

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RESİMLİ DOKÜMAN GÖRÜNTÜLERİNDE DOKU
ÖZELLİĞİNE GÖRE METİN ALANLARININ
BULUNMASINI SAĞLAYAN BİR SİSTEM**

Bilgisayar Müh. İlktan AR

**FBE Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. M. Elif KARSLIGİL

İSTANBUL, 2007

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RESİMLİ DOKÜMAN GÖRÜNTÜLERİNDE DOKU
ÖZELLİĞİNE GÖRE METİN ALANLARININ
BULUNMASINI SAĞLAYAN BİR SİSTEM**

Bilgisayar Müh. İlktan AR

**FBE Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. M. Elif KARSLIGİL (YTÜ)
Juri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Deniz Turgay ALTILAR (İTÜ)
: Yrd. Doç. Dr. Soner ÖZGÜNEL (YTÜ)

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iii
KISALTMA LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1.1 Doku Tabanlı Olmayan Sayfa Plan Analizi Yöntemleri	6
2.1.2 Doku Tabanlı Sayfa Plan Analizi Yöntemleri	12
3. RESİMLİ DOKÜMAN GÖRÜNTÜLERİNDE DOKU ÖZELLİĞİNE GÖRE METİN ALANLARININ BULUNMASINI SAĞLAYAN BİR SİSTEM	17
3.1 Görüntüyü Alma Adımı	18
3.2 Parazit Temizleme	18
3.3 Gabor Filtresi ile Dokusal Özelliklerin İncelenmesi	22
3.3.1 Gabor Filtresi ile Doku Analizi	22
3.3.2 Gabor Filtreleri	23
3.3.3 Uygulamada Kullanılan Gabor Filtresi	27
3.4 Enerji Haritası Oluşturma Adımı	39
3.4.1 Ön Enerji Haritasının Oluşturulması	39
3.4.2 Enerji Haritasının Oluşturulması	43
3.5 Karakter Takibiyle Kontrol ve Model Oluşturma	47
4. DENEYSEL SONUÇLAR	53
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	79
6. KAYNAKLAR	81
ÖZGEÇMİŞ	84

SİMGE LİSTESİ

$H(x,y)$	İki boyutlu Gabor fonksiyonu
$g(x,y)$	İki boyutlu Gaussian fonksiyonu
$s(x,y)$	Karmaşık sinusoidal işaret
Q	Olasılıklar toplamı
U	Radyal frekans
σ	Gaussian fonksiyonunun band genişliği
σ^2	Varyans

KISALTMA LİSTESİ

BAG	Block Adjacency Graph
CLIDE	Chemical Literature Data Extraction
DIA	Digital Image Analysis
DIAL	Digital Image Analysis for Libraries
ICDAR	International Conference on Document Analysis and Recognition
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
PGM	Portable Gray Map

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Geometrik sayfa plan analizi örneği (Lee ve Ryu, 2001): (a) orijinal doküman görğüntüsü; (b) geometrik sayfa plan analizi.	2
Şekil 2.1 Drivas ve Amin'in yönteminin uygulama sonuçları (1995) : (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) bulunan bağlı parçacıklar; (c) bulunan dikdörtgen bloklar.....	7
Şekil 2.2 Docstrum sayfa bölümlleme algoritmasının şekillerle gösterilen basamak sonuçları (O'Gorman, 1993): (a) orijinal doküman görüntüsü 1; (b) doküman görüntüsü 1'de bulunan metin blokları; (c) orijinal doküman görüntüsü 2; (d) doküman görüntüsü 2'de bulunan metin blokları.....	10
Şekil 2.3 Voronoi-Diagramı tabanlı sayfa bölümlleme algoritmasının uygulama sonuçları (Kise vd.,1998): (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Voronoi alanları; (c) baskın Voronoi kenarları; (d) sayfa bölümlleme sonucu.	11
Şekil 2.4 Raju vd. geliştirdiği Gabor filtresi tabanlı yöntemin uygulama sonuçları (2004): (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) bağlı parçacık analizi sonrasındaki çıktı; (c) Gabor filtre bankasına tepki; (d) yöntemin sonuç çıktısı.....	14
Şekil 2.5 Pati vd. geliştirdiği Gabor fonksiyonu tabanlı çok kanallı filtreleme tekniğini kullanan yöntemin uygulama sonuçları (2004): (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) yöntemin sonuç çıktısı.	15
Şekil 3.1 Önerilen yöntemin sistem modeli	17
Şekil 3.2 Ortalama filtre maskesi	19
Şekil 3.3 Medyan filtreleme örneği: (a) ilk durum; (b) Medyan filtreleme sonucu.	20
Şekil 3.4 Ortalama ve Medyan Filtresinin bir resim örneği üzerinde uygulanması: (a) orjinal resim örneği; (b) tuz-biber gürültüsü eklenmiş görüntü; (c) 3x3 Ortalama filtreleme sonucu; (d) 3x3 Medyan filtreleme sonucu; (e) 5x5 Ortalama filtreleme sonucu; (f) 5x5 Medyan filtreleme sonucu.....	21
Şekil 3.5 Yazı karakterleri içeren resim örneğinde Medyan filtreleme sonucu: (a) kesitin Medyan filtreleme öncesindeki hali; (b) kesitin Medyan filtreleme sonrasındaki hali.	21
Şekil 3.6 σ değeri 2.0 olan Gauss fonksiyonun 3 boyutlu grafiği	24
Şekil 3.7 Tek-simetrik ve Çift-simetrik Gabor fonksiyonunun örneği (Raju vd., 2004): (a) çift-simetrik Gabor fonksiyonu; (b) tek-simetrik Gabor fonksiyonu.	26
Şekil 3.8 Tek değer oranlı Gabor filtresinin sonucu ile Gabor filtre bankasının sonucu	

- karşılaştıran örnek : (a) örnek doküman görüntüsü; (b) Raju vd. (2004) Gabor filtre bankası sonucu (c) Tek değer oranlı Gabor filtresinin sonucu. 27
- Şekil 3.9 Geliştirilen yöntemde kullanılan Gabor filtresinin gerçel ve sanal kısmını gösteren grafikler ($\sigma_x = \sigma_y = 2.0$, $\sigma.\Omega = \pi$, filtre büyüklüğü=11x11): (a) radyanda Gabor filtresinin gerçel kısmı; (b) 0 radyanda Gabor filtresinin sanal kısmı; (c) $\pi/4$ radyanda Gabor filt. gerçel kısmı; (d) $\pi/4$ radyanda Gabor filt. sanal kısmı; (e) $\pi/2$ radyanda Gabor filt. gerçel kısmı; (f) $\pi/2$ radyanda Gabor filt. sanal kısmı; (g) $3\pi/4$ radyanda Gabor filt. gerçel kısmı; (h) $3\pi/4$ radyanda Gabor filt. sanal kısmı. 29
- Şekil 3.10 Değişen frekans değerleri için Gabor filtresinin gerçel ve sanal kısımlarının grafikleri ($\sigma_x = \sigma_y = 2.0$, açı=0 radyan , büyüklük=11x11): (a) $\Omega_o = 0.5$ gerçel kısım; (b) $\Omega_o = 0.5$ sanal kısım; (c) $\Omega_o = 1.0$ gerçel kısım; (d) $\Omega_o = 1.0$ sanal kısım; (e) $\Omega_o = \pi / 2.0$ gerçel kısım; (f) $\Omega_o = \pi / 2.0$ sanal kısım; (g) $\Omega_o = 2.0$ gerçel kısım; (h) $\Omega_o = 2.0$ sanal kısım; (i) $\Omega_o = \pi$ gerçel kısım; (j) $\Omega_o = \pi$ sanal kısım... 31
- Şekil 3.11 Değişen frekans değerlerine bağlı olarak oluşturulan Gabor filtresinin, tuğla resmine uygulanması sonucu oluşan sonuç resimleri ($\sigma_x = \sigma_y = 2.0$, açı=0 radyan , boyut=11x11): (a) orijinal resim; (b) $\Omega_o = 0.5$, Gabor filt. uygulanmış hali; (c) $\Omega_o = 1.0$, Gabor filt. uygulanmış hali; (d) $\Omega_o = \pi/2$, Gabor filt. uygulanmış hali; (e) $\Omega_o = 2.0$, Gabor filt. uygulanmış hali; (f) $\Omega_o = \pi$, Gabor filt. uygulanmış hali..... 33
- Şekil 3.12 Değişen açı değerlerine bağlı olarak oluşturulan 2 boyutlu Gabor filtresinin, tuğla resmine uygulanması sonucu oluşan sonuç resimleri ($\sigma_x = \sigma_y = 2.0$, $\sigma.\Omega = \pi$, boyut=11x11): (a) sık tuğla dokusuna sahip örnek resim; (b) 0 radyan Gabor filtresi sonucu; (c) $\pi/4$ radyan Gabor filtresi sonucu; (d) $\pi/2$ radyan Gabor filtresi sonucu; (e) $3\pi/4$ radyan Gabor filtresi sonucu. 35
- Şekil 3.13 Uygulama kullanılmak üzere geliştirilen tek değer oranlı, 2 boyutlu Gabor filtresinin sanal ve gerçel kısımları: (a) sanal kısım; (b) gerçel kısım..... 36
- Şekil 3.14 Taranarak bilgisayar ortamına aktarılmış ve parazit temizlenme işlemi uygulanmış doküman görüntüsü örnekleri üzerinde Gabor filtreleme işleminin sonuç resimleri 1: (a) orijinal doküman görüntüsü (b) örnek görüntünün filtreye tepkisi..... 37
- Şekil 3.15 Taranarak bilgisayar ortamına aktarılmış ve parazit temizlenme işlemi uygulanmış doküman görüntüsü örnekleri üzerinde Gabor filtreleme işleminin sonuç resimleri 2: (a) orijinal doküman görüntüsü (b) örnek görüntünün filtreye tepkisi..... 37

Şekil 3.16	Taranarak bilgisayar ortamına aktarılmış ve parazit temizlenme işlemi uygulanmış doküman görüntüsü örnekleri üzerinde Gabor filtreleme işleminin sonuç resimleri 3: (a) orijinal doküman görüntüsü (b) örnek görüntünün filtreye tepkisi.....	38
Şekil 3.17	Taranarak bilgisayar ortamına aktarılmış ve parazit temizlenme işlemi uygulanmış doküman görüntüsü örnekleri üzerinde Gabor filtreleme işleminin sonuç resimleri 4: (a) orijinal doküman görüntüsü (b) örnek görüntünün filtreye tepkisi.....	38
Şekil 3.18	Otsu eşik seviyesi belirleme metodunun örneği: (a) 8 bit gri seviyesindeki örnek resim; (b) Otsu adaptif eşik seviyesi bulma metoduyla siyah-beyaza çevrilmiş örnek resim	41
Şekil 3.19	Doküman görüntüsü örneğinin Gabor filtrelemesinden elde edilen sonuç resmi ve bundan oluşturulan ön enerji haritası: (a) Gabor filtreleme sonucu; (b) ön enerji haritası.	42
Şekil 3.20	Özyinelemeli bağlı parçacık etiketleme algoritması (Shapiro ve Stockman, 2001)44	
Şekil 3.21	Doküman örneği üzerinde Ön enerji haritasından Enerji haritasına geçiş örneği: (a) Ön enerji haritası; (b) Enerji haritası; (c) Ön enerji haritasından alınan kesit 1; (d) Enerji haritasından alınan kesit 1; (e) Ön enerji haritasından alınan kesit 2; (f) Enerji haritasından alınan kesit 2.....	46
Şekil 3.22	Doküman görüntüsünün karakter takibi öncesindeki halinin oluşturulmasının örneği: (a) 256 renk doküman görüntüsü; (b) 2 renk doküman görüntüsü; (c) enerji haritası (d) karakter takibi öncesindeki hal.....	48
Şekil 3.23	Karakter takibinde komşu bileşenlerinin aranacağı alanlar	49
Şekil 3.24	Karakter takibinin etkisini ve model oluşturmayı gösteren örnek: (a) doküman görüntüsünün karakter takibi öncesindeki hali; (b) karakter takibi sonrasındaki hal; (c) karakter takibi öncesindeki halden alınan kesit 1; (d) karakter takibi sonrasındaki halden alınan kesit 1; (e) karakter takibi öncesindeki halden alınan kesit 2; (f) karakter takibi sonrasındaki halden alınan kesit 2; (g) karakter takibi öncesindeki halden alınan kesit 3; (h) karakter takibi sonrasındaki halden alınan kesit 3.....	51
Şekil 4.1	Doküman görüntü örneği-1'in girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası.....	54
Şekil 4.2	MediaTeam Document veritabanından alınan bir doküman kesitinde 4 ara adımlı uygulama sonuçları: (a) orijinal hal; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası.	55

Şekil 4.3	MediaTeam Document veritabanından alınan bir doküman kesitinde 3 ara adımlı uygulama sonuçları: (a) orijinal hal; (b) karakter takibi öncesi; (c) karakter takibi sonrası.....	56
Şekil 4.4	Doküman görüntü örneği-2'nin girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası.....	58
Şekil 4.5	Doküman görüntü örneği-2'nin kesitleri üzerinde ara adım ve sonuç görüntüleri: (a) düz yazı karakterlerinden oluşan kesit; (b) yatay yazı karakterleri ve şekilden oluşan kesit.	59
Şekil 4.6	Doküman görüntü örneği-3'ün girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası.....	61
Şekil 4.7	Doküman görüntü örneği-3'ün kesitleri üzerinde ara adım ve sonuç görüntüleri	62
Şekil 4.8	Doküman görüntü örneği-4'ün girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası.....	64
Şekil 4.9	Doküman görüntü örneği-4'ün kesitleri üzerinde ara adım ve sonuç görüntüleri: (a) orijinal kesit; (b) kesitin enerji haritası; (c) karakter takibi öncesindeki hal; (d) karakter takibi sonrasında oluşan görüntü.	65
Şekil 4.10	Doküman görüntü örneği-5'in girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası.....	67
Şekil 4.11	Doküman görüntü örneği-5'in kesitleri üzerinde ara adım ve sonuç görüntüleri: (a) orijinal görüntü; (b) ön enerji haritası; (c) karakter takibi öncesindeki hal; (d) karakter takibi sonrasındaki hal.	68
Şekil 4.12	Doküman görüntü örneği-6'nın girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası.....	70
Şekil 4.13	Doküman görüntü örneği-6'nın kesitleri üzerinde ara adım ve sonuç görüntüleri: (a) kesit 1'in orijinali; (b) kesit 1'in karakter takibi öncesindeki hali; (c) kesit 1'in karakter takibi sonrasındaki hali; (d) kesit 2'nin orijinali; (e) kesit 2'nin karakter takibi öncesindeki hali; (f) kesit 2'nin karakter takibi sonrasındaki hali; (g) kesit 3'ün orijinali; (h) kesit 3'ün ön enerji haritası; (i) kesit 3'ün karakter takibi sonrasındaki hali.	71

- Şekil 4.14 Doküman görüntü örneği-7'nin girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası..... 73
- Şekil 4.15 Doküman görüntü örneği-7'nin kesitleri üzerinde ara adım ve sonuç görüntüleri: (a) orijinal kesit 1; (b) orijinal kesit 1'in uygulama sonucu; (c) orijinal kesit 2; (d) orijinal kesit 2'nin uygulama sonucu; (e) orijinal kesit 2; (f) kesit 3'ün ön enerji haritası; (g) kesit 3'ün karakter takibi öncesindeki hali; (h) orijinal kesit 3'ün uygulama sonucu. 74
- Şekil 4.16 Doküman görüntü örneği-8'nin girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası..... 76
- Şekil 4.17 Doküman görüntü örneği-8'nin kesiti üzerinde ara adım ve sonuç görüntüleri: (a) orijinal görüntü; (b) ön enerji haritası; (c) karakter takibi öncesindeki hal; (d) görüntü üzerinde uygulamanın sonucu..... 76
- Şekil 4.18 Doküman görüntü örneği-9'un girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası..... 77

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 4.1 Doküman görüntü veritabanındaki türler ve bu türlerin doküman adetleri.....	53

ÖNSÖZ

Yıldız Teknik Üniversitesi yüksek lisans sıralarında tanıştığım bilgisayarla görme ve şekil tanıma derslerine duyduğum ilgiyle başladığım “Resimli Doküman Görüntülerinde Doku Özelliğine göre Metin Alanlarının Bulunmasını Sağlayan Bir Sistem” adlı tez çalışmam sırasında benden yardımlarını esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Elif KARSLIGİL’e, önerdiği farklı çözümlerle tez çalışmama katkıda bulunan Sayın Yrd. Doç. Dr. Atilla ÖZMEN’e ve arkadaşım Araş. Gör. Erkan USLU’ya, bugüne kadarki hayatımda bana her zaman destek olan ve yol gösteren dedem Vahap AR’a ve annem Nedime BİLGİÇ’e, tez çalışmamda başarılı olacağıma inancını hiçbir zaman yitirmemekle beraber bana karşı anlayışını her zaman koruyan sözlüm Esin ERGİN’e teşekkürlerimi sunarım.

İlktan AR

Mayıs, 2007

ÖZET

Sayısal ortama aktarılan yazılı ve basılı dokümanlar,, bilgiye erişim, depolama, güncelleme ve en önemlisi de bilgi paylaşımında kolaylık sağlamıştır. Ancak bu sayısal dokümanların düzenlenmesi için sunulan sayfa planını çıkartma, resim ve metin bölgelerini ayırt etme konusunda yapılan çalışmaların artmasına neden olmuştur.

Bu çalışmada, yazı karakterlerinden oluşan metin bölgelerindeki dokusal özelliğin, resim bölgelerindeki dokusal özellikten farklı olduğu değerlendirilerek doküman görüntüsü üzerinde metin alanlarını tespit eden bir sistem geliştirilmiştir. Yazı karakterlerinin duyarlı olduğu aç ı değerlerine göre hazırlanan tek değ er oranlı Gabor filtresinin görüntü üzerine uygulanmasıyla yüksek frekanslı bileş enler ve düşük frekanslı bileş enler elde edilmiştir. Yüksek frekanslı bileş enlerin olası yazı karakteri olduğu kabul edilmiş , buna uymayan çizgi, çerçeve v.b. yüksek frekanslı bileş enler, bağı lı-parçacıklar yöntemiyle elenmiştir. Mevcut yöntemlerden farklı olarak, kelime ve cümleleri oluşturan karakterlerin devamlılık ve komşuluk özellikleri de değerlendirilerek olası yazı karakterleri üzerinde eleme yapılmıştır. Yazı karakteri, karakter takibi olarak adlandırılan bu eleme yöntemiyle bulunmuştur. Oluşturulan doküman modeli optik karakter tanıma işlemi için hazır hale getirilmiştir.

Önerilen yöntem doğrultusunda tasarlanılan sistemin Gabor filtreleme basamağ ında, tek değ er oranlı Gabor filtresi kullanılarak metin alanlarının bulunması hızlandırılmış tır. Yeni bir yaklaş ım olarak sunulan karakter takip yöntemiyle yazı karakterlerinin tespitinde sistemin başarı oranı arttırılmış tır. Bu sistemle, karmaş ık sayfa planına sahip Latince ve Kirilce gibi farklı alfabelerin harflerinden oluşan değı ş ik dillerdeki dokümanlarda metin alanlarının bulunmasında başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Metin alanlarının çıkarılması, Gabor filtreleme, çok kanallı filtreleme, sayfa plan analizi, karakter takibi.

ABSTRACT

Written and printed documents that are transferred to digital platform, provided an easy way for gathering, storing, updating and sharing of information but increased research in page layout analysis and text area extraction.

In this work, a system that finds text areas in digital document images, was developed with evaluation of the textural feature difference between image region and text region that is composed of text characters. In document images high frequency and low frequency components were extracted by applying single value proportional Gabor filter that is created due to angle values which text characters are sensitive to. With the idea of high frequency components are probable text characters, some high frequency components such as lines, windows etc. were eliminated by connected-component analysis. Different from existing methods, an elimination named character tracing was done on probable text characters with evaluation of text character's continuity and neighborhood. Document model were created for optical character recognition process after finding text characters with character tracing method.

In the designed system which was developed due to suggested approach, the process of text area extraction was speed up by using of one value rationed Gabor filter in Gabor filtering step. Character tracing method which is a new approach, increased the success rate of system in process of text characters determination. With this system, successful results are obtained in documents which have complex page layouts and text areas which are composed of different alphabet's characters such as Latin and Cyrillic.

Keywords: Text area extraction, Gabor filtering, Multi-channel filtering, Page layout analysis, Character tracing.

1. GİRİŞ

Sayısal ortama aktarılan yazılı ve basılı dokümanlar; bilgiye erişim, depolama, güncelleme ve en önemlisi bilgi paylaşımını kolaylaştırmıştır. Bu işlemleri düzenlemek için doküman arşivleme sistemleri geliştirilmiştir.

Doküman arşivleme sistemleri, yazılı veya basılı olan dokümanların sayısal ortamda saklanabilmesi için gerekli biçimlere çevrilmesine ve sistem kullanıcılarına istenilen dokümanın en hızlı ve en verimli şekilde gösterilmesine yönelik sistemlerdir. Bu sistemlere en güzel örnek dünyada hızla yayılan sanal kütüphanelerdir. Bu kütüphanelerde el yazısı ile yazılmış eserlerden, eski kitaplara ve gazetelere kadar çok geniş bir yelpazede farklı türde dokümanlar saklanmaktadır. Baird (2003), sanal kütüphaneler aracılığıyla herhangi bir fiziksel kütüphanede bulunan dokümanlardan çok daha fazlasına, hızlı ve rahat erişildiğini belirtmiştir.

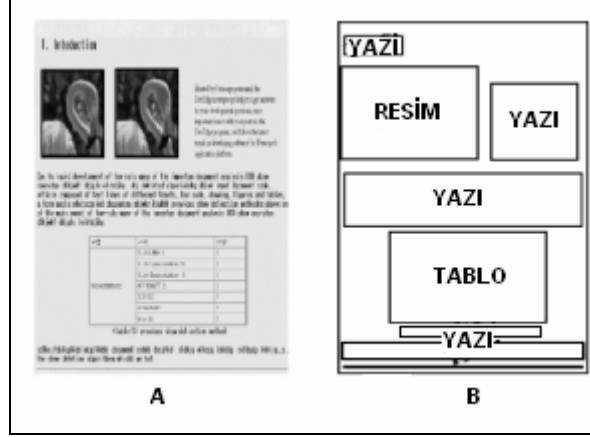
Sanal kütüphanelerin hızla gelişmesi, doküman görüntü analizi konusunda yapılan araştırmaların çoğalmasına ve bu alanda önemli gelişmelere yol açmıştır. Doküman arşivleme sistemlerinde uygulanan işlemlerin temel adımları sırasıyla fiziksel dokümanın sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarılması, aktarılan doküman görüntüsünün önışlemlerle iyileştirilmesi ve düzenlenmesi, geometrik sayfa plan analizinin (geometric layout analysis) çıkartılması, mantıksal sayfa plan analizinin (logical layout analysis) çıkartılması, optik karakter tanıma (optical character recognition) yapılması, veri tablolarının düzenlenmesi ve/veya yeniden yaratılması, çizgilerin ve çizimlerin sayısallaştırılması, doküman görüntüsündeki resimlerin sıkıştırılarak daha az yer kaplamalarının sağlanması ve son olarak doküman modelinin oluşturulması olarak sıralanabilir.

Fiziksel dokümanın sayısallaştırılması, gazete sayfası, makale sayfası, afiş v.b. gibi bir dokümanın; tarayıcı, sayısal fotoğraf makinesi gibi cihazlar kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmasıdır.

Önışlemler adımıında, herhangi bir resim formatında sayısal ortamda saklanan doküman görüntüsünün; ileriki adımların başarısını arttırmak amacıyla, gürültü ve/veya parazit azaltma, renk değerlerini iyileştirme, eğiklik giderme gibi işlemlerle iyileştirilmesini kapsayan çalışmalar yapılmaktadır.

Geometrik sayfa plan analizi adımıında, doküman üzerinde değişik türde veriler bulunduran bölgeler birbirinden ayrılarak gruplanmaya çalışılmaktadır. Bu bölgeler genel olarak, metin

içeren ve resim içeren bölümler olarak düşünülmüştür. Resim içeren bölgeler kendi içinde resim, grafik, çizim, tablo olarak alt kısımlara da bölünebilmektedir. Şekil 1.1’de Lee ve Ryu’nun (2001), çalışmasından alınan geometrik sayfa plan analizi örneği görülmektedir. Şekil 1.1-a’da tarayıcıyla taranıp bilgisayar ortamına aktarılıp sayısallaştırılmış örnek sayfa görüntüsü, Şekil 1.1-b’de ise bu sayfa görüntüsünün geometrik sayfa plan analizi verilmiştir.



Şekil 1.1 Geometrik sayfa plan analizi örneği (Lee ve Ryu, 2001): (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) geometrik sayfa plan analizi.

Mantıksal sayfa plan analizi aşamasında, geometrik sayfa plan analizi adımı bulunan alanlarda ne tür bilgiler olduğu ve bu bilgilerin nasıl etiketleneceği üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin bir makalenin başlık, özet, giriş, sayfa numarası gibi farklı bölümlerinin etiketlenmesi, mantıksal sayfa plan analizi aşamasında yapılmaktadır.

Mantıksal sayfa plan analizi adımı, doküman üzerindeki veri gruplarını daha düzenli bir şekilde sunmak ve kolayca erişebilmek için, geometrik alanlar etiketlendikten sonra bu etiketler işlenir. Geometrik sayfa plan analizinde tablo olarak tanımlanan alanda bulunan şekil üzerindeki verilerden daha çok faydalanılması için bu şekil veri tablosu olarak tekrar sayısal ortamda düzenlenerek yeniden yaratılır. Çizgi ve çizimlerin sayısallaştırılması aşamasında bu tipe uygun olarak etiketlenmiş alanlar sayısal ortamda tekrar vektörel olarak çizilir ve saklanır. Resimlerin sıkıştırılması aşamasında, resim bölgesi olarak etiketlenmiş alanda bulunan her şekil ayrı resim dosyaları olarak kaydedildikten sonra belirlenen resim sıkıştırma formatına uygun olarak sıkıştırılır. Son ve en önemli adım olan optik karakter tanıma aşamasında metin alanı olarak etiketlenmiş bölgelerdeki karakterler tek tek değerlendirilerek, karakter tanıma algoritmaları ile sayısal ortamda yazı kodlarına çevrilir.

Nagy vd. (1992), optik karakter tanıma çalışmalarının 20.yüzyılın başlarında başladığını ve

1914'te telgraf operatörlerinin yerini alarak, 1955 yılında yüksek hızlı sistemler olarak yaygınlaşmaya başladığını belirtmiştir. Günümüzde bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde, her dil için ayrı optik karakter tanıma modüllerinin geliştirildiği ve sayfa görüntünün kalitesine bağlı olarak %99'lar seviyesinde başarılı tanıma oranına erişildiği görülmektedir.

Daha az yer tutması için yukarıdaki paragraflarda belirtilen aşamalarda açıklanan şekilde parçalara ayrılarak saklanan sanal dokümana, kullanıcıdan erişim isteği geldiğinde, yazı kodları, resimler, tablolar ve çizimler fiziksel dokümandaki yerlerine uygun olarak bir bütün içerisinde birleştirilerek doküman modeli oluşturulur. Böylece fiziksel bir doküman tamamen sayısal ortama aktarılmış ve istendiğinde kullanıcılar tarafından erişilerek, kullanılabilecek hale getirilmiş olur.

Önceki paragraflarda ana hatlarıyla açıklanan doküman arşivleme sistemlerinin herhangi bir adımında yapılan iyileştirme daha sonraki adımlara etki etmekte ve sistemin genel başarısını arttırmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmaları; metin ve resim bölgelerinin ayrılması ve metin alanlarındaki yazıların tanınması şeklinde iki ana konu olarak incelemek mümkündür. Metin ve resim bölgelerinin ayrılması ile ilgili, metin içeren ve içermeyen bölgelerin ayrılması ve sayfa plan analizi alanlarında çalışmalar yapılmaktadır. Bu işlemler dokümanın sayısallaştırılması ve iyileştirilmesinden sonra geometrik sayfa plan analizi ve mantıksal sayfa plan analizini kapsayan kısımlardır. Metin alanlarındaki yazının tanınması ise mantıksal ve/veya geometrik olarak tanımlanmış alanlar içerisindeki metin bölgelerinin en az hata ve en yüksek hız ile tanınarak yazı koduna çevrilmesi, çizim/çizgi ve tabloların tekrar sayısal ortamda orijinal tablo ve çizim/çizgi olarak canlandırılabilmesi aşamalarını içermektedir.

Doküman arşivleme sistemlerinin başarısı metin ve resim bölgelerinin en etkili şekilde ayrılabilmesine bağlıdır. Bu çalışmalar doküman görüntü analizi (document image analysis) başlığı altında incelenmektedir. Sayfa plan analizi konusunda yapılan çalışmalar, önerilen çözümler: doku tabanlı olanlar ve doku tabanlı olmayanlar olarak iki ana kategori altında incelenmektedir. Doku tabanlı olmayanlar şekil tabanlı, bölge tabanlı olarak da tanımlanmaktadırlar (Yuan ve Tan, 2000; Ding vd., 2004; Jung vd., 2004).

Sayfa plan analizinde doku tabanlı olmayan yaklaşımları benimseyen çalışmalar genellikle yapısal özelliklere veya doküman üzerinde resim ve metin bloklarının yayılma alanlarına ait sahip olunan bilgi doğrultusunda geliştirilmiştir. Resim alanlarından ve metin alanlarından oluşan blokların birer dikdörtgen alan içerisinde olduğu, metin alanında bulunan karakterler

arasındaki boşlukların sabit uzunlukta olduğu, resim ve metin blokları arasında boş bölgeler olduğu gibi varsayımlar doğrultusunda geliştirilen doku tabanlı olmayan çalışmalar; basit sayfa planına sahip ve sunulan varsayımlara uygun olan sayısallaştırılmış dokümanlarda çok hızlı ve başarılı sonuçlar vermiştir.

Doku tabanlı olan çalışmalarda ise doküman içerisinde var olan doku özellikleri çıkarılarak bu dokuya sahip olan bölgeler sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Farklı fontlarda ve büyüklüklerdeki karakterlere sahip metin alanlarında, karmaşık sayfa planına sahip dokümanlarda çok daha başarılı sonuçlar elde edilmesinden başka, siyah-beyaz olmayan dokümanlara da uygulanabildiği için doku tabanlı yöntemlerin daha başarılı sonuçlar verdiği düşünülmektedir. İlerleyen bölümlerde, doku tabanlı olan ve olmayan yöntemler hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

2003 yılında düzenlenen 7. Uluslararası Doküman Analizi ve Tanıma Konferansında (ICDAR03) sayfa plan analizi yarışması düzenlenmiştir. Yarışmaya katılan üç farklı yöntemin sayfa plan analizinde doküman üzerindeki blokları bulup sınıflandırmalarının başarıları incelendiğinde: sadece metin içeren alanların tespitinde bile, uygulanan başarı ölçme yöntemine göre %40-%60 arasında değişen bir başarı elde edildiği görülmüştür. Bu sonuçlar dikkate alındığında, başarılı bir doküman arşivleme sisteminin en önemli bölümü olan sayfa plan analizi çalışmalarında gelinecek noktanın henüz yeterli olmadığı söylenebilir.

Bu çalışmada doküman arşivleme sistemleri için sayfa plan analizi aşamasında metin alanlarını ayırt etmeyi sağlayan bir sistem tasarlanmıştır. Sistem optik karakter tanıma işlemi öncesinde metin alanlarının otomatik olarak tespit edilmesini sağlayarak fiziksel dokümanların sayısal ortamda arşivlenmesini kolaylaştırmayı hedeflemiştir. Yapılan çalışmada doküman görüntüsündeki metin alanlarının içerdiği karakter bileşenlerinden ötürü dokusal bir yapı ortaya konduğu belirtilmiş ve bu dokunun tespiti sağlanmıştır. Sistem “tek değer oranlı Gabor filtreme tekniği ve karakter takip yöntemiyle” metin karakteri içeren bölgeleri tespit etmektedir.

İkinci bölümde sayfa plan analizi kapsamında yapılan önceki çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde tasarlanan sistemin tüm adımları detaylı bir şekilde aktarılmıştır. Dördüncü bölümde yapılan çalışma kapsamında sunulan sistemin çalışması doküman görüntülerinden oluşan bir test veritabanı kullanılarak değerlendirilmiş, farklı özelliklerdeki doküman görüntüleri için elde edilen sonuçlar hakkında bilgiler verilmiştir. Sonuç bölümünde önerilen yöntemin diğer yöntemlere göre başarılı ve başarısız yanları tartışılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Doküman görüntü analizinin en önemli aşamalarından biri olan “Sayfa Plan Analizi” çalışmaları yaklaşım yönünden aşağıdan-yukarıya, yukarıdan-aşağıya ve hibrit yaklaşımları olmak üzere 3 ana grupta; sınıflandırma yöntemi olarak da doku tabanlı ve doku tabanlı olmayan yöntemler olmak üzere 2 ana grupta toplanırlar.

Aşağıdan-yukarıya değerlendirme yaklaşımını benimseyen yöntemler, doküman görüntüsünü daha küçük parçalara, bileşenlere bölerek incelerler. Doküman küçük bloklara, örneğin karakter parçacıklarına, bölündükten sonra bu parçalar birleştirilerek daha büyük bloklar, örneğin önce kelimeler sonra satır ve paragraflar haline getirilir. Bu yaklaşım içerisinde en çok kullanılan yöntem birleşik-parçacıklar (connected-components) yöntemidir. Bu yaklaşım tipi içerisinde matematiksel morfolojik yöntemler ve bölge büyütme tabanlı yöntemler de kullanılmıştır. Aşağıdan-yukarıya yaklaşımının en büyük dezavantajı gazete sayfası gibi çok fazla birleşik parçacığına sahip doküman tiplerinde, doküman görüntüsü üzerinde parçaların bulunması ve birleştirilmesi gibi işlemlerin çok fazla zaman almasıdır.

Yukarıdan-aşağıya yaklaşımını benimseyen yöntemlerde, siyah-beyaz piksellerinin arka arkaya gelme sayıları gibi bütüne ait özellikleri değerlendirilerek doküman görüntüsü üzerinde bölgeler tespit edilip ayırma işlemi yapılır. Bu yöntemler, genel olarak işlem karmaşıklığının az olmasından ötürü hızlı sonuç vermektedir. Ancak yöntemlerin başarısı dokümanın tipine ve bu doküman tipi hakkında elde edilen sabit değerlerle oluşturulan parametrelere karşı çok duyarlıdır. Bölümlere ayırma aşamasında yapılacak bir hata, ileriki adımlarda alanların sınıflandırılmasında sistemin genel başarısını olumsuz yönde etkileyecektir.

Hibrit yaklaşımını benimseyen yöntemlerde ise hem yukarıdan-aşağı hem de aşağıdan-yukarı yaklaşımlar birlikte kullanılmaktadır. Dokusal metotlar genellikle hibrit yaklaşımını benimsemiştir.

Sayfa plan analizi metotları sınıflandırma yöntemi bakımından doku tabanlı olanlar ve doku tabanlı olmayanlar olarak iki ayrı başlık altında incelenmektedir. Doku tabanlı yöntemler, doküman görüntüsü üzerinde bulunan yazı, resim, şekil, tablo v.b. gibi nesnelerin birbirinden ayırt edilebilecek dokular oluşturduğu fikri üzerine inşa edilmiştir. Dokular tanımlanarak sayfa bölümlenmesi ve bölümlerin sınıflandırması yapılır. Doku tabanlı olmayan yöntemlerde ise doku analizi yapılmadan sayfa plan analizinin çıkartılması için değişik metotlar sunulmuştur. İlerleyen bölümlerde doku tabanlı olan ve olmayan sayfa plan analiz yöntemleri

hakkında detaylı bilgi ve örnekler verilmiş, en sonunda da bu iki farklı yaklaşım birbiriyle karşılaştırılmıştır.

Jain ve Yu (1998); Lee vd. (2000) çalışmalarında doku tabanlı olan ve doku tabanlı olmayan sayfa plan analizi yöntemlerinin belli başlılarını karşılaştırmış ve detaylı bilgiler sunmuşlardır.

