bölgeler üzerinde uygulanmıştır. Bu iki programla elde edilen kümelenebilir görüntüler üzerinde de çalışmalar yapılarak kümelenebilir görüntüler renklendirilmiş ve zenginleştirilmiştir.



GÖRÜNTÜ ZENGİNLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

Şekil 1: Çalışma metodu akış şeması

Pencere yöntemine göre (Yıldırım, 1989);

1-Eldeki veri üzerine istenilen ebatta pencere yerleştirilerek istenilen ölçüde yana ve aşağıya kaydırılır. Her bir kaydırma işleminden sonra, pencerenin içindeki bölgenin her bantta aynı özellikte (aynı dağılımda ve özellikte) olup olmadığına bakılır. Benzer özellikte ise pencere içerisindeki piksellerin ortalaması alınır, aksi olursa bu pencereden veri alınmaz.

2-Aynı özelliği taşıyan bölgelerden elde edilen, boyutları daha azalmış bu veriler üzerinde kümeleme uygulanır.

3-Kümeleme işleminden sonra, her bir kümeyi oluşturan vektörlerin (n bant boyutunda) ortalaması alınır. Böylece her bir küme için n boyutta tek bir vektör elde edilir. Sınıflandırılmak istenen, işlenmemiş görüntünün her bir pikselinin, her bir kümeye olan Öklit uzaklıkları hesaplanır. Piksel en yakın olduğu kümenin sınıfına atanır.

Çekimli birleşme yöntemine göre (İnce, 1979; Yeğingil, 1987);

1-Uzayda n spektral bant kadar boyutta bir histogram oluşturulur. Her bir histogram ağırlığını içeren hücre bir küme kabul edilir.

2-Her bir hücrenin $\pm n$ hücrelik bir alandaki komşuları ile olan yer çekim gücü ve çekim ivmesi hesaplanır.

3-Hız, belirlenen eşik değerinden büyükse hücre ivme yönündeki komşu hücrenin ağırlığıyla birleştirilir ve o hücre boşaltılır.

4-Hangi hücrenin nereye gittiği bilgisi ayrıca tutulur. Bu işlem her hücre için yapılır. Belirlenen sayıda hücre (küme) kalıncaya kadar işlem sürdürülür.

5-Elde edilen kümelere sınıf numaraları verilir. Sınıfı oluşturan hücrelerin hangileri olduğu bilindiğinden hücrelerin ağırlıkları o sınıfın nümerik değerleriyle değiştirilir.

6-Her pikselle histogram arasında bire bir ilişki olduğundan histogramdan görüntü sınıflanır.

Üçüncü aşamada ise yeni yöntem geliştirilmesi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Önce yeni bir kümeleme yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem de Fortran programlama dili ile kodlanarak program haline getirilmiştir. Yine bu yöntem ile de daha önceki aşamalarda kullanılan görüntü verileri kullanılarak kümeleme yapılmış ve kümelenmiş bu görüntüler de görüntü işleme birimindeki programlarla renklendirilmiş ve zenginleştirilmiştir. Ayrıca kümelenmiş görüntüleri yoğunluk kesimi yöntemini uygulamadan renklendirmek için Fortran ile bir program daha hazırlanarak kümelenmiş görüntülerin renklendirilmesi sağlanmıştır

Geliştirilen Yeni Yöntem

En çok 512x512 piksel boyutlarında, aynı bölgenin farklı dalga boylu bantlarında yansıma değerleri bulunan 3 bant görüntü verisi üzerinde kümeleme yapabilmek için bir yöntem geliştirilmiştir.

