



Temel Kavramları ve Jeolojik Uygulamalardaki Önemiyle Sayısal Görüntüleme

SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME (SGİ), bilgisayar yardımıyla görüntülerin işlenmesi ve yorumlanması olarak tanımlanabilir. Bu teknik; tıp, kriminoloji (suç bilimi) ve askeri haber alma gibi birbirinden farklı alanlarda kullanıldığı gibi uydular aracılığıyla elde edilmiş görüntülerin jeolojik amaçlı olarak yorumlanmasında da kullanılır. SGİ; Landsat, SPOT, Radarsat, NOAA gibi değişik uydu sistemleri tarafından kaydedilen görüntülere, ticari ve halka açık programlar aracılığıyla bilgisayar ortamında uygulanabilmektedir.

SGİ, kısaca ekran üzerinde görüntüyü oluşturan en küçük elemanı (piksel) bilgisayarda işler. Bilgisayar, bu elemanları bir eşitlikler serisinde kullanmak ve hesaplama sonuçlarını saklamak için programlanmıştır. Bu işlemler sonucunda yeni bir sayısal görüntü oluşur.

SGİ, uzaktan algılanmış verilerin tümünden incelenmesine ve veri analizinin otomatikleştirilmesine öncülük eder. İnsan gözü spektral, bilgisayarlar ise konumsal modellerin değerlendirilmesinde bir dereceye kadar yeteneklidir. Bu yöntemde ise görsel ve sayısal işlemler birbirini tamamlar.

Görüntü İşlemleri

SGİ'den önce yeryüzünün herhangi bir parçası analogdan sayısal dönüşüm işlemi sonucunda sayısal forma dönüştürülür. SGİ'yi 4 ana gruba ayırmak mümkündür.

Görüntü Düzeltimi ve Onarımı

Görüntü alımı sırasında ve daha sonrasında ortaya çıkan aksaklıkların düzeltilmesi için yapılan işlemlerdir. Yerkürenin yuvarlaklığı ve perspektiften doğan bozuk-

luklar (geometrik düzeltme), Güneş'in yeryüzü üzerine düşen ışınlarının mevsimsel olarak değişimi (radyometrik düzeltme), görüntü üzerinde istenen bilgilerle ilgili olan ve olmayan iki ayrı kategorinin ortaya çıkarılması (sinyal ve parazitlerin belirlenmesi) gibi işlemler bunlar arasındadır.

Görüntü Zenginleştirilmesi

Görüntü zenginleştirmesinin amacı görsel yorumlamayı daha da iyileştirmektir. Kontrast uzanımı, standart yapay-renkli görüntüler, spektral oranlama, kenar zenginleştirilmesi ve IHS dönüşümleri olmak üzere 5'e ayrılır (Berger, 1994).

Görüntü Sınıflaması

Sınıflama yöntemlerinin amacı, yeryüzü üzerinde farklı örtü sınıflarıyla temsil edilen alanları sınıflandırmaktır. Kontrollü ve kontrolsüz olmak üzere ikiye ayrılır.

Kontrollü sınıflama: Bu sınıflama türünde, görüntüde yer alan değişik yer örtülerinin tanıtan faktörleri, bilgisayar algoritmasıyla ifade edilir. Analist; sınıflandırıcıya, bilgi içeren sınıfları tanımasını öğretir. Bunu yapmak için, alıştırma bölgeleri temel alınır. Veri setindeki her piksel, yorumlama anahtarındaki her kategoriyle sayısal olarak karşılaştırılır ve en çok benzeyen kategorinin ismiyle anılır.