2.1.1 Doku Tabanlı Olmayan Sayfa Plan Analizi Yöntemleri

Doku tabanlı olmayan sayfa plan analizi yöntemlerinde çok farklı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda kullanılan yaklaşımlara göre, doküman görüntüsünün renk sayısına göre farklılıklar göstermekle beraber kullanılan yöntemin karmaşıklığı ve başarısı doküman tiplerine göre değişiklik göstermektedir. İlerleyen paragraflarda doku tabanlı olmayan sayfa plan analizi yöntemlerinden ön plana çıkanlar hakkında bilgiler verilmiştir.

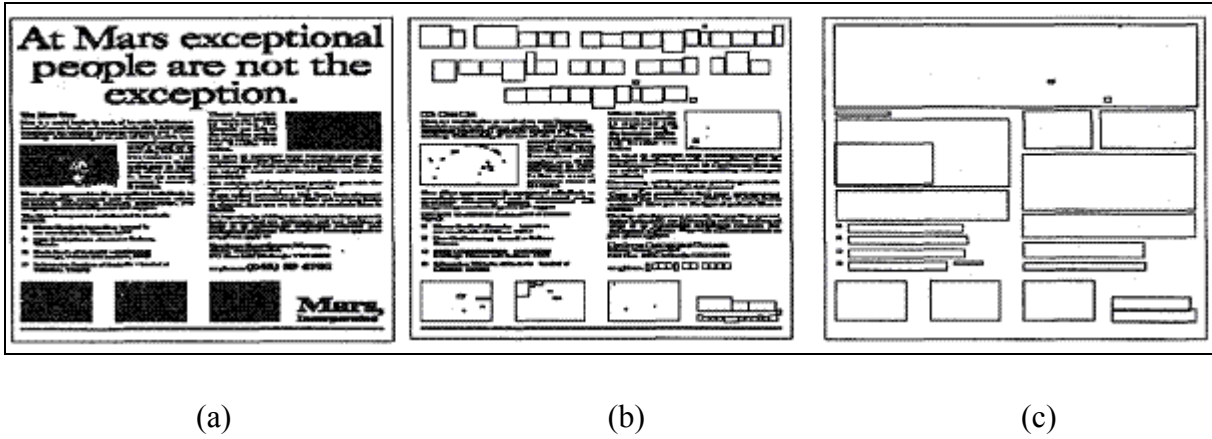
Kasturi vd. (1990), aşağıdan-yukarıya yaklaşımını izleyen bir yöntem sunmuşlardır. Bu yöntemde bağlı-parçacıklar (connected-components) bulunarak, bu parçacıkların tekrar edilme frekanslarına göre doküman görüntüsü, grafik içerikli ve metin içerikli alanlar şeklinde bölümlenmiştir. Aynı şeklin parçası olan kopuk bileşenler Hough transformasyonu ile tamamlanarak sistemin başarısı arttırılmıştır. Yöntem karmaşık olmasına rağmen karakterler arası boşluğun ve karakter büyüklüklerinin sabit olduğu doküman tiplerinde başarılı sonuçlar elde etmiştir.

Fisher vd. (1990), çalışmasında kural tabanlı bir sistem oluşturmuştur. Bu sistemde bağlı-parçacıkların bulunması ve çerçevelenmesiyle elde edilen yükseklik, siyah piksellerin yoğunluğu, boy/en oranı, çevre ve alan oranları gibi 14 özellik değerlendirilmiş ve doküman görüntüsü bölümlere ayrılmıştır.

Baird (1992), sayfa bölümlenmesi için geliştirdiği yöntemde siyah-beyaz doküman görüntüleri üzerinde çalışmış, bu dokümanların sadece metin içerdiğini ve tek bir dilde yazıldığını varsaymıştır. Önerdiği sistemde öncelikle sekiz yönlü bağlı-parçalar metodunu kullanarak parçaları bulmuştur. Bulunan parçaların merkeze göre eğikliği giderildikten sonra arka planın beyaz piksellerden oluştuğu varsayımından yola çıkmıştır. Arka planda bulunan pikseller en büyük dikdörtgen kutular içine alınarak geriye kalan blokların metin blokları olduğu gösterilmiştir. Metin bloklarının analizi kısmında ise önce satırların daha sonra karakterlerin bulunmasıyla aşağıdan-yukarıya yaklaşımı izlenmiştir.

Akindele ve Belaid (1993), geliştirdikleri aşağıdan-yukarıya yaklaşımını izleyen sayfa plan

analizi yöntemini, siyah piksellerin anlam içerdiğini kabul ederek siyah-beyaz doküman görüntüleri üzerinde uygulamıştır. Doküman üzerinde sadece metin karakterleri ve düz bir arka plan olduğunu varsaymışlardır. Doküman görüntüsü üzerinde oluşturulan blokların her zaman klasik dikdörtgen bloklar olmayacağını öne sürmüşler ve metin kısımlarını çokgen bloklar içine alarak sayfa planını çıkartmışlardır. Kullandıkları yöntem öncelikle beyaz piksellerin birleştirilerek ufak bileşenler elde etmekle başlamıştır. Bulunan bileşenler yakınlıkları bakımından belirli bir eşik seviyesinin altında ise bu bileşenler birleştirilerek daha büyük bloklara erişilmiştir. Elde edilen blokların kesiştikleri noktalar metin kısımlarının etrafını çerçeveleyecek olan çokgenler, köşeleri kabul edilerek dört bağlı zincir kodlaması ve kesişim tablosu aracılığıyla çizilerek yöntem tamamlanmıştır.



Şekil 2.1 Drivas ve Amin'in yönteminin uygulama sonuçları (1995) : (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) bulunan bağlı parçacıklar; (c) bulunan dikdörtgen bloklar.

Drivas ve Amin (1995), geliştirmiş oldukları plan analizi yönteminde siyah-beyaz doküman görüntüsü üzerinde öncelikle bağlı-parçaları çıkartmıştır. Elde edilen bağlı-parçacıkları boyutları doğrultusunda sabit belirlenen eşik değerleri ile karşılaştırarak ufak, orta ve büyük boy olarak tanımlamışlardır. Bunları daha önceden her doküman tipi için belirledikleri eşik seviyelerine ve boyutlarına göre yakın olan aynı boyuttaki bileşenleri birleştirmişlerdir. Elde edilen bu bileşen bloklarını gruplanmış ve bu gruplar dikdörtgen kutular içerisinde sergilenmiştir. Gruplar ve/veya bölgeler oluşturulduktan sonra bunlar metin ve resim olarak etiketlenip sınıflandırmıştır. Sınıflandırma işlemini, o bölge içerisindeki bağlı-parçacıkların frekansı ve siyah/beyaz dengesi gibi parametreleri inceleyerek tamamladıklarını belirtmişlerdir. Başarı olarak %96 verilmesine rağmen sabit tipteki doküman görüntüleri üzerinde ve siyah/beyaz renkte çalışılmış bir yöntemdir. Bu çalışmanın yaklaşımı da, küçük parçalardan büyük parçalara doğru yol alma olduğundan dolayı aşağıdan-yukarıya

yaklaşımıdır. Şekil 2.1’de bu çalışmadan alınan bir örnek verilmiştir. Şekil 2.1-a’da doküman görüntüsünün siyah ve beyaz renkteki orijinal hali gösterilmiştir. Bağlı parçacıklar bulunduktan ve bunlar kutular içine alındıktan sonraki hali ise Şekil 2.1-b’deki şekil ile gösterilmiştir. Bağlı-parçacıkların belirtilen yöntem doğrultusunda birleştirilerek daha büyük bölgelere alınmış hali ise Şekil 2.1-c’de gösterilmiştir.

Simon vd. (1997), aşağıdan-yukarıya yaklaşımını benimseyen, sabit kelime ve harf aralıklarına bağlı kalmayan ve Kruskal algoritmasını temel alan CLIDE sisteminde uygulanmış bir yöntem sunmuşlardır. Yöntem bağlı parçaların bulunmasıyla başlamıştır. Bağlı parçalar birer köşe, her bağlı parça arasındaki yol da kenar olarak kabul edilip sayfa grafiği çıkartılmıştır. Daha sonra sayfa grafiğinin minimum örten ağacı Kruskal algoritması kullanılarak bulunmuştur. Bu sayede bileşenler arasındaki en yakın mesafe için farklı bir metot kullanılarak en yakın bileşenler gruplanarak büyük bloklara erişilmiştir. Hesaplama karmaşıklığı az olan yöntem, ilk safhalarında karşılaşılan hatalı bileşen gruplamalarından ötürü ileri safhalarda oluşturulan büyük bloklarda bulunan farklı bileşen türleri bakımından hatalara neden olmaktadır. Örneğin yazı paragrafına yakın olan küçük şekiller ayrı birer blok olarak bulunmaları gerekmesine rağmen yazı paragrafı ve bu küçük şekillerdeki bağlı parçalar gruplanarak tek bir blok içerisinde gösterilmiştir.

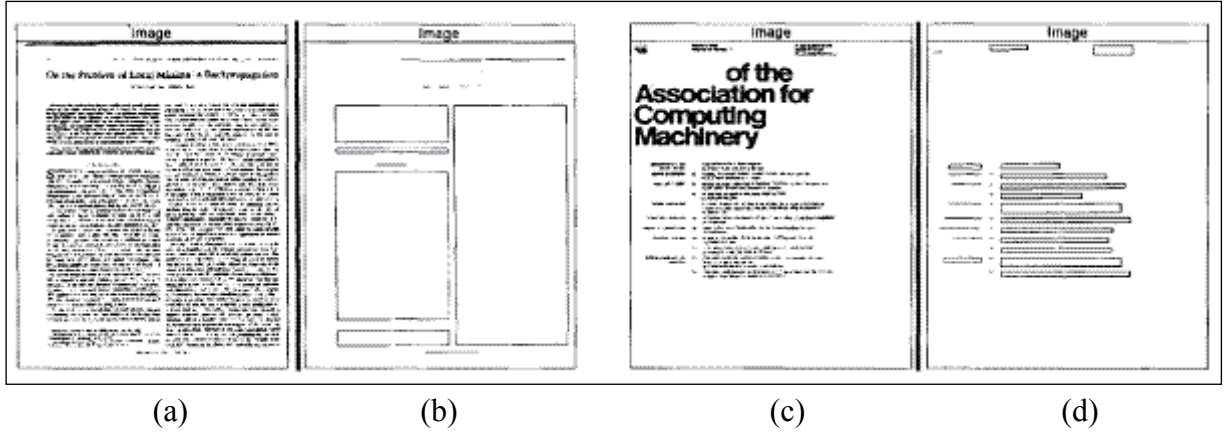
Ha vd. (1995), geliştirdikleri doküman sayfası bölümleme yönteminde yukardan-aşağıya yaklaşımını benimsemiştir. Bağlı-parçacıkların bulunmasından sonra, elde edilen kutucukların yatay ve dikey histogram bilgileri kullanılarak metin satırları yönleri ve dolayısıyla metin satırları bulunmuştur. Kelimeler ve harfler arasındaki aralık bilgileri kullanılarak metin satırlarında bulunan kelimeler bulunmuş ve bu kelimeler gruplanarak paragraf v.b. gibi metin bloklarına ulaşılmıştır. Dokümanın eğikliği, aynı satır içerisinde farklı fontlar ve/veya boyutlarda metin karakterlerinin bulunması gibi konular çalışmada dikkate alınmayarak siyah-beyaz renkte olup sadece yazı içeren doküman görüntüleri üzerinde çalışılmıştır.

Antonacopoulos ve Ritchings (1995), siyah-beyaz doküman görüntüleri üzerinde siyah piksellerin anlamlı bilgiyi temsil ettiğinden yola çıkmıştır. Beyaz pikseller gruplandırılarak alanlar oluşturulmuştur. Bu beyaz piksel alanları arasından kelimeler arası boşluklar, harfler arası boşluklar, paragraflar ve satırlar arası boşlukları bulmayı hedeflemişlerdir. Bunun için beyaz piksellerin adetleri, boyutları gibi değerler sabit eşik değerleriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucu elde edilen bilgiler ışığında doküman, metin bölgeleri, grafik bölgeleri ve çizim bölgeleri olarak bölümlenmiştir.

Mao ve Kanungo (2001), çalışmalarında 3 adet temel sayfa bölümlendirme algoritması hakkında bilgi vermişlerdir. Bunlar X-Y kesmeli sayfa bölümlendirme, Docstrum sayfa bölümlendirme, Voronoi-Diagram tabanlı sayfa bölümlendirme algoritmalarıdır.

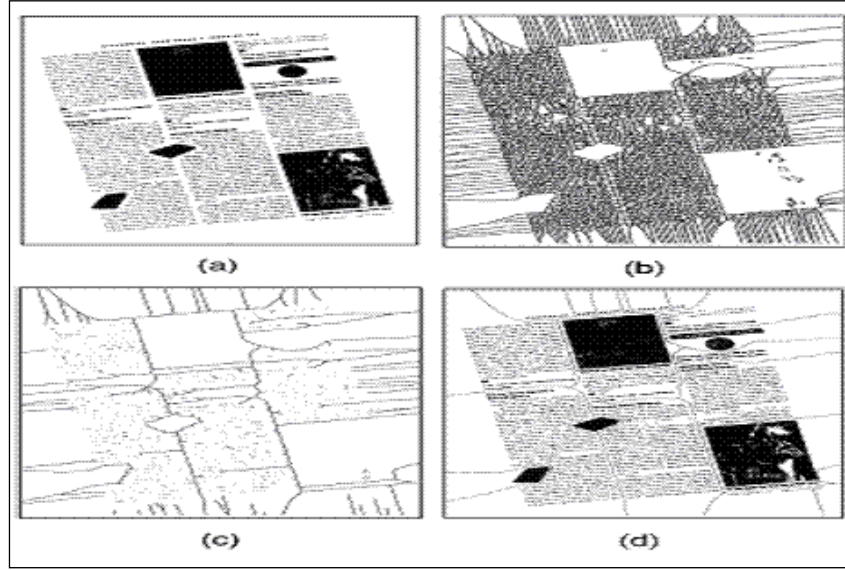
X-Y kesmeli (X-Y cut) sayfa bölümlendirme algoritması ağaç tabanlı yukarıdan-aşağı yaklaşımına sahip bir algoritmadır. Bu sayfa bölümlendirme algoritması, siyah-beyaz doküman sayfaları için uygundur. Yatay gürültü temizleme, dikey gürültü temizleme, X ekseninde en uzun takip eden 0 değer aralığı (resmin 0 ve 1 değerlerinden oluştuğu ve 0'ların boşluk/beyaz pikseller olduğu varsayılmaktadır), Y ekseninde en uzun takip eden 0 değer aralığı gibi değerleri eşik değeri kabul ederek dört adet piksel tabanlı hassas parametreye sahip olan algoritma, kök ve yapraklardan oluşan bir ağaç sistemine sahiptir. Kök tüm dokümanı temsil ederken, bir iç düğüm sayfa üzerindeki dikdörtgen bir bölgeyi temsil etmektedir. Temel olarak yatay ve dikey histogram bilgilerini esas alan algoritma dokümanın eğik olmaması, resim ve yazı bloklarının iç içe gelmemiş, kesişmemiş olması ve dikdörtgen çerçeve içine alınabilecek bir sayfa planına sahip olması koşullarına göre tasarlanmıştır.

Docstrum sayfa bölümlendirme algoritması O'Gorman (1993) tarafından ortaya konulmuştur. Docstrum, dikdörtgen bloklara sahip olmayan sayfa planına sahip, eğikliği olan dokümanlar üzerinde çalışabilen aşağıdan-yukarıya yaklaşımına göre tasarlanmış bir sayfa bölümlendirme algoritması olarak tanımlanmıştır. Bağlı parçacıklar bulunduktan sonra çok büyük ve çok küçük olan bağlı parçacıklar yüksek ve düşük eşik değerleriyle elenmiştir. Kalan bağlı parçacıkların ise k-en yakın komşuluk yöntemiyle açılı ve birbirleriyle arasındaki mesafe bulunmuştur. Yatay düzlemde yakın olan bağlı parçacıklar arasında yatay histogramlar ve eşik değerleri sayesinde harf arası ve kelimeler arası boşluklar elde edilmiştir. Bu bilgiler kullanılarak metin satırlarına ve metin bloklarına ulaşılmıştır. Farklı karakter fontlarına ve büyüklüklerine sahip dokümanlarda çok başarılı olmayan yöntem, kullanılan eşik değerlerinin doküman türlerine göre farklılaşmasından ötürü her tip doküman üzerinde uygulanma başarısını yakalayamamıştır. Yapılan çalışmaya ait örnekler Şekil 2.2'de verilmiştir. Şekil 2.2-a'da sayısallaştırılan örnek doküman sayfası, bu doküman sayfasına Docstrum yöntemi uygulandıktan sonra bulunan metin blokları ise Şekil 2.2-b'de verilmiştir. Şekil 2.2-c'de verilen örnek doküman sayfasında yazar tarafından sunulan algoritmanın uygulaması sonucunda bulunan bloklar ise Şekil 2.2-d'de verilmiştir. Örnek şekillerden çıkartılabilecek en dikkat çekici sonuç, büyük yazı fontlarını resim blokları olarak görerek metin bloklarının içine almamasıdır.



Şekil 2.2 Docstrum sayfa bölümlleme algoritmasının şekillerle gösterilen basamak sonuçları (O’Gorman, 1993): (a) orijinal doküman görüntüsü 1; (b) doküman görüntüsü 1’de bulunan metin blokları; (c) orijinal doküman görüntüsü 2; (d) doküman görüntüsü 2’de bulunan metin blokları.

Voronoi-Diyagramı tabanlı sayfa bölümlleme algoritması, Kise vd. tarafından (1998), tanıtılmıştır. Bu algoritma dikdörtgen bir çerçeve ile çevrelenemeyen bloklara sahip dokümanlar ve eğik dokümanlar üzerinde çalışabilen yukarıdan-aşağı yaklaşımına göre tasarlanmış bir yöntemdir. Diğer çalışmalardan farklı olarak birleşik-parçacıkların çıkartılması yerine Voronoi diyagramlarıyla doküman üzerindeki parçaların alanlarının sınırları belirlenmeye çalışılmıştır. Voronoi kenarları kullanılarak karakterler arası ve kelimeler arasındaki boşlukların tahmin edilerek, bu parçalar arasındaki sınırların silinmesiyle doküman üzerinde daha büyük bölgeler elde edilmiş ve sayfa bölgelere ayrılmıştır. Metin içeren bölgelerin çıkartılması üzerine yoğunlaşmış olan bu çalışma, büyük fontlu karakterler içeren metin bölgelerinde, tablolar ve/veya çizimler bulunduran dokümanlar üzerinde başarılı sonuçlar elde edememiş ve bağlı parçacık tabanlı en uzun boy, en uzun en, en büyük alan gibi 11 değişik parametrik değer kullanmıştır. Bu çalışmaya ait orijinal örnek Şekil 2.3’de verilmiştir. Şekil 2.3-a’da örnek doküman, Şekil 2.3-b’de Voronoi-diyagramları yardımıyla elde edilmiş küçük alanlar, Şekil 2.3-c’de yöntem sonucu elde edilen Voronoi-kenarlarından baskın olanlarından otomatik olarak seçilenleri göstermektedir. Şekil 2.3-d’de, Şekil 2.3-c’de gösterilen alanlarla örnek resmin birleştirilmesinden elde edilen sayfa bölümllemesinin son halini gösteren şekil verilmiştir.



Şekil 2.3 Voronoi-Diagramı tabanlı sayfa bölümlleme algoritmasının uygulama sonuçları (Kise vd.,1998): (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Voronoi alanları; (c) baskın Voronoi kenarları; (d) sayfa bölümlleme sonucu.

Sauvola vd. (1997), kural tabanlı, şekilden ve biçimden bağımsız, aşağıdan-yukarıya yaklaşımını benimseyen bir sayfa bölümlleme yöntemi sunmuşlardır. Doküman, siyah-beyaz renge çevrilmiş eğer varsa eğikliği giderilmiş ve gürültülerinden arındırılarak uygulamanın ön işlemler basamağı tamamlanmıştır. Daha sonra doküman parçalara bölünmüştür. Bölümlerin siyah/beyaz piksel oranı, yatayda siyah piksellerin ard arda gelme ortalaması, sinyal karşılıklı-korelasyon değeri hesaplanmış ve bu değerler her bölüm için birer özellik değeri olarak kullanılmıştır. Bulunan bu özellik değerleri doğrultusunda piksel grupları arka plan, metin, çizim ve resim bölgeleri olarak sınıflandırılmıştır. Sayfa şablonları kullanılarak hazırlanmış bir veritabanında bulunan her doküman tipinde bulunan parçalar için arka plan, metin, çizim ve resim bölgeleri değerleri önceden hesaplanmıştır. Sınıflandırma basamağı basitçe bu bilgiler ışığında test dokümanının parçalarının değerlerinin karşılaştırılması esasına dayanmıştır.

Esposito vd. (1995) hibrit yaklaşımını benimsemiş bir sayfa plan analizi çalışması sunmuşlardır. Sunulan çalışmada doküman görüntüsü önce yukarıdan-aşağıya yaklaşımıyla ufak parçalara bölünmüş daha sonra ise aşağıdan-yukarı yaklaşımıyla birleştirilerek daha karmaşık sayfa planlarının ortaya çıkartılması hedeflenmiştir. Siyah-beyaza çevrilen görüntünün yatay projeksiyonu değerlendirilerek eğikliği giderilmiştir. Doküman üzerinde “run-length smoothing” algoritması kullanılarak dikdörtgen biçiminde temel bloklar elde

edilmiştir. Sınıflandırmak için metin, yatay doğru, dikey doğru, resim ve grafik olmak üzere 5 sınıf tanımlanmış ve karar ağacı kullanılarak bu bloklar sınıflandırılmıştır. Karar ağacı sınıflandırma için on özellik kullanmıştır. Bu özellikler parçalardan çıkartılmıştır. Ayrıca karar ağacında eşik değerleri olarak kullanılmak için incelenen 53 doküman görüntüsünden bu on özelliğin değeri ayrı ayrı hesaplanarak karar ağacına eklenmiştir. Sınıflandırılan bu parçacıklar ilgili bölgeler bakımından birleştirilerek bütün dokümanın sayfa plan analizi elde edilmiştir.

Jain ve Yu (1998) çalışmalarında, aşağıdan yukarıya yaklaşımına dayalı hızlı bir sayfa bölümleme metodu sunmuşlardır. Sayfayı metin, çizim, resim, tablo bölgeleri olarak bölümlmeyi, ayrıca çizgileri de bulmaya çalışmışlardır. Yöntem bağlı parçaların bulunmasıyla başlamıştır. Daha sonra bulunan bağlı parçalara Hough transformasyonu uygulanarak sayfanın yaklaşık eğimi ve metin satırları bulunmuştur. Ön plandaki pikseller yatay uzunlukları ve komşulukları dikkate alınarak, dikdörtgen bloklar içinde gruplanmış ve bunlara birer düğüm gözüyle bakılarak Blok Yakınlık/Komşuluk Grafiği (Block Adjacency Graph, BAG) oluşturulmuştur. Bu elde edilen düğümler de bağlı parçalar olarak gruplanarak bölgeler oluşturulmuştur. Bu bölgeler, kullanılan sabit değerler ve deneysel sonuçlar sonunda elde edilen değerlerin belirlenen eşik seviyelerine karşısındaki durumuna göre sınıflandırıp sayfa modeli oluşturulmuştur. Çalışmada başarılı sonuçlar elde edilmesine rağmen çok fazla sabit eşik değerinin kullanılması sunulan yöntemin karmaşıklığını arttırmakta ve deney setinden farklı doküman tiplerine uygulanması zorlaşmaktadır.

2.1.2 Doku Tabanlı Sayfa Plan Analizi Yöntemleri

Jain ve Farrakhnia (1990), Gabor Filtre bankasını kullanarak doku gruplaması yapmıştır. Yaptıkları çalışmada resim dokusunu yakalamak için çok kanallı (multi-channel) filtreleme yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşım, Campbell ve Ronson'un (1968) çalışmasında belirtilen insan görme sistemi konusundaki teoriyle bağdaştırılmıştır. Campbell ve Robson'a göre insan görme sistemi; ufak frekans ve oryantasyon değişimleriyle oluşmuş yoğunluk değişimleri içeren retina üzerinde oluşan görüntüyü, filtrelenmiş görüntülere bölmektedir. Böylece görüntüden elde edilebilecek bilgilerin çeşitliliğini ve farklılığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca Jain ve Farrakhnia (1990) doku analizinde çok kanallı filtreleme yaklaşımının bir özelliği olarak filtrelenmiş bir resmin ayrıştırılabilir dokular içerdiğini belirtmişlerdir. Bunu uygulamalarında Gabor filtresiyle gerçekleştirmişlerdir. Gabor filtresi belirtilen yön ve frekans değerine duyarlı sonuçlar vermekte olan bir filtredir. Geliştirdikleri uygulamada dört

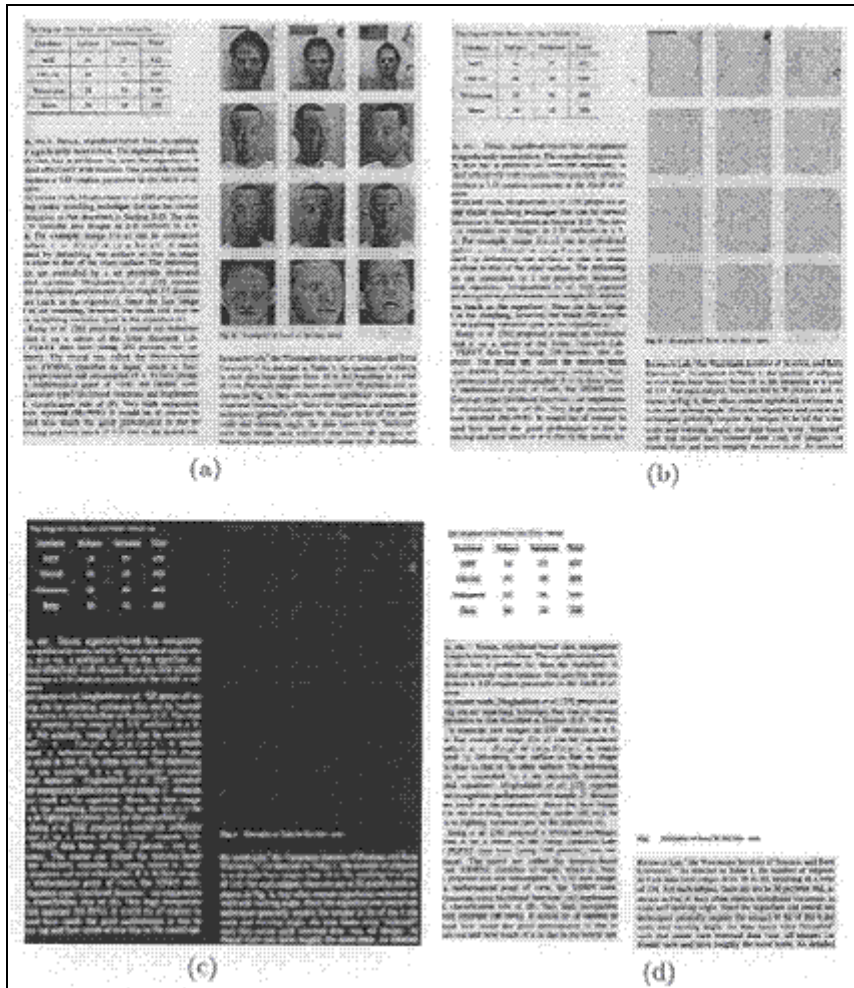
farklı oryantasyon değeri ve yedi farklı frekans değeriyle yirmi sekiz adet Gabor filtresi elde etmişler ve bu filtreleri uygulamışlardır. Filtrelenmiş resim sonuçlarında Gabor filtresinin etkisi olarak mevcut bulunan sinusoidal modülasyonu kare modülasyona çevirmek için doğrusal olmayan dönüşüm yapılmıştır. Belirli bir pencere içinde her piksel kümesinin ortalama mutlak sapması (average absolute deviation) hesaplanmış ve bu o pencere içindeki dokunun özelliği olarak tanımlanmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda “Square-Error Clustering” algoritması kullanılarak dokuları kümelenerek yöntem sonuçlandırılmıştır.

Jain ve Chen (1993), dokümanın eğikliğinden bağımsız olarak çalışan çok kanallı Gabor filtreleme tekniğine dayanan barkod yerinin tespit edilmesini sağlayan bir yöntem sunmuşlardır. İki farklı frekans değeri ve dört farklı oryantasyon değeri için sekiz adet Gabor filtresi oluşturmuşlar ve bunları 256x256 piksel boyutundaki resimlere uygulamışlardır. Filtreleme sonunda elde edilen sonuç değerleri normalize edildikten sonra “Squared-Error Clustering” algoritması kullanılarak dokular kümelenerek elde edilmiştir. Oluşan dokusal gruplar mesafelerine göre kümelenmiş ve daha sonra birleşik-parçacık analizi kullanılarak istenilen boy/en oranında olmayan parçalar elenmiştir. Elenmeden kalan son parçanın barkodun yerini gösterdiği belirtilmiştir.

Yuan ve Tan (2001), farklı tipteki dokümanların görüntülerinde, metin bulunduran ve metin bulundurmeyen alanları ayırt etmişlerdir. Çalışmada sunulan yöntem kenar tabanlı blok bölümlenmesi ve sınıflandırması üzerine kurulmuştur. Yöntem doğrultusunda tüm doküman görüntüsü üzerinde yatay doğrultuda uzaysal varyans incelenmiş, yüksek varyanslı bölgelerin metinsel alanlara, düşük varyanslı bölgelerin arka plan veya diğer dokusal alanlara ait olduğu görüşü doğrulanmaya çalışılmıştır. Kullanılan yöntemde, yatay doğrultudaki kenarlar “Canny Kenar Bulma” (Canny Edge Detection) yöntemiyle bulunmuş, yatay doğrultuda uzaysal varyansın bilgileri değerlendirilerek kenarlar birleştirilmiştir. Yöntemin uygulanması daha sonra doğru düzeltilmesi, blokların yaratılması şeklinde devam etmiştir. Elde edilen bloklar daha geniş bölgeler halinde birleştirilmiş ve sınıflandırılmıştır. Dokümanın görüntüsünün küçük eğiklik derecesine ve doküman görüntüsünde bulunan değişik font ve büyüklükteki karakterlere karşı dayanıklı olan sistem; arka plandan kolayca ayrılamayan yazı bloklarında, karakterlerin düzgün dizilmediği (yatay doğrultuda) dokümanlarda başarılı olmamıştır.

Raju vd. (2004), doküman görüntüsü üzerinde Gabor fonksiyonu tabanlı bir filtre bankası kullanarak metin içeren ve metin içermeyen bölgeler olarak ayırt etmiştir. Yöntemleri eşyönsüz yayılma (anisotropic diffusion), bağlı parçacıklar analizi (connected component analysis), çok kanallı filtreleme (multi-channel filtering), blok enerji analizi (block energy

analysis) dört ana basamaktan oluşmaktadır. Eşyönsüz yayılma metodu değişimin fazla olmadığı bölgelerde parazitleri azaltmak için kullanılmıştır. Doküman görüntüsü, boy bakımından altı, en bakımından beş parçaya bölünerek toplamda otuz pencereye bölünmüştür. Bölümlenen bloklar içerisinde siyah-beyaza çevirme işlemi ve bağlı parçacıklar analizi yapılmıştır. Bağlı parçacıklar analiziyle elde edilen parçacıkların boy ve en bilgileri, bu bilgilerin ortalamaları doğrultusunda bir karar ağacı kullanılarak resim bölgelerine ve çizgilere ulaşılmıştır. Çok kanallı filtreleme uygulanmış, elde edilen sonuçlar toplamış ve oluşan sonuç görüntüsü üzerinde 11x11 pencere büyüklüğünde Gaussian filtresi uygulanıp blok enerji analizi yapılmıştır. Her blok, eşik seviyesine göre sınıflandırılmıştır. Yöntem otuz doküman üzerinde uygulanarak test edilmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 2.4 Raju vd. geliştirdiği Gabor filtresi tabanlı yöntemin uygulama sonuçları (2004) : (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) bağlı parçacık analizi sonrasındaki çıktı; (c) Gabor filtre bankasına tepki; (d) yöntemin sonuç çıktısı.

Şekil 2.4’de Raju v.d (2004) çalışmasında verilen kapsamlı bir örnek gösterilmiştir. Şekil 2.4-

a'da doküman görüntüsünün ilk hali verilmiştir. Şekil 2.4-b'de bağlı parçalar analizi sonucunda büyüklüklerine göre elenen alanlar çıkartıldığında doküman görüntüsünde kalan bölgeleri gösteren görüntü verilmiştir. Şekil 2.4-b'de verilen resme Gabor filtresi tabanlı çok kanallı filtrelerden oluşan filtre bankası uygulanıp çıkan sonuç yani resmin filtreye tepkisi Şekil 2.4-c'de görüldüğü gibi elde edilmiştir. Blok enerji analizi ve eşik seviyesiyle karşılaştırma yapıldıktan sonra geriye kalan metin bloklarının tümünü gösteren sonuç Şekil 2.4-d'de verilmiştir.



Şekil 2.5 Pati vd. geliştirdiği Gabor fonksiyonu tabanlı çok kanallı filtreleme tekniğini kullanan yöntemin uygulama sonuçları (2004): (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) yöntemin sonuç çıktısı.

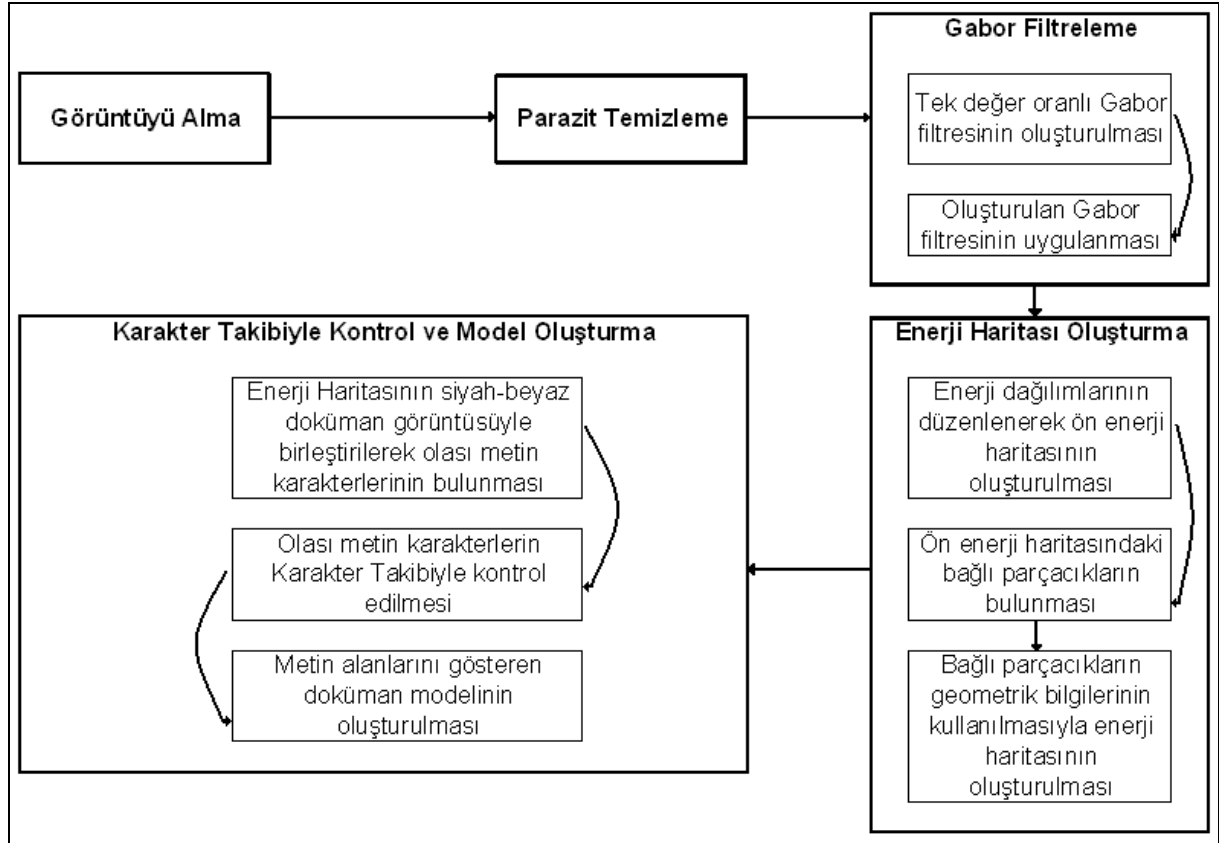
Pati vd. (2004), doküman görüntüsünü metin içeren bölgeler ve metin içermeyen bölgeler olarak bölümlenmiştir. Kullanılan yöntem Gabor fonksiyonu tabanlı, çok kanallı filtreleme yöntemidir. Metin içeren bölgelerde var olan karakterlerin devam eden, yakın mesafede, yakın boyutlarda olmasından ötürü yüksek frekanslı bölgeler olduğu görüşüne dayanarak iki farklı frekans değeri ve dört farklı açı değeriyle oluşturulan Gabor filtrelerinden bir filtre bankasını doküman görüntüsüne uygulanmışlardır. Elde edilen sonuç görüntülerine düşük geçirgenlikli Gaussian filtresi uygulanmıştır. Sonuç görüntüleri üzerinde 15x15 piksel büyüklüğünde bir pencere dolaştırılmış ve bu pencere içerisinde kalan piksel gruplarının renk değerlerinin ortalaması hesaplanmıştır. Bu enerji ortalaması belli bir eşik seviyesinin altında veya üstünde kalma durumuna göre pencerenin üzerinde dolaştığı bloklar metin içeren veya metin içermeyen bloklar olarak sınıflandırılmıştır. Bu yöntem, kullanılan eşik değerinin, hesaplanan enerji ortalamasının bir katsayısıyla çarpılmasından elde edilmesinden ötürü her tip dokümana uygulanabilen bir yöntemdir. Şekil 2.5'de Pati vd. çalışmasından kullandıkları yöntemin uygulama sonucunu gösteren örnek verilmiştir. Şekil 2.5-a'da verilen doküman

görüntüsünün ilk haline yöntem uygulandıktan sonra Şekil 2.5-b’de görülen metin alanları bulunmuştur.