Görüntü verileri okunarak 2 boyutlu histogramları bulunmaktadır. Histogramlardaki en çok piksel düşen bölgeler bulunarak oluşturulacak küme sayısı bu bölgelerin sayısına göre program tarafından bulunmaktadır. 3 banttaki görüntü verilerinden, sıfırdan ve birbirinden farklı, küme sayısı kadar piksel seçilerek her piksel küme merkezi olarak kabul edilir. Diğer piksellerin bu küme merkezlerine olan Öklit uzaklıkları hesaplanır. Bir pikselin sınıfı, o piksel ile küme merkezleri arasındaki Öklit uzaklığı minimum olan küme merkezinin sınıfı olarak belirlenir. Bu işlemler sonucunda tüm piksellerin sınıfı belirlenir.

Oluşan bu kümelerin ortalamaları hesaplanır. Küme ortalamaları ile daha önce seçilen küme merkezleri eşit ise oluşan kümelerin ortalamaları ve varyansları bulunur. Bu değerler incelenerek birleşebilecek kümeler birleştirilir. Kümelenmiş görüntüler görüntü işleme birimine transfer edilerek orada üzerinde çalışmalara devam edilir. Oluşan kümelerin ortalamaları ile daha önce seçilen küme merkezleri birbirlerinden farklı ise hesaplanarak bulunan ortalamalar yeni küme merkezleri olarak alınır, tekrar pikseller ile küme merkezleri arasındaki Öklit uzaklıkları hesaplanarak işleme devam edilir.

Araştırma Bulguları

Üzerinde çalışmalar yapılacak bölgelerin 3 banttaki yansıma değerleri bilgisayar uyumlu teyplerden ayrı ayrı dosyalar halinde diske kaydedilmiştir. Toprak sınıflarının daha iyi ayırt edilebilmesi

için Landsat-5 uydusunun TM algılayıcısının 3, 5 ve 7. bant görüntüleri kullanılmıştır. Böylece her bölgenin ayrı ayrı 3 banttaki yansıma değerleri elde edilmiştir.

Yeni yöntem geliştirilmesi üzerinde çalışmalara başlamadan önce birinci aşamada bu veriler görüntü işleme birimine transfer edilerek görüntü işleme birimi üzerinde incelenmiştir. 3 bant üst üste çakıştırılarak ham görüntüler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Görüntü işleme birimi üzerinde bulunan yazılım içindeki kümeleme programı tüm bölgeler için uygulanmıştır. Kümelenen bu görüntüler üzerinde yoğunluk kesimi yöntemi uygulanarak kümelenen görüntüler renklendirilmiştir. Daha sonra da orta değer filtresi yöntemi uygulanarak görüntülerdeki gürültüler ve keskin köşeler kaybedilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen görüntülerin fotoğrafları çekilmiştir.

Oluşan kümeler renklerle ayırt edildiği için fotoğrafları çekilince sınıf sayısı fazla olan görüntülerin fotoğraf üzerindeki kalitesi azalmıştır.

MicroVax II sisteminde çekimli birleşme kümeleme yöntemi ve pencere yöntemi Fortran ile kodlanarak çalışılan bölgeler için uygulanmıştır. Her iki yöntem ile de tüm bölgeler kümelendirilmiştir. Yeni oluşturulan kümelenebilir görüntüler Gemstone görüntü işleme birimine transfer edilerek yoğunluk kesimi ve orta değer filtresi uygulanmıştır.

Yeni geliştirilen yöntem üzerinde MicroVax II sisteminde çalışılmıştır. Yöntem ve kümeleme algoritması Fortran ile hazırlanarak ilgililenen tüm bölgelere uygulanmıştır. Oluşan bu kümelenebilir görüntü verileri de Gemstone'da zenginleştirilmiştir. Diğer yöntemler sonucunda oluşan görüntüler gibi bu görüntülerin de fotoğrafları çekilmiştir.

Tartışma ve Sonuçlar

Kümeleme yöntemleri, görüntü verisindeki her piksel kullanıldığı için uzun zaman ve bilgisayar kapasitesi gerektiren sınıflama yöntemleridir. Kümeleme yöntemlerini kullanacak kişilerin kapasitesi yüksek olan bilgisayarlarda çalışmaları gerekmektedir. Disk kapasitesi çok büyük, bellek kapasitesi çok yüksek olan bir sistem kümeleme programlarını çalıştırmak için idealdir. Çok uzun zaman alabilecek işlemler yüksek kapasite nedeniyle daha kısa zamanda sonuçlandırılabilir.

