

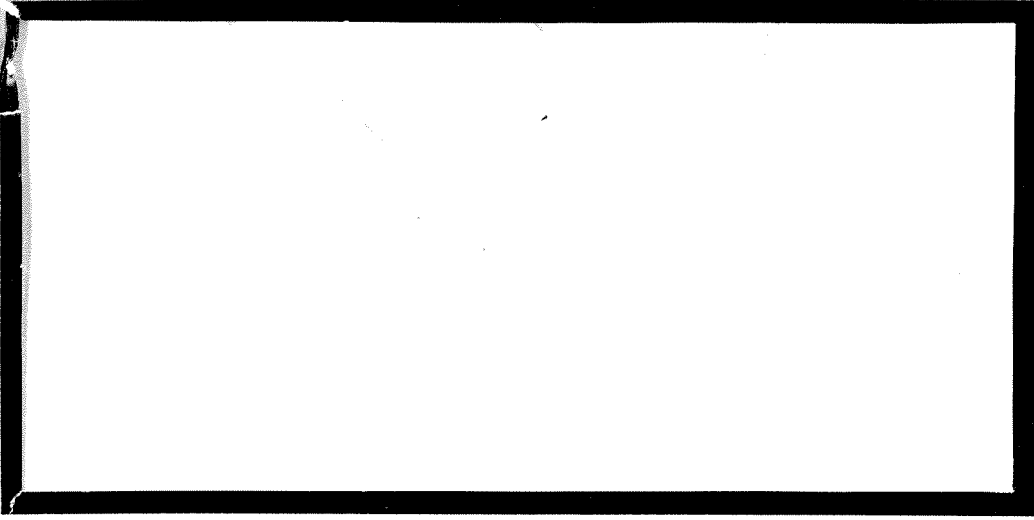
1997-39

Sup



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY



Elektrik, Elektronik ve Enformatik Araştırma Grubu

Electric, Electronics and Informatics Research
Grant Committee

OSMANLI ARŞİVLERİNİN TRANSKRİPSİYONU

PROJE NO: EEEAG-III

F.T. YARMAN-VURAL

191E003

HAZİRAN 1996

ANKARA

Önsöz

Bu projenin amacı Osmanlıca dokümanların bilgisayar desteği ile hızlı ve verimli bir şekilde okunmasını sağlayan bir Uzman Transkripsiyon Sistemi (UTS) geliştirmektir.

UTS Osmanlıca metinleri sayısallaştırarak bilgisayar ortamına geçirdikten sonra üzerinde çeşitli görüntü işleme, tanıma ve yapay zeka teknikleri kullanarak dokümanlar üzerindeki kirlilikleri düzeltebilen, Osmanlıca karakterleri okumak ve bunları modern Türk alfabesine dönüştürmek için kullanıcıya destek veren bir araçtır.

Sistemin ticari bir yazılım haline dönüştürülebilmesi için alfa ve beta testlerinin yapılması ve kullanıcı arayüzlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu proje uzun ve yoğun bir çalışma döneminin ürünüdür. ODTÜ Bilgisayar Mühendisliği bölümü başkanımız değerli **Prof. Dr. Neşe Yalabık** ve değerli öğretim üyeleri, **Yard. Doç. Dr. Volkan Atalay**, **Dr. Ferda Nur Alpaslan** projeye her anlamda destek vermiş ve katkıda bulunmuşlardır.

Alper Atıcı, Lütfiye Yener, Kuzeyhan Özdemir, Arzu Şişman, Turgut Özsoy, Erhan Erişken, Abdurrahman Çarkacıoğlu, Hüseyin Enginar, Mehmet Ali Özdiş, yüksek lisans tezleri ile projeye katkıda bulunmuşlardır. Haydar Selbes doktora tezinde projeyi entegre etmiştir.

Özgür Hüseyinoğlu, Özgür Meydan, Aydın Tekin, Aziz Sozer, Enis Adıgüzel, Ferhad Husseinpouri, Osman Nihat Şen, Serkan Atmaca, Eyüp Şimşek, Mustafa Sarıtaş bitirme çalışmalarını proje ile ilgili olarak yapmışlardır.

Erhan Öztop, Adem Mülayim ve Semih Gül dönem ödevleri ile projeye katkıda bulunmuşlardır.

Kendilerine sonsuz teşekkürler !

Son olarak, bu çalışma **TÜBİTAK** ve **YapıTel Telekomünikasyon ve Enformasyon Sistemleri Üretim ve Ticaret A.Ş.** tarafından desteklenmiştir. **EEEAG** başkanı **Prof. Dr. Ersin Tulunay** ve **YapıTel Yönetim Kurulu Başkanı Dr. Ersin Arıoğlu**'na sonsuz teşekkürler !

İÇİNDEKİLER

I. GİRİŞ.....	3
II. OSMANLICA YAZININ ÖZELLİKLERİ	4
III. UZMAN TRANSKRİPSİYON SİSTEMİNİN (UTS) TEMEL YAPISI	6
IV. UZMAN TRANSKRİPSİYON SİSTEMİNİN MODÜLLERİ.....	7
IV.1. ÖN İŞLEME MODÜLÜ	7
IV.2. AYRIŞTIRMA MODÜLÜ	8
IV.2.1. TEMEL TANIMLAR.....	9
IV.2.2. AYRIŞTIRMA ALGORİTMASI	12
IV.3. ÖZNİTELİK ÇIKARIMI MODÜLÜ	13
IV.4. OPTİK KARAKTER TANIMA MODÜLÜ	13
IV.5. TRANSKRİPSİYON MODÜLÜ	15
V. DENEYSEL SONUÇLAR.....	16
VI. SONUÇ VE GELECEGE YÖNELİK ÇALIŞMALAR	17
KAYNAKÇA.....	19

ÖZ

Bu çalışmada, Osmanlı Arşivlerinin modern Türk alfabesine çevrilmesi için geliştirdiğimiz bilgisayar destekli Uzman Transkripsiyon Sistemi (UTS) anlatılmaktadır.