Doku tabanlı olan ve olmayan metotların, birbirlerine göre avantajlı ve dezavantajlı olduğu durumlar vardır. Örneğin doku tabanlı olmayan metotlar, dokümanın sayısal ortama aktarılmasında oluşabilecek eğiklik durumuna karşı duyarlıdır. Pek çok doku tabanlı olmayan yöntem ise doküman görüntüsünün gri tonlarında değil siyah-beyaz renklerde olduğunu varsayarak çalışmaktadır. Bu tip yöntemlerde doküman görüntüsünü siyah-beyaz hale getirmek yönteme eklenecek bazı ek metotlara da ihtiyaç duymaktadır.

3. RESİMLİ DOKÜMAN GÖRÜNTÜLERİNDE DOKU ÖZELLİĞİNE GÖRE METİN ALANLARININ BULUNMASINI SAĞLAYAN BİR SİSTEM

Bu çalışmada sayfa plan analizi için metin içeren bölgeleri/alanları metin karakterlerinin dokusal özelliklerini değerlendirerek bulan bir sistem tasarlanmıştır. Şekil 3.1’de tasarlanan sistemin adımlarını gösteren sistem modeli verilmiştir.



Şekil 3.1 Önerilen yöntemin sistem modeli

Görüntüyü alma aşamasında yazılı/basılı halde bulunan herhangi bir dilde oluşturulmuş, resim ve metin blokları içeren renkli/renksiz doküman, bilgisayar ortamına aktararak 256 gri seviyeli doküman görüntüsü elde edilmiştir. Elde edilen doküman görüntüsü bu çalışma kapsamında ilk hal veya orijinal görüntü olarak adlandırıldığı bölümlerde mevcuttur.

Parazit temizleme aşamasında bilgisayar ortamına aktararak sayısallaştırılmış doküman görüntüsü üzerindeki parazitler temizlenerek görüntü iyileştirilmiştir. Kullanılan yöntemli ilgili detaylı bilgi “Parazit Temizleme” başlığı altında verilmiştir.

Gabor Filtreleme aşamasında tek değer oranlı Gabor filtresi tasarlanmış ve bu filtre aracılığıyla metin karakterleri içeren bölgelerin ve metin karakteri içermeyen bölgelerin

dokusal farklılıkları ortaya çıkartılmıştır. Tasarlanılan filtrenin özellikleri ve diğer çalışmalarda kullanılan Gabor filtreleriyle farkları “Gabor Filtresi ile Dokusal Özelliklerin İncelenmesi” başlığı altında verilmiştir.

Enerji Haritası Oluşturma aşamasında Gabor Filtreleme basamağı sonucunda doküman görüntüsünden elde edilen enerji dağılımları düzenlemek amacıyla Otsu yöntemiyle eşik seviyesi uygulanarak doküman görüntüsünün ön enerji haritasına ulaşılmıştır. Ön enerji haritasında bağlı parçacıklar analizi yapılarak elde edilen bağlı parçacıklar boy ve en bilgileri doğrultusunda büyüklük elemesinden geçirilerek metin karakterleri içermeyen parçacıklar kabaca elenerek incelenen doküman görüntüsünün enerji haritası çıkartılmıştır. Enerji haritasının çıkartılmasıyla doküman görüntüsü üzerinde metin alanlarının tespiti için ilk eleme yapılmıştır.

Karakter Takibiyle Kontrol ve Model Oluşturma aşamasında, önceki adımda elde edilen enerji haritasındaki bağlı parçacıklar ve siyah-beyaz doküman görüntüsünün birleştirilip enerji haritasına göre olası metin karakterleri ortaya çıkartılmıştır. Bu görüntüde bağlı parçacıklar bulunarak bu parçacıkların birbirlerine komşulukları incelenmiş ve komşularından uzakta tek başına olan parçaların metin elemanı olmadığı kabul edilmiştir. Bu eleme sonunda geriye kalan bileşenlerin birer metin elemanı olduğu kabul edilmiş ve yöntemin sonuç çıktısı olarak; son adım olan bu adımda elenmeyen bileşenleri gösteren siyah-beyaz doküman görüntüsü verilmiştir. Bu adımda; yazı içinde kelimeleri oluşturan harflerin devam özelliğinin bulunması gerektiği, bu devamın bir doku özelliği olduğu için karakter takip metoduyla son eleme yapılarak saf metin alanlarına ulaşılmıştır. Sonuç görüntü, sadece yazıdan oluşan bir görüntü olup optik karakter tanıma işlemine hazır hale gelmiştir.

3.1 Görüntüyü Alma Adımı

Bu çalışmada, dokümanlar 300dpi çözünürlükte ve 8 bit gri seviyesinde taranarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Dokümanların eğik taranmamasına özen gösterilmiştir. Elde edilen sayısal görüntü bilgisayar ortamında pgm (portable gray map) formatında saklanmıştır.

3.2 Parazit Temizleme

Görüntünün sayısallaştırılması aşamasında oluşabilecek parazit olarak nitelendirebilecek doküman görüntüsünü zayıflatan istenmeyen/yanıltıcı veriler 3x3 piksel pencere büyüklüğünde Medyan filtre kullanılarak temizlenmiştir.

Parazit temizlemek için en çok kullanılan alçak geçirgen filtreler Ortalama filtresi ve Medyan filtredir. Ortalama filtresi resim içerisindeki her pikselin renk değerini komşu piksellerdeki gri seviyeleriyle birlikte ortalamasının alınmasıyla değiştirmektedir. Parazit, piksellerdeki renk değişimlerinin anlık sıçramalar yapması ile kendini net olarak göstermektedir. Ortalama filtre bu keskin sıçramaları/geçişleri azaltmaktadır ama ani renk geçişlerini gösteren kenar piksel kümeciklerini bulanıklaştırarak bunların etkisi azaltılmaktadır. Şekil 3.2’de 3x3 büyüklüğünde bir Ortalama filtresi maskesi örnek olarak verilmiştir. Bu maskeden anlaşılacağı üzere ortalama filtresinde merkez pikselin renk değeri komşuların renk değerleriyle birlikte toplamının, toplanan piksel sayısına bölünmesiyle bulunur.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \times 1/9$$

Şekil 3.2 Ortalama filtre maskesi

Alçak geçirgen filtrede bir pikselin yeni değeri hesaplanırken, değerlendirilen pencerenin içindeki komşu piksellerin ortalamasının kullanılması, merkez piksel değerlerinin komşularından çok farklı olduğu durumlarda görüntünün bulanıklaşmasına sebep olur.

Medyan filtre, sayısal görüntülerdeki gürültüyü azaltmak ve görüntüyü iyileştirmek için kullanılan doğrusal olmayan bir sayısal alçak geçirgen filtredir (Gonzales ve Woods, 2001). Bu yöntemde resimdeki her pikselin değeri, merkez piksel ve komşu piksellerin renk değerleri küçükten büyüğe sıralanarak, büyüklükçe ortada (medyanda) bulunan pikselin değeri ile değiştirilir. Genel olarak kullanılan Medyan filtre komşuluk matrisleri 3x3, 5x5 gibi büyüklükleri tek sayı olan kare matrislerdir. Komşuluk matrisinin büyüklüğü çift sayı seçilirse sıralama yapıldığında büyüklükçe ortadaki iki piksel çiftinin ortalama değeri alınır. Pencere büyüklüğü arttıkça elde edilen işlenmiş resim daha çok bulanıklaşır. Medyan filtreler bipolar ve unipolar etki gürültülerinde çok başarılı sonuçlar elde etmektedir. Bu sonuçları elde ederken gürültüyü minimum seviyede, bulanıklaşma seviyesini de düşük tutmaktadır.

Şekil 3.3’de Medyan filtreleme örneği verilmiştir. 3x3 pencere büyüklüğünde bir kesit alınan resim örneğinin piksel değerlerinin verildiği Şekil 3.3-a’da ki merkez piksele Medyan filtreleme uygulandığında Şekil 3.3-b’de ki sonuç elde edilir. Medyan filtre uygulanırken ilkönce pencere içerisindeki piksel değerleri sıralanır. Şekil 3.3 için bu sıralı hal 10, 10, 11, 12, 12, 14, 14, 17, 21 olarak elde edilir. Bu sıralı dizinin medyanı (tam ortadaki değeri) 12 olduğundan, Şekil 3.3-a’da 10 renk değeriyle temsil edilen merkez pikselin yeni renk değeri 12 olur.

10	12	14
14	10	12
11	17	21

(a)

10	12	14
14	12	12
11	17	21

(b)

Şekil 3.3 Medyan filtreleme örneği: (a) ilk durum; (b) Medyan filtreleme sonucu.

Medyan filtrede pencere içindeki komşu piksellerin büyüklükçe orta sırada olanının değeri kullanıldığı için, pikselin yeni değeri komşuları ile daha uyumlu olduğundan resim bulanıklaştırılmadan parazitler temizlenmiş olur.

Medyan filtrenin yarı-kodu (pseudo-code) aşağıda verilmiştir.

$I(x,y)$ = Medyan filtresi uygulanacak resim,

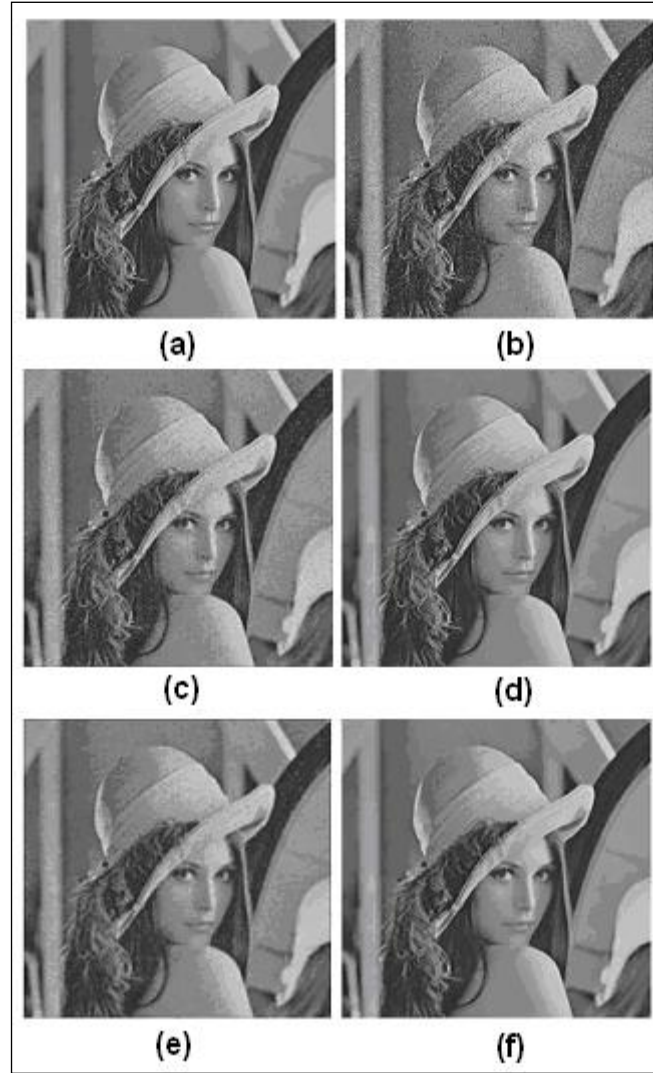
$M(x,y)$ = Medyan filtresi uygulandıktan sonra oluşturulan resim olmak üzere,

İncelenen piksel p olmak üzere $I(x,y)$ 'de bulunan her piksel için:

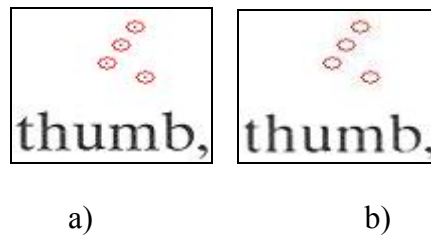
p pikseli ve pencere içerisindeki sıralanır.

Sıralı dizinin medyanı karşılık düşen $M(x,y)$ 'a atanır.

Şekil 3.4-a'de verilen 512x512 piksel büyüklüğünde 256 renk gri tonlu örnek resme %2 oranında tuz-biber etkisi gürültüsü eklendiğinde Şekil 3.4-b'de görülen sonuç resmi elde edilmiştir. Şekil 3.4-b ile verilen resme 3x3 pencere büyüklüğünde Ortalama filtresi uygulandıktan sonra Şekil 3.4-c'de görülen sonuç resmi, 3x3 pencere büyüklüğünde Medyan filtresi uygulandıktan sonra ise Şekil 3.4-d'de verilen sonuç resmi elde edilmiştir. Şekil 3.4-b ile verilen resme 5x5 pencere büyüklüğünde Ortalama filtresi uygulandıktan sonra Şekil 3.4-e'de verilen sonuç resmi, 5x5 pencere büyüklüğünde Medyan filtresi uygulandıktan sonra Şekil 3.4-f'de verilen sonuç resmi elde edilmiştir. Bu örnek şekilde Medyan filtresi Ortalama filtresine göre daha iyi sonuçlar elde etmiştir. Medyan filtresi, Ortalama filtresine göre resimleri daha az bulanıklaştırmış ve resimden elde edilebilecek kenar bilgilerinde daha az kayıp vermiştir. Verilen şekil örneğinde 3x3 pencere büyüklüğündeki filtrelerden elde edilen sonuçlar ile 5x5 pencere büyüklüğündeki filtrelerden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında; filtre boyutunun büyütülmesi ile bulanıklaşma artmış, gürültü temizleme oranı azalmıştır. Bu uygulamada da görüldüğü gibi Filtre boyutu uygulamanın türüne ve kullanılan örneklere göre seçilmesi gereklidir.



Şekil 3.4 Ortalama ve Medyan Filtresinin bir resim örneği üzerinde uygulanması: (a) orijinal resim örneği; (b) tuz-biber gürültüsü eklenmiş görüntü; (c) 3x3 Ortalama filtreleme sonucu; (d) 3x3 Medyan filtreleme sonucu; (e) 5x5 Ortalama filtreleme sonucu; (f) 5x5 Medyan filtreleme sonucu.



Şekil 3.5 Yazı karakterleri içeren resim örneğinde Medyan filtreleme sonucu: (a) kesitin Medyan filtreleme öncesindeki hali; (b) kesitin Medyan filtreleme sonrasındaki hali.

Şekil 3.5’de 3x3 komşulukta medyan filtresinin etkisini göstermek için doküman havuzundan seçilen bir örneğin sadece yazı karakterleri içeren bir kesiti alınarak bu kesit üzerinde Medyan

filtreleme yapılmıştır. Şekil 3.5-a'da verilen kesitte çerçeve içine alınan bölgede dokümanın tarayıcı ile bilgisayar ortamının aktarılmasında tarayıcının üzerinde var olan toz birikintilerinden ötürü istenmeyen parazitler oluşmuştur. Bu resme Medyan filtresi uygulandıktan sonra gürültü yok edilmiş fakat yazı karakterleri üzerinde bulanışlaşma meydana gelmiştir.

3.3 Gabor Filtresi ile Dokusal Özelliklerin İncelenmesi

Gabor filtresi, resimli doküman görüntülerinde metin alanlarının diğer alanlardan farklı dokusal özelliğini ortaya çıkartmak için kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında bu yaklaşımdan yararlanmak için tek değer oranlı, metin karakterlerine duyarlı bir Gabor filtresi tasarlanmıştır.

Gabor filtreleme adımı konu bakımından üç alt başlıkta incelenmiştir. Gabor filtreleri ile doku analizini kimlerin ve nasıl yaptıklarına kısaca Gabor filtresi ile doku analizi başlığı altında değinilmiştir. Literatürde varolan önceki çalışmalarda kullanılan Gabor filtrelerinin denklem bazında incelemesi ve örnekli karşılaştırmaları Gabor filtreleri başlığı altına incelenmiştir. Son alt başlık ise geliştirilen uygulama kapsamında kullanılan özel Gabor filtresine ayrılmıştır.

3.3.1 Gabor Filtresi ile Doku Analizi

Doku, doğal resimlerin en önemli özelliklerinden birisidir. Doku özelliklerini değerlendiren Tamura vd.(1978), insanların görsel algılamasında, algılanan nesnenin hangi dokusal özelliklerinin ön plana çıktığına dair bir çalışma yapmışlardır. Bunun için zıtlık, büyüklük, düzenlilik, açısallık, doğrusallık, bulanıklık olmak üzere 6 değişik tip doku özelliğini incelemişlerdir. Bu değişik özelliklerin hangisinin görsel algılamayı oluşturacağı konusunda doku resimlerinden oluşan bir veritabanı üzerinde çalışılmıştır. Ayrıca belirtilen doku özellikleri ikili olarak karşılaştırılmıştır. Kapsamlı bir çalışma olduğundan dolayı sadece bazı karşılaştırma yöntemleri burada aktarılmıştır. Karşılaştırma yöntemi olarak kullanılan bazı metotlar sıra korelasyon katsayısı (coefficient of rank correlation), birlikte değişim (co-occurrence) matrisidir. Karşılaştırmalar sonucu hangi doku özelliğinin diğerine baskın olduğuna dair sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma sonucunda insanların görsel algılamasında dokuları ayırt etmek için zıtlık, büyüklük, düzenlilik özelliklerinin kullanılmasının daha belirleyici olduğu ortaya çıkmıştır.

Liu ve Picard (1996), çalışmalarında dokuların yön ve periyodiklik özelliklerini değerlendirmiştir. Bu değerlendirmeyi kendilerinin geliştirdiği 2 boyutlu Wold rastgele alan bölme teorisini sunarak ve uygulayarak yapmışlardır. Bu yöntemle dokuları incelemiş ve öne çıkan özellikler doğrultusunda sınıflandırma yapmışlardır.

Doku analizi çalışmalarında en başarılı yöntemlerden birisi Gabor filtreleme tekniğidir. Jain, A.K. ve Bhattacharjee, S. (1992), Gabor filtresi bankası kullanarak doküman görüntüsü üzerinde metin içeren ve metin içermeyen bölgelerin doku özellikleri değerlendirilerek ayrıştırılmasına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Chan, W. ve Coghil, G. (2001), çalışmalarında Jain, A.K. ve Bhattacharjee, S.'yi desteklemişlerdir. Yaptıkları çalışmada çeşitli frekans ve oryantasyon değerleri ile oluşturulan ortagonal Gabor filtre çiftleriyle yerel enerji bilgilerini hesaplayarak 16 değişik dilde yazılmış metinleri sınıflandırmışlardır.

3.3.2 Gabor Filtreleri

Gabor filtresi doku sınıflandırma, kenar bulma, görüntü kodlama, karakter tanıma gibi farklı görüntü işleme uygulamalarında kullanılmaktadır. Tek boyutlu Gabor filtresi, D.Gabor tarafından geliştirilmiştir (Gabor,1946). Tek boyutlu Gabor filtresi görüntü işleme uygulamalarında kullanılabilecek iki boyutlu hale Daugman (1985) tarafından getirilmiştir. Genel anlamda Gabor filtresi; sinusoidal bir işaretin Gauss özellikli bir zarf ile modüle edilmesi temeline dayanan bir grup dalgacık olarak tanımlanabilir. Her bir dalgacık özel bir yön ve frekanstaki enerjiyi göstermektedir. Eşitlik (3.1)'de spatial domende $H(x,y)$ Gabor fonksiyonunu, $s(x,y)$ karmaşık sinusoidal işareti, $g(x,y)$ iki boyutlu Gaussian fonksiyonunu göstermektedir.

$$H(x, y) = s(x, y) * g(x, y) \quad (3.1)$$

Kompleks sinusoidal işaret Eşitlik (3.2)'de, iki boyutlu Gaussian fonksiyonu ise Eşitlik (2.3)'de görüldüğü gibi tanımlanır.

$$s(x, y) = e^{-j2\pi(u_x x + v_y y)} \quad (3.2)$$

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)} \quad (3.3)$$

Eşitlik (3.3)'de σ_x ve σ_y parametreleri, Gauss zarfının x-y düzlemindeki standart sapmaları

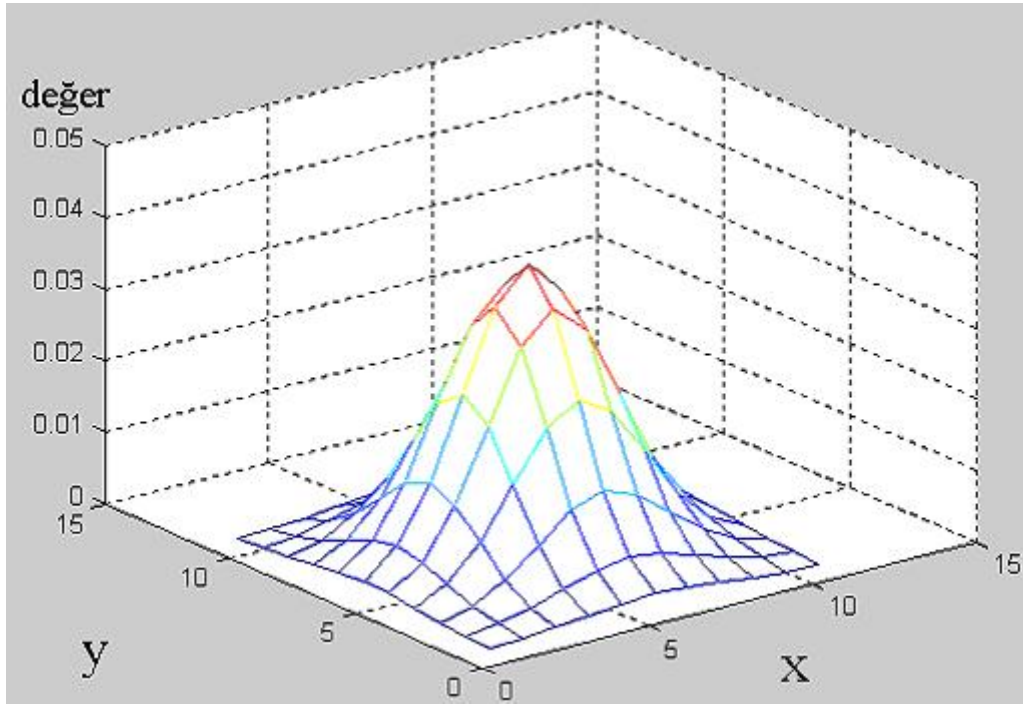
ve Gauss dağılımının genişliğini belirlemektedirler.

$$u_x = u_0 \cos \theta \quad (3.4)$$

$$v_y = v_0 \sin \theta \quad (3.5)$$

Eşitlik (3.4)'te u_0 ile yatay doğrultu için frekans değeri, Eşitlik (3.5)'te ise v_0 ile dikey doğrultu için frekans değeri gösterilmiştir. Yatay doğrultu için verilen frekans değeri, θ açısının kosinüs değeriyle çarpılarak θ açısı için yatay doğrultudaki frekans değerini gösteren u_x elde edilmiştir. Dikey doğrultu için verilen frekans değeri θ açısının kosinüs değeriyle çarpılarak θ açısı için dikey doğrultudaki frekans değerini gösteren v_y elde edilmiştir.

Şekil 3.6'da, 11x11 pencere büyüklüğünde, σ_x ve σ_y değerleri 2.0 alınan Gauss fonksiyonunun değeri ve koordinat düzlemleri kullanılarak hazırlanmış 3 boyutlu grafik görünümü verilmiştir.



Şekil 3.6 σ değeri 2.0 olan Gauss fonksiyonun 3 boyutlu grafiği

Gabor filtresi, Gauss fonksiyonunun frekans domeninde merkezden $\sqrt{u_x^2 + v_y^2}$ uzaklıkta olacak şekilde, (u_x, v_y) noktasına ötelenmiş halidir. Yani (u_x, v_y) Gabor filtresinin merkezi frekansını göstermektedir..

Gabor filtre bankası oluşturarak resim ve yazı bölgelerini ayırmayı hedefleyen bazı çalışmalarda Daugman (1985) tarafından tanıtılan 2 boyutlu Gabor filtreleri kullanılmıştır. Bu çalışmalarda, Gabor filtresinin Gauss kısmında açığa yönelim yani oryantasyon yapılmıştır. Bu çalışmalarda kullanılan Gabor filtresinin bağıntısı Eşitlik (3.6)'da verilmiştir.

$$h(x, y) = g(x', y')e^{[j2\pi Ux]} \quad (3.6)$$

Eşitlik (3.6)'da x' ve y' ile tanımlanan değişkenler x ve y değişkenlerinin verilen açı doğrultusunda döndürülmüş halidir. U değişkeni ise radyal frekansı belirtmektedir. x' ve y' değerleri Eşitlik (3.7)'de görüldüğü gibi elde edilir.

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (3.7)$$

B_r oktav değerinde radyal frekans bandgenişliğini, B_θ derece değerinde açısal bandgenişliğini göstermek üzere Eşitlik (3.8) ve Eşitlik (3.9)'da verilen bağıntılarla, Eşitlik (3.6)'da belirtilen $g(x', y')$ ile gösterilen 2 boyutlu Gaussian fonksiyonundaki σ_x ve σ_y değerleri elde edilir.

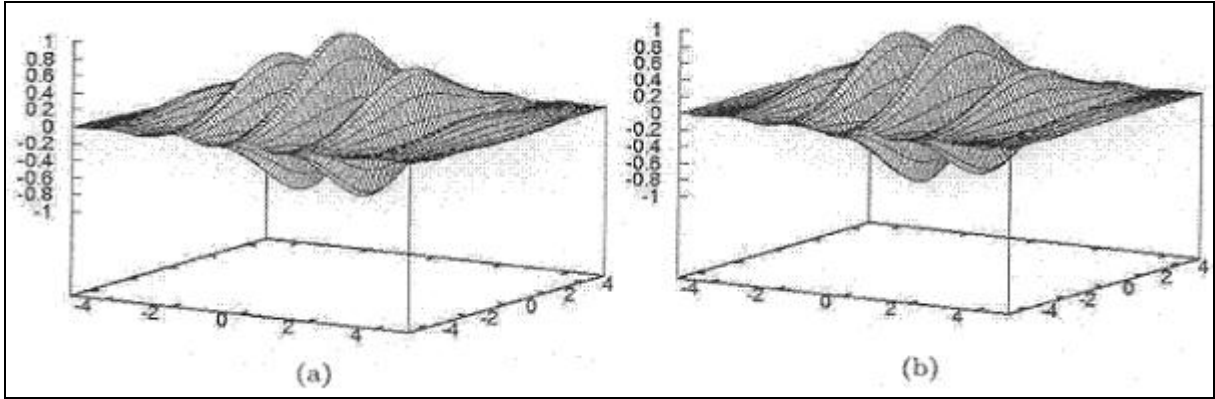
$$\sigma_x = \frac{\sqrt{2}}{2\pi U} \frac{2^{B_r} + 1}{2^{B_r} - 1} \quad (3.8)$$

$$\sigma_y = \frac{\sqrt{2}}{2\pi U \tan\left(\frac{B_\theta}{2}\right)} \quad (3.9)$$

Herhangi U , B_r ve B_θ değerlerinin birleşiminden 2 değişik filtre oluşmaktadır. Bu iki filtreden biri sinüs fonksiyonuna biri ise kosinüs fonksiyonuna denk düşmektedir. Eşitlik (3.6)'da kosinüs fonksiyonu gösterilmiştir. Kosinüs fonksiyonu, Gabor filtre fonksiyonunun gerçel kısmını oluşturan çift-simetrik (even-symmetric) filtredir. Kosinüs fonksiyonu, Gabor filtre fonksiyonu içerisinde alçak geçiren filtre görevi yapmaktadır. Sinüs fonksiyonu, Gabor filtre fonksiyonunun sanal kısmını oluşturan tek-simetrik (odd-symmetric) filtredir. Ayrıca sinüs fonksiyonu, Gabor filtre fonksiyonu içerisinde yüksek geçiren filtre görevi yapmaktadır.

Şekil 3.7'de B_r 1 oktav, B_θ 45 derece, U değeri 0.5 alınarak 0 derece için hazırlanmış iki boyutlu Gabor filtreleri verilmiştir. Raju vd.(2004) çalışmasından alınan bu şekil örneğinde

Şekil 3.7-a'da belirtilen değerler için çift-simetrik, Şekil 3.7-b'de tek-simetrik Gabor fonksiyonu gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Tek-simetrik ve Çift-simetrik Gabor fonksiyonunun örneği (Raju vd., 2004): (a) çift-simetrik Gabor fonksiyonu; (b) tek-simetrik Gabor fonksiyonu.

Gabor filtrelerinin üretimi ve kullanımı hakkında farklı bir yaklaşımda ise oryantasyon işlemi modülasyon kısmında yapılmıştır. Bu yaklaşımda frekans değeri ve Gauss fonksiyonunun σ değeri arasında belirli bir oran olduğu kabul edilmiştir. Young vd. (2002) tarafından yapılan çalışmada kullanılan Gabor filtresi bu yaklaşıma bir örnektir. Bu çalışmadaki 2 boyutlu Gabor filtresi Eşitlik (3.10) ve Eşitlik (3.11)'deki bağlantı şeklinde verilmiştir.

$$g(x, y; \sigma_x, \sigma_y, \Omega_x, \Omega_y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} e^{-(1/2)(x^2/\sigma_x^2 + y^2/\sigma_y^2)} e^{j(\Omega_x x + \Omega_y y)} \quad (3.10)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} e^{-(x^2/2\sigma_x^2)} e^{j\Omega_x x} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} e^{-(y^2/2\sigma_y^2)} e^{j\Omega_y y} \quad (3.11)$$

Eşitlik (3.10) ve (3.11)'deki σ_x değeri yatay doğrultudaki σ değeri olarak, σ_y değeri dikey doğrultudaki σ değeri olarak verilmiştir. Denklemden j kompleks kısmı, θ açısı, Ω ise frekansı göstermektedir. Eşitlik (3.12) ve (3.13)'de Ω_o : frekans ilk değeri, Ω_y : y

doğrultusundaki frekans, Ω_x : x doğrultusundaki frekans kısaltmalarını göstermektedir.

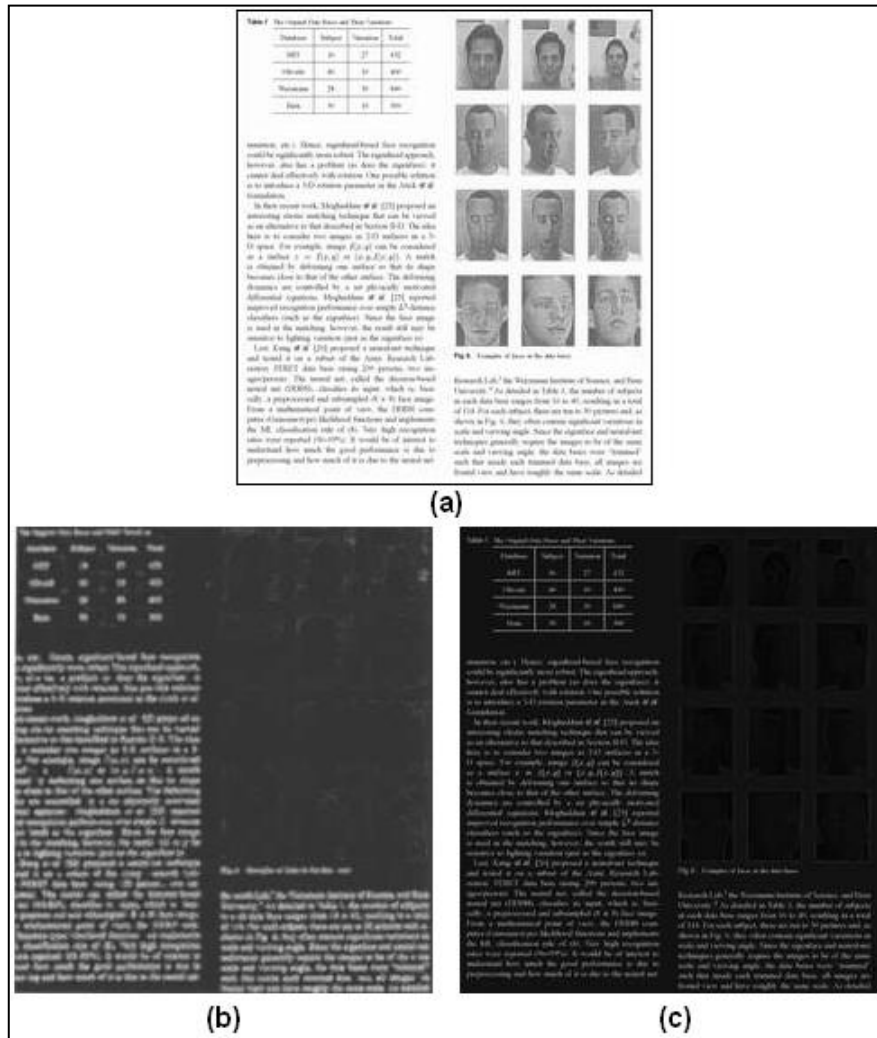
$$\Omega_x = \Omega_o \cos \theta \quad (3.12)$$

$$\Omega_y = \Omega_o \sin \theta \quad (3.13)$$

3.3.3 Uygulamada Kullanılan Gabor Filtresi

Bu çalışmada kullanılan Gabor filtresinde oryantasyon işlemi modülasyon kısmında sağlanmış ve Eşitlik (3.10)'da verilen denklem kullanılmıştır. Young vd. (2002) yaptıkları çalışmada standart sapma ve frekans arasında ters bağlantı olduğunu kabul ederek $\sigma \cdot \Omega = \pi$ almışlardır. Bu yaklaşım, çalışma kapsamında geliştirilen yöntemde kullanılmıştır. σ_x ve σ_y değerleri birbirlerine eşit kabul edilmiş ve σ olarak belirtilmiştir. 0, $\pi/4$, $\pi/2$, $3\pi/4$ olmak üzere dört değişik açı değeriyle oryantasyon sağlanmıştır.

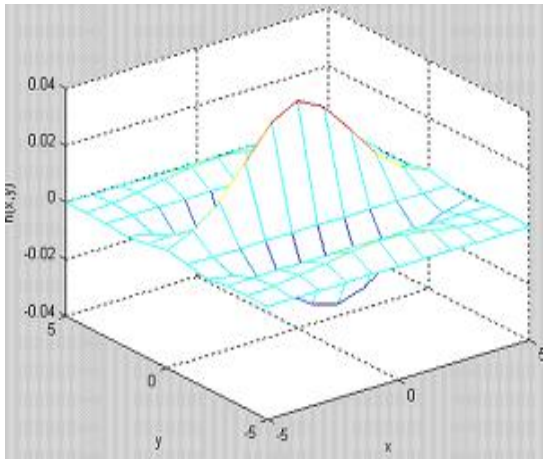
Standart sapma ve frekans arasında ters bağlantı olduğunun kabul edilmesiyle filtre sayısı azaltılmıştır. Filtre sayısındaki azalmanın sonuç üzerinde çok fazla etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir.