Çalışılan MicroVax II sisteminde disk kapasitesinin çok büyük olmasına karşılık bellek çok yüksek değildir. Sistemde Fortran ile hazırlanan kümeleme programlarının çalışarak görüntüleri kümelemesi uzun zaman almaktadır. Daha kısa zamanda kümelemelerin tamamlanabilmesi için ise kümeleme algoritmalarında, görüntü verilerindeki piksellerin tamamını kullanmak yerine, piksel sayılarını azaltarak daha az sayıda piksel kullanacak değişiklikler yapmak gerekmektedir. Bu durumda da kümelenebilir görüntülerdeki hassasiyet azalmaktadır. Fakat hakkında çok az şey bilinen veya hiç bir şey bilinmeyen bölgelerin sınıflandırılması için bu yöntemler kullanılabilir. Yine de doğruya en yakın sonucu verebilecek bir kümeleme yönteminin tercih edilmesi gerekir.

Bu çalışmada aynı bölge görüntü verileri üzerinde birden fazla kümeleme yöntemi uygulanarak elde edilen kümelenebilir görüntüler incelenmiştir. Çalışmada ayrıca yeni bir kümeleme yöntemi geliştirilmesi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Geliştirilen yöntem de seçilen bölgelerin toprak çeşitlerini ayırt edebilmek için bölgeler üzerinde uygulanmıştır.

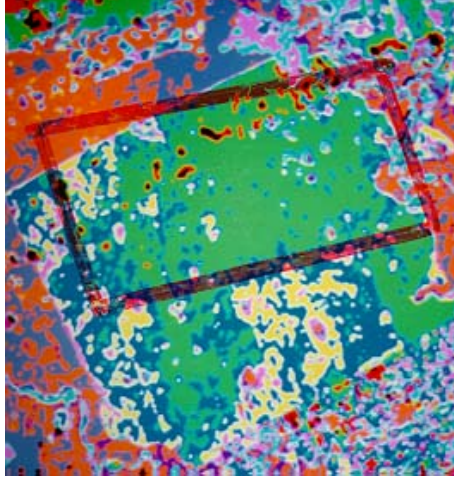
Gemstone'da bulunan kümeleme yönteminin çok iyi sonuçlar vermemesi üzerine bölge-3 ve sonraki bölge verileri üzerinde bu yöntem uygulanmamıştır. Kümeleme algoritmasına göre 2 bandın kullanıldığı çekimli birleşme yönteminde de bilgi kaybı ve sınıfların karışması diğer yöntemlere göre daha fazladır. Geliştirilmeye çalışılan yeni yöntemde ise 3 bant verisi ve tüm pikseller kümelemede kullanıldığı için kümeleme işlemi çok uzun zaman almıştır. Daha kısa sürede kümeleme işleminin sonuçlanması için görüntüdeki tüm pikseller yerine birer piksel atlanarak kümeleme yapılmıştır. Buna rağmen yukarıda bahsedilen iki yöntemle göre daha iyi sonuçlar alınmıştır. Toprak sınıfları ve fazları birbirine karışmadan ayırt edilebilmektedir.

Çalışmadaki 3 bölge görüntü verisi için çekimli birleşme, pencere yöntemi ve geliştirilen yeni yöntem uygulanarak elde edilen kümelenebilir görüntülerin yanına bu test alanlarının daha önce eğitilmiş (supervised) çalışarak yer gerçeği doğrulanmış görüntü haritalarını koyarak bu üç kümeleme yönteminin sınıflamadaki doğrulukları daha iyi incelenebilir.