Altındaki şekil, kontrollü sınıflamayı üç temel adımda özetlemektedir. (1) Analist ilk aşamada, alıştırma bölgelerini temsil eden ve görüntüdeki her bir farklı örtü tipinin spektral nitelikleri için bir sayısal tanım geliştirir. Daha sonraki aşamada (2), görüntü veri setin-

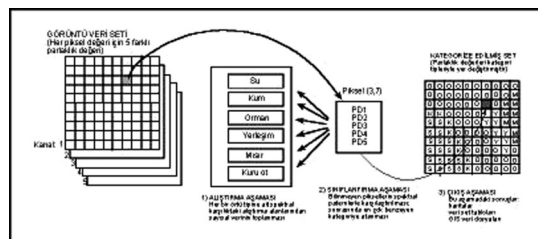
deki her piksel örtü sınıfına kategorize edilir. Herhangi bir alıştırma setine benzetilecek yetersiz sayıda piksel varsa genellikle bilinmeyen olarak adlanır. Bu işlemde, her piksel için ayrılan kategori etiketi, yorumlanmış veri setindeki ilişkili hücreye kaydedilir. Tüm veri setinin kategorize edilmesinden sonra sonuçlar çıktı aşaması olarak sunulur (3). Çıktı ürünlerinin üç ayrı formunu tematik haritalar, farklı yer örtü sınıfları ve bir coğrafik bilgi sisteminde (GIS) sorumlu sayısal veri dosyası olarak oluşturur.

Kontrolsüz sınıflama: Kontrolsüz yaklaşımda görüntü verileri, doğal görüntüdeki spektral gruplarda kümeleştirilir ve sınıflanır. Analist, daha sonra yer referanslı verilerle sınıflanmış görüntüleri karşılaştırarak bu spektral grupların yer-örtü benzerliğini belirler. Bu sınıflamada veri analistinın karar bölgelerinin oluşturulmasında kontrolü azdır. Kontrolsüz sınıflandırma, kontrolün azalması nedeniyle bilgi içeren sınıfları belirlemede kontrollü sınıflandırma kadar etkin değildir.

Görüntü Birleştirimi

Sayısal formdaki görüntülerin varlığı, farklı uydu sistemlerinin içerdiği çeşitli görüntü verilerinin birlikte kullanılmasına da imkan sağlar. Birleştirilmiş bu ürünler iki gruba ayrılabilir. Bunlar; iki boyutla ifade edilen harita formatı ve bu tiplerin üç boyutla temsil edilebilen türleridir.

Örnek olarak; ince detayları bile gösterebilen siyah/beyaz (pankromatik) bir SPOT uydu görüntüsü, aynı bölgenin zenginleştirilmiş Landsat TM görüntüsüyle birleştirildiğinde, konumsal ve spektral ayırma gücü daha iyi olan bir görüntü ortaya çıkar. Bunun yanında topografyanın izlenebildiği üç boyutlu görüntüler, aynı bölgeye ait jeolojik enine kesitlerle birleştirilebilir. Jeolojik haritası yapılmış herhangi bir bölgenin uydu görüntüsü, bu haritalamalarla ile birleştirildiğinde ya-



Kontrollü sınıflamanın temel aşamaları

pısal ve stratigrafik yorumlama daha iyi yapılabilir.

Sonuçlar

Sayısal görüntü işleme yöntemleri; jeolojik haritalama, bölgesel tektoniğe yönelik çalışmalar, cevher ve mineral oluşuklarının belirlenmesine yönelik olarak uygulanabilir. Özellikle yapısal jeoloji ile ilgili uygulamalarda yönsel zenginleştirme tekniklerinin uygulanması önerilebilir. Bu tür uygulamalar sonucunda, yörede etkin olan çizgiselliklerin yönleri saptanabilir. Arazi çalışmalarıyla bu tür çizgiselliklerden hangilerinin ne tür fay oldukları ortaya çıkarılabilir. Jeolojik haritalamaya yönelik uygulamalarda ise ince detayları gösterebilen görüntüler tercih edilmeli, uygun bant seçimi yapılmalı ve bu görüntüler zenginleştirme teknikleriyle görsel açıdan daha iyi hale getirilmelidir.