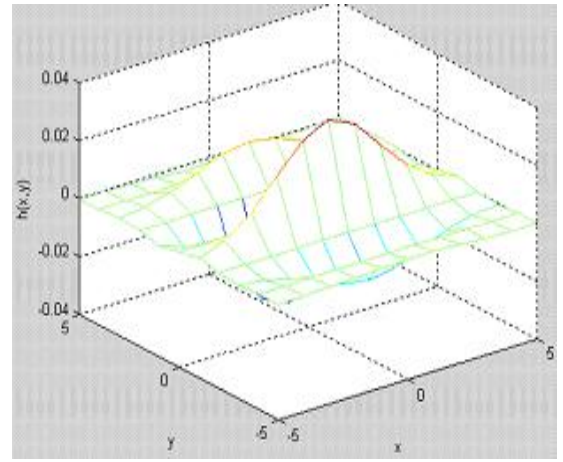
Şekil 3.8 Tek değer oranlı Gabor filtresinin sonucu ile Gabor filtre bankasının sonucu karşılaştıran örnek : (a) örnek doküman görüntüsü; (b) Raju vd. (2004) Gabor filtre bankası sonucu (c) Tek değer oranlı Gabor filtresinin sonucu.

Şekil 3.8’de yapılan çalışma kapsamında kullanılan tek değer oranlı Gabor filtresinin Şekil 3.8-a’da verilen örnek doküman görüntüsüne uygulanması sonucu Şekil 3.8-c’de verilmiştir. Raju vd. (2004) geliştirdiği Gabor filtre bankasının aynı örnek doküman üzerinde uygulanmasında ise Şekil 3.8-b’de verilmiştir. Görülen sonuçlar incelendiğinde önerilen yöntemin verdiği sonucun Gabor filtre bankası kullanan yöntem kadar iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

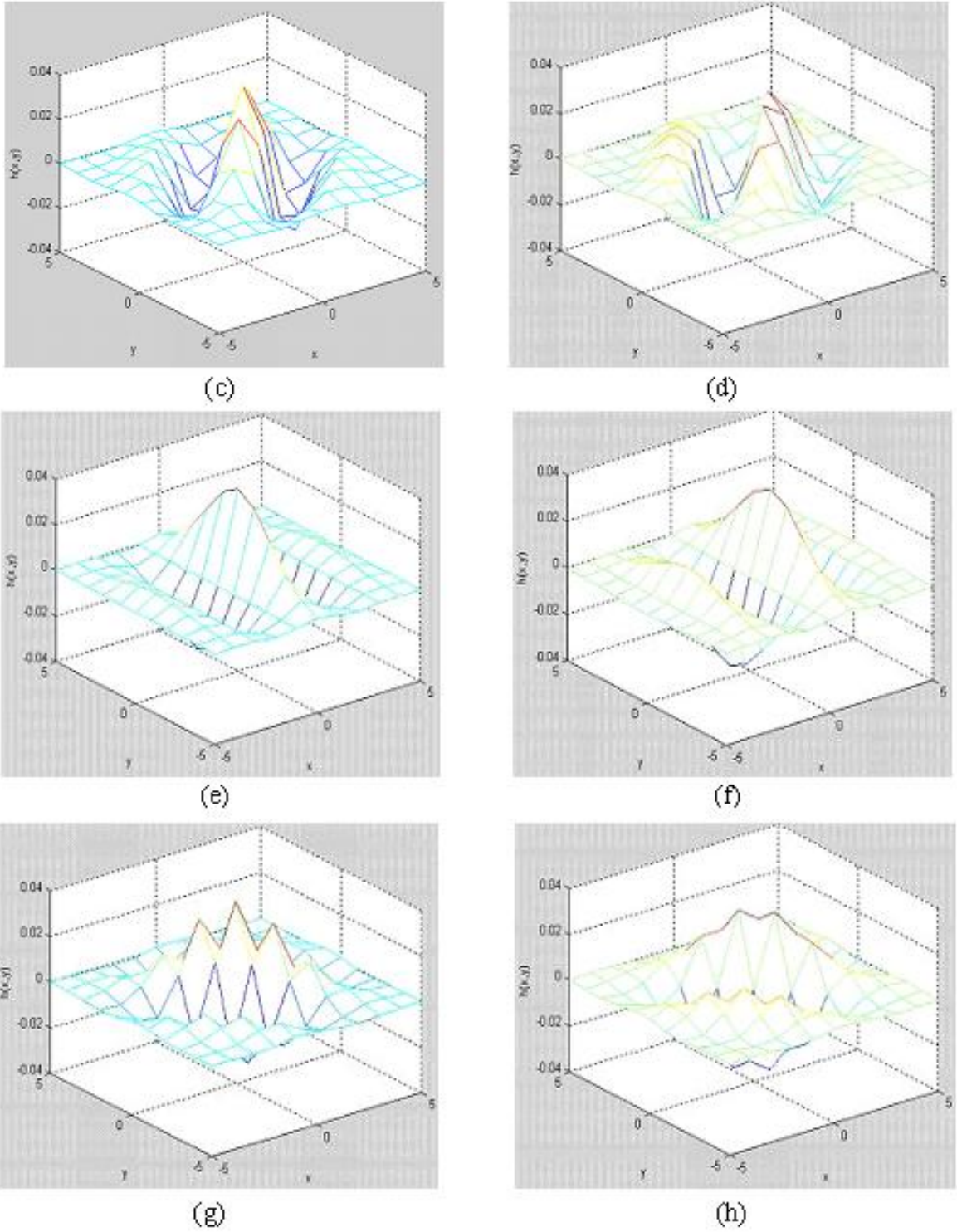
Şekil 3.9’da geliştirilen yöntemde kullanılmış Gabor filtresinin, $\sigma_x = \sigma_y = 2.0$, $\sigma \cdot \Omega = \pi$, filtre pencere büyüklüğü 11x11 piksel için sonuçları görülmektedir. Farklı açı değerleri için elde edilen gerçel ve sanal değerler Şekil 3.9’da görülmektedir. Değerler normalize edilmeden verildiği için maksimum değer 1’e eşit değildir. Ayrıca şekilde çalışma kapsamında geliştirilen yöntemde kullanılan Gabor filtresinin açığa göre nasıl değiştiği görülmektedir. Pencere büyüklüğü, bant genişliğinin değerine (σ) bağlıdır. σ değeri ne kadar arttırılırsa Gauss fonksiyonunun etkisi o denli yükseleceğinden resim üzerinde bulanıklaşma artacaktır. Bundan ötürü deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre σ değeri daha önce de belirtildiği üzere 2.0 seçilmiştir.



(a)



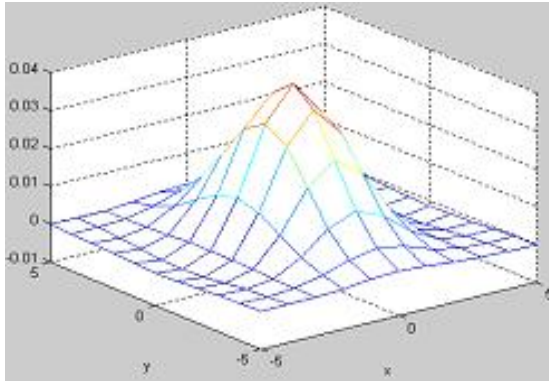
(b)



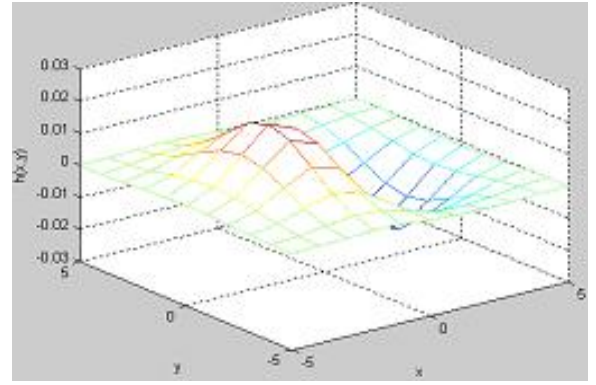
Şekil 3.9 Geliştirilen yöntemde kullanılan Gabor filtresinin gerçel ve sanal kısmını gösteren grafikler ($\sigma_x = \sigma_y = 2.0$, $\sigma.\Omega = \pi$, filtre büyüklüğü=11x11): (a) radyanda Gabor filtresinin gerçel kısmı; (b) 0 radyanda Gabor filtresinin sanal kısmı; (c) $\pi/4$ radyanda Gabor filt. gerçel kısmı; (d) $\pi/4$ radyanda Gabor filt. sanal kısmı; (e) $\pi/2$ radyanda Gabor filt. gerçel kısmı; (f) $\pi/2$ radyanda Gabor filt. sanal kısmı; (g) $3\pi/4$ radyanda Gabor filt. gerçel kısmı; (h) $3\pi/4$ radyanda Gabor filt. sanal kısmı.

Yapılan çalışma kapsamında $\sigma.\Omega = \pi$ olarak alındığından sadece tek bir frekans değeri kullanılmıştır. Bunun sonucunda ise daha az filtreleme yapılmış, işlem süresi ve karmaşıklığı azaltılmıştır.

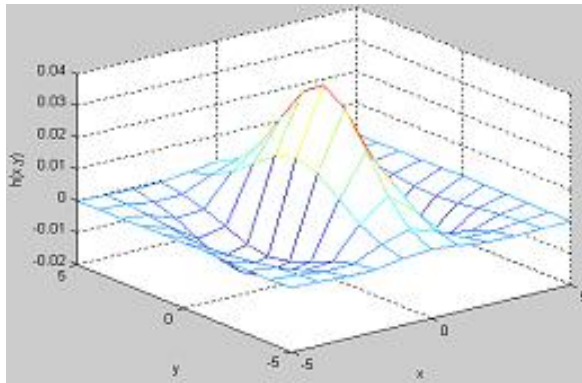
Şekil 3.10'da değişen frekans değerleri için Gabor filtresinin gerçel ve sanal kısımlarının grafikleri verilmiştir. Oluşturulan Gabor filtrelerinde $\sigma_x = \sigma_y = 2.0$, açı değeri 0 radyan, filtre büyüklüğü olarak 11x11 değerleri kullanılmıştır. Şekil 3.10'da görüldüğü gibi Ω_0 değeri arttırıldığında salınımlar artmış ve oluşan Gabor filtresinin seçiciliği değişmiştir. Ayrıca Ω_0 değeri arttırıldıkça oluşan dalgacıkların maksimum değerleri azalmıştır. Filtre büyüklüğü (11x11) sabit tutulmuş böylece dalgacıkların değişimi rahatlıkla izlenebilmiştir.



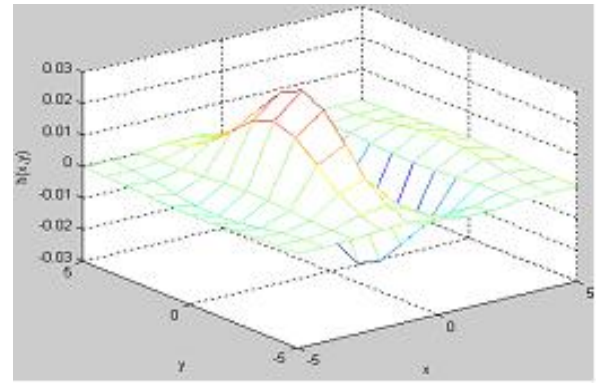
(a)



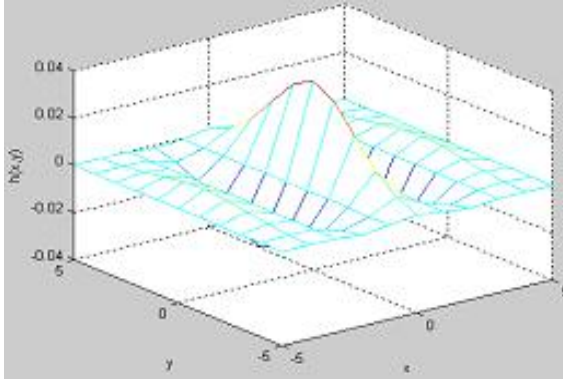
(b)



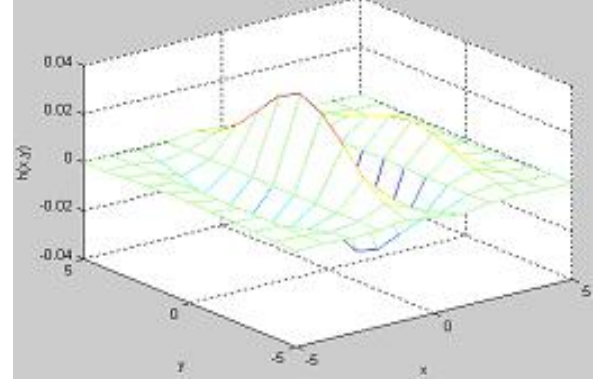
(c)



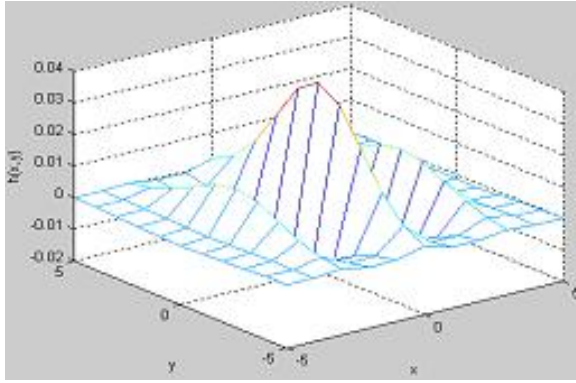
(d)



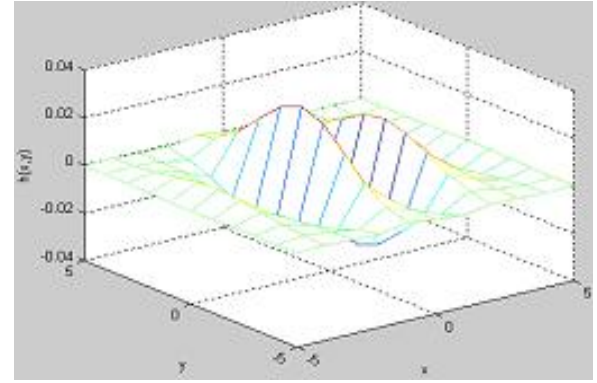
(e)



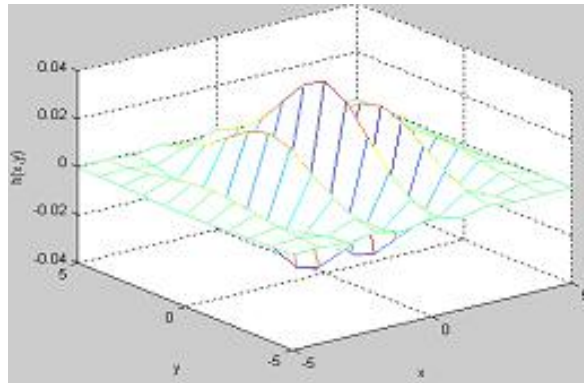
(f)



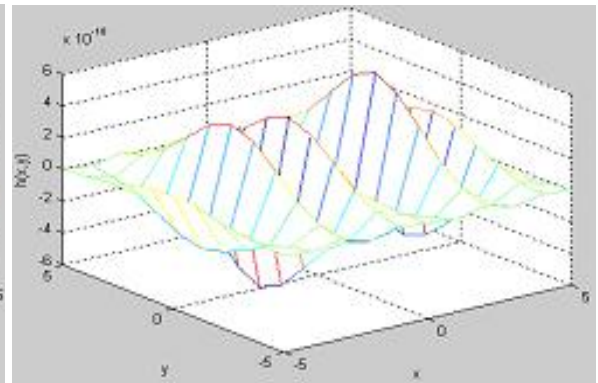
(g)



(h)



(i)



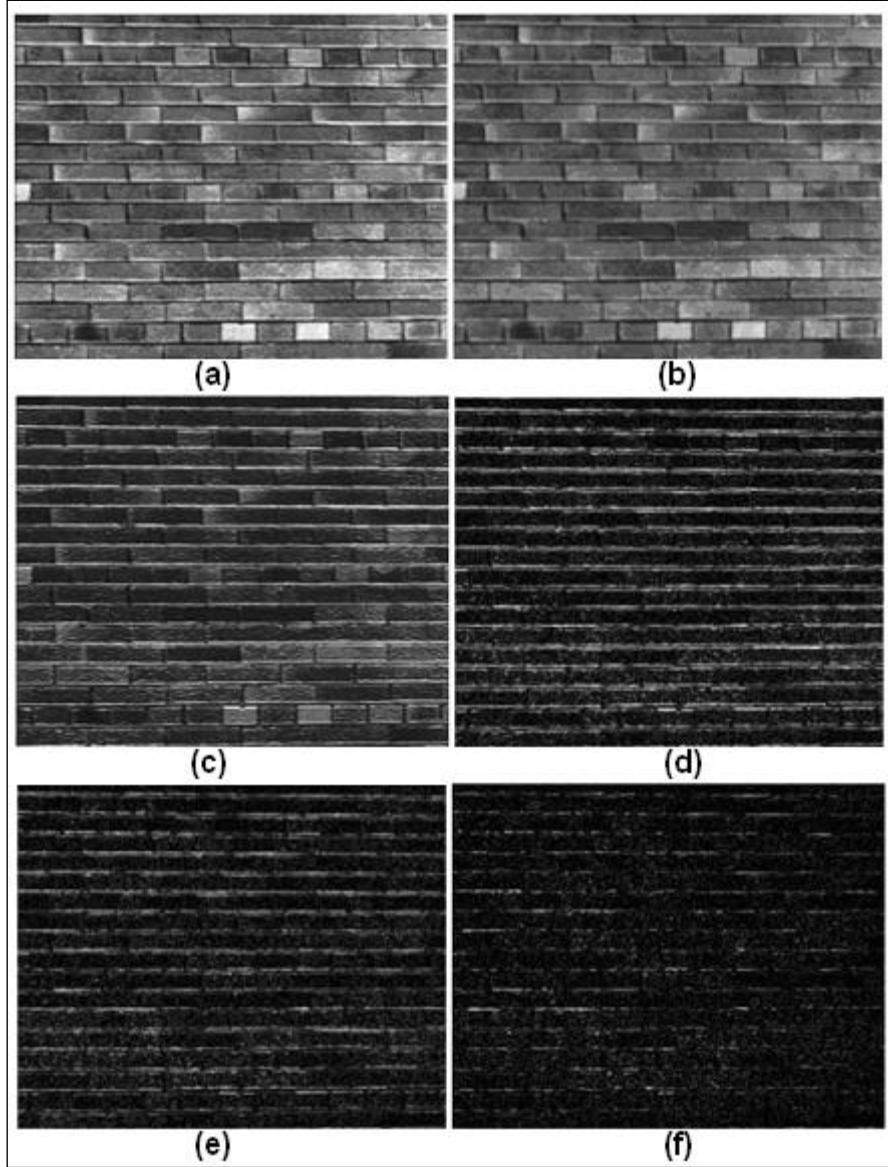
(j)

Şekil 3.10 Değişen frekans değerleri için Gabor filtresinin gerçel ve sanal kısımlarının grafikleri ($\sigma_x = \sigma_y = 2.0$, açı=0 radyan , büyüklük=11x11): (a) $\Omega_o = 0.5$ gerçel kısım; (b) $\Omega_o = 0.5$ sanal kısım; (c) $\Omega_o = 1.0$ gerçel kısım; (d) $\Omega_o = 1.0$ sanal kısım; (e) $\Omega_o = \pi / 2.0$ gerçel kısım; (f) $\Omega_o = \pi / 2.0$ sanal kısım; (g) $\Omega_o = 2.0$ gerçel kısım; (h) $\Omega_o = 2.0$ sanal kısım; (i) $\Omega_o = \pi$ gerçel kısım; (j) $\Omega_o = \pi$ sanal kısım.

Gabor filtresi resim üzerine uygulandıktan sonra her piksel için sanal ve gerçel değer çiftlerinden oluşan bir değer elde edilmiştir. Dijital resim gerçel değerlerden oluştuğundan Gabor filtrelemesi sonucunda oluşan sanal ve gerçel değer çiftlerinin toplamının mutlak değeri alınmıştır. Bu işlem Eşitlik (3.14)'de verilmiştir. Eğer mutlak değer alınmasaydı sanal değerlerin etkisi resim üzerinde gösterilememiş olacaktı.

$$|a + bi| = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3.14)$$

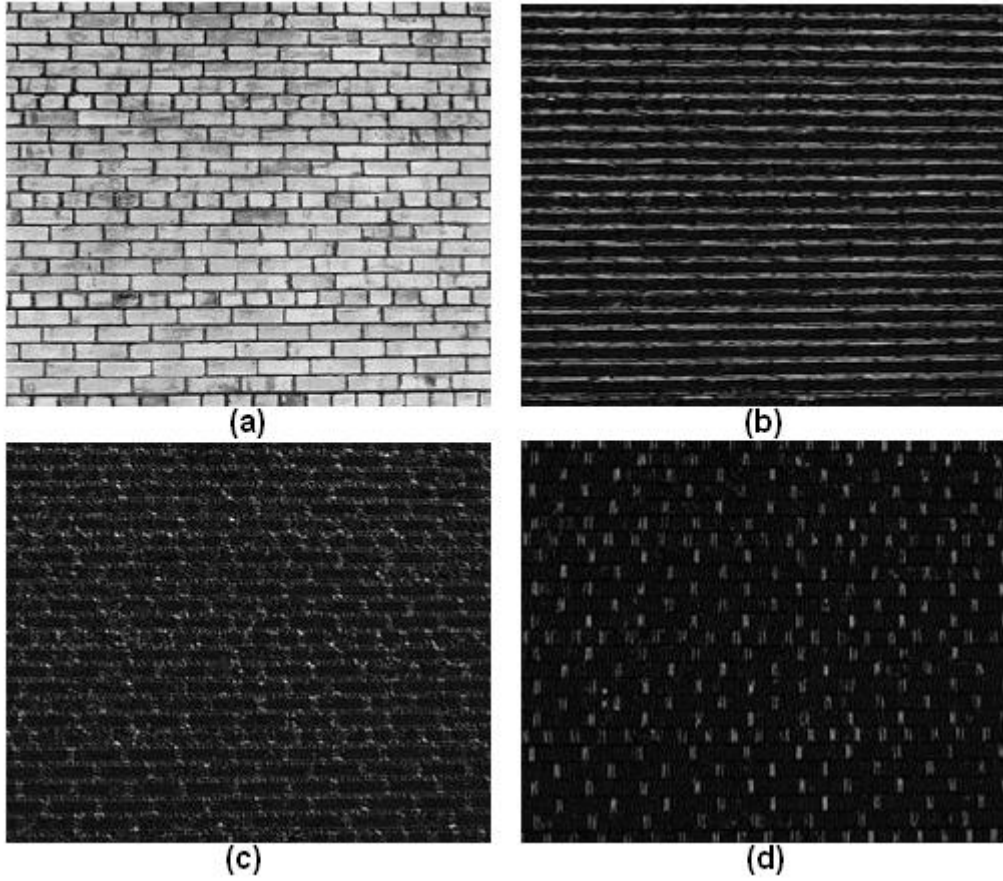
Şekil 3.11-a'da tuğla dokusuna sahip örnek resme Şekil 3.10'da grafiksel olarak gösterilen filtreler uygulanmıştır. Şekil 3.11-a'daki resme değişen frekans değerleriyle (Ω_o) : 0.5, 1.0, $\pi/2$, 2.0 ve π için oluşturulan Gabor filtreleri uygulandığında sırasıyla Şekil 3.11-b, 3.11-c, 3.11-d, 3.11-e ve 3.11-f resimlerinde gösterilen sonuç çıktıları elde edilmiştir. Sonuç resimleri incelendiğinde Şekil 3.11-b ve 3.11-c resimlerinde fazla seçilemeyen geçişler, diğer sonuç resimlerinde Gabor filtresindeki artan frekans değerine bağlı olarak daha belirgin olmuştur. Şekil 3.11-b ve 3.11-c'de görülen sonuç resimlerinde uygulanan Gabor filtresindeki sinusoidal kısım, düşük frekans değerinden dolayı etkisini belirgin olarak gösterememiştir. Gabor filtresi, band geçirgen bir filtre olmasına rağmen, yüksek geçirgenliği tam olarak sağlanamamış sadece alçak geçirgenliği sağlanmıştır. Buna bağlı olarak da resim üzerindeki bulanıklaşma, etkisini daha çok ortaya çıkarmıştır. Şekil 3.11-d, 3.11-e ve 3.11-f'de verilen sonuç resimlerinde beyaz piksel kümecikleri belirginleşmeye başlamıştır. Bu beyaz pikseller 0 derece doğrultusuna (yatay doğrultu) dik bulunan çok kuvvetli geçişleri göstermiştir. Verilen örnek siyah-beyaz renk aralığında 256 gri tonludur. Bu renk adeti bize 256 farklı tepki sonucunu gösterebilmiştir. Bunlardan en yüksek tepki 255 gri seviyesi, en düşük tepki ise 0 gri seviyesidir. Şekil 3.11-d, 3.11-e, 3.11-f'de verilen sonuç resimlerinde artan frekans değerlerine bağlı olarak nispeten daha düşük frekans bölgesine denk düşen değişimlere sahip piksel kümecikleri ortaya çıkmıştır. Bu sonuçtan 2 boyutlu Gabor filtreleme sayesinde elde edilen bilginin gittikçe azaldığı görülmektedir. Gabor filtresinin oluşturulması için seçilen açı değerinin 0 radyan olmasından ötürü tam dikey doğrultudaki değişimler görülmektedir.



Şekil 3.11 Değişen frekans değerlerine bağlı olarak oluşturulan Gabor filtresinin, tuğla resmine uygulanması sonucu oluşan sonuç resimleri ($\sigma_x = \sigma_y = 2.0$, açı=0 radyan , boyut=11x11): (a) orijinal resim; (b) $\Omega_o = 0.5$, Gabor filt. uygulanmış hali; (c) $\Omega_o = 1.0$, Gabor filt. uygulanmış hali; (d) $\Omega_o = \pi/2$, Gabor filt. uygulanmış hali; (e) $\Omega_o = 2.0$, Gabor filt. uygulanmış hali; (f) $\Omega_o = \pi$, Gabor filt. uygulanmış hali.

Şekil 3.12’de ise σ ve frekans değeri sabit alınıp değişen açı değerleriyle oluşturulan Gabor filtrelerinin etkisi, yeni bir tuğla duvar örnek resmi üzerinde uygulanarak gözlemlenmeye çalışılmıştır. $\sigma_x = \sigma_y = 2.0$, $\sigma.\Omega = \pi$, filtre büyüklüğü=11x11 sabit değerleriyle Şekil 3.12-a’da verilen sık tuğla dokusuna sahip örnek resme sırasıyla 0, $\pi/4$, $\pi/2$, $3\pi/4$ radyan açı değeriyle oluşturulan Gabor filtresi uygulandığında sırasıyla Şekil 3.12-b, 3.12-c, 3.12-d ve

3.12-e’de görülen sonuç resimleri elde edilmiştir. Şekil 3.12’deki örnek gibi bu örnekte de sonuç resminin mutlak değeri alınarak sanal kısmın etkisi eklenmiş ve elde edilen sonuç piksellerinin değerleri 0-255 gri renk değeri arasına normalize edilmiştir. Şekil 3.12’deki örnekler incelendiğinde Gabor filtresinin açısall parametreye bağılı olarak yönelimleri ortaya çıkaran bir band geçiren filtre olduğu görülmektedir. Şekil 3.12-b ve Şekil 3.12-d’de verilen sonuç resimlerinde Gabor filtresi uygulanmış sık tuğla dokusu üzerinde 0 ve $\pi/2$ açı değeri doğrultusundaki geçiş tabanlı yönelimler rahatlıkla izlenebilmiştir. Şekil 3.12-c ve Şekil 3.12-e’deki sonuç resimlerinde ise $\pi/4$ ve $3\pi/4$ radyanda hazırlanılmış Gabor filtrelerinin resme uygulanmış hallerindeki benzerlik, elde edilen Gabor filtresinin doğruluğunu ve tutarlılığını göstermiştir.



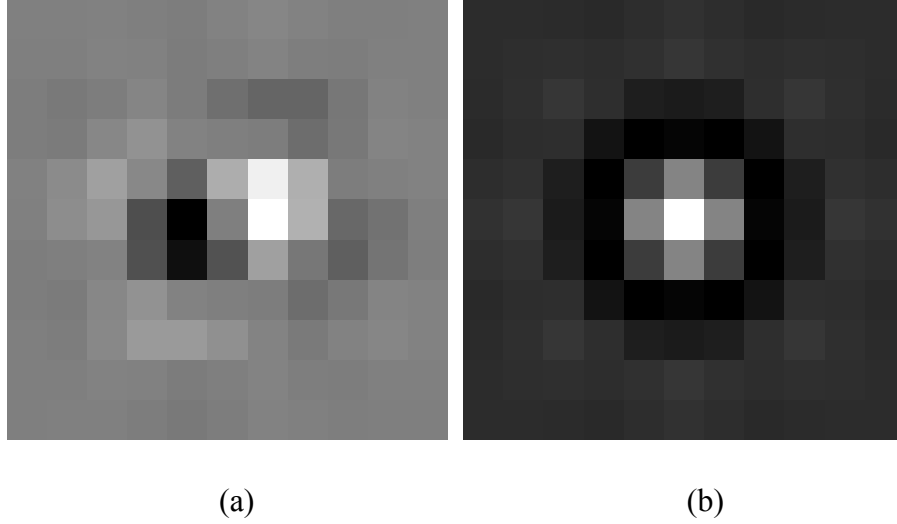


(e)

Şekil 3.12 Değişen açı değerlerine bağlı olarak oluşturulan 2 boyutlu Gabor filtresinin, tuğla resmine uygulanması sonucu oluşan sonuç resimleri ($\sigma_x = \sigma_y = 2.0$, $\sigma.\Omega = \pi$, boyut=11x11): (a) sık tuğla dokusuna sahip örnek resim; (b) 0 radyan Gabor filtresi sonucu; (c) $\pi/4$ radyan Gabor filtresi sonucu; (d) $\pi/2$ radyan Gabor filtresi sonucu; (e) $3\pi/4$ radyan Gabor filtresi sonucu.

Bu çalışmada geliştirilen yöntem için $\sigma_x = \sigma_y = 2.0$, $\sigma.\Omega = \pi$, pencere büyüklüğü 11x11 alınmış 0 radyan, $\pi/4$ radyan, $\pi/2$ radyan, $3\pi/4$ radyan açı değerleri için dört ayrı Gabor filtresi oluşturulmuştur. Metin karakterlerinin $\pi/4$ ve katlarındaki açı değerlerine karşı duyarlı sonuçlar vermesinden dolayı birbirini zıt çiftler olarak tamamlayan bu 4 ayrı açı değeri uygulamada filtreyi oluşturmak için seçilmiştir. Oluşturulan Gabor filtrelerinin sanal ve gerçel kısımları ayrı ayrı toplanarak tek bir sanal kısım ve gerçel kısımdan oluşan bir Gabor filtresi üretilmiştir.

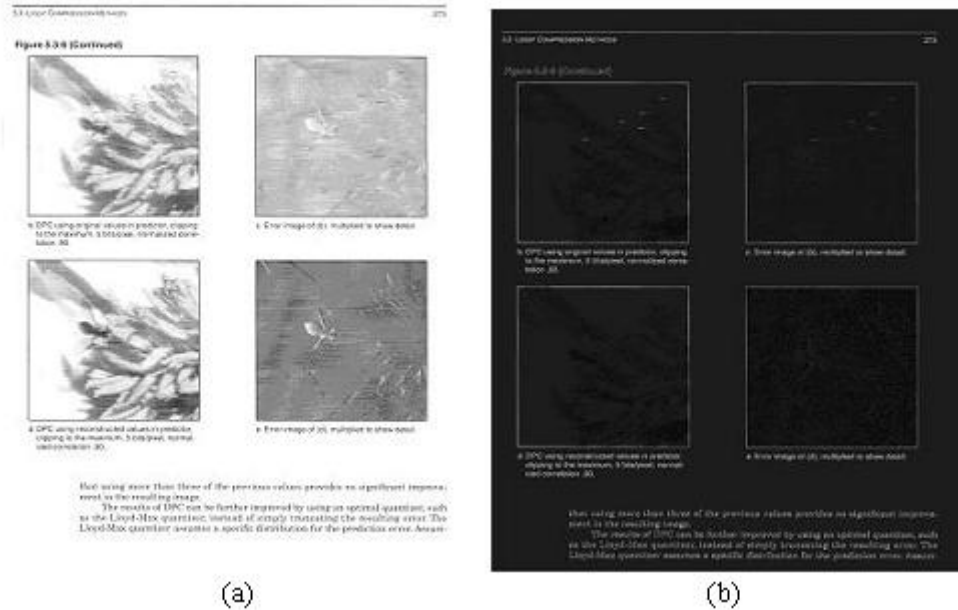
Uygulama kapsamında kullanılan ve önceki paragrafta tanımlanan değerlerden oluşturulan Gabor filtresinin sanal kısmı 256 renk gri seviyesinde Şekil 3.13-a'da, gerçel kısmı ise Şekil 3.13-b'de verilmiştir.



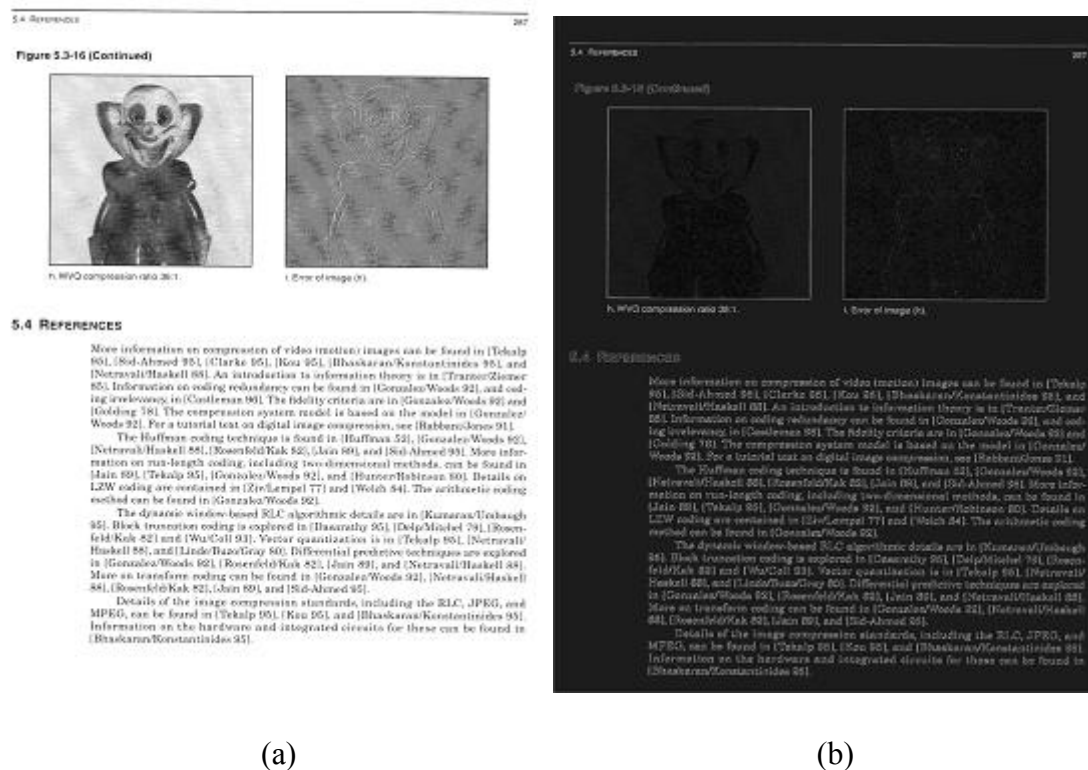
Şekil 3.13 Uygulama kullanılmak üzere geliştirilen tek değer oranlı, 2 boyutlu Gabor filtresinin sanal ve gerçel kısımları: (a) sanal kısım; (b) gerçel kısım.