Uzman Transkripsiyon Sistemi bağımsız modüllerden oluşmaktadır. Bu modüller ayrı ayrı özgün problemlerin çözümü için kullanılabilen gibi bir arada Osmanlıca dokümanların Transkripsiyonu için de kullanılabilir.

Ön işleme Modülü, sayısal olarak lekelerin giderilmesini, kontrast ayarlamayı ve belli bir kalınlığı olan harflerin inceltilerek (thinning) dizilim (string) haline getirilmesini içermektedir. Bu işlemler METU-VISION adı verilen bir pakette gerçekleştirilmektedir. METU-VISION sadece Osmanlıca dokümanların lekelerinden arındırılması ile sınırlı değil, genel bir görüntü işleme paketidir.

Ayrıştırma Öznitelik Çıkarımı Modülleri, her birinin bir harfe karşılık geldiği harf parçalarını başarıyla bulur ve önceden tanımlanmış olan bir *Temel Öznitelik* parçasını elde eder. Daha sonra bu parçalar Freeman'ın zincir kodu kullanılarak kuantize edilir.

Modelleme ve Tanıma Modülünde, her bir Temel Öznitelik parçası için elde edilen öznitelik vektörü Saklı Markov Modeli ile modellenir ve biçimlendirilir. Daha sonra, halkalı ve halkasız harfler için ayrı ayrı tanımlanmış harf parçaları ASCII coda dönüştürülür.

Son olarak **Transkripsiyon Modülünde**, tanıma modülünden gelen ASCII kodlar yapay zeka yöntemleri kullanılarak modern Türk alfabesine dönüştürülür.

Deneysel sonuçlar, laboratuvar ortamında ve sınırlı bir lügat için UTS' nin %97 'lik bir tanıma doğruluğuna sahip olduğunu göstermektedir.

ABSTRACT

In this study, a tool for Computer Aided Transcription of Ottoman Script is developed. This tool has a modular structure, where each module can be independently used for a specific task, such as image enhancement, optical character recognition and document analysis.

The image enhancement module digitally cleans the document images, and thins the Ottoman characters to find the skeletons. This module can be used as a general purpose image processing and enhancement tool.

The Segmentation and feature extraction modules obtain the individual characters from the compound structures of the Ottoman script and extracts the main features of each character.

Modelling and recognition modules uses Hidden Markov model for the recognition of chain coded main features for each character. Then, the characters, with or without loop are converted to ASCII codes.

Finally, the ASCII code of Ottoman characters are transcribed to the modern Turkish characters by using Artificial Intelligence techniques.

The experimental results indicate that, in the laboratory conditions and for the limited vocabulary, the Computer Aided Transcription System recognizes the printed Ottoman Script with 97% accuracy.

Anahtar sözcükler : Görüntü düzeltme (Image Enhancement), Gövde bileşeni (body component), Vurgu işaretli (Stress mark), Yumuşatma (Smoothing) , Saklı Markov Model, öznelik (feature), öznelik çıkarımı, (feature extraction), öznelik parçası (feature segment, FSg), temel öznelik parçası (main feature segment, MFSg), birleşik yapı (compound structure), kilit öznelik cümlesi (Key Feature Sentence, KFSn).

I. GİRİŞ

Eski çağlardan beri yazı, insanoğlunun tek ve en doğal iletişim yolu olmuştur. Yazı ile insanoğlu sadece çağdaşları ile iletişim kurmakla kalmamış, aynı zamanda ecdadına da önemli ve kalıcı mesajlar vermiştir. Bunun en çarpıcı örneklerinden birisi 23 ülkenin 600 yıllık tarihini içeren Osmanlı Arşivleridir. Osmanlıca, 1300-1928 yılları boyunca Osmanlı İmparatorluğunun resmi dili olmuştur. Günümüzde yaklaşık 200 milyon sayfa Osmanlıca doküman modern Türk kuşaklarına bilgi aktarmak üzere beklemektedir.

Sayısal bilgisayarların icadından beri insan gibi okuyan bilgisayarlar yapabilmek için bilim adamları büyük çabalar harcamışlardır. Bu konularda yapılmış yüzlerce çalışmayı özetleyen makaleler [1], [2], [3], [4], ve [5] numaralı referanslardan bulunabilir. Her türlü çabaya rağmen insan kadar hızlı ve mükemmel okuyabilen sistemler geliştirilememiştir. Bununla birlikte sınırlı kalma koşulu ile bazı başarılar elde edilmiştir (bakınız: örneğin; [6], [7], [8], [9], [10], [11]) . Son zamanlarda hem bilgisayar teknolojilerinin sağladığı imkanlarla, hem de Yapay Sinir Ağları, Saklı Markov modelleri gibi yeni tanıma yöntemleri ile bazı uygulama alanlarında (Bankacılık, PTT idareleri vb.) okuyabilen ticari yazılım geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, Osmanlı Arşivlerinin optik harf tanıma yöntemi ile modern Türk alfabesine çevrilmesi için geliştirdiğimiz Uzman Transkripsiyon Sistemi (UTS) anlatılmaktadır. UTS, Osmanlıca dokümanların modern Türk yazısına hızlı ve verimli bir şekilde çevrilebilmesi için geliştirilmiş bir araçtır.