Bütün bu anlatılanların ışığında, SGI' nin, görüntülerin jeolojik olarak yorumlanmasında çok önemli bir yere sahip olduğunu söylenebilir. Uzaktan algılamayla birlikte düşünüldüğünde, bu yorumlamayı yapabilecek düzeye gelmiş bir analistin, fizik, matematik, kimya, bilgisayar ve elektronik ile ilgili bazı terim ve kavramları bilmesi gereklidir.

Kaan Şevki Kavak

Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

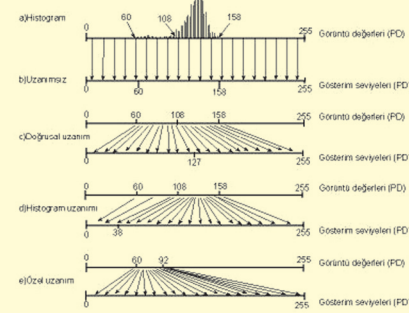
Kaynaklar

- Arnold, R.H., 1997, *Interpretation of Airphotos and Remotely Sensed Images*, Prentice Hall, New Jersey, 250 p.
- Berger, Z., 1994, *Satellite Hydrocarbon Exploration-Interpretation and Integration Techniques*, Springer-Verlag, Berlin, 319 p.
- Carr, J.R., 1995, *Numerical Analyses for the Geological Sciences*, Prentice Hall, New Jersey, 592 p.
- Drury, S.A., 1993, *Image Interpretation in Geology*, 2nd ed. Chapman & Hall, London, 283 p.
- Jensen, J.R., 1996, *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Prentice Hall, New Jersey, 316 p.
- Kavak, K.Ş., 1995, *Uzaktan algılamanın temel kavramları ve Sivas Havzası'nın GD'sına ait Landsat MSS görüntülerinin arazi verileriyle değiştirilmesine yönelik bir uygulama*, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, Doktora semineri 1. 70 s (yayınlanmamış).
- Kavak, K.Ş., 1997, *Uzaktan algılamada sayısal görüntü işlemleri ve jeolojideki uygulamaları*, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, Doktora semineri II. 62 s (yayınlanmamış).
- Kavak, K.Ş., 1997a, İnan, S., Poisson, A. ve Guesou, J.C., 1997, *Tectonostratigraphy of the Southern Sivas Tertiary Basin (Central Turkey) and Comparison with Landsat MSS Imagery*, International Geology Review, 39, 353-364
- Kavak, K.Ş., 1998, *Sarıca ve Karacaören (Ulaş-Sivas) Yöresinde Sivas Tersiyer Havzasının Tektonostratigrafisi, Tektonik Deformasyon Biçimi ve Sayısal Görüntü İşlem Yöntemleriyle İncelenmesi*, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, Doktora Tezi, 287 s (yayınlanmamış)
- Kavak, K.Ş., 1998a, *Uzaktan algılamanın temel kavramları ve jeolojideki uygulama alanları*, Jeoloji Mühendisliği, 52, 63-74.
- Kavak, K.Ş., 1999, *Display and Enhancement Facilities of Landsat MSS and SPOT XS Imagery in Remote Sensing Geology: An Example from the Sivas Tertiary Basin (Central Anatolia/Turkey)*, International Journal of Remote Sensing (in-celmede)
- Lillesand, T.M., ve Kiefer, R.W., 1994 *Remote Sensing and Image Interpretation*, 3rd ed., John Wiley & Sons, New York, 750 p
- Maktav, D. ve Sunar, F., 1991, *Uzaktan Algılama: Kanitativ Yaklaşım*, Hüriyet Ofset A.Ş., İstanbul, 429 s.
- Sabins, F.F., 1987, *Remote sensing principles and interpretation*, WH. Freeman, San Fransisco.
- Vincent, R.K., 1997, *Fundamentals of Geological and Environmental Remote Sensing*, Prentice Hall, New Jersey, 366 p