Şekil 3.14-a, 3.14-c, 3.14-e ve 3.14-g’de görülen doküman örnek havuzundan seçilmiş resimlere yukarıda özellikleri verilen Gabor filtresi uygulandığında sırasıyla Şekil 3.14-b, 3.14-d, 3.14-f ve 3.14-h’deki sonuç resimleri elde edilmiştir. Bu sonuç resimlerinde de Gabor filtrelemesinden sonra oluşan her pikselin, sahip olduğu sanal ve gerçel değerlerden oluşan tepki sonucunun mutlak değeri alınmıştır. Bu sonuç resimlerinde de görüldüğü gibi metinsel karakterler içeren bölgelerde/piksel kümeciklerinde çalışma kapsamında geliştirilen Gabor filtresine verilen tepki değerleri yüksek seviyelerde, resim olarak görülen bölgelerde/piksel kümeciklerinde ise düşük seviyelerde çıkmıştır. Arka plan olarak tanımlanabilecek kısımlar ise Gabor filtreleme işlemine neredeyse hiç tepki vermemiştir.

Yapılan çalışma kapsamında geliştirilen tek değer oranlı Gabor filtresi belirtilen dört yöndeki geçişleri tanımlanan frekans değerinde değerlendirmiştir. Bu değerlendirme sonucunda Şekil 3.14, 3.15, 3.16, 3.17’de görülen örnekler doğrultusunda incelenen doküman görüntüsünün 0-255 renk aralığında enerji dağılımlarına ulaşılmıştır. Bu enerji dağılımlarının oluşturduğu bölgelerde metin karakterlerinin bulunduğu görülmektedir. İlerleyen aşamada bu dağılımlar düzenlenip metin bloklarına ulaşılacaktır.



Şekil 3.14 Taranarak bilgisayar ortamına aktarılmış ve parazit temizlenme işlemi uygulanmış doküman görüntüsü örnekleri üzerinde Gabor filtreleme işleminin sonuç resimleri 1: (a) orijinal doküman görüntüsü (b) örnek görüntünün filtreye tepkisi.



Şekil 3.15 Taranarak bilgisayar ortamına aktarılmış ve parazit temizlenme işlemi uygulanmış doküman görüntüsü örnekleri üzerinde Gabor filtreleme işleminin sonuç resimleri 2: (a) orijinal doküman görüntüsü (b) örnek görüntünün filtreye tepkisi.

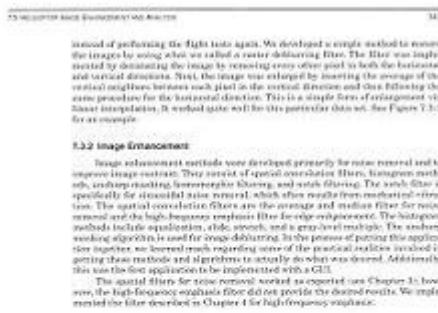


Figure 3.2-1 Ghost Image Removal



(a)

(b)

Şekil 3.16 Taranarak bilgisayar ortamına aktarılmış ve parazit temizlenme işlemi uygulanmış doküman görüntüsü örnekleri üzerinde Gabor filtreleme işleminin sonuç resimleri 3: (a) orijinal doküman görüntüsü (b) örnek görüntünün filtreye tepkisi.



(a)



(b)

Şekil 3.17 Taranarak bilgisayar ortamına aktarılmış ve parazit temizlenme işlemi uygulanmış doküman görüntüsü örnekleri üzerinde Gabor filtreleme işleminin sonuç resimleri 4: (a) orijinal doküman görüntüsü (b) örnek görüntünün filtreye tepkisi.

3.4 Enerji Haritası Oluşturma Adımı

Gabor filtresi uygulama basamağında doküman görüntüsünden elde edilen enerji dağılımlarını gösteren tepki sonuçlarından en iyi verimi alabilmek, işlem kolaylığı sağlamak, olası metin alanlarının piksellerini çıkartabilmek için doküman görüntüsünün enerji haritası çıkartılmıştır.

Enerji haritası oluşturma işlemi iki alt işlemden oluşmaktadır. İlk alt işlemde Gabor filtreleme aşamasından geçmiş doküman görüntülerini, siyah-beyaz hale getirilmiştir. Bunun için gerekli olan eşik seviyesi, Otsu adaptif eşik seviyesi bulma metodu ile bulunmuştur. Bulunan bu eşik seviyesiyle görüntü siyah-beyaz hale getirilerek olası metin alanlarının pikselleri ortaya çıkartılmıştır. Bu sonuç çıktısına çalışma kapsamında ön enerji haritası olarak değinilmiştir. İkinci alt işlem ise ön enerji haritasında kuvvetli geçişlere, frekans değişimlerine sahip olmasından dolayı metin alanlarının pikselleri gibi görünen parazit, çizgi, çerçeve gibi nesnelerin elenerek enerji haritasının son halinin verilmesidir. Bu işlemler ön enerji haritası üzerinde bağlı-parçacıklar bulunmasıyla başlamıştır. Bulunan bağlı-parçacıkların en ve boy bilgileri doğrultusunda mantıksal bir eleme kuralı konularak istenmeyen/yanıltıcı nesneler ön enerji haritasından çıkartılarak enerji haritası oluşturulmuştur.

3.4.1 Ön Enerji Haritasının Oluşturulması

Şekil 3.14, 3.15, 3.16, 3.17’de verilen tepki/sonuç örnekleri incelendiğinde Gabor filtrelemesi sonucunda metin alanlarını oluşturan piksel gruplarının, metin alanlarında olmayan piksel gruplarına oranla filtreye daha kuvvetli tepkiler verdiği ve sonuç resimlerinde beyaz renge daha yakın oldukları görülmüştür. Bu piksel gruplarının tam olarak ayrıştırılabilmesi ve üzerinde işlem yapılabilmesi için görüntünün siyah-beyaza çevrilmesi gerekmektedir.

Genel olarak siyah-beyaza çevirme işlemi (binarization) için gerekli olan eşik değerinin bulunması için iki ana yol mevcuttur. Bu yollar; eşik değerinin her görüntü için sabit bir değer olarak seçilmesi veya her görüntü için uyarlamalı/adaptif olarak bulunmasıdır. Eşik değeri her görüntü için sabit olarak seçilirse farklı gri seviyeli görüntüler için aynı başarı alınamayacaktır. Uyarlamalı olarak bulunan eşik değeri ise işlem yükü getirmekle beraber görüntünün gri seviyesine bağlı olarak uygun sonucun elde edilmesini sağlayacaktır.

Bu çalışmada siyah-beyaza çevirme işlemi için Otsu Adaptif Eşik seviyesi bulma metodu kullanılmıştır. Bu metot görüntüyü iki sınıfa bölmeyi hedefler. Bu hedefe ulaşırken izlediği yol iki sınıf arasındaki varyansı en büyük değere ulaştırırken sınıf içi varyansı en düşük seviyeye çekmektir (Otsu,1979).

Eşitlik (3.15)'de i değeri gri seviyesini gösterirken, $P(i)$ i ile belirtilen gri seviyesi rengin görüntü'de bulunma olasılığını ve/veya frekansını gösterirken, ortalama gri seviyesi μ eldesi görülmektedir.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N iP(i)}{\sum_{i=1}^N P(i)} \quad (3.15)$$

Eşitlik (3.16)'da varyansın yani standart sapmanın karesi olan σ^2 'nin hesaplanması verilmiştir.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (i - \mu)^2 . P(i)}{\sum_{i=1}^N P(i)} \quad (3.16)$$

Otsu eşik seviyesine T denirse, her iki sınıf için ayrı ayrı ortalama gri seviyesi Eşitlik (3.17) ve (3.18)'deki gibi hesaplanır.

$$\mu_1 = \frac{\sum_{i=1}^T i.P(i)}{\sum_{i=1}^T P(i)} \quad (3.17)$$

$$\mu_2 = \frac{\sum_{i=T+1}^N i.P(i)}{\sum_{i=T+1}^N P(i)} \quad (3.18)$$

Q_1 ile ilk sınıf için olasılıklar toplamı Eşitlik (3.19)'da, Q_2 ile ikinci sınıf için olasılıklar toplamı Eşitlik (3.20)'de gösterilmiştir.

$$Q_1 = \sum_{i=1}^T P(i) \quad (3.19)$$

$$Q_2 = \sum_{i=T+1}^N P(i) \quad (3.20)$$

İlk sınıfın varyansı σ_1^2 Eşitlik (3.21)'de, ikinci sınıfın varyansı σ_2^2 Eşitlik (3.22)'de gösterilmiştir.

$$\sigma_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^T (i - \mu_1)^2 \cdot P(i)}{\sum_{i=1}^T P(i)} \quad (3.21)$$

$$\sigma_2^2 = \frac{\sum_{i=T+1}^N (i - \mu_2)^2 \cdot P(i)}{\sum_{i=T+1}^N P(i)} \quad (3.22)$$

Genel olarak varyans: σ_{si}^2 sınıf içi varyans σ_{sa}^2 sınıflar arası varyans olmak üzere Eşitlik (3.23)'de tanımlanmıştır.

$$\sigma^2 = \sigma_{si}^2 + \sigma_{sa}^2 \quad (3.23)$$

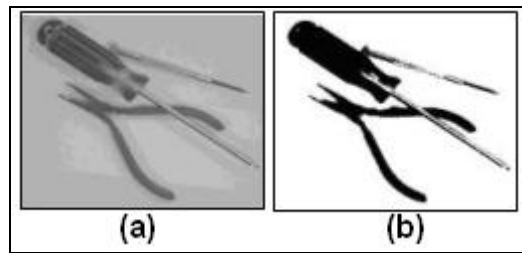
Eşitlik (3.23) açılarak Eşitlik (3.24) tanımlanmıştır.

$$\sigma^2 = (\sigma_1^2 \cdot Q_1 + \sigma_2^2 \cdot Q_2) + ((\mu_1 \cdot \mu)^2 \cdot Q_1 + (\mu_2 \cdot \mu)^2 \cdot Q_2) \quad (3.24)$$

T eşik değeri sınıf içi varyansı en düşük seviyeye sınıflar arası varyansı en yüksek seviyeye getirdiği noktaya kadar iteratif olarak hesaplanır. Sınıflar arası varyansı en yüksek olduğu değer sınıf içi varyansın en düşük olduğu değerdir. Eşitlik (3.25)'de Otsu adaptif eşik seviyesi To verilmiştir.

$$To = \arg \max_T \{ \sigma_{sa}^2 = Q_1 \cdot (1 - Q_1) \cdot (\mu_1 - \mu_2)^2 \} \quad (3.25)$$

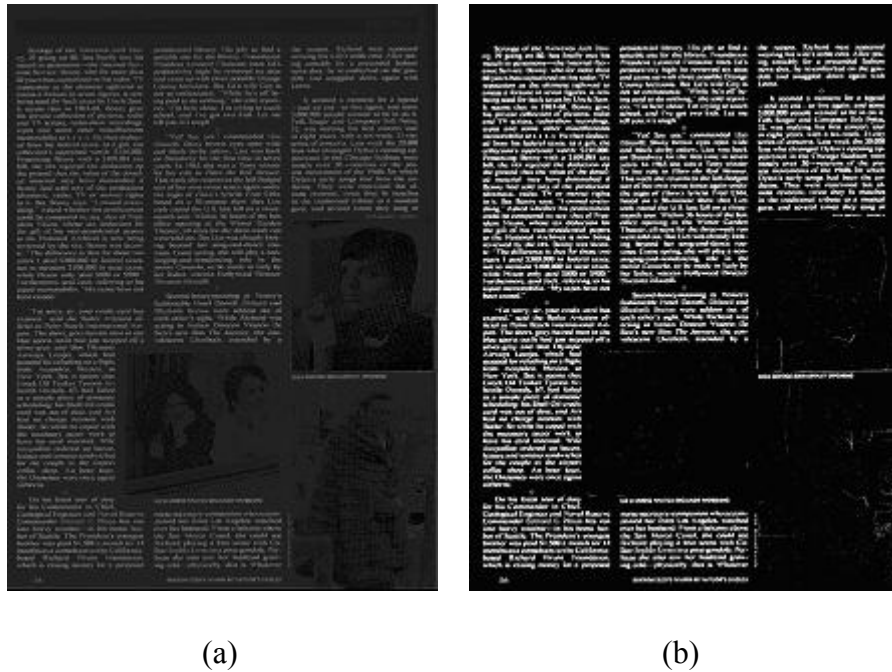
Şekil 3.18'de Otsu eşik seviyesi belirleme metoduyla siyah-beyaz çevirme işlemine örnek verilmiştir. Şekil 3.18-a'da görülen 8 bit gri seviyesindeki resim örneği, Otsu adaptif eşik seviyesi metoduyla bulunan 124 gri seviyesine göre Şekil 3.18-b'de görülen hale gelmiştir.



Şekil 3.18 Otsu eşik seviyesi belirleme metodunun örneği: (a) 8 bit gri seviyesindeki örnek resim; (b) Otsu adaptif eşik seviyesi bulma metoduyla siyah-beyaza çevrilmiş örnek resim .

Gabor filtrelemesi sonunda oluşan sonuç resimlerine Otsu eşik seviyesi belirleme metodu ile elde edilen eşik seviyesine göre 256 gri renkte bulunan tepki/sonuç resimleri siyah-beyaz renklere dönüştürülmüştür. Böylece karakter grupları birer bileşen olarak incelenebilecek ve ortak özellikleri bulunarak kullanılacaktır. Çıkan sonuçlar bir sonraki basamakta daha kuvvetlendirilmiş ve metin alanlarını gösteren doküman görüntüsüne özel bir maskeye dönüştürülmüş olacaktır. Bu maske doküman görüntüsü üzerinde Gabor filtrelemesi sonucu oluşan enerji dağılımlarını gösterdiğinden enerji haritası, bu basamakta tam olarak bitmediğinden ön enerji haritası olarak tanımlanmıştır.

Şekil 3.17-a'da verilen orijinal doküman görüntüsünün Gabor filtreleme basamağı sonucunda oluşan sonuç resmi Şekil 3.19-a'da verilmiştir. Bu sonuç resminden elde edilen ön enerji haritası ise Şekil 3.19-b'de verilmiştir. Gri tonlarda daha açık renklerde ortaya çıkan kuvvetli tepkiler ön enerji haritasında daha net seçilebilmiştir. Ayrıca Gabor filtrelemesi sonucunda fazla belli olmayan (örneğin, Şekil 3.19-b'de sağ altta resim bölgesinde bulunan beyaz piksel kümecikleri) ama ön enerji haritasında net olarak görülen, resim alanlarında bulunan bazı piksel gruplarının tepkilerinin yüksek seviyelerde olduğu görülmüştür.



Şekil 3.19 Doküman görüntüsü örneğinin Gabor filtrelemesinden elde edilen sonuç resmi ve bundan oluşturulan ön enerji haritası: (a) Gabor filtreleme sonucu; (b) ön enerji haritası.

3.4.2 Enerji Haritasının Oluşturulması

Ön enerji haritasının oluşturulmasından sonra dokümanın enerji haritasının oluşturulması adımına geçilmiştir. Bu harita daha önce de belirtildiği gibi olası karakterlerin alanlarını gösteren ve/veya ön enerji haritasında tam olarak görülen karakter olabilecek piksel kümeleri ile karakter olamayacak olan piksel kümelerini ayırt etmek üzere bir maske olarak tasarlanmıştır.

Doküman görüntüsü üzerinde Gabor filtresi uygulanması sonucunda karakter içeren piksellerin tepkilerinin, resim içerenlere oranla daha kuvvetli olduğu sonucuna varılmıştır. Fakat doküman görüntülerinde bulunan bazı nesneler de filtreye kuvvetli tepkiler vermektedir. Bunların başlıcaları yatay ve dikey çizgiler, çerçeveler ve resim bölgelerinde bulunan irili ufaklı geçiş noktalarıdır. Bu nesneler bir elemeden geçirilmeden metin alanlarının çıkartımı yapıldığında, doküman görüntüsünde metin alanlarının yanında bu gibi nesnelerde bulunacak ve Optik Karakter Tanıma işlemlerinde başarıyı oldukça düşürecektir.

Raju vd.(2004) çalışmalarında yatay ve dikey çizgiler, çerçeveler ve resim bölgelerinde bulunan irili ufaklı geçiş noktalarının geliştirdikleri Gabor filtresine tepkisinin metin karakterlerinin tepkileri kadar kuvvetli olduğuna dikkat çekmiştir. Geliştirdikleri sistemde bu nesneleri, Gabor filtreleme basamağından önce doküman görüntüsünün siyah-beyaz halinde bağlı parçacıkları bularak ve bulunan parçacıkların en ve boy bilgileri kullanılmasıyla belirledikleri eşik seviyelerini kullanarak elemişlerdir.

Yapılan çalışma kapsamında ön enerji haritasında beyaz piksellerle gösterilen olası metin karakterleri gibi görülen çizgi, çerçeve v.b. doküman elemanlarının elenmesi için, bağlı parçacıkların geometrik özelliklerinin kullanılması benimsenmiştir. Raju vd.(2004) çalışmasından farklı olarak bu eleme Gabor filtreleme basamağından sonra elde edilen tepki kuvvetleri kullanılarak yapılmıştır.

Enerji haritasını oluşturmak için ilk önce ön enerji haritasında beyaz piksellerin anlamlı olduğu kabul edilmiş ve özyinelemeli bağlı parçacık etiketleme yöntemiyle (recursive connected component labelling), bağlı parçacıklar çıkartılmıştır. Uygulamada kullanılan rekürsif bağlı parçacık etiketleme yönteminin algoritması aşağıdaki Şekil 3.20’de verilmiştir (Shapiro ve Stockman, 2001).

B Ön enerji haritası, **LB** Etiketlenmiş bağlı parçacık olmak üzere;

Fonksiyon ozyinelemeli_bagli_parcacik (**B**, **LB**);

```
{
LB:=ters(B); // beyaz pikseller -1, siyah pikseller 0 değerini alır.
Etiket:=0;
bilesenleri_bul(LB, Etiket);
yazdir(LB);
}
```

Fonksiyon bilesenleri_bul(LB, Etiket);

```
{
for L:=0'dan Maksimum satır sayına
  for P:=0'dan Maksimum sütun sayısına
    if LB[L,P]==-1 then
      {
        Etiket:=Etiket+1;
        ara (LB, Etiket, L, P);
      }
}
```

Fonksiyon ara(LB, Etiket, L, P);{

```
LB[L,P]:=Etiket;
Nset := komsular (L,P);
for each (L',P') in Nset
  if LB[L',P']==-1;
  else ara(LB, Etiket, L',P');}
```

Şekil 3.20 Özyinelemeli bağlı parçacık etiketleme algoritması (Shapiro ve Stockman, 2001)

8 komşuluk esasına göre bulunan bağlı parçacıkların ortalama en ve ortalama boy değerleri hesaplanmıştır. To: tüm bulunan bağlı parçacıkların sayısı (son etiket değeri), Cc_en: bağlı parçacığın eni, Cc_boy: bağlı parçacığın boyu olmak üzere Ort_En: tüm bulunan bağlı parçacıkların ortalama eni, Ort_Boy: tüm bulunan bağlı parçacıkların ortalama boyu Eşitlik (3.26) ve Eşitlik (3.27)'da hesaplanmıştır.

$$Ort_En = \frac{\sum_{i=1}^{To} Cc_en(i)}{To} \quad (3.26)$$

$$Ort_Boy = \frac{\sum_{i=1}^{To} Cc_boy(i)}{To} \quad (3.27)$$

Bağlı parçacıkların ortalama en ve boy bilgileri bulunduktan sonra bir karar ağacı oluşturularak karakter olamayacak büyüklükteki bileşenlerin elenmesine karar verilmiştir. Kuralları sırasıyla aşağıda verilen karar ağacı oluşturulmuş ve ön enerji haritası üzerinde olası karakter piksel grupları olarak tanımlanan bağlı parçacıklar üzerinde uygulanmıştır.

* Eğer bağlı parçacığın eni veya boyu 4 pikselden az ise bu bir gürültü olarak tanımlanmıştır. Böylece resim alanları içinde oluşan ufak enerji dalgalanmalarından kaynaklanan bölgeler elenmiştir.

Eğer (Cc_boy < 4 veya Cc_en < 4) ise bu bağlı parçacık bir gürültüdür ve/veya parazittir.

* Eğer bağlı parçacığın boyu her doküman için farklı hesaplanan Ort_Boy değerinden çok büyükse ve Ort_En değeri bağlı parçacığın eninden büyükse bu bir dikey çizgi olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlama içerisindeki sözel büyüklükler sayısal karşılaştırmalara aşağıdaki gibi çevrilmiştir.

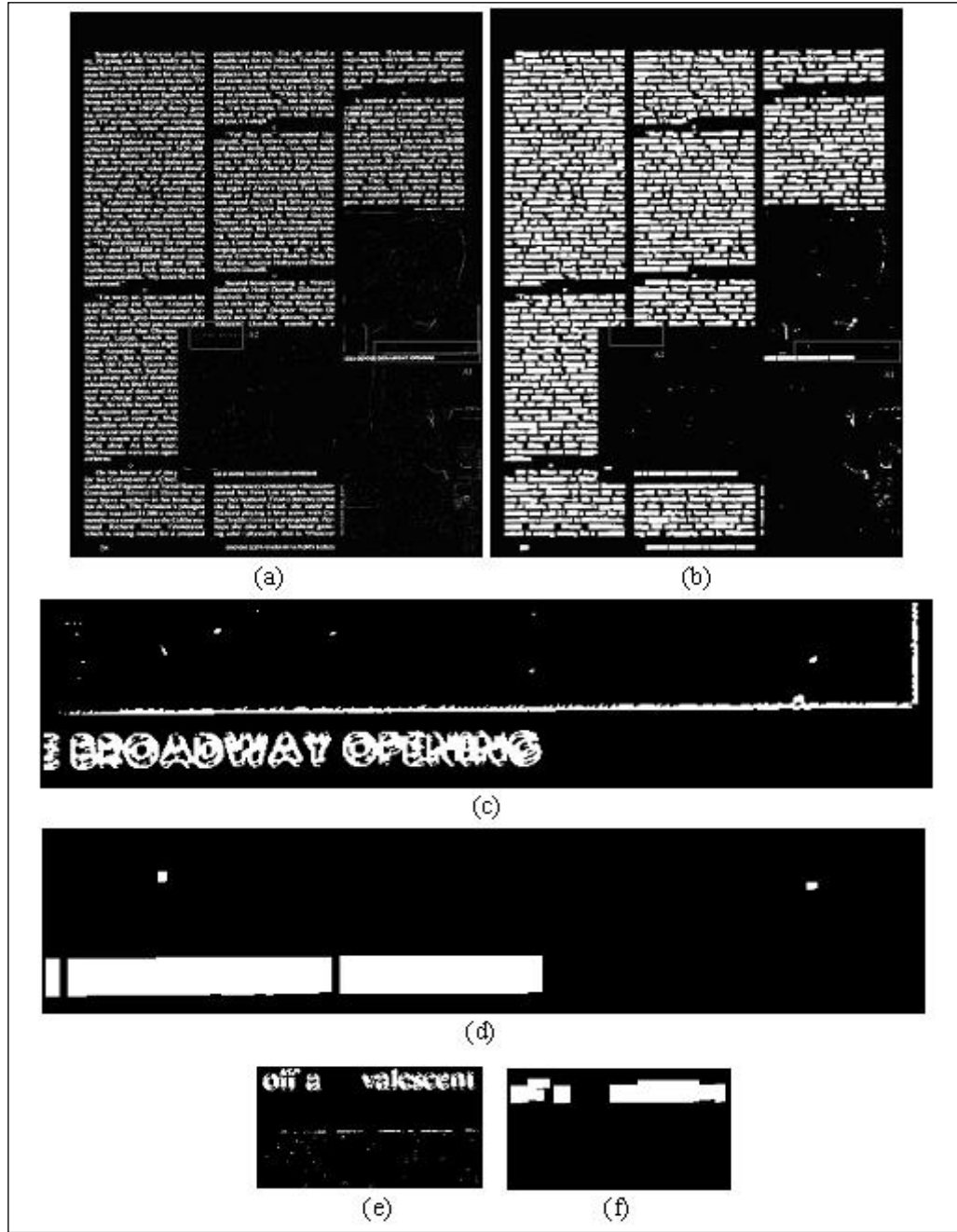
*Eğer (Cc_boy >= (10 * Ort_Boy) ve Cc_en <= Ort_En) ise bu bağlı parçacık bir dikey çizgidir.*

* Eğer bağlı parçacığın eni her doküman için farklı hesaplanan Ort_En değerinden çok büyükse ve Ort_Boy değeri bağlı parçacığın boyundan büyükse bu bir yatay çizgi olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlama içerisindeki sözel büyüklükler sayısal karşılaştırmalara aşağıdaki gibi çevrilmiştir.

*Eğer (Cc_en >= (10 * Ort_En) ve Cc_boy <= Ort_Boy) ise bu bağlı parçacık bir yatay çizgidir.*

* Eğer bağlı parçacığın eni her doküman için farklı hesaplanan Ort_En değerinden çok büyükse ve bağlı parçacığın boyu her doküman için farklı hesaplanan Ort_Boy değerinden çok büyükse bu bir çerçeve olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlama içerisindeki sözel büyüklükler sayısal karşılaştırmalara aşağıdaki gibi çevrilmiştir.

*Eğer (Cc_boy >= (10 * Ort_Boy) ve Cc_en >= (10 * Ort_En)) ise bu bağlı parçacık bir çerçevedir.*



Şekil 3.21 Doküman örneği üzerinde Ön enerji haritasından Enerji haritasına geçiş örneği: (a) Ön enerji haritası; (b) Enerji haritası; (c) Ön enerji haritasından alınan kesit 1; (d) Enerji haritasından alınan kesit 1; (e) Ön enerji haritasından alınan kesit 2; (f) Enerji haritasından alınan kesit 2.

Şekil 3.21’de ön enerji haritası, enerji haritası ve bu haritaların dikdörtgen bir çerçeve içine alınmış belli bölgelerinin büyütülmesinin sonuçları gösteren şekiller dizisi verilmiştir. Şekil 3.21-a’da doküman görüntüsünün ön enerji haritası, Şekil 3.21-b’de ise doküman görüntüsünün enerji haritası verilmiştir. Şekil 3.21-c’de verilen ön enerji haritasından alınmış bir kesitin aynı alana karşılık düşen enerji haritası kesiti Şekil 3.21-d’de verilmiştir. Şekil

3.21-c’de elenmemiş olan çizgi/pencere bileşeni, ve bazı gürültüler Şekil 3.21-d’de verilen enerji haritasında önerilen yöntem sayesinde elenmiş durumdadır. Ayrıca Şekil 3.21-d’de elenmeyerek geriye kalan bileşenler yöntem gereğince bir alan içerisine alınmıştır. Şekil 3.21-e’de verilen ön enerji haritasından alınan bir başka kesite karşılık düşen alanın enerji haritasındaki kesiti Şekil 3.21-f’de verilmiştir. Bu iki kesitten de görüldüğü üzere enerji haritası oluşturulurken yapılan gürültü/parazit elemesi çok yüksek başarı elde etmiş ve kelimeler altında kalan resim bölgesinde bulunan parazitler/gürültüler elenmiştir. Deneysel sonuçlar başlığında altında daha zengin örneklerle yer verilmiştir.

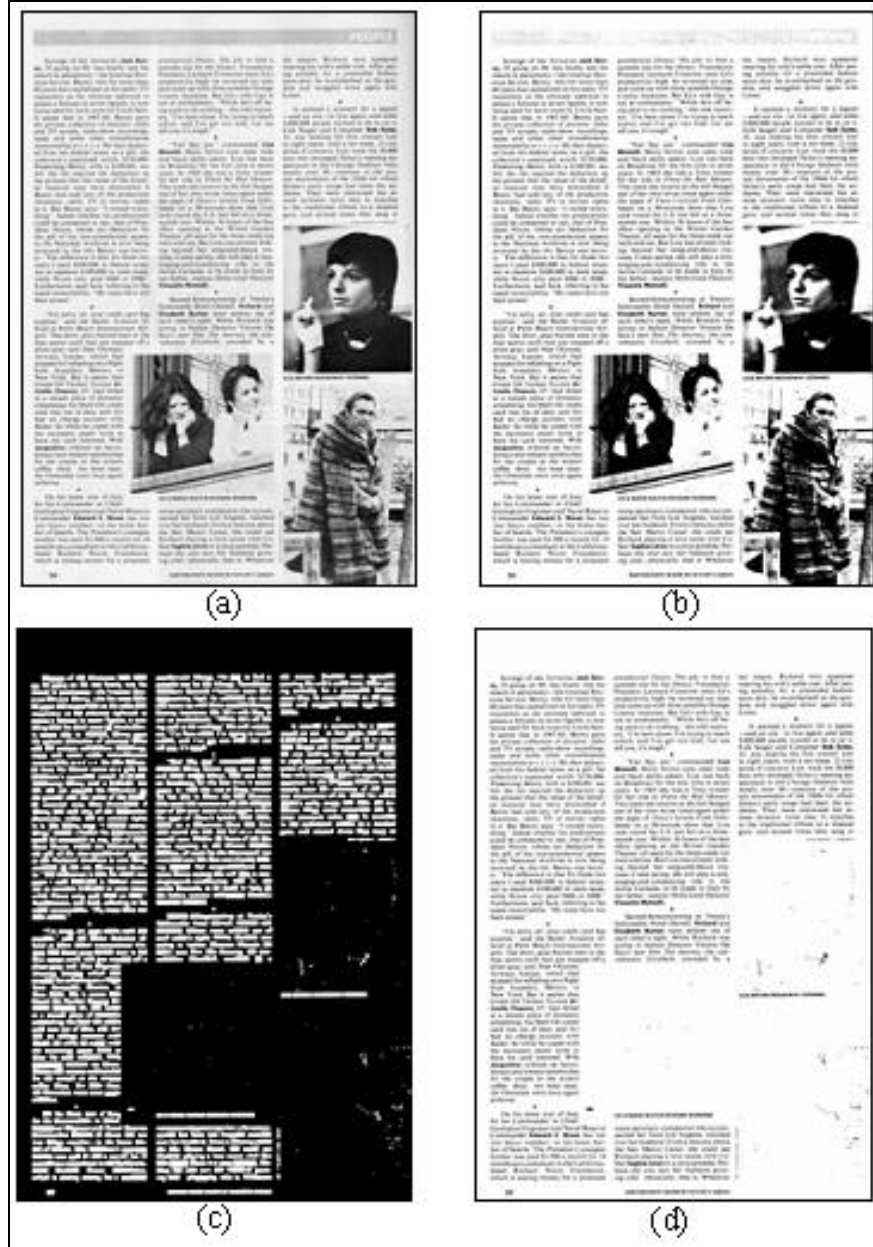
Ön enerji haritasından sonra gelen doküman görüntüsünün enerji haritasını oluşturma adımında, bağlı parçacıklar yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar ışığında bileşenlerin geometrik bilgileri kullanıldığı bir karar ağacında olası karakter piksellerini üzerinde ilk eleme yapılmıştır. Geriye kalan bağlı parçacıkların oluşturduğu alanlar enerji haritasına işlenerek, doküman görüntüsünün enerji haritası oluşturulmuş ve bu adım tamamlanmıştır.

3.5 Karakter Takibiyle Kontrol ve Model Oluşturma

Dokümanın enerji haritası temelde doküman görüntüsünün Gabor filtresine verdiği tepki üzerine inşa edilmiş olan olası metin alanlarını göstermek üzere çizgi, çerçeve gibi bileşenlerden ayrıştırılmış bir maske olarak tanımlanmıştır. Bu maskeyle doküman görüntüsünün siyah-beyaz renk seviyesine indirgenmiş halinin birleştirilmesiyle dokümandaki olası metin karakterlerine tam olarak erişilmiş ve dokümanın bu haline çalışma kapsamında “dokümanın ve/veya doküman görüntüsünün karakter takibi öncesindeki hali” olarak adlandırılmıştır. Bu tez çalışmasında yeni bir yaklaşım olarak karakterlerin kelime ve cümle içindeki komşuluklarının oluşturduğu doku özelliği karakterlerin komşuları takip edilerek değerlendirilmiştir. Bu yöntem ile olası karakter bileşenleri üzerinde uygulanarak karakterlerin yatay doğrultuda devam özelliği kontrol edilmiştir. Devam özelliğini sağlamayan olası karakter bileşenleri elenmiş ve dokümanın metin alanlarındaki yazı karakterlerini içeren doküman modeli oluşturulmuştur.

Doküman görüntüsünün siyah-beyaz renklere indirgenmiş hali, ön enerji haritasının oluşturulmasında da kullanılan Otsu adaptif eşik seviyesi bulma yöntemiyle hesaplanan eşik değerinin kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Şekil 3.22-a’da verilen 256 gri renk seviyesindeki doküman görüntüsünün Otsu adaptif eşik bulma yöntemiyle bulunan eşik değerine göre siyah-beyaz renklere indirgendiğinde oluşan görüntü Şekil 3.22-b’de verilmiştir.

Dokümanın enerji haritasındaki olası metin alanlarındaki (beyaz pikseller) piksellere karşılık düşen, doküman görüntüsünün siyah-beyaz halindeki piksellerin değerleri alınarak yeni bir alt görüntüsü / maskelenmiş görüntü oluşturulmuştur. Oluşturulan bu görüntü; doküman görüntüsünün karakter takibi öncesindeki halidir ve olası metin karakterlerini tam olarak içermektedir. Şekil 3.22-a'daki doküman görüntüsünün; Şekil 3.22-b'de siyah-beyaz renklere indirgenmiş hali, Şekil 3.22-c'de enerji haritası, Şekil 3.22-d'de karakter takibi öncesindeki hali verilmiştir.



Şekil 3.22 Doküman görüntüsünün karakter takibi öncesindeki halinin oluşturulmasının örneği: (a) 256 renk doküman görüntüsü; (b) 2 renk doküman görüntüsü; (c) enerji haritası (d) karakter takibi öncesindeki hal.

Karakter takibi, olası metin karakteri olarak kabul edilen bileşenlerin kendi boyuna orantılı olmak kaydıyla yatay doğrultuda komşu bileşenlerinin olması gerektiği prensibine dayanan bir bağlı parçacık analiz yöntemidir. Bu yöntem genel anlamda kelimeleri oluşturan karakterleri takip etmektedir. Yöntemin temel amacı, doküman görüntüsünün karakter takibi öncesindeki halinde, resim bölgelerinde olmasına karşın bu kademeye kadar elenmemiş metin karakteri olmayan bileşenlerin elenmesi için objelerin yatay doğrultuda diziliminin kontrol edilerek uyumsuz bileşenlerin elenmesidir.

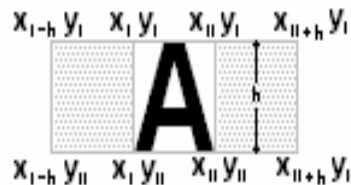
Önce bağlı parçacık etiketleme yöntemi ile elde edilmiş objelerin boyları bulunur. Görüntü üzerindeki bütün bileşenlerin sağında ve solunda bulunan alanlar içerisinde Şekil 3.23’de örneği verildiği gibi bir başka bileşenin (komşu bileşen) varlığı aranır. Eğer bir bileşene rastlanılırsa ve/veya rastlanılmazsa bu bileşen ve incelenen bileşen hakkında aşağıda verilen kurallar doğrultusunda işlem yapılır.

- a) Eğer incelenen alanlar içerisinde herhangi başka bir bileşene rastlanılmazsa: incelenen bileşen negatif olarak işaretlenir.
- b) Eğer incelenen alanlar içerisinde başka bir bileşene rastlanılırsa ve incelenen bileşen, bulunan bileşen ile boy orantısı kuralını sağlamıyorsa: incelenen bileşen negatif olarak işaretlenir.
- c) Eğer incelenen alanlar içerisinde başka bir bileşene rastlanılırsa ve incelenen bileşen, bulunan bileşen ile boy orantısı kuralını sağlıyorsa: incelenen bileşen ve bulunan bileşen pozitif olarak işaretlenir.

Yukarıda verilen kurallara ek olarak pozitif olarak işaretlenen bir bileşen tekrar negatif olarak işaretlenememesi tam zıttı durumunun ise işaretlenebilmesi verilmiştir. Bu kuralların nedenlerinin açıklanmasına geçilmeden önce boy orantısı kuralı aşağıda verilmiştir.