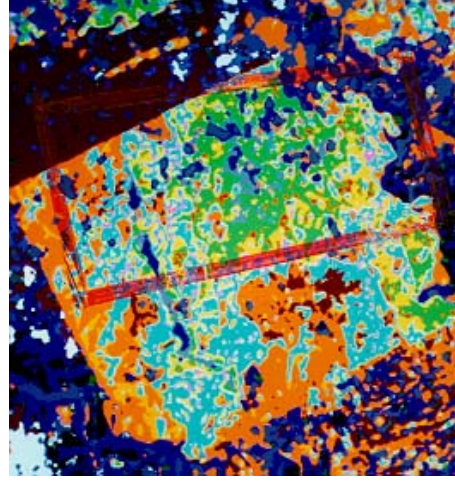
Bu amaçla şekil-2' de bölge-2 için, şekil-3' de bölge-3 için ve şekil-4' de bölge-4 için tüm bu kümelenebilir görüntüler ve daha önce çalışarak elde edilmiş toprak haritaları yan yana getirilmiştir. Bu haritalara karşılık gelen yerler görüntü üzerinde işaretlenmiştir.

Şekillerden görüldüğü üzere çekimli birleşme yöntemi ile elde edilen görüntülerde piksel sayısı az olan kümeler kaybolmuştur. Piksel sayısı daha fazla olan yakın komşu sınıflarla bu sınıfların birleştiği görülmektedir. Aynı şeyler pencere yöntemi için de söylenebilir. Bunda da bir sınıf iki veya daha fazla sınıfa bölünmüştür. Her iki yöntemle de toprak sınıfları karışmaktadır.

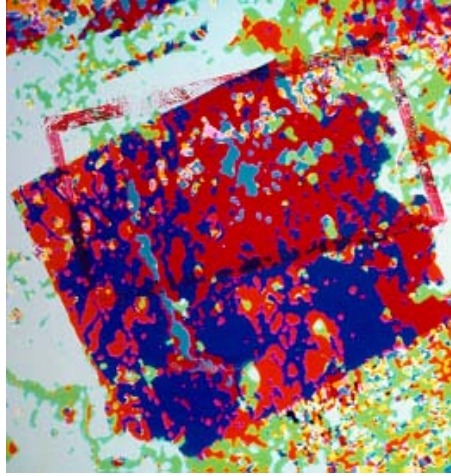
Geliştirilen yeni yöntem görüntüleri ile yer gerçeği doğrulanmış görüntü haritalarını karşılaştırınca toprak sınırlarının hemen hemen doğru olduğu görülmektedir. Sınırların karıştığı çok az sınıf vardır. Tüm sınıflar doğru olarak bulunabilmiştir.



(a)



(b)

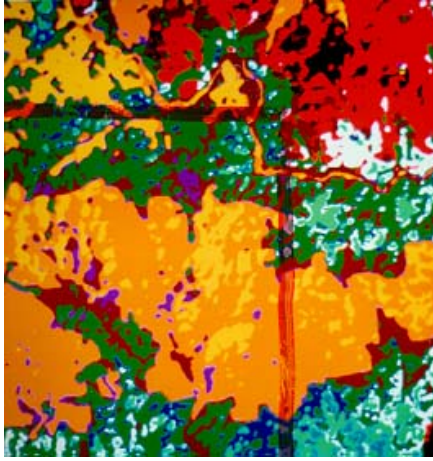


(c)

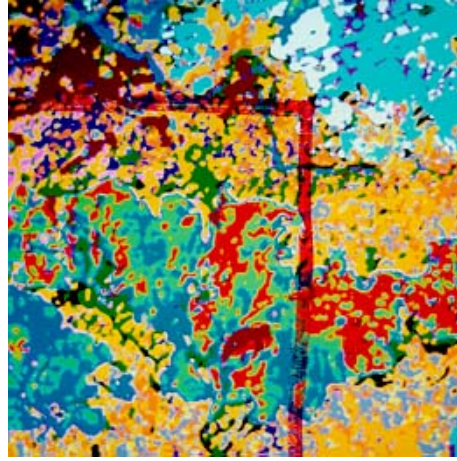


(d)