Daha Zengin Görüntü İçin

Kontrast Uzunımı

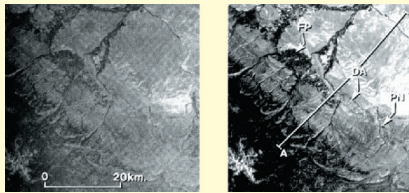
Bilgisayar ortamındaki 8 bitlik kodlama sisteminde, görüntü 256 gri seviyesinde gösterilir ve kaydedilir. Kontrast uzunımının amacı, görüntüye ait parlaklık değerlerinin (PD) dar aralığını daha geniş bir aralığa yaymaktır. Bu işlemi anlamak için, parlaklık değeri 0 ile 255 arasında değişen bir algılayıcı sistemin varlığını düşünelim. Şekil 1.a, herhangi bir görüntünün bir spektral bantta kaydedilmiş histogramını göstermektedir.



Şekil 1: Kontrast uzunım zenginleştirmesinin genel prensipleri.

Histogramda gözlenen 60-158 arasındaki değerleri, 0 ile 255 arasına yayılarak daha iyi bir gösterim elde edilebilir. Böylece, Şekil 1.c' deki aralık homojen olarak daha geniş bir aralığa yayılır. Bu işlem, doğrusal uzunım olarak adlanır. İşlem öncesinde, görüntü tonlarında güçlükle fark edilen değişimler, sonradan yorumlayıcı tarafından kolayca tanınabilecek tonlara dönüşür. Eş uzunımlı histogram işlemiyle, değerlerin çoğunun histogramın sık olduğu bölüme atanmasıyla gerçekleşir (Şekil 1.d). 109-158 arasındaki değerler böylece 39-255 arasında yer alan gösterim parçasına yayılır. Özel uygulamalarda, histogramın dar bir aralığıyla ifade edilen değerleri, tüm histogram aralığına yayılarak analiste daha ayrıntılı ve doyurucu bilgi sağlar (Şekil 1.e).

Şekil 2.a da orijinal bir Landsat MSS görüntüsü, çok düşük bir kontrast göstermekte olup dar bir alana sıkışmış parlaklık değerlerini temsil eder. Kontrast uzunım işlemi sonrası ortaya çıkan görüntüde, kontrastın oldukça artırıldığı ve yorumlamanın öncesine oranla daha iyi hale geldiği gözlenir.

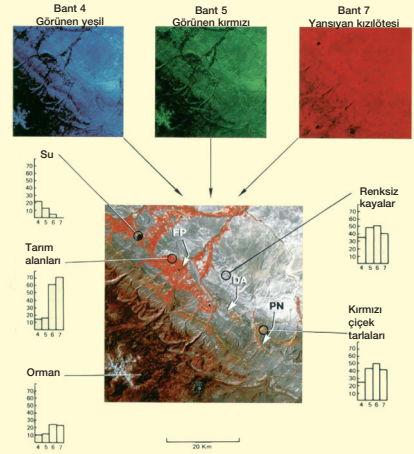


Şekil 2: Wind River Havzası'ndan alınan bir Landsat MSS görüntüsüne (a) kontrast uzunımı uygulandıktan sonra ortaya çıkan durum.

Standart Yapay Renkli Görüntüleme

Bu işlemin temelini, görüntüyü oluşturan her bir spektral bantta özel bir renk atanması esas oluşturur. Bu bantlar, daha sonra tek bir görüntü altında birleştirildiğinde renkli fakat insan gözü tarafından algılanan görünümle ilişkisi olmayan yeni bir görüntü meydana getirir (Şekil 3).