UTS başlıca üç ana bilim dalında geliştirilen tekniklerle oluşturulmuştur:

1. Görüntü İşleme,
2. Optik Karakter Tanıma,
3. Yapay Zeka .

Görüntü işleme teknikleri sayısal olarak bilgisayar ortamına aktarılan görüntülerdeki kirlilikleri arıtmak ve yazıları normalize etmek üzere kullanılmıştır. Halen literatürde kullanılan (bakınız: ([9] - [67])) görüntü işleme teknikleri METU-VISION adını verdiğimiz bir sistem altında geliştirilmiştir. METU-VISION paralel işlev yapabilen bir görüntü işleme kartı üzerinde çalışmaktadır. Bu sistem ticari benzer yazılımlara oranla daha hızlı ve kullanılan işlemlerin çeşitliliği açısından daha zengindir (Yener [100]).

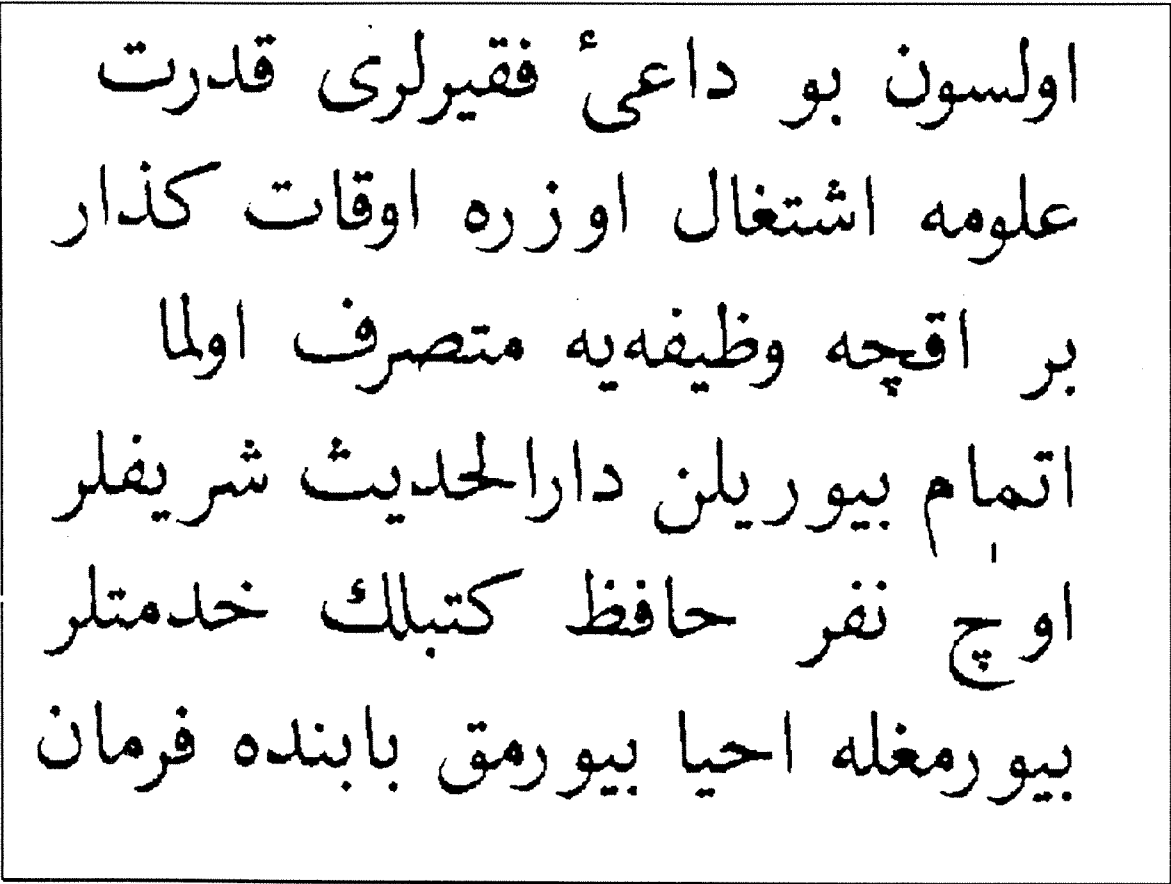
Optik Karakter Tanıma matbu yazılar için çözümlenmiş bir problem olmakla beraber, [12]-[79], bitişik yazılar için hala sorun olmaya devam etmektedir. Bu çalışmada, bitişik bir

şekilde yazılan Osmanlıca metinler için Saklı Markov Modeline dayalı bir Optik karakter tanıma yöntemi geliştirilmiştir [99] , [103].

Osmanlıca, yazıldığı gibi okunmayan, kısaltmalarla dolu bir yazı türüdür. Bu sebepten dolayı, Osmanlıca harf gruplarından oluşan kelimeleri Modern Türkçeye çevirmek için yapay zeka teknikleri kullanmak gerekmektedir. Bu çalışmanın son bölümünde sözü edilen çevirmeyi, yani transkripsiyonu gerçekleştirmek için kullanılan yapay zeka [101] teknikleri anlatılmaktadır.