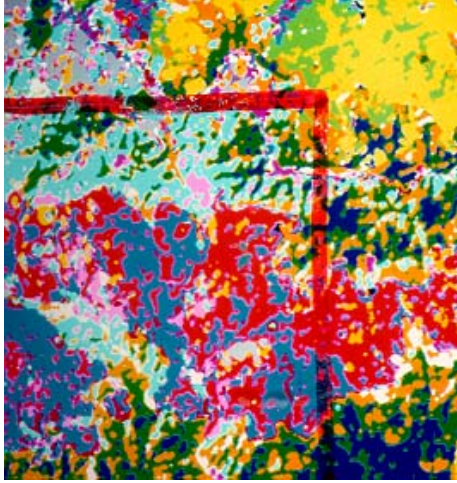
Şekil 2: (a) Bölge-2, çekimli birleşme yöntemi ile kümelenmiş görüntü. (b) Pencere yöntemi ile kümelenmiş görüntü. (c) Üzerinde çalışılan yeni yöntem ile kümelenmiş görüntü. (d) Aynı alanın eğitilmiş (supervised) çalışılmış ve yer gerçeği ile doğrulanmış toprak haritası.



(a)



(b)

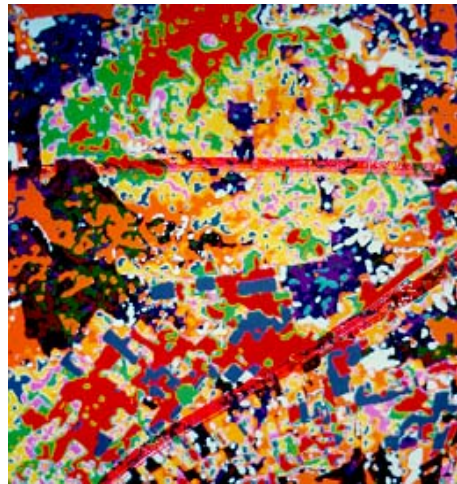
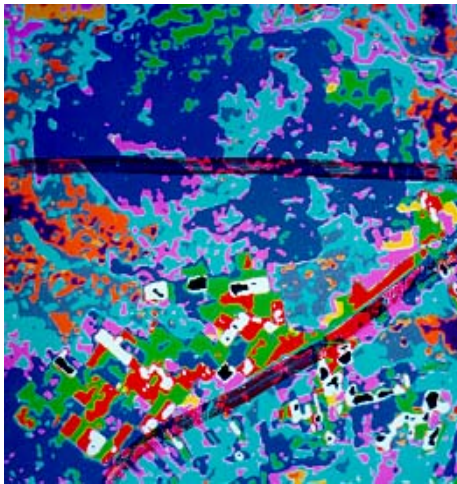


(c)

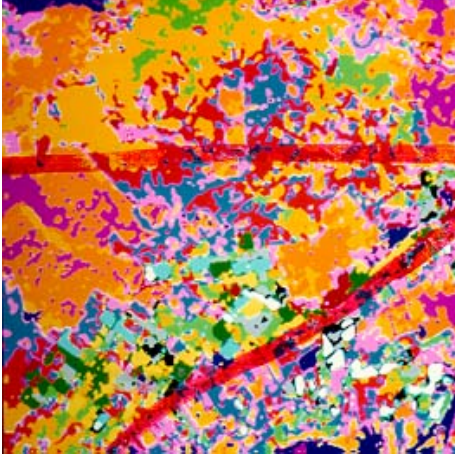


(d)

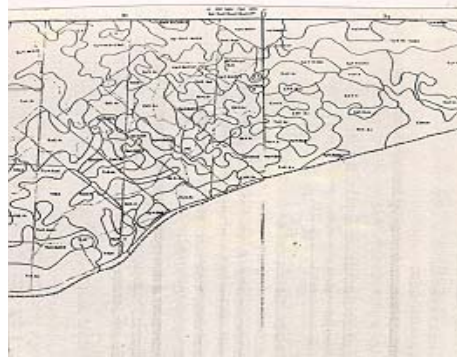
Şekil 3: (a) Bölge-3, çekimli birleşme yöntemi ile kümelenmiş görüntü. (b) Pencere yöntemi ile kümelenmiş görüntü. (c) Üzerinde çalışılan yeni yöntem ile kümelenmiş görüntü. (d) Aynı alanın eğitilmiş (supervised) çalışılmış ve yer gerçeği ile doğrulanmış toprak haritası.