Standart yapay renkli görüntüler, özellikle şiddetli erozyona uğramış bölgelerdeki jeolojik yapıların daha kolay izlenmesine yardımcı olur. Bu şekilde

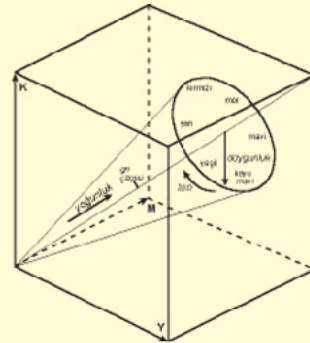


Şekil 3: Standart yapay renkli görüntüleme. Düşey bar grafikleri, özel yüzey örtü tipleri için kaydedilmiş sayısal verilerin toplam miktar olarak 4 ayrı Landsat bantına karşılık gelen değerleri gösterir. FP: Seldüzüğü, DA: Dallas Antiklinali, PN: Dalımın ucu.

kilde jeolojik yapılar, görüntü üzerinde rahatlıkla izlenebilir, haritalanabilir ve arazi verileriyle birlikte değerlendirilebilir.

Yoğunluk-Ton-Doygunluk Renk Dönüşümü

Sayısal görüntüler, üç temel renk olan kırmızı, yeşil ve maviyi (RGB) kullanır ve renk bileşikleri şeklinde gösterir. Şekil 4, bu ilişkiyi göstermektedir. Buradan; kırmızı, yeşil ve mavinin parlaklık değerlerinin 2563 (16.777.216) olduğu çıkarılabilir. Küpün başlangıç noktasından karşı köşeye kadar birleştirilen çizgi gri çizgisi olarak bilinir. RGB renk sistemi, normal renkli, yapay renkli, kızılötesi ve seçmeli renkli gösterimlerde yaygın olarak kullanılır.

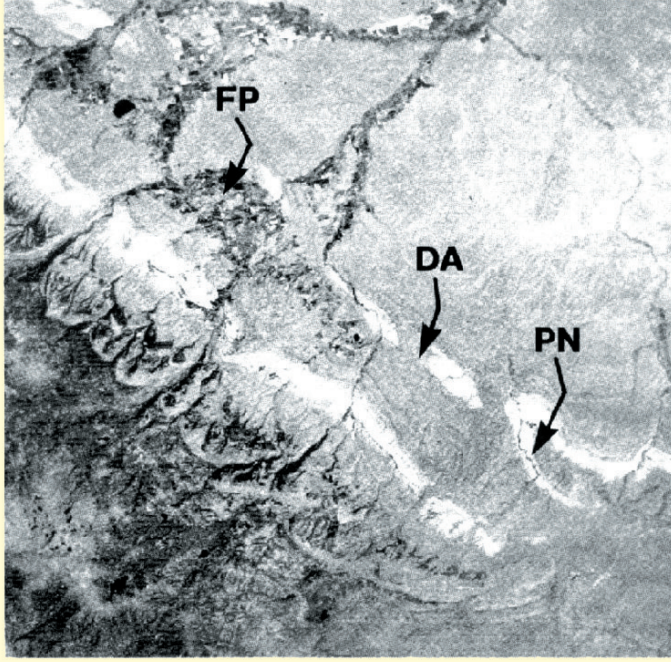
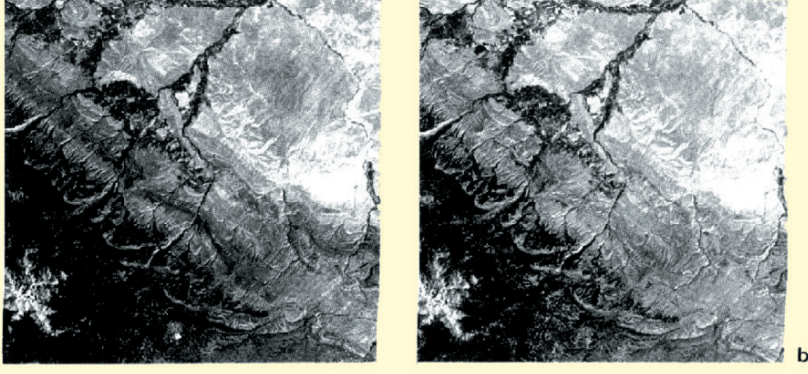


Şekil 4: Kırmızı-Yeşil-Mavi (RGB) üç boyutunda tanımlanmış yoğunluk, doygunluk ve renk tonu kavramlarının birbirleriyle ilişkisi.