II. OSMANLICA YAZININ ÖZELLİKLERİ

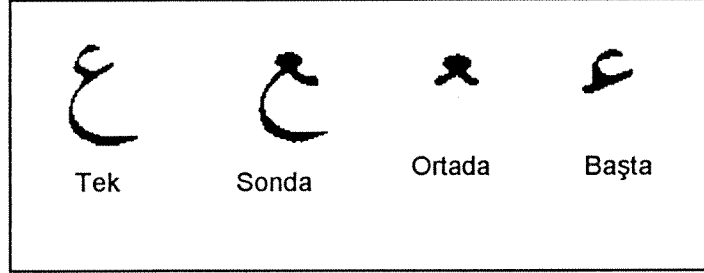
Osmanlıca, sağdan sola doğru Arap harfleri ile yazılır. Osmanlıca doküman birleşik yapı adını verdiğimiz harf kombinezonlarından oluşur. Birleşik yapılar bir araya gelerek kelimeleri ve cümleleri oluştururlar.



Şekil 1: Osmanlıca Yazı Örneği

Osmanlıca yazının belli başlı özellikleri şunlardır:

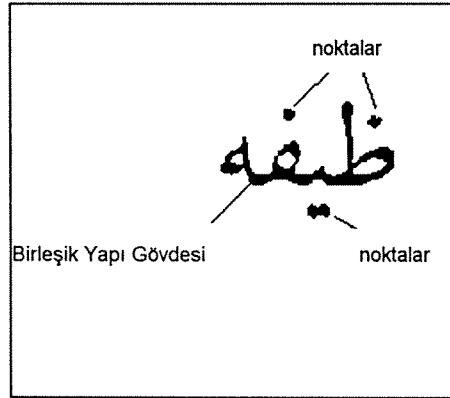
Osmanlıca alfabede 35 harf mevcuttur. Bu harfler birleşik yapının başında, ortasında ve sonunda değişik şekiller alırlar. Örnek olarak şekil:2' de birleşik yapı içindeki konumuna göre ayın harfi gösterilmektedir.



Şekil: 2: Tek, sonda, ortada ve başta ayın.

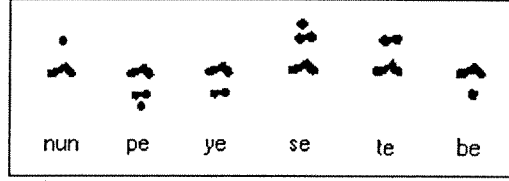
Osmanlıca harfler iki bileşenden oluşur:

- 1- Temel bileşen: Harfin ana gövdesidir. Saklı Markov Modeli ile tanınacaktır.
- 2- Vurgu işaretleri (Stress marks): Gövde bileşenin üstünde, ya da altında yer alan tek-nokta, iki-nokta, üç-nokta ya da diğer karakterlerdir. Aynı gövde bileşenin, farklı harfler oluşturmasını sağlar. Bu nedenle aynı gövdeye sahip harflerin-varsa-noktalarının bulunması, o harfin tanınmasına yardımcı olur. (Şekil:3)



Şekil 3: Osmanlıca harflerin yapısı

Noktalar, gövde bileşenlerden genelde alanlarının büyüklüğü ve konumlarıyla ayırdedilebilir. Bu konuda daha ayrıntılı bilgi Ergin [83] ve Özdemir [103]' de bulunabilir. Bir, iki ve üç nokta şekil ve büyüklükleri ile tanınır (Şekil:4).



Şekil 4: Aynı gövde bileşeninin oluşturduğu değişik karakterler.
with 97% accuracy.

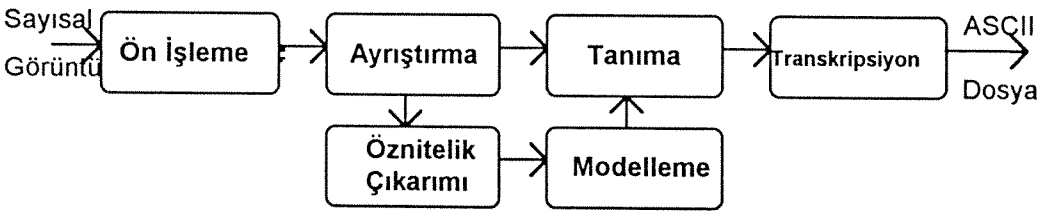
III. UZMAN TRANSKRİPSİYON SİSTEMİNİN (UTS) TEMEL YAPISI

Uzman Transkripsiyon Sistemi bağımsız modüllerden oluşmaktadır. Bu modüller ayrı ayrı özgün problemlerin çözümü için kullanılabileceği gibi bir arada Osmanlıca dokümanların Transkripsiyonu için de kullanılabilir (Şekil: 5).

UTS aşağıdaki modüllerden oluşmaktadır:

1. Ön işleme Modülü: Olumsuz çevre koşulları ve kağıt içindeki asit, dökümanların yıpranmasına, yazıların silinmesine ve mürekkebin dağılmasına sebep olmuştur. Ayrıca, dökümanların sayısallaştırılması sırasında tarayıcı ve kameranın özelliklerinden kaynaklanan gürültüler dökümanı bozar. Bu modül sayısal olarak lekelerin giderilmesini, kontrast ayarlamayı ve belli bir kalınlığı olan harflerin inceltilerek (thinning) dizilim (string) haline getirilmesini içermektedir. Bu işlemler METU-VISION adı verilen bir pakette gerçekleştirilmektedir. METU-VISION sadece Osmanlıca dokümanların lekelerinden arındırılması ile sınırlı değil, genel bir görüntü işleme paketidir.