Boy orantısı kuralı :

$$(2 * \text{Bulunan bileşenin boyu}) \geq \text{İncelenen bileşenin boyu} \geq (\text{Bulunan bileşenin boyu} / 2)$$



Şekil 3.23 Karakter takibinde komşu bileşenlerinin aranacağı alanlar

Karakter takibinde belirtilen kurallar metin karakterinin dokusal özelliklerini yansıtmak üzere

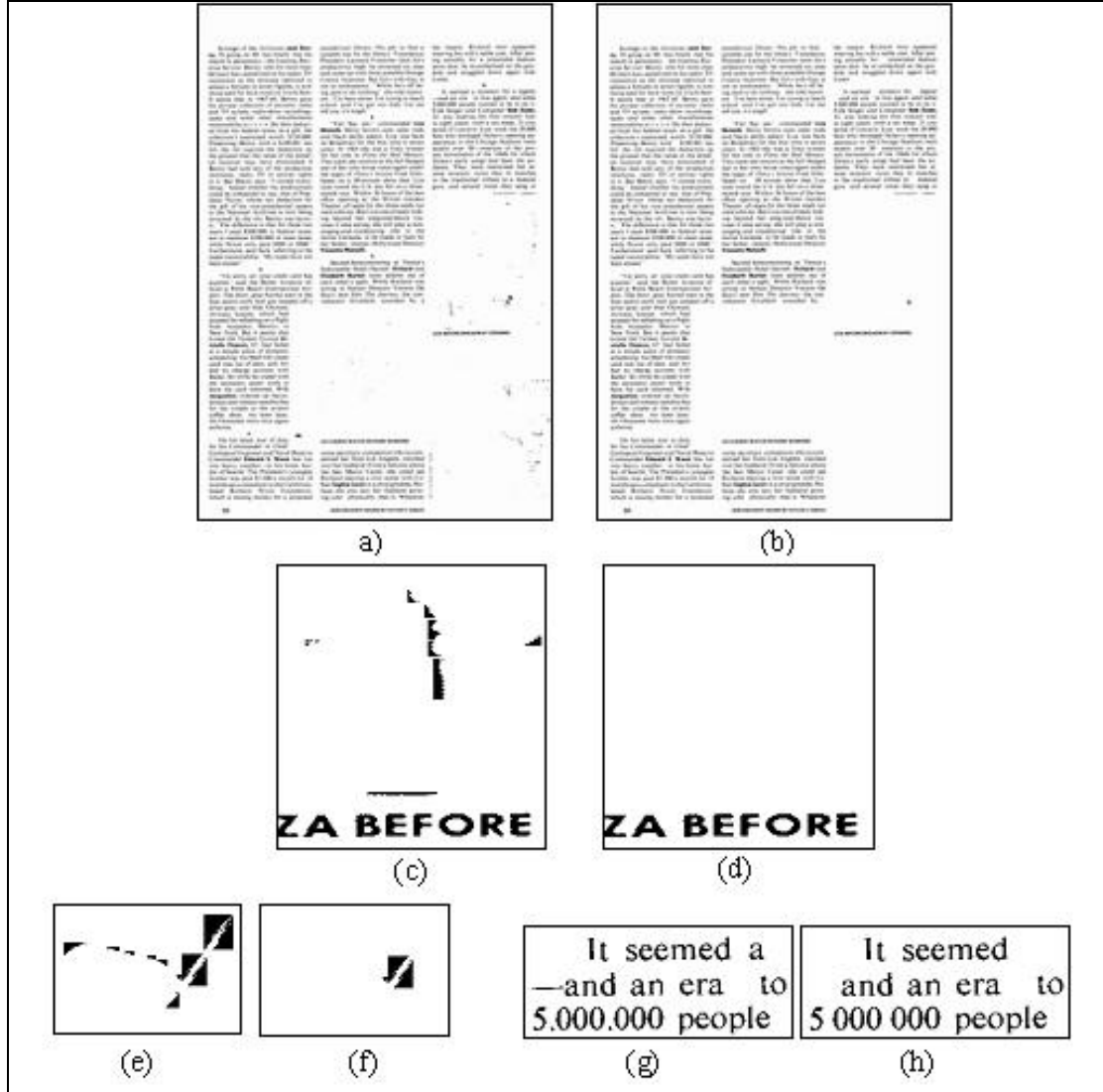
sisteme eklenmiş olan kurallardır. Boy orantısı kuralı en sık kullanılan Times New Roman, Arial, Courier yazı tipleri başta olmak üzere 8 adet değişik yazı tipinin farklı yazı tipi boyutlarından çıkartılmış olan bir kuraldır. Bu kural ile bir metin karakterinin komşusunun bir metin karakteri olması gerekliliği sağlanılmıştır. Karakter takibi yönteminin en güzel düşünüleceği örnek kelimelerdir. Kelimeler kendi içerisinde boyları arasında çok büyük farklar içermeyen bileşenlerden yani harflerden oluşmaktadır. Bu harfler arasında çok büyük farklar olursa bunlar kelime içerisine tarayıcı ile tarama v.b. işlemlerde yanlışlıkla katılmış olup elenemeyen parazitlerdir.

Karakter takibi sonrasında negatif olarak işaretlenen bileşenler olası metin karakterlerini gösteren doküman görüntüsünün karakter takibi öncesindeki halinden silinerek, metin alanlarındaki yazı karakterlerini içeren doküman modeli oluşturulmuştur. Doküman modeli olarak tanımlanan metin karakterlerini içeren model metin alan modeli olarak da adlandırılmıştır. Bu işlem sonucunda çalışma kapsamında önerilen yöntem sonlandırılmış ve sistemin çıktı/sonuç görüntüsü elde edilmiştir.

Şekil 3.24'de taranmış alanların incelenen bileşenin boyunun uzunluğunun bir kenarını oluşturduğu kare alanlar olduğu görülmektedir. Bu yaklaşımla kelime içerisindeki karakter aralığı farklı olan yazı tiplerindeki başarı oranını yüksek tutmak hedeflenmiştir. Ayrıca bu alanlar içerisinde noktalama işaretlerinin olma olasılığı göz önünde tutulmuştur.

Şekil 3.24'de karakter takibi öncesinde ve sonrasındaki durumu verilen doküman görüntüsünün bazı kesitleri büyütülerek bu işlemin etkileri gösterilmeye çalışılmıştır. Şekil 3.24-a'da doküman görüntüsünün karakter takibi işlemi öncesindeki hali, Şekil 3.24-b'de ise sonraki hali, dokümanın modeli ve/veya metin alanları içerisindeki karakterleri gösteren sistemin sonuç görüntüsü verilmiştir. Resim bölgelerinde bulunan karakter olmayan bileşenlerin karakter takibi sonucunda başarıyla elendiğini görülmektedir. Şekil 3.24-c'de Şekil 3.24-a'dan alınan bir kesit verilmiştir. Bu kesit içinde hem yazı karakterleri hem de resim bölgesinde bulunan ama yazı karakteri olmayan bileşenler bulunmaktadır. Karakter takibi sonrasında bileşenler komşuluklarına göre değerlendirilmiş ve resim bölgesinde bulunan istenmeyen/yanıltıcı bileşenler başarıyla temizlenmiştir. Şekil 3.24-e'de Şekil 3.24-a'dan alınan bir başka kesit verilmiştir. Bu kesitte sadece resim bölgesindeki bileşenler verilmiştir. Karakter takibi uygulandıktan sonra doküman modeli üzerinde sadece iki bileşen kalmıştır. Bunların kalması hatalı olmasına rağmen karakter takibi yöntemi bakımından doğrudur. Takip eden boy orantısı kuralına uyan iki bileşen vardır ve bunlar elenememiştir. Şekil 3.24-g'de de Şekil 3.24-a'dan alınan bir kesit verilmiştir. Bu kesit içerisinde ise sadece

metin karakterleri mevcuttur. Karakter takibinden sonra oluşan doküman modelinin yani sistemin sonucu Şekil 3.24-h’de verilmiştir. Şekil 3.24-g’de verilen karakterlerden “a”, “-”, “.” karakterleri, karakter takibi sonrasında elenmiştir. “a” karakteri tarama alanı içerisinde komşusu olmadığından izole karakter kabul edilerek, “-” komşusu olmasına rağmen boy orantısı kuralına uyan komşusu bulunmadığından, “.” ise kendi boyu orantısında komşusu olmadığından elenmiştir. Karakter takibi yöntemi, izole durumda bulunan olası karakterleri, noktalama işaretlerini elediği tekrar şekilsel örnek üzerinden görülmüştür.



Şekil 3.24 Karakter takibinin etkisini ve model oluşturmaya gösteren örnek: (a) doküman görüntüsünün karakter takibi öncesindeki hali; (b) karakter takibi sonrasındaki hal; (c) karakter takibi öncesindeki halden alınan kesit 1; (d) karakter takibi sonrasındaki halden alınan kesit 1; (e) karakter takibi öncesindeki halden alınan kesit 2; (f) karakter takibi sonrasındaki halden alınan kesit 2; (g) karakter takibi öncesindeki halden alınan kesit 3; (h) karakter takibi sonrasındaki halden alınan kesit 3.

Harf dizilerinden oluşan kelimelerde başarılı sağlanan karakter takibi ve dolayısıyla boy orantısı kuralı resim bölgelerinde olup bu aşamaya kadar elenmeyen bileşenleri elemeye de çok başarılı sonuçlar elde etmesine karşın noktalama işaretlerinde ve tek harften oluşan kelimelerde tarama aralığı ve boy orantı kuralına bağlı olarak hatalı elemeler yapabilmektedir. Fakat hatalı elenen karakterler veya noktalama işaretleri eğer yazı bölgesi olarak işaretlenen alanlar içinde kaldığında karakter tanıma aşamasında değerlendirmeye alınabilecektir. Deneysel sonuçlar başlığı altında verilen farklı örneklerde karakter takibiyle kontrol ve model oluşturma adıyla anılan son adımın başarılı ve başarısız olduğu durumlar hakkında değişik durumlar verilmiştir.

4. DENEYSEL SONUÇLAR

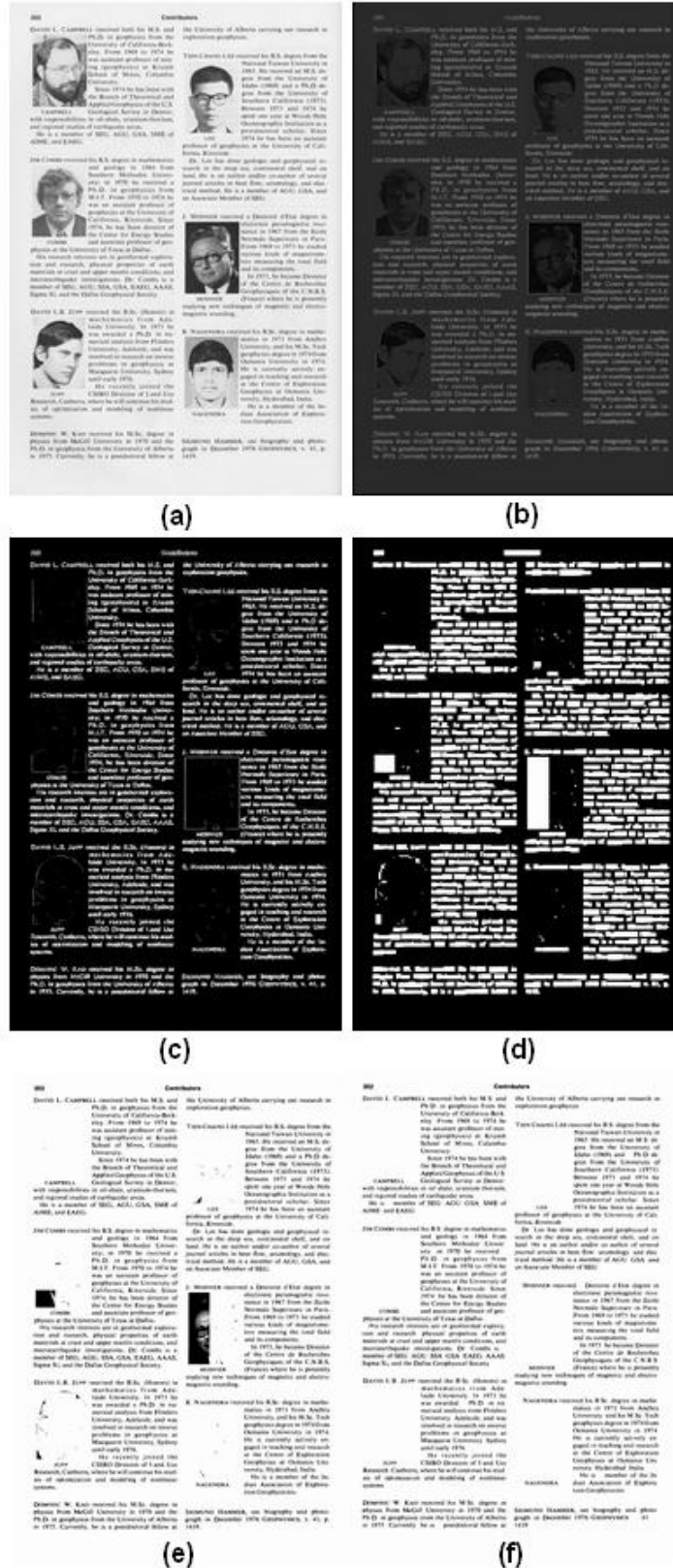
Çalışma kapsamında belirtilen yöntemin uygulanması için Suse Linux 10.0 platformunda C programlama dili kullanılarak uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulama hazırlanan doküman görüntü veritabanındaki örnekler üzerinde kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir.

Doküman görüntü veritabanını oluşturmak için çeşitli türlerden oluşan 40 adet doküman görüntüsü toplanmıştır. Toplanan doküman görüntülerinin çoğunluğu görüntüyü alma başlığı altında anlatıldığı üzere HP Scanjet 3970 tarayıcısı tarafından taranarak dijital ortama aktarılmıştır. Doküman görüntü veritabanında internet aracılığıyla hazır olarak alınan doküman görüntüleri de bulunmaktadır. Tüm doküman görüntüleri 256 gri renk seviyesinde ve “.pgm” formatında saklanmıştır.

Doküman görüntülerinin dağılımı Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1’de Media Team Database olarak tanımlanan gruptan, “MediaTeam Document Database”[1] adlı veritabanındaki ücretsiz doküman görüntülerinden 5 adet doküman görüntüsü seçilerek, doküman görüntü veritabanına eklenmiştir. Bu kategori altında bulunan örnek görüntüler “.jpg” formatında olup yabancı dilde basılı dokümanların 300 dpi çözünürlükte 256 gri renk seviyesinde taranması ile elde edilmiştir. Verilen örneklerden de görüleceği üzere bu kategoriye ait dokümanlar eski oldukları için ve dijital resim formatının kayıplı sıkıştırma yapmasından dolayı çok fazla gürültü içermektedir. Kitap sayfası kategorisinde 13 adet kitap sayfası bulunmaktadır. Bu kategorideki örnekler resim işleme ve bilgisayarla görü konularında yazılmış çeşitli kitaplardan alınan, kaliteli kağıtlara basılmış, karmaşık sayfa planına sahip doküman görüntüleridir. Dergi sayfası kategorisinde bulunan örnekler genel olarak bilgisayar dergilerinden seçilmiş çok değişik yazı tiplerinde ve yazı büyüklüklerinde karakterler içermektedir. Diğer sayfalar kategorideki doküman görüntüleri çalışma kapsamında sunulan yöntemin değişik durumlarda verdiği sonuçları görmek için veritabanına eklenmiş farklı özellikteki sayfa veya görüntülerdir.

MediaTeam Database	Kitap sayfası	Dergi sayfası	Diğer sayfalar	Toplam
5	13	12	11	41

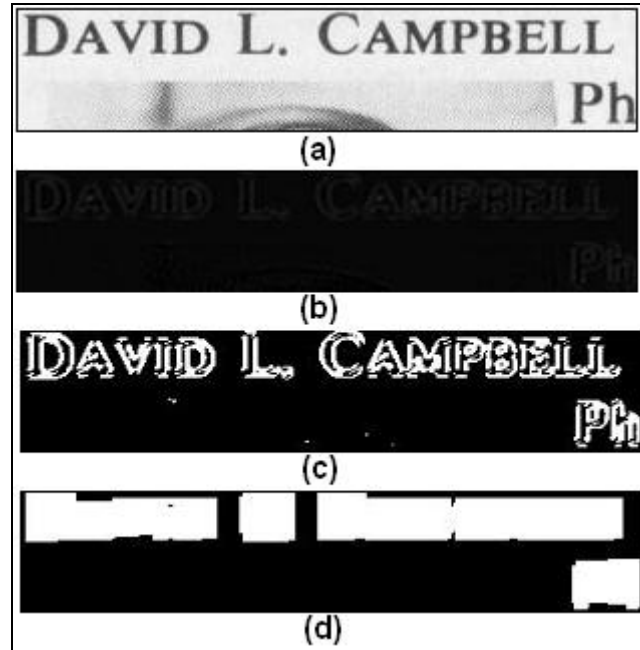
Çizelge 4.1 Doküman görüntü veritabanındaki türler ve bu türlerin doküman adetleri



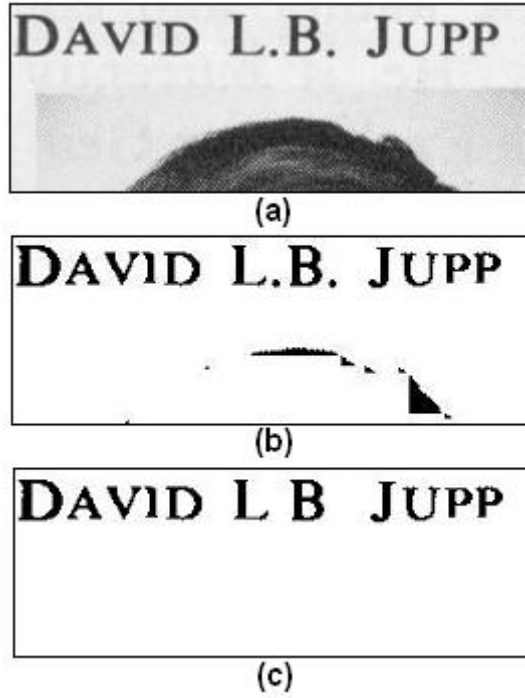
Şekil 4.1 Doküman görüntü örneği-1'in girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası.

Şekil 4.1’de MediaTeam Document veritabanından alınan bir doküman görüntüsünün örneği verilmiştir. Şekil 4.1-a’da orijinal doküman görüntüsü görülmektedir. Şekil 4.1-b’de doküman görüntüsünün Gabor filtrelemesinden sonra oluşan görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.1-c’de dokümanın ön enerji haritası, Şekil 4.1-d’de ise dokümanın enerji haritası verilmiştir. Şekil 4.1-e’de karakter takibi öncesi dokümanın enerji haritası ve siyah-beyaz halinin birleşimi verilmiştir. Son olarak Şekil 4.1-f’de karakter takibi sonunda geriye kalan dokümanın metin alanlarını gösteren sonuç görüntüsü verilmiştir.

Şekil 4.1’de verilen doküman örneğinin sonuç resmi ve giriş resimleri incelendiğinde yöntemin bu doküman sayfasında başarılı olduğu görülmektedir. Doküman; paragraf ortalarında yazarların fotoğraflarının bulunduğu X-Y kesimi ve Histogram alma yöntemleriyle çözümlenemeyecek karmaşık sayfa planına sahip bir örnektir. Şekil 4.1-b’de verilen Gabor filtreleme sonucu ve 4.1-c’de verilen ön enerji haritaları incelendiğinde metin içeren piksel grupları bu iki adımda ön plana çıkarılmıştır. Gürültü/parazit olarak tanımlanan piksellerin büyük çoğunluğu enerji haritasında elenmesine rağmen bazı resimlerde siyahtan beyaz geçişler çok kuvvetli olduğundan Gabor filtreleme basamağında elenemeyen piksel grupları enerji haritasına oluşturulurken yapılan geometrik bileşen elemesinde de elenememiştir. Karakter takibi aşamasında ise karakter olmayarak bu aşamaya kadar elenmeyen piksel grupları tamamen elenerek çok başarılı bir sonuç elde edilmiştir.



Şekil 4.2 MediaTeam Document veritabanından alınan bir doküman kesitinde 4 ara adımlı uygulama sonuçları: (a) orijinal hal; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası.



Şekil 4.3 MediaTeam Document veritabanından alınan bir doküman kesitinde 3 ara adımlı uygulama sonuçları: (a) orijinal hal; (b) karakter takibi öncesi; (c) karakter takibi sonrası.

Şekil 4.2 ve 4.3’de, Şekil 4.1’de verilen doküman görüntüsünden iki kesit verilmiştir. Şekil 4.2’de verilen kesitte sırasıyla orijinal hal, Gabor filtreleme sonucu, ön enerji haritası ve enerji haritası verilmiştir. Şekil 4.3’de ise verilen kesitte sırasıyla orijinal hal, karakter takibi öncesindeki ve sonraki durum verilmiştir. Şekil 4.2’de Gabor filtreleme işlemiyle resim bölgelerindeki kuvvetsiz geçişlerden oluşan resim pikselleri elenmiş, ön enerji haritasında kalan resim bölgesindeki pikseller enerji haritası oluşturulurken yapılmış geometrik elemeyeyle yok edilmiştir. Şekil 4.3’de verilen kesitte karakter takibi öncesinde resim bölgesinde bulunan pikseller karakter dokusu oluşturmadığından karakter takibi adımındaki yaklaşım sonrasında başarıyla elenmişlerdir. L ve B harflerinden sonra gelen noktalar ise birer bağlı parçacık gibi bulunmasına rağmen karakter takibinde verilen yaklaşımdan dolayı sağında ve solunda kendi boyuna yaklaşık boyda herhangi bir bileşen olmadığından elenmişlerdir. Belirtilen noktalar veya geneldeki tüm noktalama işaretleri birer karakter dokusu oluşturmadığından yok olması yöntemin başarıyla çalıştığının bir kanıtı olmuştur.



(a)



(b)



(c)



(d)

[illegible][illegible]

şirket verileri toplamda 6000'den fazla kişi hakkında toplamda 1000'den fazla belgeyi kapsıyor. Çorum, Elazığ, Bursa, İstanbul, İzmir, Kocaeli, Mersin, Samsun, Trabzon, Van, Zonguldak şehirlerinde bulunan 100'den fazla şirketin verileri de bu kapsamda. Çorum'da bulunan şirketlerin verileri ise 100'den fazla belgeyi kapsıyor. Çorum'da bulunan şirketlerin verileri ise 100'den fazla belgeyi kapsıyor. Çorum'da bulunan şirketlerin verileri ise 100'den fazla belgeyi kapsıyor.

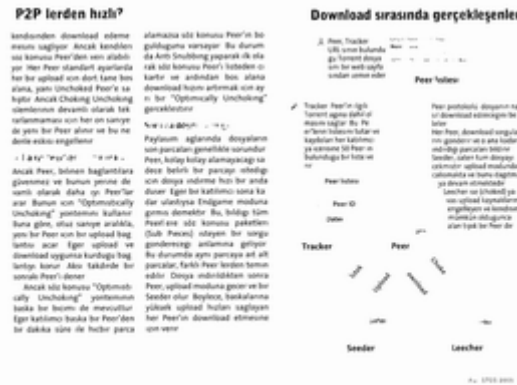
Bilgi için: www.exoem.com

[illegible]

Demirhan en buwak Torontod sayfın (227-272) Torontod 12.559.564 Post) en buw bu daruma sayfı Supercin, agin lemiw enge de qiki, aniki boudan dinc de bu bouda yefirgeniyen ilmal emindelen sayfın, bu Torontod en awatılari en Kaza gıw qıwı paylamı agin de bu lepton bu otomati kızıwı. Kızım anın dıw bu padıan, Torontod wu sayfılardan kılalısınan otırdan kılalısınan hıdılıwı wu Bıfıfır MPAA anı wıdiler nıktı a otırdan kılalısınan wı dıwıw dıwıw otırdıwı

[illegible]

Help with your exam costs



(e) (f)

Şekil 4.4 Doküman görüntü örneği-2'nin girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası.

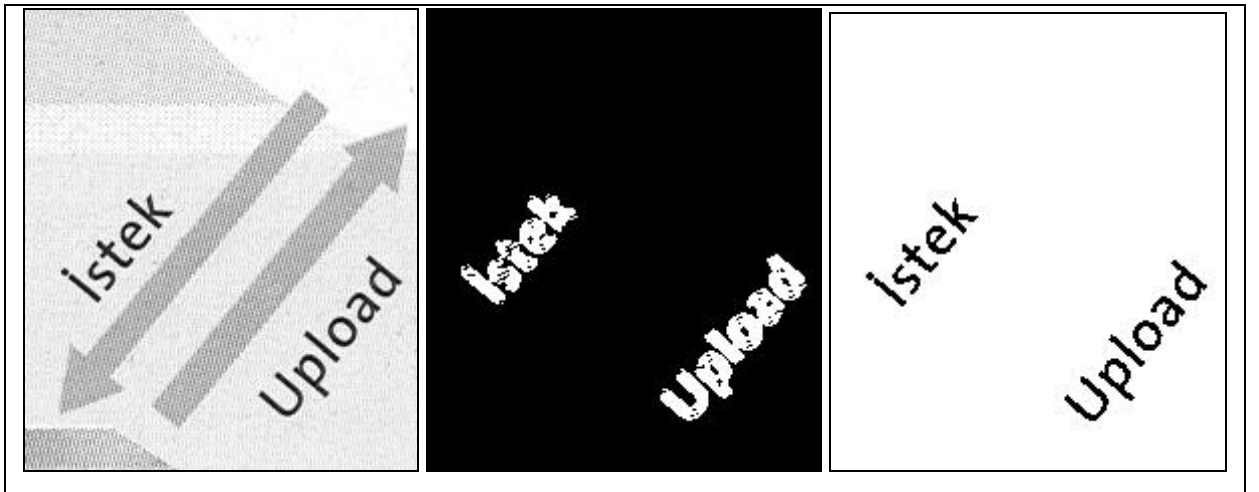
Şekil 4.4’de taranarak sayısal ortama aktarılmış bir bilgisayar dergisi sayfasının görüntüsü örnek olarak verilmiştir. Şekil 4.4-a’da orijinal doküman görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.4-b’de doküman görüntüsünün Gabor filtrelemesinden sonra oluşan görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.4-c’de dokümanın ön enerji haritası, Şekil 4.4-d’de ise dokümanın enerji haritası verilmiştir. Şekil 4.4-e’de karakter takibi öncesi dokümanın enerji haritası ve siyah-beyaz halinin birleşimi verilmiştir. Son olarak Şekil 4.4-f’de karakter takibi sonunda geriye kalan dokümanın metin alanlarını gösteren sonuç görüntüsü verilmiştir.

Şekil 4.4’de verilen doküman görüntüsünde farklı fon rengine sahip paragraf blokları çeşitli şekiller ve şekiller üzerine çapraz doğrultuda yazılar bulunmaktadır. Dergi sayfası olmasından dolayı bazı kelimeler ve cümleler sarı, kırmızı gibi siyah olmayan renklerde yazılmıştır. Bu resim 256 gri renk seviyesine getirildiğinde belirtilen bölgeler açık gri tonlarına karşılık düşmektedir. Şekil 4.5-a’da bu yazı kesitlerine örnek verilmiştir. Şekil 4.5-a’da sırasıyla orijinal halden alınan kesit, Gabor filtreleme işlemi sonucundan alınan bu kesite karşılık düşen alan ve ön enerji haritasından alınan bu kesite karşılık düşen alan sırasıyla verilmiştir. Açık gri tonlarda ve kalın olarak basılmış “Daha iyi” kelimeleri Gabor filtreme sonucunda

çok belirgin tepki sonucu verememiş ilerleyen aşama olan ön enerji haritasında da etrafı kesikli olarak çevrilmiştir. Yöntem tamamlandığında bu bölgede iyi sonuç alınamamıştır. Doküman genelinde başarılı bir sonuç elde edilmesine rağmen Gabor filtresinin duyarlılık aralığından ötürü bu tonlardaki karakterler başarılı olarak seçilememiştir. Şekil 4.5-b’de ise çapraz doğrultudaki yazı ve oklardan oluşan bir kesitin sırasıyla orijinal hali, ön enerji haritası ve sonuç görüntüleri verilmiştir. Çapraz doğrultudaki şekiller Gabor filtreleme basamağında elenmesiyle ve karakterlerin bu basamakta elenmeyerek geriye kalmasıyla bu kesitte başarılı bir sonuç elde edilmiştir. Şekil 4.5-b’de en sağdaki metin alanları gösteren sonuç görüntüsünden alınan kesitte de çapraz doğrultuda yazılan yazılardaki bu başarı görülmüştür.



(a)



(b)

Şekil 4.5 Doküman görüntü örneği-2’nin kesitleri üzerinde ara adım ve sonuç görüntüleri: (a) düz yazı karakterlerinden oluşan kesit; (b) yatay yazı karakterleri ve şekilden oluşan kesit.



Şekil 4.6 Doküman görüntü örneği-3'ün girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası.

Şekil 4.6'da taranarak sayısal ortama aktarılmış irili ufaklı resim bölgeleri ve çeşitli yazı büyüklüğünde karakterler içeren bilgisayar dergisi sayfasının görüntüsü örnek olarak verilmiştir. Şekil 4.6-a'da doküman görüntüsünün ilk hali verilmiştir. Şekil 4.6-b'de doküman görüntüsünün Gabor filtrelemesinden sonra oluşan görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.6-c'de dokümanın ön enerji haritası, Şekil 4.6-d'de ise dokümanın enerji haritası verilmiştir. Şekil 4.6-e'de karakter takibi öncesi dokümanın enerji haritası ve siyah-beyaz halinin birleşimi verilmiştir. Son olarak Şekil 4.6-f'de karakter takibi sonunda geriye kalan dokümanın metin alanlarını gösteren sonuç verilmiştir.

Şekil 4.6'da verilen örnek değişik yazı tipleri, farklı yazı büyüklüklerine sahip karakterlerden oluşan, büyük-küçük resimleri bulunan, karmaşık bir sayfa planına sahip bir dergi sayfası olmasından dolayı zorlu bir doküman görüntüsü olarak görülmüştür. Şekil 4.6'da verilen doküman görüntüsünün son çıktısı incelendiğinde sistemin çok başarılı olduğu görülmüştür. Şekil 4.7'de verilen kesit Şekil 4.6'da verilen doküman görüntüsünden alınmıştır. Bu kesit farklı yazı büyüklüklerinden karakterler barındırmaktadır. Şekil 4.7'de sırasıyla bu kesitin ilk hali, Gabor filtreleme sonucu, ön enerji haritası ve enerji haritası verilmiştir. Gabor filtreleme sonucunda küçük font büyüklüğüne sahip karakterler tam olarak seçilebilirken, karakterlerin

boyutları arttıkça sadece kuvvetli geçiş noktaları yani çerçeveleri ortaya çıkmıştır. Bu durum n enerji haritasında siyah-beyaz durumda rahatlıkla seçilebilmektedir. Karakter takibinin rahatlıkla yapılabilmesi için bu karakter vrelerinin birer alan gibi düşünülüp orijinal doküman görüntüsünün siyah-beyaz haliyle birleştirilmesi işlemine alınması gereklidir.



şekil 4.7 Doküman görüntü rneği-3'n kesitleri üzerinde ara adım ve sonuç görüntüleri

şekil 4.8'de MediaTeam Document veritabanından alınan afiş sayfasının görüntüsü örnek olarak verilmiştir. şekil 4.8-a'da doküman görüntüsünün ilk hali verilmiştir. şekil 4.8-b'de doküman görüntüsünün Gabor filtrelemesinden sonra oluşan görüntüsü verilmiştir. şekil 4.8-c'de dokümanın n enerji haritası, şekil 4.8-d'de ise dokümanın enerji haritası verilmiştir. şekil 4.8-e'de karakter takibi öncesi dokümanın enerji haritası ve siyah-beyaz halinin birleşimi verilmiştir. Son olarak şekil 4.8-f'de karakter takibi sonunda geriye kalan dokümanın metin alanlarını gösteren sonuç çıktısı verilmiştir.

şekil 4.8'de verilen örnek doküman görüntüsünde karakterler belirli bölgelerde toplanmamış ve arka planda değişik renklerden oluşan resimsel bir yapı kullanılmıştır. Doküman içersinde bir insan figürü bulunmaktadır. Sonuç görüntüsü incelendiğinde sadece insan figürünün yüz kısmının elenemediği görülmektedir. Bir karakter tanıma sistemiyle tanıma yapıldığında bu figür eğer bir karaktere benzeme eşiğini aşamazsa elenmiş olacaktır.

LIST OF MAJOR STUDIOS	GUILDS AND OTHER IMPORTANT INFO	INDEPENDENT CASTING COMPANIES
The Burbank Studios (Warner Bros., Columbia and independents) 4000 Warner Blvd., Burbank 843-6000, 843-7280 CBS Studio Center (CBS and independents) 4024 Radford Ave., Studio City 763-8411 Walt Disney Productions 500 S. Buena Vista, Burbank 849-3411 Universal Studios 100 Universal City Plaza Universal City 985-4321 Paramount Pictures, Inc. 5451 Marathon St. 463-0100 20th Century-Fox 10201 W. Pico Blvd. 277-2211 MGM 10202 W. Washington Blvd., Culver City 836-3000 Culver City Studios 9336 W. Washington Blvd., Culver City 871-0360 Samuel Goldwyn Studios 1041 N. Formosa 851-1234 ABC-TV 4151 Prospect Ave. 663-3011 CBS Television City 7800 Beverly Blvd. 651-2345 NBC-TV 3000 Alameda, Burbank 845-7000	SAG 7750 W. Sunset Blvd. 878-9030 AFTRA 1717 N. Highland Ave. 461-8111 Directors Guild 7950 W. Sunset Blvd. 656-1220 Producers Guild 8201 Beverly Blvd. 651-0084 Assn. of Motion Picture and TV Producers 8480 Beverly Blvd. 653-2200 Actor's Guild Telephone Answering & Message Service 5466 Santa Monica Blvd. 464-5161 Employers Overload 1737 N. Ivar 464-4191 Duplicate Photo Laboratories 1522 N. Highland Ave. 466-7544 Hollywood High Community Adult School 1521 N. Highland Ave. 467-6191 Los Angeles City College 855 N. Vermont 663-9143 Sherwood Oaks Experimental College 6353 Hollywood Blvd. 462-6669	Maxine Anderson 9172 Sunset Blvd. 274-9027 John P. Saur Assoc. 10201 W. Pico Blvd. 277-2211 Hoyle Bowers Assoc. 464-0101 Ross Brown Casting 7319 Beverly Blvd., #10 638-2575 Eddie Foy Assoc. 1040 N. Las Palmas 466-5257 Marvin Paige Casting 8721 Sunset Blvd., #203 659-3040 Ross, Fenton & Assoc. 10202 W. Washington Blvd., Culver City 836-3000 Lynn Sulmeister & Assoc. 7466 Beverly Blvd. 938-6148 (addresses are Los Angeles, unless otherwise noted)

and I'd ALSO like to thank.

Compiled by David Batterson

(a)

LIST OF MAJOR STUDIOS	GUILDS AND OTHER IMPORTANT INFO	INDEPENDENT CASTING COMPANIES
The Burbank Studios (Warner Bros., Columbia and independents) 4000 Warner Blvd., Burbank 843-6000, 843-7280 CBS Studio Center (CBS and independents) 4024 Radford Ave., Studio City 763-8411 Walt Disney Productions 500 S. Buena Vista, Burbank 849-3411 Universal Studios 100 Universal City Plaza Universal City 985-4321 Paramount Pictures, Inc. 5451 Marathon St. 463-0100 20th Century-Fox 10201 W. Pico Blvd. 277-2211 MGM 10202 W. Washington Blvd., Culver City 836-3000 Culver City Studios 9336 W. Washington Blvd., Culver City 871-0360 Samuel Goldwyn Studios 1041 N. Formosa 851-1234 ABC-TV 4151 Prospect Ave. 663-3011 CBS Television City 7800 Beverly Blvd. 651-2345 NBC-TV 3000 Alameda, Burbank 845-7000	SAG 7750 W. Sunset Blvd. 878-9030 AFTRA 1717 N. Highland Ave. 461-8111 Directors Guild 7950 W. Sunset Blvd. 656-1220 Producers Guild 8201 Beverly Blvd. 651-0084 Assn. of Motion Picture and TV Producers 8480 Beverly Blvd. 653-2200 Actor's Guild Telephone Answering & Message Service 5466 Santa Monica Blvd. 464-5161 Employers Overload 1737 N. Ivar 464-4191 Duplicate Photo Laboratories 1522 N. Highland Ave. 466-7544 Hollywood High Community Adult School 1521 N. Highland Ave. 467-6191 Los Angeles City College 855 N. Vermont 663-9143 Sherwood Oaks Experimental College 6353 Hollywood Blvd. 462-6669	Maxine Anderson 9172 Sunset Blvd. 274-9027 John P. Saur Assoc. 10201 W. Pico Blvd. 277-2211 Hoyle Bowers Assoc. 464-0101 Ross Brown Casting 7319 Beverly Blvd., #10 638-2575 Eddie Foy Assoc. 1040 N. Las Palmas 466-5257 Marvin Paige Casting 8721 Sunset Blvd., #203 659-3040 Ross, Fenton & Assoc. 10202 W. Washington Blvd., Culver City 836-3000 Lynn Sulmeister & Assoc. 7466 Beverly Blvd. 938-6148 (addresses are Los Angeles, unless otherwise noted)

and I'd ALSO like to thank.