Renkler tanımlamanın alternatif bir yolu da yoğunluk-ton-doygunluk (IHS) sisteminin kullanılmasıdır. Yoğunluk; rengin toplam parlaklığıyla, ton ise bir renge katkıda bulunan toplam ışıkla ilişkilidir. Doynuluk ise görelî renk saflığına göre orani olarak bilinir. Örneğin pembe gibi pastel renkler yüksek doynuluktaki koyu kırmızıyla karşılaştırıldığında düşük doynuluktadır. İşlem öncesi RGB elemanlarının IHS elemanlarına dönüşümü zenginleştirmede kontrol sağlar.

Spektral Oranlama

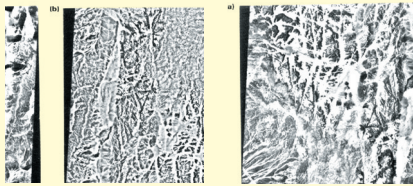
Bir görüntüyü oluşturan veriler, tek bantta ayrı gri tonları veya üç bantta renkli olabileceği gibi farklı kombinasyonlarda da olabilir. Bunların en kullanışlısı, bir bantın diğer bir bantla oranı olarak ifade edilir. Bu oranlama, bir bantı oluşturan piksellerin diğer bantta bölünmesiyle ortaya çıkar.



Şekil 5: (a ve b) Wind River Havzası' na ait bir görüntünün 4. ve 5. bantlarına ait görüntüler. (c) Bu iki bantın birbirine oranlanması (5/4) sonucunda ortaya çıkan görüntü. FP: Seldüzlüğü, DA: Dallas antiklinali, PN: Dalımın ucu.

Jeolojik amaçlı çalışmalar için, bazı Landsat TM bant kombinasyonları daha uygundur. Bunlardan (731) kombinasyonu, mineral gruplarının ayırtılmasında kullanılır. Bu kombinasyonda evaporitik çökeller daha çok beyaz, ırmaklar ise koyu renkte görülürler. (457) kombinasyonu, yine mineral gruplarının ayırımı için kullanılırken (754) kombinasyonu ise güncel volkanik malzemenin yüzeye çıktığı bölgelerde lavların kırmızımsı-sarı, daha sıcak lavların ise daha sarımsı görünmesine yol açar. Demir içeriğinin değişimini saptamak amacıyla yapılan jeolojik çalışmalarda 2/3 TM, kil içeriğinin değişimini saptamak içinse 5/7 TM oranlarını incelemek gerekir.

Şekil 5, Landsat MSS 5. bantın (a) 4. bantla (b) oranlandığında ortaya çıkan görüntünün (c) göstermektedir. Buna göre en açık tonlar, yüksek oranlama değerlerini ve yüksek oranda demir içeriği bulunan kayalar temsil etmektedir.



Şekil 7: Ürdün' ün bir bölümüne ait bir Landsat MSS görüntüsüne (a) büyük boyutlu (31x31) bir filtreleme uygulanması sonucunda ortaya çıkan yapısal özelliklerin görünümü (b).

Koyu tonlar ise düşük oranlama değerlerini ifade etmekte olup bitki örtüsünü ifade ederler. Ortaç gri tonlarsa iki bantta da benzer yansıma özelliklerine sahip malzemeleri temsil eder.