Bu adımda ayrıca, karakteristik noktalar (halka, noktalama işaretleri, çatal, bitim ve çapraz noktaları üzerindeki görüntü öğeleri) kümesi de elde edilmektedir. Karakteristik noktaların matematiksel tanımı bir sonraki bölümde yapılmaktadır.



Şekil 5: Optik Karakter Tanıma Evreleri.

Ön işleme evresinin girdisi lekeli ve bozuk bir görüntü, çıktısı ise lekelerden arındırılmış ve inceltilmiş Birleşik Yapıları ile Karakteristik Noktaları içeren kümedir.

2. Ayırıştırma Modülü: Osmanlıca, Arapça harf gruplarının birleştirilmesi ve ulaması ile yazılmıştır. Bu yazının en temel sorunu harfleri birbirinden ayırmaktır. Önerilen ayırıştırma algoritması her birinin bir harfe karşılık geldiği harf parçalarını başarıyla elde etmektedir.

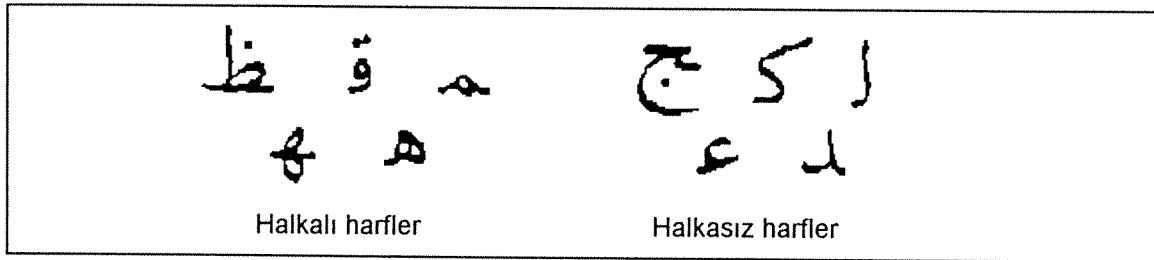
3. Öznitelik Çıkarımı Modülü: Yazı, harflerine ayrıştırıldıktan sonra her bir harf parçasından önceden tanımlanmış olan bir *Temel Öznitelik* parçası elde edilir. Daha sonra bu parçalar Freeman'ın zincir kodu kullanılarak kuantize edilir. Öznitelik çıkarımı evresinin çıktısı 0' dan 7' ye kadar tam sayılarla ifade edilen öznitelik vektörleridir (Özçilingir [93], Emci [94]).

4. Modelleme ve Biçimlendirme (Training) Modülü: Her bir Temel Öznitelik parçası için elde edilen öznitelik vektörü Saklı Markov Modeli ile modellenir ve biçimlendirilir.

5. Tanıma Modülü: Ayrıştırma modülünün çıktılarından birisi, halkalı ve halkasız harfler için ayrı ayrı tanımlanmış harf parçaları kümesidir. Tanıma iki şekilde gerçekleştirilir:

a) Halkalı Harfler: Ön işleme evresinde elde edilen Karakteristik Noktalar kümesi kullanılarak, ayrıştırma evresinin hemen ardından tanıma işlemi gerçekleştirilir.

b) Halkasız Harfler: Her harf için önceden belirlenmiş olan Temel Öznitelik parçası vasıtasıyla tanıma yapılır.



Şekil:6: Halkalı ve Halkasız karakterlere örnekler.

Tanıma modülünün çıktısı ASCII coda dönüştürülmüş Osmanlıca Karakterlerdir.

6. Transkripsiyon Modülü: Tanıma modülünden gelen ASCII coda dönüştürülmüş karakterler yapay zeka yöntemleri kullanılarak modern Türk alfabesine dönüştürülür.

Bu modüller ayrıntılı bir şekilde aşağıdaki bölümde açıklanmaktadır. Daha da ayrıntılı bilgi edinmek için kaynakçada belirtilen 'Osmanlı Arşivlerinin Transkripsiyonu' projesi kapsamında yapılan yayınlara başvurulabilir [95-110].

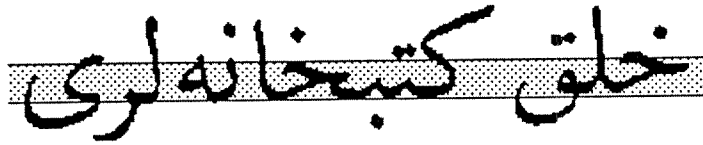
IV. UZMAN TRANSKRİPSİYON SİSTEMİNİN MODÜLLERİ

UTS modülleri kendi içinde bağımsız çalışabilen gerektiğinde diğer modüllerle I-O bağlantısı kurabilen modüllerdir. Yazılımlar C++ programlama dili ile, DOS işletim sistemi altında çalışmakla birlikte, istenirse UNIX ortamına da rahatlıkla aktarılabilir.