Compiled by David Batterson

(b)

LIST OF MAJOR STUDIOS	GUILDS AND OTHER IMPORTANT INFO	INDEPENDENT CASTING COMPANIES
The Burbank Studios (Warner Bros., Columbia and independents) 4000 Warner Blvd., Burbank 843-6000, 843-7280 CBS Studio Center (CBS and independents) 4024 Radford Ave., Studio City 763-8411 Walt Disney Productions 500 S. Buena Vista, Burbank 849-3411 Universal Studios 100 Universal City Plaza Universal City 985-4321 Paramount Pictures, Inc. 5451 Marathon St. 463-0100 20th Century-Fox 10201 W. Pico Blvd. 277-2211 MGM 10202 W. Washington Blvd., Culver City 836-3000 Culver City Studios 9336 W. Washington Blvd., Culver City 871-0360 Samuel Goldwyn Studios 1041 N. Formosa 851-1234 ABC-TV 4151 Prospect Ave. 663-3011 CBS Television City 7800 Beverly Blvd. 651-2345 NBC-TV 3000 Alameda, Burbank 845-7000	SAG 7750 W. Sunset Blvd. 878-9030 AFTRA 1717 N. Highland Ave. 461-8111 Directors Guild 7950 W. Sunset Blvd. 656-1220 Producers Guild 8201 Beverly Blvd. 651-0084 Assn. of Motion Picture and TV Producers 8480 Beverly Blvd. 653-2200 Actor's Guild Telephone Answering & Message Service 5466 Santa Monica Blvd. 464-5161 Employers Overload 1737 N. Ivar 464-4191 Duplicate Photo Laboratories 1522 N. Highland Ave. 466-7544 Hollywood High Community Adult School 1521 N. Highland Ave. 467-6191 Los Angeles City College 855 N. Vermont 663-9143 Sherwood Oaks Experimental College 6353 Hollywood Blvd. 462-6669	Maxine Anderson 9172 Sunset Blvd. 274-9027 John P. Saur Assoc. 10201 W. Pico Blvd. 277-2211 Hoyle Bowers Assoc. 464-0101 Ross Brown Casting 7319 Beverly Blvd., #10 638-2575 Eddie Foy Assoc. 1040 N. Las Palmas 466-5257 Marvin Paige Casting 8721 Sunset Blvd., #203 659-3040 Ross, Fenton & Assoc. 10202 W. Washington Blvd., Culver City 836-3000 Lynn Sulmeister & Assoc. 7466 Beverly Blvd. 938-6148 (addresses are Los Angeles, unless otherwise noted)

and I'd ALSO like to thank.

Compiled by David Batterson

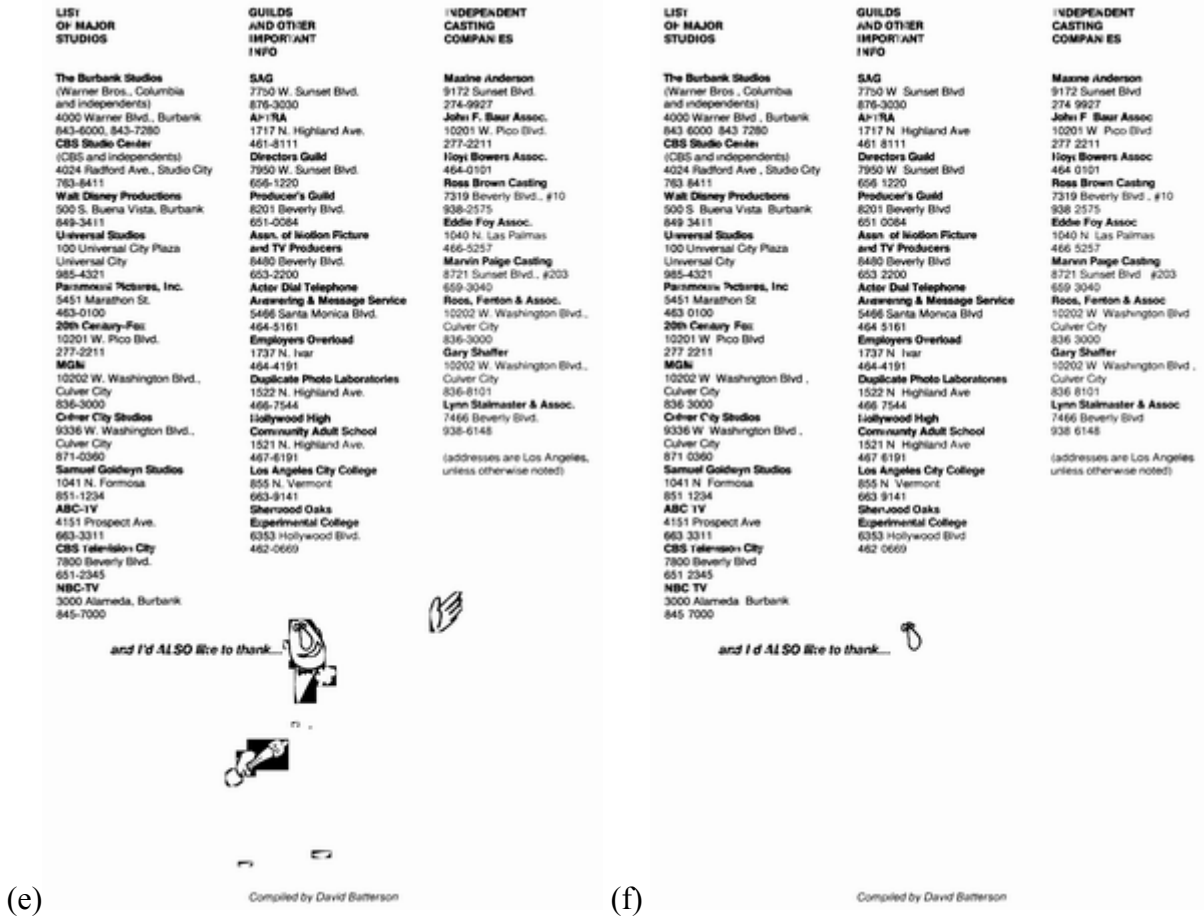
(c)

LIST OF MAJOR STUDIOS	GUILDS AND OTHER IMPORTANT INFO	INDEPENDENT CASTING COMPANIES
The Burbank Studios (Warner Bros., Columbia and independents) 4000 Warner Blvd., Burbank 843-6000, 843-7280 CBS Studio Center (CBS and independents) 4024 Radford Ave., Studio City 763-8411 Walt Disney Productions 500 S. Buena Vista, Burbank 849-3411 Universal Studios 100 Universal City Plaza Universal City 985-4321 Paramount Pictures, Inc. 5451 Marathon St. 463-0100 20th Century-Fox 10201 W. Pico Blvd. 277-2211 MGM 10202 W. Washington Blvd., Culver City 836-3000 Culver City Studios 9336 W. Washington Blvd., Culver City 871-0360 Samuel Goldwyn Studios 1041 N. Formosa 851-1234 ABC-TV 4151 Prospect Ave. 663-3011 CBS Television City 7800 Beverly Blvd. 651-2345 NBC-TV 3000 Alameda, Burbank 845-7000	SAG 7750 W. Sunset Blvd. 878-9030 AFTRA 1717 N. Highland Ave. 461-8111 Directors Guild 7950 W. Sunset Blvd. 656-1220 Producers Guild 8201 Beverly Blvd. 651-0084 Assn. of Motion Picture and TV Producers 8480 Beverly Blvd. 653-2200 Actor's Guild Telephone Answering & Message Service 5466 Santa Monica Blvd. 464-5161 Employers Overload 1737 N. Ivar 464-4191 Duplicate Photo Laboratories 1522 N. Highland Ave. 466-7544 Hollywood High Community Adult School 1521 N. Highland Ave. 467-6191 Los Angeles City College 855 N. Vermont 663-9143 Sherwood Oaks Experimental College 6353 Hollywood Blvd. 462-6669	Maxine Anderson 9172 Sunset Blvd. 274-9027 John P. Saur Assoc. 10201 W. Pico Blvd. 277-2211 Hoyle Bowers Assoc. 464-0101 Ross Brown Casting 7319 Beverly Blvd., #10 638-2575 Eddie Foy Assoc. 1040 N. Las Palmas 466-5257 Marvin Paige Casting 8721 Sunset Blvd., #203 659-3040 Ross, Fenton & Assoc. 10202 W. Washington Blvd., Culver City 836-3000 Lynn Sulmeister & Assoc. 7466 Beverly Blvd. 938-6148 (addresses are Los Angeles, unless otherwise noted)

and I'd ALSO like to thank.

Compiled by David Batterson

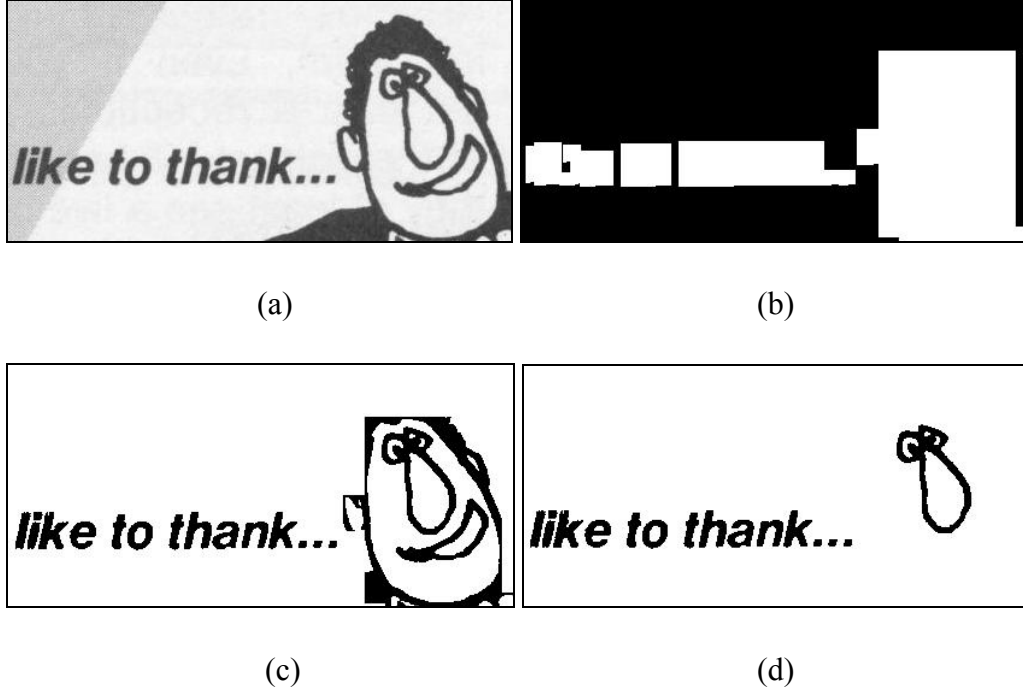
(d)



Şekil 4.8 Doküman görüntü örneği-4'ün girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası.

Şekil 4.9'da Şekil 4.8'deki örnek doküman görüntüsünden alınan bir kesit görülmektedir. Kesit eğik ve kalın olarak yazılmış karakterlerden oluşan metin kısmı, gri ve açık gri arka plandan oluşan kısımlar ve siyah-beyaz renklerden oluşan figürü içermektedir. Şekil 4.9-a'da bu kesitin ilk hali, Şekil 4.9-b'de bu kesitin enerji haritası, Şekil 4.9-c'de karakter tanıma öncesindeki karakter bileşenleri, Şekil 4.9-d'de ise karakter tanıma sonrası geriye kalan karakter bileşenleri görülmektedir. Gabor filtreleme aşamasında arka plandaki farklılar rahatça çözülmüş, yüksek tepki oranına sahip pikseller ön enerji haritasında kümelenmiş ve son olarak enerji haritası oluşturularak olası karakter alanları seçilmiştir. Şekil 4.9-b'de görülen enerji haritasından da anlaşıldığı üzere arka plandaki farklılıklar elenmiştir. Enerji haritası ve doküman görüntüsünün siyah-beyaz halinin birleşimden oluşan görüntüde karakter takibinde incelenecek olan bağlı parçacıklar seçilebilmiştir. Şekil 4.9-d'de verilen karakter takibi sonucunda ortaya çıkan metin alanlarındaki figürdeki insan yüzünün çerçevesi elenmiş, ağız bölgesi elenmiş, fakat burun ve gözlerden oluşan bileşen elenememiştir. Karakter

takibinin algoritması düşünüldüğünde, burun ve gözlerin birleşmesinden oluşan şeklin sağına ağız kısmı gelmiş, boy olarak da yöntemin kısıtlarına uyduğundan burun ve gözlerin birleşmesinden oluşan şekil elenememiştir. Fakat ağız bölgesindeki şeklin sağında ve solunda kendi boyuyla orantılı bir başka şekil olmadığından kolaylıkla elenmiştir.



Şekil 4.9 Doküman görüntü örneği-4'ün kesitleri üzerinde ara adım ve sonuç görüntüleri: (a) orijinal kesit; (b) kesitin enerji haritası; (c) karakter takibi öncesindeki hal; (d) karakter takibi sonrasında oluşan görüntü.

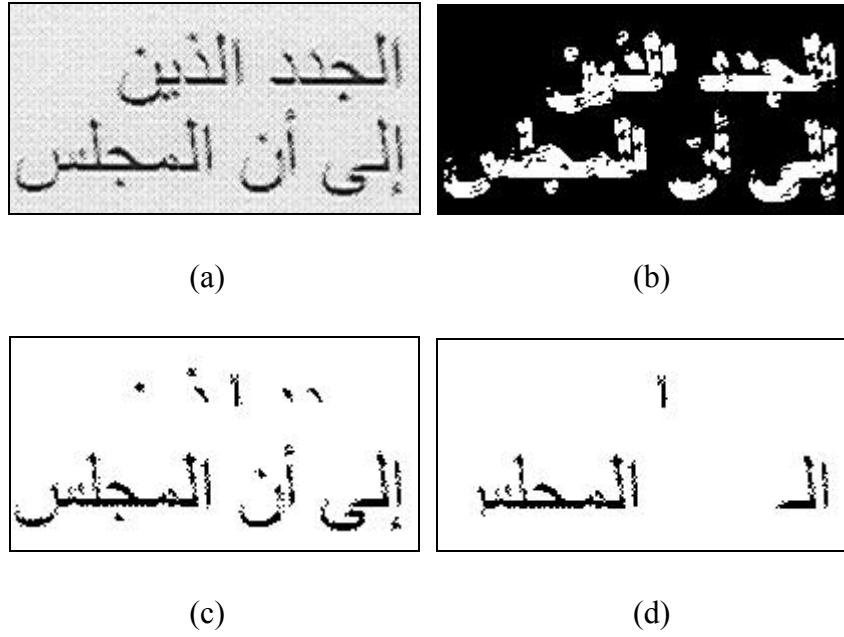
Çizelge 4.1'de verilen diğer sayfalar kategorisine ait bir örnek Şekil 4.10'da görülmektedir. Bu örnekte Arap alfabesinde haber kupürlerinden oluşturulan bir sayfanın görüntüsü incelenmiştir. Şekil 4.10-a'da orijinal doküman görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.10-b'de doküman görüntüsünün Gabor filtrelemesinden sonra oluşan görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.10-c'de dokümanın ön enerji haritası, Şekil 4.10-d'de ise dokümanın enerji haritası verilmiştir. Şekil 4.10-e'de karakter takibi öncesi dokümanın enerji haritası ve siyah-beyaz halinin birleşimi verilmiştir. Son olarak Şekil 4.10-f'de karakter takibi sonunda geriye kalan dokümanın metin alanlarını gösteren sonuç verilmiştir.

Şekil 4.10'da verilen örnek Arap alfabesinde olmasından ötürü yazı karakterleri bitişik durumdadır. Bu durumda karakter takibi algoritması uygulandığında etkili olmayacaktır. Şekil 4.10-c'de verilen ön enerji haritası incelendiğinde karakterlerin çoğunun bulunmuş olduğu ve resim bölgelerinden de ufak piksel kümeciklerinin yakalandığı görünmüştür. Enerji haritasına



Şekil 4.10 Doküman görüntü örneği-5'in girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası.

Şekil 4.11'de Şekil 4.10'da verilen doküman görüntüsünün Arapça karakterler içeren bir kesiti verilmiştir. Şekil 4.11-a'da verilen kesitin orijinali, Şekil 4.11-b'de verilen kesitin ön enerji haritası, Şekil 4.11-c'de karakter takibi öncesindeki hali, Şekil 4.11-d'de ise karakter takibi sonrası sistemin bulduğu metin alanlarını gösteren görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.11-a'daki görüntü kesitinden doküman görüntüsünün kaliteli olmadığı görülmektedir. Ön enerji haritasında görülen bağlı parçacıklar, enerji haritasının oluşturulması basamağında bir eleme geçirmiş ve harf olan bileşenler elenmiştir. Karakter takibinden sonra ise Şekil 4.11-d'deki hale gelen görüntüde anlamlı karakterler kaybedilmiş ve yöntem başarısızlıkla sonuçlanmıştır.

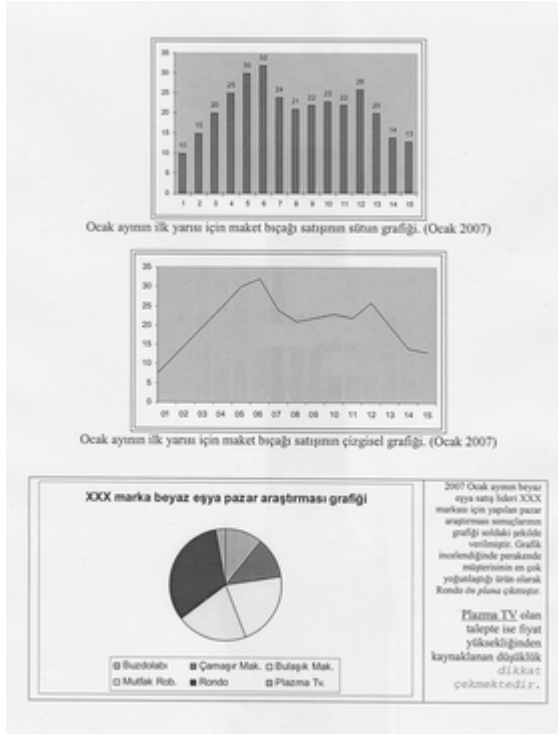


Şekil 4.11 Doküman görüntü örneği-5'in kesitleri üzerinde ara adım ve sonuç görüntüleri: (a) orijinal görüntü; (b) ön enerji haritası; (c) karakter takibi öncesindeki hal; (d) karakter takibi sonrasındaki hal.

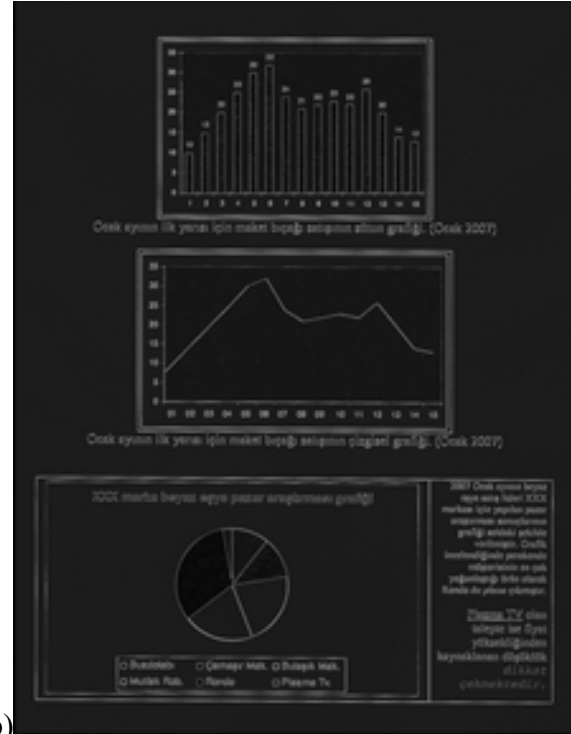
Şekil 4.12'de içerisinde sütun, çizgi, pasta grafik türlerine ait şekiller barındıran Çizelge 4.1'de verilen diğer sayfalar kategorine ait bir sayfanın görüntüsü örnek olarak verilmiştir. Şekil 4.12-a'da doküman görüntüsünün orijinali görülmektedir. Şekil 4.12-b'de doküman görüntüsünün Gabor filtrelemesinden sonra oluşan görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.12-c'de dokümanın ön enerji haritası, Şekil 4.12-d'de ise enerji haritası verilmiştir. Şekil 4.12-e'de karakter takibi öncesi dokümanın enerji haritası ve siyah-beyaz halinin birleşimi verilmiştir. Son olarak Şekil 4.12-f'de karakter takibi sonunda geriye kalan dokümanın metin alanlarını gösteren sonuç verilmiştir.

Şekil 4.12'de verilen örnekte çeşitli grafikler, bu grafiklerin açıklamaları bulunmaktadır. Verilen doküman görüntüsündeki zorluk şekil olarak tanımlanan grafiklerin içerdiği yazı karakterleridir. Yazı karakterlerinin grafik alanlarından ayrıştırılmasının hedeflendiği bu örnekte tasarlanılan sistem tek karakterden oluşmayan metin alanlarındaki yazı karakterlerini başarıyla bulmuştur. Gabor filtreleme basamağında elde edilen enerji dağılımları ön enerji haritası ve daha sonra enerji haritasına yansıtıldığında resim dokusu içeren bölgeler elenmiştir. Karakter takibi aşamasından önce grafiksel alanlarda elenemeyen bileşenler, karakter takibi işleminden sonra başarıyla elenmiştir. Dokümanın metin alanlarını gösteren

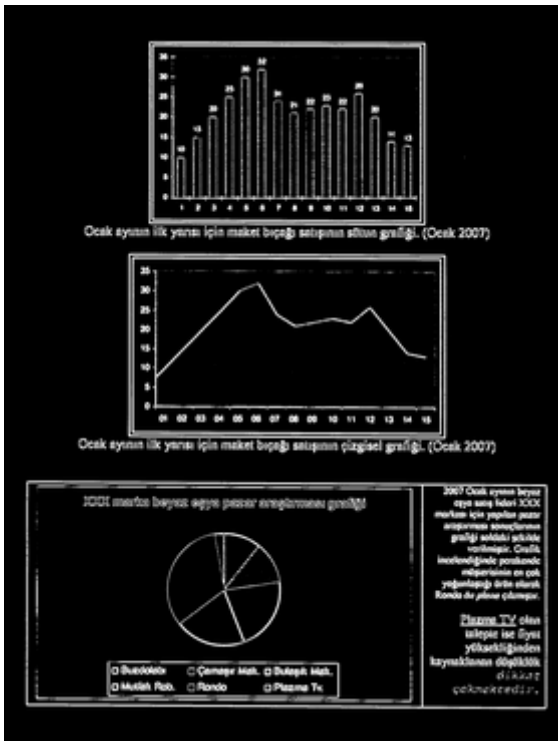
Şekil 4.12-f’de önerilen sistemin seçilen örnek doküman görüntüsü üzerinde çok başarılı sonuç elde etmekle beraber grafik alanlarında bulunan yazı karakterlerinin de çoğunluğunu yakalamıştır.



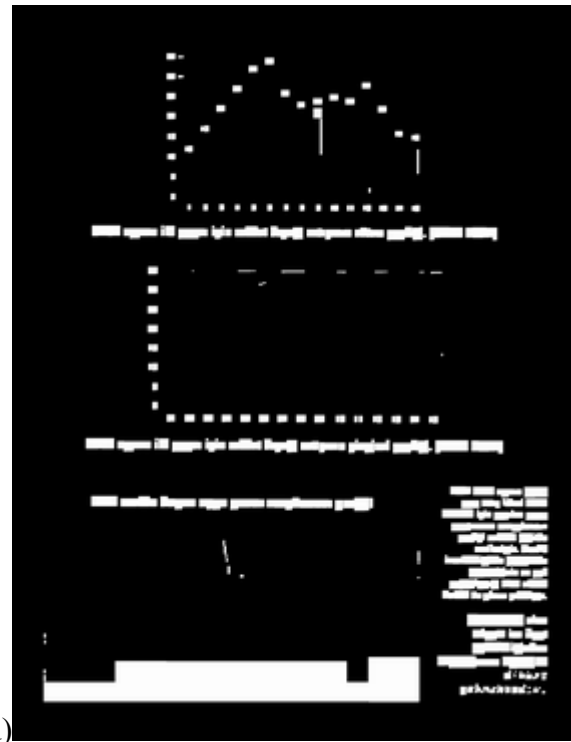
(a)



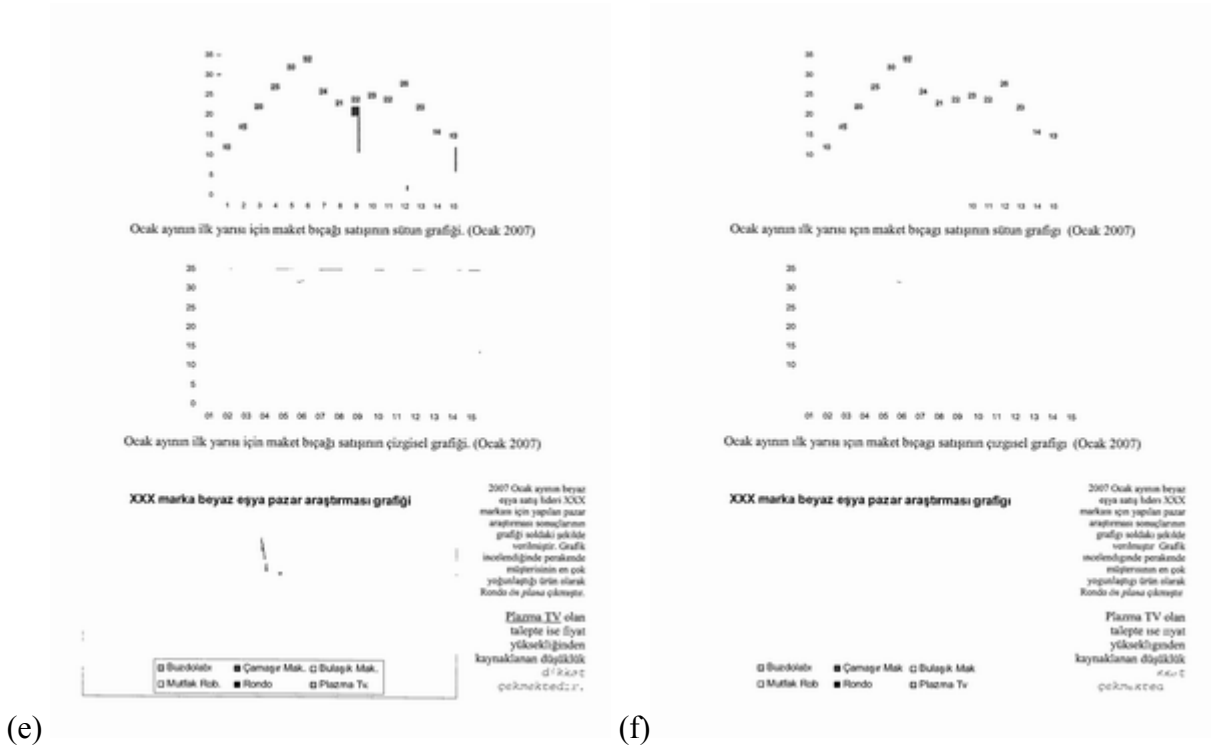
(b)



(c)



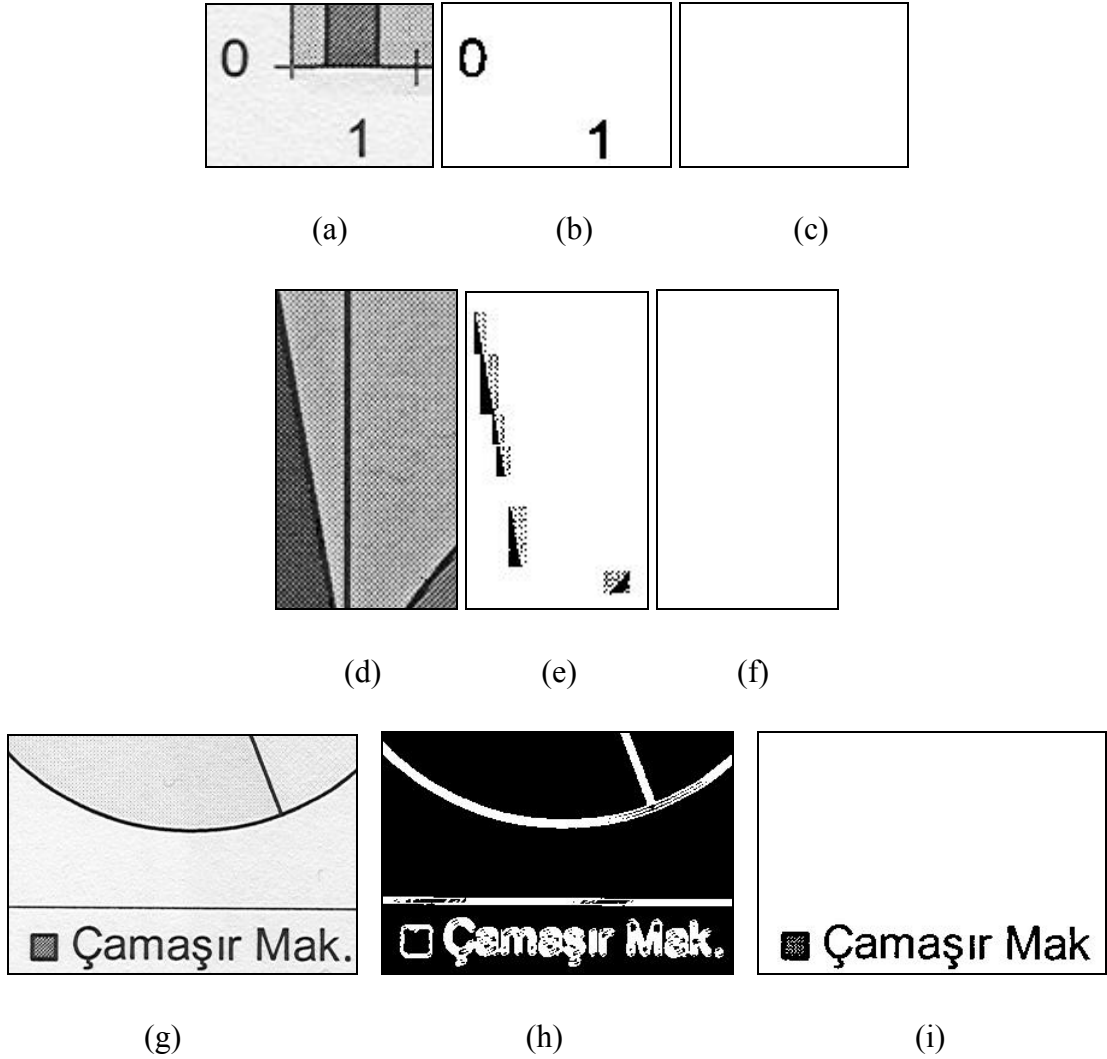
(d)



Şekil 4.12 Doküman görüntü örneği-6'nın girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası.

Şekil 4.13'de, Şekil 4.12'de verilen ve çeşitli grafikler içeren doküman görüntüsünden kesitler verilmiştir. Şekil 4.13-a'da verilen örnek kesit doküman görüntüsünün ilk halinden alınmıştır. Bu görüntüde sütun grafiğin başlangıç noktası gösterilmiştir. Şekil 4.13-b'de karakter takibi öncesindeki hali verilmiş olan kesitte grafiksel bileşenler elenmiş durumdadır. Karakter takibi sonucunda ise Şekil 4.13-c'de görülen sonuç elde edilmiştir. Şekil 4.13-b'de görülen "0" ve "1" bileşenleri karakter takibi basamağında, sağında veya solunda kendi boyuna orantılı bileşen/bileşenler olmadığından dolayı izole bileşenler şeklinde yorumlanmış ve sonuçta bunlar elenmiştir. Şekil 4.13-d'de, Şekil 4.12'de incelenmiş olan doküman görüntüsündeki pasta grafiğin bulunduğu bölgeden bir kesit verilmiştir. Şekil 4.13-e'de bu kesitin karakter takibi öncesindeki hali verilmiştir. Bu şekilde kesikli bir biçimde olmasından dolayı elenememiş olan tek bir doğrunun bazı bileşenleri geriye kalmıştır. Bu bileşenler izole durumda olduklarından karakter takibi aşamasından sonra oluşan sonuç çıktısında tamamen elenmiş olarak Şekil 4.13-f'deki hale gelmişlerdir. Şekil 4.13-g'de verilen bir başka kesit görüntüsünde ise çerçeve, grafik, metin bileşenleri iç içe durumdadır. Şekil 4.13-h'de ön enerji haritasında görülen bileşenlerden düz çizgiler ve dairesel çizgiler enerji haritasında elenmiştir. Şekil 4.13-i'de verilen sonuç çıktısında bu kesitten geriye sadece karakterler ve bir

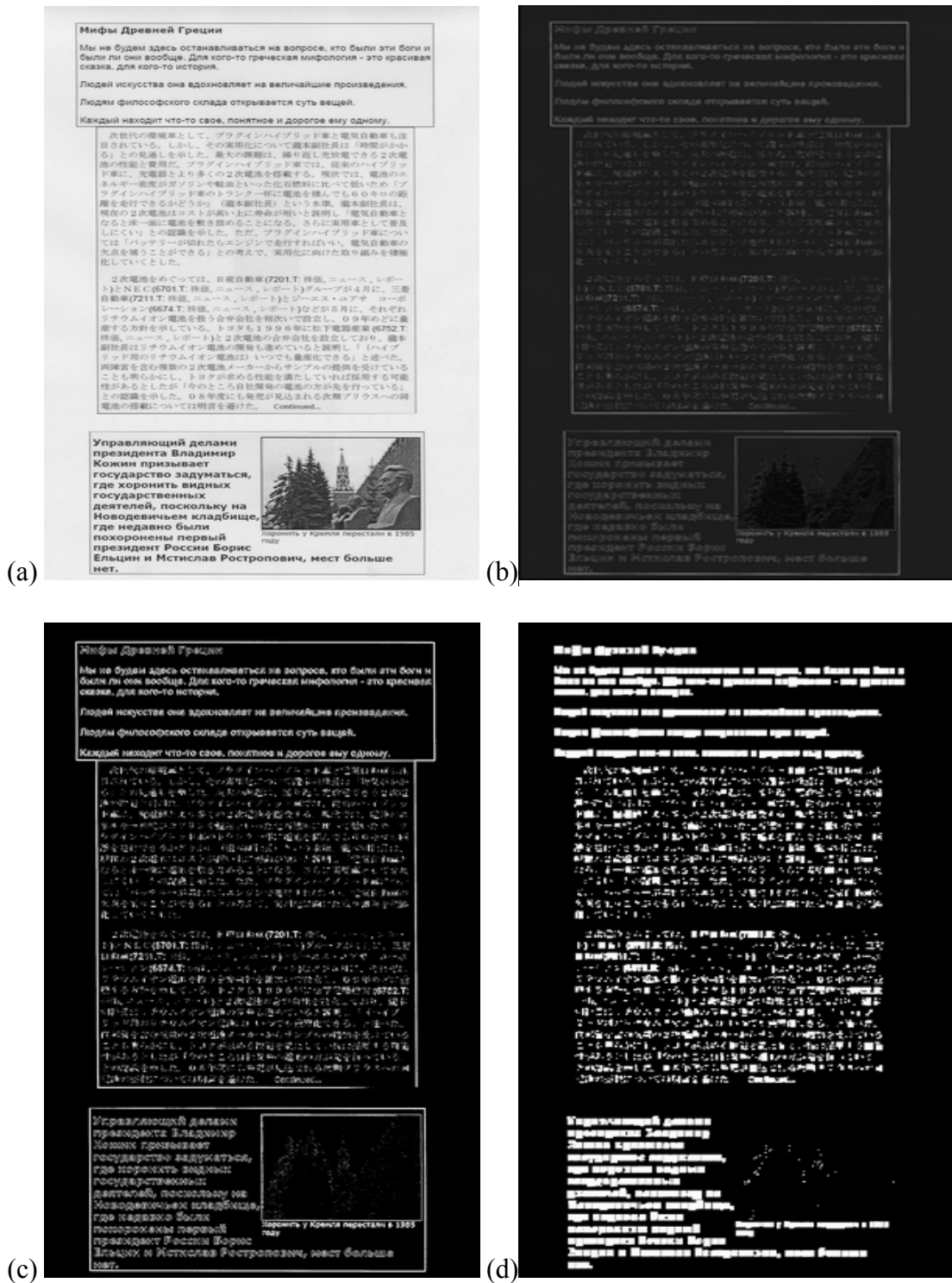
renk karesinin kaldığı görülmektedir.