Kenar Zenginleştirilmesi

Farklı tonlarla ifade edilen bölgeler arasındaki ayrımı arttırmak için filtreleme işlemleri uygulanır. Yüksek geçirimli filtreleme uygulanmış görüntülerin detayları vurguladığını hatırlatmakta yarar vardır. Filtrelerin çalışma mantığı şu şekilde açıklanabilir:

Orijinal bir görüntüye (Şekil 6.a) 3x3' lik bir filtreleme uyguladığımızda (b) filtrelenmiş görüntünün merkezindeki piksellerin parlaklık değerlerinin orijinal görüntüyü oluşturacak olan pencerenin

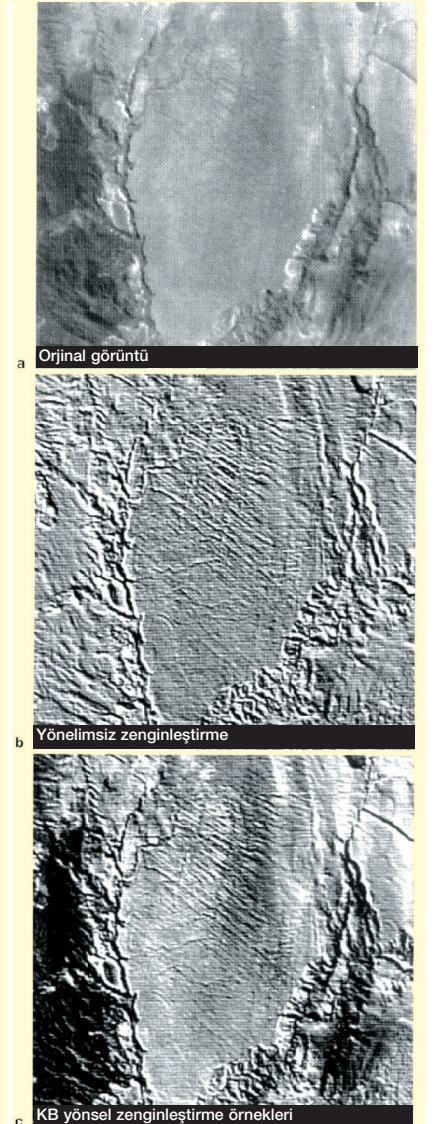
çevresindeki 9 pikselin ortalama değerini görürüz. Görüntüye filtre uygulandığında ortaya çıkacak yeni görüntünün parlaklık değerleri c' deki gibi olacaktır.

Yüksek geçirime uğramış bu görüntüler, çizgisel özellikleri veya

birbirinden farklı tonlarla ifade edilen kayaların ortaya çıkarmak için alınan orijinal görüntüye üstünlük sağlar. Jeolojik açıdan fay ve intrüfiz kontakt gibi özellikleri vurgulamak için bu filtreler kullanılmalıdır. Şekil 7, bölgesel ölçekteki fayları ortaya çıkarmak amacıyla kullanılan büyük bir filtreleme örneğini göstermektedir. (a)' da Ürdün' ün bir bölgesinden alınan ve kontrast uzanımıyla zenginleştirilmiş Landsat MSS 7. bant görüntüsü üzerinde faylar zorlukla izlenebilirken (b)' de 31x31 boyutunda, büyük bir filtre kullanılarak elde edilen görüntüde bu yapısal özellikler daha iyi ortaya çıkmaktadır.

Yönel filtreleme ise jeolojik açıdan bölgesel tektonik özelliklerin ortaya çıkarılmasında çok önemli veriler sunan tekniklerden birisidir. Buna göre, görüntüye çeşitli yönlerden verilecek ışıklandırılmalarla bu yöne ilişkili tektonik özellikler ortaya çıkarılabilir.

Şekil 8, Altiplano/Sili bölgesinden alınan orijinal bir Landsat MSS görüntüsüne aittir. Alta aynı görüntüye, yönelimsiz bir kenar zenginleştirme uygulanmıştır (b). Görüldüğü gibi orijinal görüntüye göre topografik ve kontrast farklılıkların yanında etkin olan çizgisellikler de rahatlıkla izlenmektedir. En alttaki şekilde, yönsel bir zenginleştirme tekniği uygulanmış bir görüntüde ortaya çıkan kuzeybatı yönlü çizgisellikler gözlenmektedir (c).



Şekil 8: Yönelimsiz ve yönsel filtreleme örneklerinin karşılaştırılması.