IV.1. ÖN İŞLEME MODÜLÜ

Bu modülde, ayrıştırma ve öznelik çıkarımı evrelerinden önce yeralan işlemler gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler görüntü düzeltme, satır çizgisinin tesbiti, inceltme ve Karakteristik Noktalar kümesinin tesbitini içerir (Yener [100], Atalay [95]):

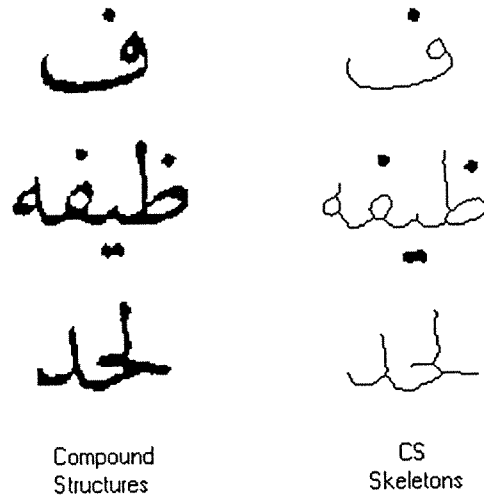
İlk olarak, optik bir tarayıcı ile taranarak bilgisayar ortamına geçirilen görüntüdeki lekeleri gidermek için klasik filtreleme ve histogram eşikleme teknikleri uygulanır [6, 7, 8]. Sonra, yatay doğrultuda Y-ekseni üzerine izdüşümü alınan metindeki satırlar için dikey satır çizgisi aralığı elde edilir (Şekil:7). Bu aralık boyunca yer alan birleşik yapının en sağ ve en solundaki noktalar, ayrıştırmanın başlangıç ve bitiş noktaları olarak belirlenir.



Şekil:7: Satır çizgisi aralığı.

Nokta bulunduğundan sonra, tek-nokta, iki-nokta, üç-nokta belirlenir. Bu bölümde de karakterlerin geometrik özelliklerinden yararlanılır. Noktaların şekil farklılıkları-uzunluk ve genişlikleri onları sınıflandırmamızı sağlar.

Ön işlemin son adımı inceltmedir. Bu işlem birleşik yapıları bir piksel genişliğinde sıralara (string) dönüştürür. İnceltme algoritması iteratif olarak sınırdaki pikselleri genişlik tek piksele düşünceye kadar atar. Sonuçta, birleşik yapının tek piksel genişliğinde birleşik bir iskeleti elde edilir. [9,10]. Bu çalışmada kullanılan inceltme algoritması, kontur izleme işlemi ile, her birleşik yapının iskeletini elde etmeye dayanmaktadır. Son olarak birleşik yapının içindeki Karakteristik Noktalar kümesi elde edilir. Daha sonra vurgu işaretleri ve noktalar belirlenir.



Şekil 8: Birleşik yapı iskeleti.

IV.2. AYRIŞTIRMA MODÜLÜ

Ayrıştırma işleminin gerçekleştirilmesi için birleşik yapı üzerinde bazı tanımların yapılması ve bu tanımların çerçevesinde ayrıştırma algoritmasının geliştirilmesi gerekmektedir. Aşağıdaki bölümde bu tanımlar anlatılmaktadır.

IV.2.1. TEMEL TANIMLAR

Bu bölümde ayrıştırma algoritması için gerekli öznitelik uzayının tanımı yapılmaktadır. Daha sonra, yapılan temel tanımlara dayalı bir ayrıştırma ve öznitelik çıkarımı algoritması sunulmaktadır.

Öznitelik Uzayı

Öznitelik uzayını açıklamadan önce verilen bir görüntü matrisi,

$$I = [x_{ij}] \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n$$

ile ilgili temel tanımları yapalım. Burada x_{ij} , 0 ve 1 değerleri alan görüntü öğelerini simgelemektedir.

Tanım 1: Birleşik Yapı, birbiriyle komşu olan $x_{ij} = 1$ görüntü öğelerinin (pixel) oluşturduğu birleşik noktalar kümesidir.

Birleşik Yapı iskeleti, inceltme işlemiyle elde edilir ve I matrisinin en büyük birimidir.

Tanım 2: Karakteristik Noktalar Kümesi, her birleşik yapı için 5 tip karakteristik noktayı içeren kümedir.

$$KN_i = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5\}, \quad i=1, \dots, c$$

Burada c sayısı görüntü matrisindeki toplam birleşik yapı sayısını göstermektedir.

Karakteristik noktalar şunlardır:

1. t_1 , **bitim noktasını** ifade eder. Bu nokta 4' lü birleşik bölgelerin sadece 1 tanesiyle komşudur.
2. t_2 , **çatal noktasını** ifade eder. Bu nokta 4' lü birleşik bölgelerin 3 tanesiyle komşudur.
3. t_3 , **çapraz noktaları** ifade eder. Bu nokta 4' lü birleşik bölgelerin 4 tanesiyle komşudur.
4. t_4 , **halka** üzerindeki görüntü öğelerini ifade eder.

Halkalı harfler, basit halka ve nokta tesbiti algoritmaları ile oldukça kolay bir şekilde tanınabilirler. Halkalar ayrıştırma işleminde de önemli bir rol oynarlar.