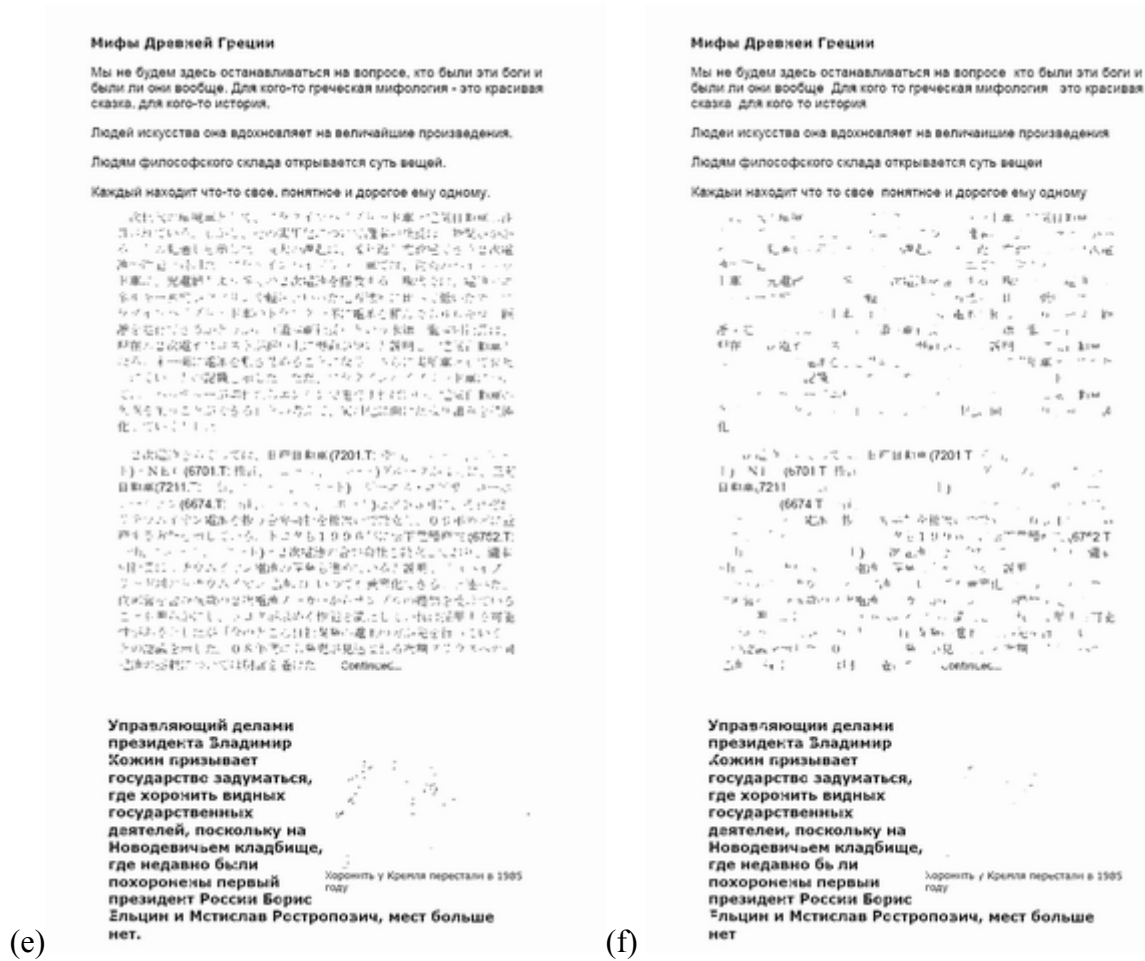


Şekil 4.13 Doküman görüntü örneği-6'nın kesitleri üzerinde ara adım ve sonuç görüntüleri: (a) kesit 1'in orijinali; (b) kesit 1'in karakter takibi öncesindeki hali; (c) kesit 1'in karakter takibi sonrasındaki hali; (d) kesit 2'nin orijinali; (e) kesit 2'nin karakter takibi öncesindeki hali; (f) kesit 2'nin karakter takibi sonrasındaki hali; (g) kesit 3'ün orijinali; (h) kesit 3'ün ön enerji haritası; (i) kesit 3'ün karakter takibi sonrasındaki hali.

Şekil 4.14'de taranarak sayısal ortama aktarılmış Yunanca alfabesinde bir paragraf, Japonca'dan iki paragraf, Rusça'dan bir paragraf yazı içeren ayrıca bir de resim içeren karmaşık bir sayfa örneğinin görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.14-a'da doküman görüntüsünün ilk hali verilmiştir. Şekil 4.14-b'de doküman görüntüsünün Gabor filtrelemesinden sonra oluşan görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.14-c'de dokümanın ön enerji haritası, Şekil 4.14-d'de ise dokümanın enerji haritası verilmiştir. Şekil 4.14-e'de karakter takibi öncesi dokümanın enerji haritası ve siyah-beyaz halinin birleşimi verilmiştir. Son olarak Şekil 4.14-f'de karakter takibi sonunda geriye kalan dokümanın metin alanlarını gösteren sonuç verilmiştir.

Şekil 4.14'de verilen örnek doküman görüntüsü farklı alfabelerin, farklı yazı tiplerini ve font büyüklüğüne sahip yazı karakterlerini içermektedir. Sonuç görüntüsü, doküman modeli incelendiğinde Yunanca ve Rusça karakterlerde başarı sağlanmış, Japonca karakterlerde ise başarı elde edilememiştir. Ayrıca doküman örneği kapsamında verilen resimdeki bazı şekillerin Gabor filtreleme basamağında verdiği tepkiler ve karakter takibinde öne sürülen kurallarla elenemediği görülmüştür.



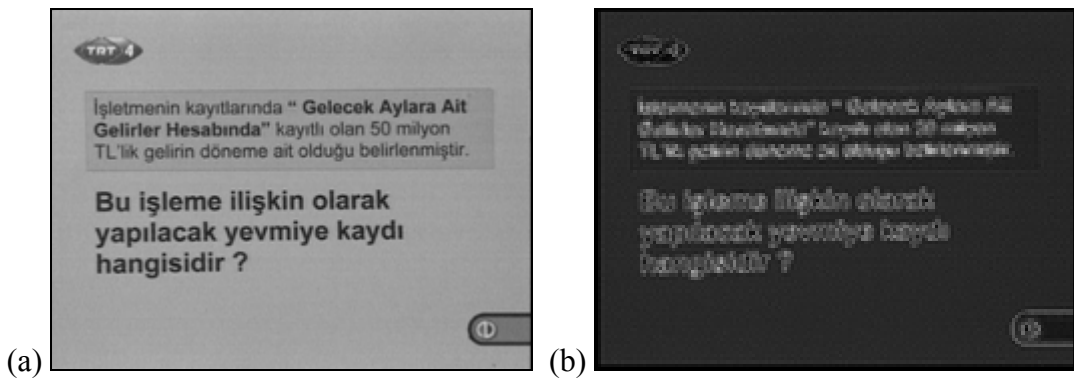


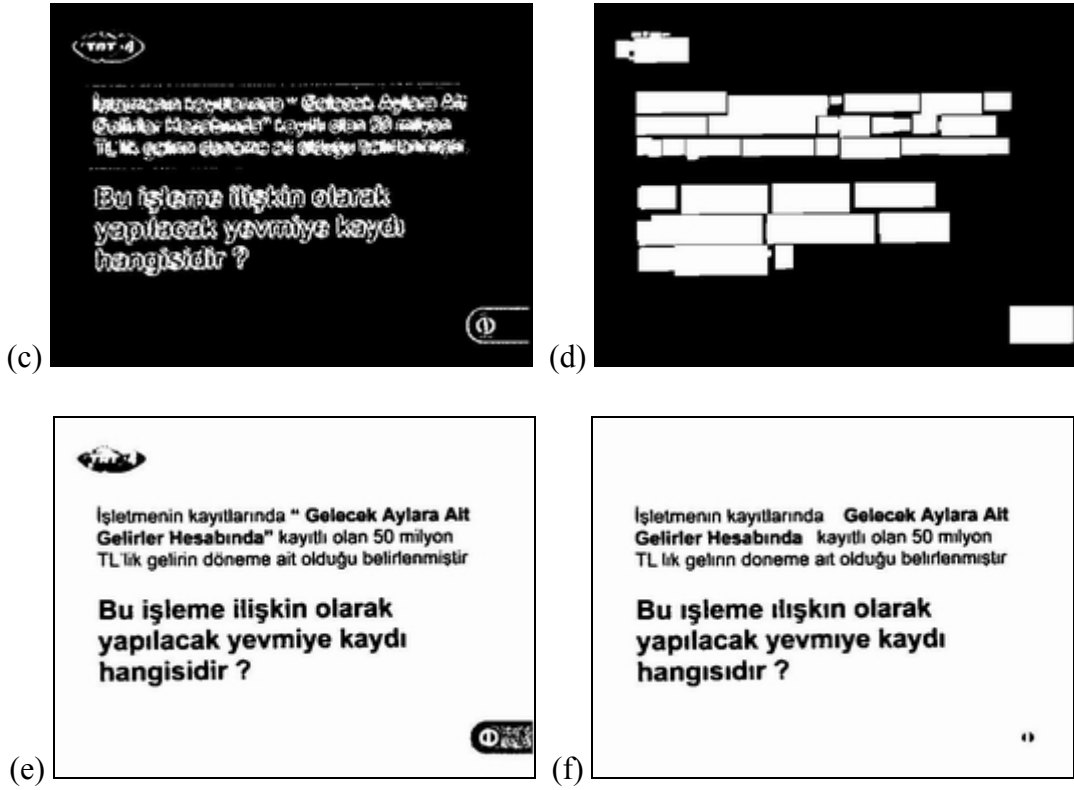
Şekil 4.14 Doküman görüntü örneği-7'nin girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası.

Şekil 4.15'de Şekil 4.14'teki bölgelerden alınan bazı kesitler ve bunların sistem çalışması sırasındaki ve sonuçtaki durumlarını gösteren görüntüler verilmiştir. Şekil 4.15-a'da doküman görüntüsünde bulunan resimden bir kesitle bu resmin açıklaması olan Rusça yazı karakterlerinden oluşan metin açıklamasındaki 2 adet kelime verilmiştir. Şekil 4.15-b'de bu örnek kesitte önerilen sistemin çalışması sonucunda çıkartılan metin alanları verilmiştir. Şekil 4.15-c'de doküman görüntüsünden alınan farklı boyut ve tiplerdeki Yunanca yazı karakterlerini gösteren bir kesit verilmiştir. Bu kesitte önerilen sistemin çalışması tamamlandığında sonuç görüntüsü olarak verilen Şekil 4.15-d'ye ulaşılmıştır. Yunanca ve Rus alfabesinin benzerliği ve karakterlerinin yatay doğrultuda devam özelliği göstermesi, Latin alfabesindeki harfler gibi dokusal bir özellik göstermesinden ötürü sistem bu dilleri kapsayan örnek kesitlerde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 4.15-e'de Japonca yazı karakterleri ve rakamlardan oluşan bir metin alanının kesiti verilmiştir. Şekil 4.15-e'de verilen kesitin, Şekil

verilmiştir. Şekil 4.16-b’de Gabor filtrelemesinden sonra oluşan görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.16-c’de bu örneğin ön enerji haritası, Şekil 4.16-d’de ise enerji haritası verilmiştir. Şekil 4.16-e’de örneğin karakter takibi öncesindeki halini oluşturan enerji haritasının ve siyah-beyaz halinin birleşimi verilmiştir. Son olarak Şekil 4.16-f’de karakter takibi sonunda geriye kalan metin alanlarını gösteren sonuç görüntüsü verilmiştir.

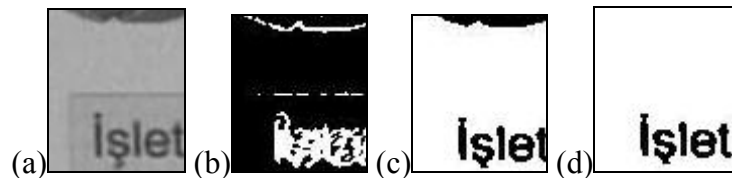
Şekil 4.17’de Şekil 4.16’daki görüntüden alınan bir kesit örneği incelenmiştir. Burada daha rahat görüldüğü gibi çok fazla gürültü/parazit bulunmaktadır. Şekil 4.16-a’da verilen ilk haldeki işlenmemiş görüntüde farklı arka plana renklerine sahip 2 adet metin bölgesi, biri kanalın simgesi biri de programın simgesi olmak üzere 2 adet farklı şekil bulunmaktadır. Şekil 4.16-b’de verilen Gabor filtreleme sonucunda tam olarak seçilememekle beraber örnek görüntünün kuvvetsiz enerji dağılımları görünmektedir. Şekil 4.16-c’de Gabor filtreleme işlemi sonucundaki enerji dağılımlarının iki renkli hale getirilmesinden sonra görülen olası metin alanları bulunmaktadır. Şekil 4.16-d’de görüntünün enerji haritası verilmiştir. Enerji haritasında, ön enerji haritasında bulunan kesitli çerçeve olarak tanımlanabilecek bileşenler tam anlamıyla elenmiştir. Şekil 4.16-e’de enerji haritası ve siyah-beyaz görüntü örneğinin birleşimi olan ve olası metin karakterlerini gösteren karakter görüntünün takibi öncesindeki hali verilmiştir. Şekil 4.16-f’de ise metin karakterlerini gösteren sistemin sonucu, doküman modeli verilmiştir. Bu örnek, kaynağı bakımından farklı bir örnek olmasıyla, içeriği bakımından ise yapılan çalışma kapsamında verilen örneklere uyuşması ile dikkate değer bir örnektir. Simge alanında kalan birkaç bileşen dışında önerilen sistem bu örnek üzerinde başarılı sonuçlar vermiştir. Bu örnekten elde edilen sonuç değerlendirildiğinde, geliştirilen sistemin, konuya uygun düzeltmelerden sonra yazı içeren video görüntülerinde de başarılı olabileceği söylenebilir.



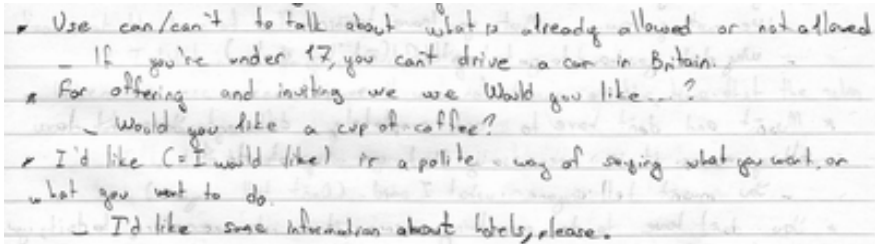
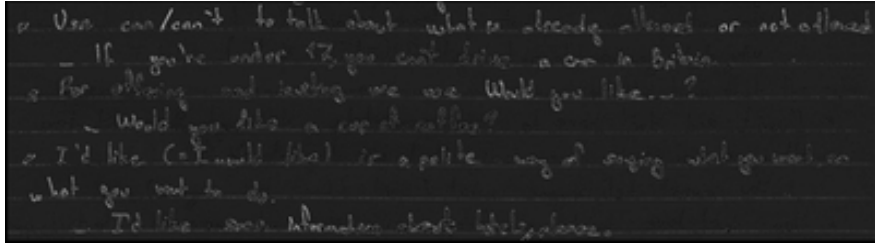
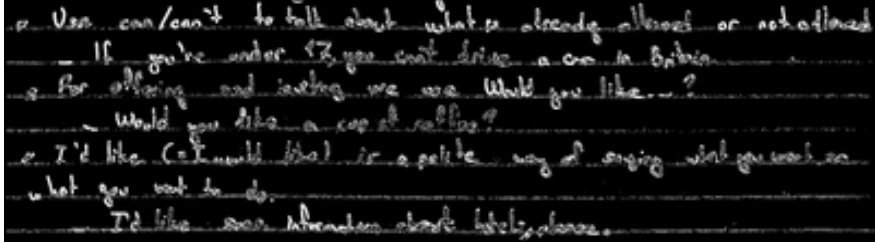
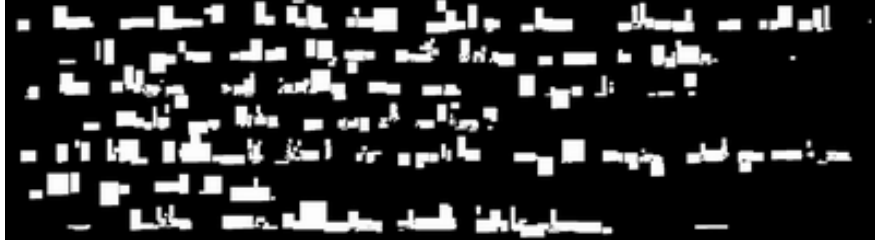
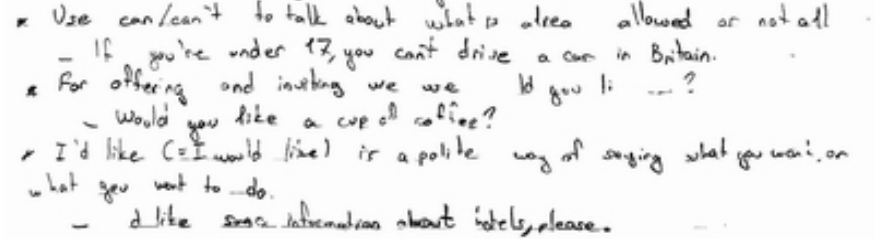
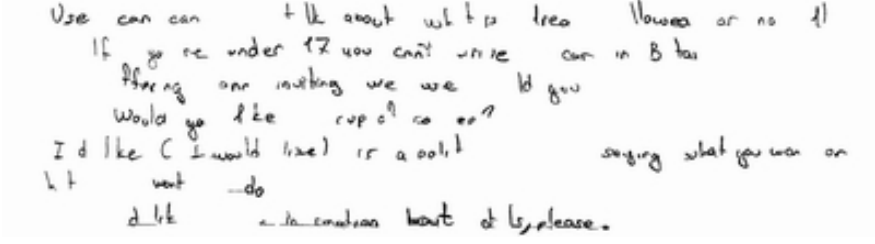


Şekil 4.16 Doküman görüntü örneği-8'nin girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası.

Şekil 4.17-a'da orijinali verilen örnek görüntünün, Şekil 4.17-b'de ön enerji haritası, 4.17-c'de karakter takibi öncesindeki hali, 4.17-d'de metin karakterlerini gösteren sonuç görüntüsü verilmiştir. Bu örnekte farklı arka plan renkleri, yazı karakterleri ve şekilden alınan bir kesit bulunmaktadır. Ön enerji haritasından enerji dağılımlarında arka plan farklılığının etkisinin Gabor filtreleme basamağında yok edildiği görülmektedir. Karakter takibi öncesindeki durum için verilen görüntü de ise çerçevenin ön enerji haritasında görülen kesitli bileşenleri yok edilmiş durumdadır. Şekil 4.17-d'de karakter takibinin karakter olmayan bileşeninde yok ederek başarılı bir sonuçla sadece metin karakterlerini geriye bıraktığı görülmektedir.



Şekil 4.17 Doküman görüntü örneği-8'nin kesiti üzerinde ara adım ve sonuç görüntüleri: (a) orijinal görüntü; (b) ön enerji haritası; (c) karakter takibi öncesindeki hal; (d) görüntü üzerinde uygulamanın sonucu.

- (a)  Use can/can't to talk about what is already allowed or not allowed
- If you're under 17, you can't drive a car in Britain.
* For offering and inviting we use Would you like...?
- Would you like a cup of coffee?
* I'd like (=I would like) is a polite way of saying what you want, or what you want to do.
- I'd like some information about hotels, please.
- (b)  Use can/can't to talk about what is already allowed or not allowed
- If you're under 17, you can't drive a car in Britain.
* For offering and inviting we use Would you like...?
- Would you like a cup of coffee?
* I'd like (=I would like) is a polite way of saying what you want, or what you want to do.
- I'd like some information about hotels, please.
- (c)  Use can/can't to talk about what is already allowed or not allowed
- If you're under 17, you can't drive a car in Britain.
* For offering and inviting we use Would you like...?
- Would you like a cup of coffee?
* I'd like (=I would like) is a polite way of saying what you want, or what you want to do.
- I'd like some information about hotels, please.
- (d)  Use can/can't to talk about what is already allowed or not allowed
- If you're under 17, you can't drive a car in Britain.
* For offering and inviting we use Would you like...?
- Would you like a cup of coffee?
* I'd like (=I would like) is a polite way of saying what you want, or what you want to do.
- I'd like some information about hotels, please.
- (e)  Use can/can't to talk about what is already allowed or not allowed
- If you're under 17, you can't drive a car in Britain.
* For offering and inviting we use Would you like...?
- Would you like a cup of coffee?
* I'd like (=I would like) is a polite way of saying what you want, or what you want to do.
- I'd like some information about hotels, please.
- (f)  Use can/can't to talk about what is already allowed or not allowed
- If you're under 17, you can't drive a car in Britain.
* For offering and inviting we use Would you like...?
- Would you like a cup of coffee?
* I'd like (=I would like) is a polite way of saying what you want, or what you want to do.
- I'd like some information about hotels, please.

Şekil 4.18 Doküman görüntü örneği-9'un girdi, sonuç, ara adım görüntüleri: (a) orijinal doküman görüntüsü; (b) Gabor filtreleme sonucu; (c) Ön enerji haritası; (d) Enerji haritası; (e) karakter takibi öncesi; (f) karakter takibi sonrası.

Şekil 4.18’de el yazısıyla yazılmış bir doküman görüntüsünün örneği verilmiştir. Şekil 4.18-a’da orijinal doküman görüntüsü görülmektedir. Şekil 4.18-b’de doküman görüntüsünün Gabor filtrelemesinden sonra oluşan görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.18-c’de dokümanın ön enerji haritası, Şekil 4.18-d’de ise dokümanın enerji haritası verilmiştir. Şekil 4.18-e’de karakter takibi öncesi dokümanın enerji haritası ve siyah-beyaz halinin birleşimi verilmiştir. Son olarak Şekil 4.18-f’de karakter takibi sonunda geriye kalan dokümanın metin alanlarını gösteren sonuç görüntüsü verilmiştir.

Şekil 4.18’de verilen doküman örneğinin sonuç resmi ve giriş resimleri incelendiğinde yöntemin bu doküman sayfasında kısmen başarılı olduğu görülmektedir. Doküman kalitesinin düşük olduğu bu örnekte makine harfleri kullanılmamasından kaynaklanan birleşmeler görülmektedir. Ayrıca el yazısıyla yazılmış bu örneğin tam olarak yatay doğrultuda devam etmediğini, eğikliği bulunduğu görülmektedir. Önerilen sistem farklı bir çalışma olan el yazısı konusu için gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra çok daha başarılı sonuçlar verebileceği söylenebilir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada yazı karakterlerinin kelime, satır içerisinde birbirini takip etmelerinden ve büyüklüklerinin birbirine yakın bileşenler olmasından kaynaklanan dokusal özellikleri değerlendirilerek doküman arşivleme sistemlerinde kullanılmak üzere doküman görüntülerindeki metin alanlarının bulunması hedeflenmiştir. Bunun için 256 gri renk seviyesindeki sayısal doküman görüntüleri üzerinde çalışabilen beş alt basamaktan oluşan bir sistem tasarlanmıştır.

Sistem, metin alanlarının doku özelliğini tam ve doğru olarak değerlendirmek için iki ana aşamadan oluşmaktadır. Bu iki aşamadan ilkinde tek değer oranlı bir Gabor filtresi geliştirilmiştir. Metin karakterleri, Gabor filtresinin 45 derece ve katlarına duyarlı olduğu için 0, 45, 90, 135 açı derecelerinde 4 farklı Gabor filtresi oluşturulmuştur. Bunlar tek bir filtre içinde birleştirilerek sayısal doküman görüntüsüne uygulanmıştır. Elde edilen sonuçta yazı karakterlerinin oluşturduğu metin alanlarını filtreye tepkisinin kuvvetli, resim alanlarının tepkisinin ise zayıf olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç değerlendirilerek, olası metin alanları elde edilmiştir. Geliştirilen sistemin mevcut sistemlerden farklı ve orijinal olan ikinci aşamasında ise olası metin alanlarında bulunması gereken metin karakterlerinin, kelime ve cümle içindeki komşuluk özelliğine ait doku yapısı değerlendirilmiştir. Bunun için metin alanlarını bulmaya yönelik doku tabanlı önceki çalışmalarda mevcut olmayan karakter takibi yöntemi geliştirilmiştir. Her harf için kelime veya cümle içinde kendi boyutlarında ve belirli bir mesafede komşu harflerin olması gerekliliğini temel alan bu yöntemle olası yazı karakterleri tekrar değerlendirilerek kurala uymayan şekiller elenmiş ve sistemin başarısı arttırılmıştır.

Sistemin başarısı farklı kaynaklardan oluşturulan 41 adet doküman görüntüsü için değerlendirilmiştir. Önceki çalışmalarda sayısal başarı sonuçları verilmemekte, değişik doküman tipleri üzerinde başarılı ve başarısız olunan kısımlar hakkında yorumlar yapılmaktadır (Raju vd., 2004; Pati vd., 2004). Bu şekilde bir değerlendirme yapılırsa, geliştirilen yöntemin karmaşık sayfa planına sahip, metin ve resim alanlarının iç içe olduğu doküman görüntülerinde çok başarılı sonuçlar elde ettiği görülmüştür. Resimli doküman görüntülerinde noktalama işaretlerinin elenmesi ve bazı farklı örnek tiplerinde Gabor filtrelemesinde elde edilen kötü sonuçlardan kaynaklanan başarısız sonuçlar dışında önemli karakter kayıpları veya karakter olmayan şekillerin karakter olması gibi durumlarla karşılaşılmamıştır. Resim alanlarının grafik, şekil, fotoğraf gibi alt türlerden oluştuğu örneklerde ve metin alanlarında kullanılan yazı karakterlerinin büyüklükleri, fontlarının farklı olduğu örneklerde de sistemin başarısı üst düzeydedir.

Geliştirilen sistem için farklı alfabelerdeki harflerden oluşan metin alanlarına sahip doküman görüntülerinde çok başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu farklı alfabelere örnek olarak Latin ve Kiril alfabeleri gösterilebilir. İngilizce, Türkçe, Yunanca, Rusça, Almanca, Fransızca vb. gibi bir çok dilde çalışabilen, tek bir dile bağımlı olmayan evrensel bir sistem yaratılmıştır. Japonca ve Çince gibi şekilsel harflerden oluşan dokümanlarında ise başarılı sonuçlar alınamamıştır. Çünkü bu örneklerdeki harflerin Gabor filtresine tepkisi düşük seviyede kalmıştır. Bunun nedeni filtrenin şekiller yerine düzenli harf kümelerini yakalaması için tasarlanmasıdır. Sistem bu düzendeki karakterlerin tanınması için tasarlanmadığından başarının düşük olması şaşırtıcı değildir.

Uygulanan işlemler sonunda yazı bölgesi olarak belirlenen alan bir karakter tanıma sistemi ile değerlendirilerek bu bölgedeki bilgilerin bilgisayar ortamında artık resim değil basit bir yazı formatı ile çok daha az yer tutacak şekilde saklanması mümkün olacaktır. Sonuç olarak, geliştirilen sistemin doküman arşivleme sistemlerinde kullanılması ile, resim içeren dokümanların yazı ve resim bölümlerinin ayrı ayrı daha efektif bir şekilde saklanmasını sağlayan bir çözüm sunulmuştur.

Geliştirilen sistemin yazı içeren video görüntüleri için verdiği sonuçların da başarılı olması, yapılacak düzenlemelerle bu sistemin doğal ortamlara ait video görüntülerindeki yazılı bölgelerin bulunması ve bu yazıların tanınması gibi farklı uygulamalar için de kullanılabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmandan üretilen “Text Area Detection in Digital Documents Images using Textural Features” adlı makale, “The 12th International Conference on Computer Analysis of Images & Patterns” adlı sempozyumda sunulmak üzere kabul edilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Akindele, O.T. ve Belaid, A. (1993), "Page Segmentation by Segment Tracing", Proceedings 2nd International Conference on Document Analysis and Recognition, Oct. 1993, Tsukuba.
- Antonacopoulos, A. ve Ritchings, R.T. (1995), "Segmentation and Classification of Document Images", IEEE Colloquium on Document Image Processing and Multimedia Environments, Nov. 1995, pp. 16/1-16/7.
- Baird, H.S. (2003), "Digital Libraries and Document Image Analysis", Proceedings of ICDAR 2003, Edinburgh, Aug. 2003, pp 2-14
- Baird, H.S. (1992), "Anatomy of a Versatile Page Reader", Proceedings of the IEEE, vol.80, pp.1059-1065.
- Campbell, F.W. ve Robson, J.G. (1968), "Application of Fourier Analysis to the Visibility of Gratings", J.Physiology. Vol.197, pp. 551-566.
- Chan, W. ve Coghill, G. (2001), "Text analysis using local energy", Pattern Recognition, Vol.34, Number 12, pp.2523-2532, December 2001.
- Daugman, J. (1985), "Uncertainty relation for resolution in space, spatial frequency and orientation optimized by two-dimensional visual cortical filters", J. Opt. Soc. Am. A, vol.2, no.7, pp. 1160-1169.
- Ding, X., Wen, D., Peng, L. Ve Liu, C. (2004), "Document Digitization Technology and Its Application for Digital Library in China", DIAL 2004, Palo Alto, 23-24 Jan. 2004, pp 46-53
- Drivas, D. ve Amin, A. (1995), "Page segmentation and classification utilising bottom-up approach", Proc.of the Third Int. Conf. On Document Analysis and Recognition, Montreal, August 1995, pp.610-614.
- Esposito, F., Malerba, D. ve Semeraro, G. (1995), "A Knowledge-Based Approach to the Layout Analysis", Proceedings of the 3rd Int. Conf. on Document Analysis and Recognition, IEEE Computer Society Press, Montreal, Canada, pp. 466-471.
- Fisher, J.L., Hinds, S.C. ve D'Amato, D.P. (1990), "A Rule-Based System for Document Image Segmentation", Proc. 10th Int. Conf. Pattern Recognition, pp.567-572, June 1990.
- Gabor, D. (1946), "Theory of communication", J.IEE (London), vol.93, pp.429-257.
- Gonzales, R.C. ve Woods, R.E. (2001), "Digital Image Processing (2nd edition)", Prentice Hall.
- Ha, J., Phillips, I.T. ve Haralick, R.M. (1995), "Document Page Decomposition by the Bounding-Box Projection Technique", International Conference on Document Analysis and Recognition, Montreal, Aug. 1995.
- Jain, A.K. ve Yu, B. (1998), "Document Representation and Its Application to Page Decomposition", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.20, No.3, March 1998, pp. 294-307.
- Jain, A.K. ve Farrokhnia (1991), "Unsupervised texture segmentation using Gabor filters", Pattern Recognition, vol.24, no.12, pp.1167-1186.

- Jain, A.K. ve Bhattacharjee, S. (1992), "Text segmentation using Gabor filters for automatic document processing", *Machine Vision and Applications*, Vol.5, Issue 3, pp.169-184, Summer 1992.
- Jain, A.K. ve Chen, Y. (1993), "Bar Code Localization Using Texture Analysis", *Proceedings of the Second International Conference on Document Analysis and Recognition*, pp.41-44.
- Jung, K., Kim, K.I. ve Jain, A.K. (2004), "Text Information Extraction in Images and Video: A Survey", *Pattern Recognition*, vol.37, no.5, pp.977-997, 2004.
- Katsuri, R., Bow, S.T., El-Masri, W., Shah, J., Gattiker, J.R. ve Mokate, U.B. (1990), "A System for Interpretation of Line Drawings", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.12, no.10, pp.978-992, Oct. 1990.
- Kise, K., Sato, A. ve Iwata, M. (1998), "Segmentation of Page Images Using the Area Voronoi Diagram", *Computer Vision and Image Understanding*, Vol.70, pp.370-382
- Lee, S.W. ve Ryu, D.S. (2001), "Parameter-Free Geometric Document Layout Analysis", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Analysis*, 23.Nov.2001, pp 1240-1256
- Lee, K.H., Choy, Y.C. ve Cho, S.B. (2000), "Geometric Structure Analysis of Document Images: A Knowledge-Based Approach", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.22, No.11, pp.1224-1240.
- Liu, F. ve Picard, R. (1996), "Periodicity, Directionality, and Randomness: Wold Features for Image Modelling and Retrieval", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.18, no.3, pp.722-733, July 1996.
- Mao, S. ve Kanungo, T. (2001), "Empirical performance evaluation methodology and its application to page segmentation algorithms", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, March 2001.
- Nagy, G., Seth, S. ve Viswanathan, M. (1992), "A Prototype Document Image Analysis System for Technical Journals", *IEEE Computer* 25, Jul. 1992, pp 10-22
- O'Gorman, L. (1993), "The Document Spectrum for Page Layout Analysis", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.15, pp. 1162-1173.
- Otsu N. (1979), "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol Smc-9, No.1, pp. 62-66, January 1979.
- Pati, B.P., Raju, S.S., Pati, N. ve Ramakrishnan A.G. (2004), "Gabor filters for Document analysis in Indian Bilingual Documents", *Proceedings of International Conference on Intelligent Sensing and Information Processing 2004*, pp.123-126.
- Raju, S.P., Pati, P.B. ve Ramakrishnan, A.G. (2004), "Gabor Filter Based Block Energy Analysis for Text extraction from Digital Document Images", *Proceedings of the First International Workshop on DIAL 2004*, pp.233-243.
- Sauvola, J., Pietikainen, M. ve Koivusaari, M. (1997), "Predictive Coding for Document Layout Characterization", *Proceedings of the 1997 Workshop on DIA, San Juan, Puerto Rico*, June 1997.
- Shapiro, L.G. ve Stockman, G. (2001), "Computer Vision", Prentice Hall, Mar 2001.
- Simon, A., Pret, J. ve Johnson, A. (1997), "A fast algorithm for bottom-up document layout

analysis", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997, 19(3): 273-276.

Tamura, H., Mori, S. ve Yamawaki, T. (1978), "Texture features corresponding to visual perception", IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics, 8(6), June 1978.

Young, I.T., Vliet, L.J. ve Ginkel, M. (2002), "Recursive Gabor Filtering", IEEE Transactions on Signal Processing, Vol.50, No.11, pp.2798-2805, November 2002.

Yuan, Q. ve Tan, C.L. (2000), "Page segmentation and text extraction from gray scale image in microfilm format", Document Recognition and Retrieval VIII, Dec. 2000, Proc. SPIE Vol. 4307, p. 323-332.

INTERNET KAYNAKLARI

[1] Media Team Document Database,
www.mediateam oulu.fi/downloads/MTDB/download.html

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 04.11.1982

Doğum yeri İstanbul

Lise 1993-2000 Nişantaşı Anadolu Lisesi

Lisans 2000-2004 Kadir Has Üniversitesi Mühendislik Fak.
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2004-2007 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Çalıştığı kurum

2004-Devam ediyor Kadir Has Üniversitesi Mühendislik Fak.
Araştırma Görevlisi