(a)



(b)



(c)

(d)

Şekil 4: (a) Bölge-4, çekimli birleşme yöntemi ile kümelenmiş görüntü. (b) Pencere yöntemi ile kümelenmiş görüntü. (c) Üzerinde çalışılan yeni yöntem ile kümelenmiş görüntü. (d) Aynı alanın eğitilmiş (supervised) çalışılmış ve yer gerçeği ile doğrulanmış toprak haritası.

Kaynaklar

- BARRET, E. C., CURTIS, L. F., 1978. Introduction to Environmental Remote Sensing. Chapman and Hall, London.
- BERNSTEIN, R., 1978. Digital Image Processing for Remote Sensing. Hamilton Publishing Company, Santa Barbara, California.
- DİNÇ, U., YEĞİNGİL, İ., İNCE, F., ŞENOL, S., PEŞTEMALCI, V., ERTUĞ, Ö., 1986. Uzaktan Algılama Yaz Okulu Ders Kitabı, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları.
- FLOYD, F., SABIN, J. R., 1978. Remote Sensing Principles and Interpretation. New York, W. H. Freeman Company.
- İNCE, F., 1979. Bazı Görüntü İşleme Metodları, Histogram, Anabilesenler, Sınıflandırma ve Kümeleme Teknikleri, TÜBİTAK, Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü, Elektronik Araştırma Ünitesi, Ünite içi Rapor No: VI-79/3.
- İNCE, F., 1986. Maximum Likelihood Classification, Optimal or Problematic? A Comparison with the KNN Classification, Technical Report No: Tr-86/09, TÜBİTAK, Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü, Elektronik Araştırma Ünitesi.
- İNCE, F., 1986. Uzaktan Algılamada Sayısal Görüntü İşleme, Yayın No: OY-86/ 09.
- MAKTAV, D., SUNAR, F., 1991. Uzaktan Algılama Kantitatif Yaklaşım, Swain, Philip H., Davis, Shirley M.'den çeviri.
- NASA, 1976. Mission to Earth: Landsat Views to World, NASA, Sp. Pub. No:360, USA.
- RICHARDS, I. A., 1986. Remote Sensing Digital Image Analysis. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- SLATTER, N. P., 1980. Remote Sensing Optics and Optical Systems, Addison-Wesley Pub., London.
- SPATH, H., 1980. Cluster Analysis Algorithms for Data Reduction and Classification of Objects, John Wiley and Sons, New York.
- SWAIN, P. H., DAVIS, S. M., 1978. Remote Sensing. The Quantitative Approach. Mc Graw-Hill Inc., U.S.A.
- TOWNSHEND, J. R. G., 1981. Terrain Analysis and Remote Sensing, George Allen and Urwin Publishers. London.
- WOODING, M. G., 1979. A Four Band Radiometer for Ground Measurement of the Spectral Reflectance of Some-Crops Initial Results, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Aerial Photography Unit, Cambridge.
- YEĞİNGİL, İ., 1987. Görüntü İşleme Metotları ve Kümeleme Tekniklerinin Uygulanması, E. Ü. Bilgisayar Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, Cilt:10, Sayı:2.

YILDIRIM, H., 1989. Bir Eğitimsiz (Unsupervised) Sınıflandırma Metodunun Geliştirilmesi Üzerine Araştırmalar ve Bunun Ceylanpınar Ovası Topraklarına Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Adana.