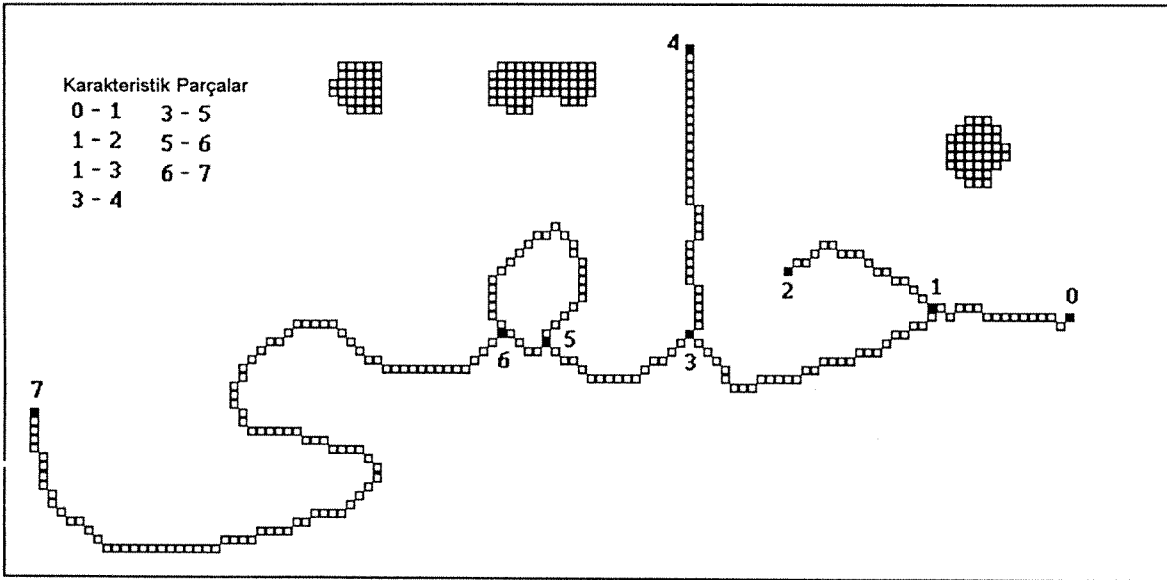
5. t5, harfleri belirleyen **noktalama** işaretlerini ifade eder. Osmanlıca' da aynı şekil üzerine veya altına konulan noktalama işaretleri ile farklı harfler üretilmektedir.

Tanım 3: Genişletilmiş Öznitelik Kümesi, Karakteristik Noktalar kümesine eklenen iki ilave nokta ile oluşturulur. Bu noktalar şunlardır:

1. t6, iki harf arasındaki **ayırım** noktasını ifade eder. Bu noktalar ayırıştırma işlemi sırasında elde edilir.
2. t7, **yerel maksimumları** ifade eder. Bu noktalar ark üzerinde iki yerel minimumu birleştiren en yüksek noktadır. Böylece genişletilmiş öznitelik kümesi

$$GÖS_i = \{t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7\}, \quad i = 1, \dots, c. \quad \text{olarak tanımlanır.}$$

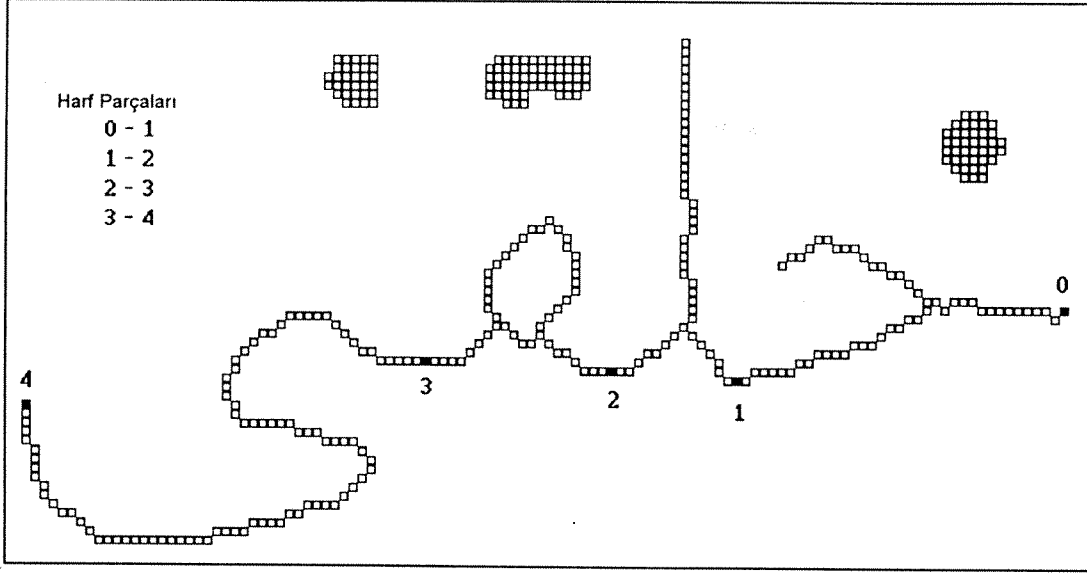
Tanım 4: Karakteristik Parça, iki karakteristik nokta arasında kalan birleşik görüntü ögelerinden oluşan kümedir (Şekil:9).



Şekil 9: Karakteristik Parçalar.

Tanım 5: Harf Parçası, birbirini izleyen iki t6 noktası arasında kalan birleşik görüntü ögelerinden oluşan kümedir (Şekil:10).

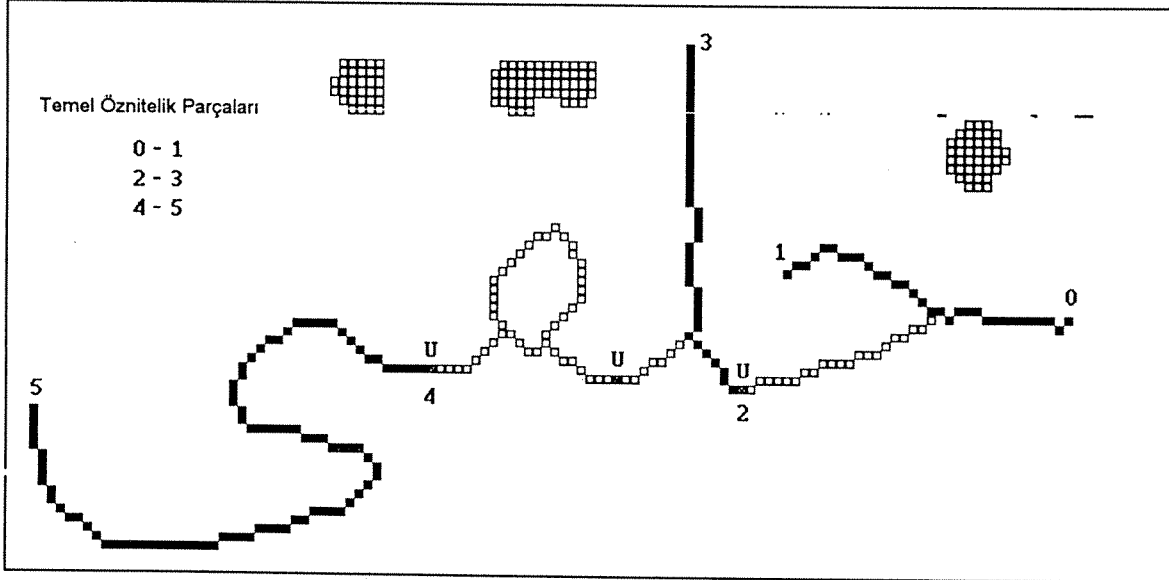
Harf parçaları ayırıştırma algoritmasının çıktılarıdır.



Şekil 10: Harf Parçaları

Tanım 6: Temel Öznitelik Parçası, harf parçasının içinden çıkarılan ve o harfi tanımak için gerekli ve yeterli olan önceden tanımlanmış görüntü öğeleri kümesidir.

Her bir harf için bir ve yalnız bir temel öznitelik parçası vardır. Öznitelik çıkarma algoritmasının girdisi harf parçaları, çıktısı ise temel öznitelik parçalarıdır.
























Şekil 11: Temel Öznitelik Parçası.

Tanım 7: Atıl Parça, belli bir harf parçasının içinde, fakat o harfle ilişkili temel öznitelik parçasının dışında kalan görüntü öğeleri kümesidir.

Daha önce de anlatıldığı gibi harfler, halkalı ve halkasız oluşlarına göre iki değişik algoritmayla tanınırlar. Demek ki, iki öznitelik uzayı vardır. Halkalı harfler için tanımlanan

öznitelik uzayı F_L , $f_{L_i} = \{f_{1i}, f_{2i}, f_{3i}\}$ vektörlerinden oluşur. Burada f_{1i} harfteki halka sayısını, f_{2i} noktalama işaretlerinin sayısını, f_{3i} ise o harf ile ilişkili temel öznitelik parçasını gösterir.

Halkasız harfler için tanımlanan öznitelik uzayı F_M , temel öznitelik parçalarının tanımlandığı vektörlerden oluşur. Şekil 12' de F_M ' in bazı elemanlarından örnekler gösterilmektedir. Şekildeki örnek karakterler birleşik yapının başında aldıkları şekilde verilmiştir. Bu karakterler tek başına ya da birleşik yapının ortasında ve sonunda değişik şekiller alırlar. F_M 'in tamamını kapsayan liste Atıcı (101) ' da yer almaktadır. Bu vektörler, zincir koduyla kodlanan temel öznitelik parçalarının 0 ile 7 arasındaki tam sayılarla ifadesiyle oluşturulur.

Harfin İsmi	Harfin Şekli	İskelet	Temel Öznitelik Parçası
RE			
HA			
AYIN			
KEF			
LAM			
MİM			
HE			

Şekil 12; Osmanlıca Harfler ve Temel Öznitelik Parçalarından Örnekler.

IV.2.2. AYRIŞTIRMA MODÜLÜ

Osmanlıca' da harfler birleşik yazıldığı için harflerle ilgili özellikleri elde etmek kolay değildir.

Ayrıştırma algoritması, birleşik yapı iskeleti üzerinde başlangıç noktasından bitim noktasına kadar kontur izleme yoluyla, yerel minimum ve karakteristik noktaların belirlenmesine dayanmaktadır. Noktalama işaretleri ayrıştırma sırasında dikkate alınmaz. Algoritmanın girdisi, Karakteristik Noktalar kümesiyle birlikte birleşik yapı iskeletidir.

Çeşitli yönlerde ve uzunlukta birçok koldan oluşan birleşik yapı iskeleti üzerinde yerel minimum ve karakteristik noktaları tesbit etmek ilk bakışta çok soyut gelebilir. Ancak, Osmanlıca yazılmış bir yazının yatay doğrusal bir çizgiyi izlediği gözönüne alınırsa yaklaşımımızın bu amaç için çok uygun bir zemin oluşturduğu görülür. Zira Osmanlıca' da, harflerin çoğunun asıl gövdesi satır çizgisinin üzerinde yer alır. Bu gövdeler birleşik yapı iskeletini oldukça karmaşık bir hale getirmektedir. Halbuki, birleşik yapı iskeletini saat yönünde başlangıç noktasından bitim noktasına kadar izlersek, sözü edilen bu gövdelerin çoğu ile karşılaşılmaz. Böylece, harflerin tabanları ile bunları birleştiren bağlardan oluşan tutarlı bir platform elde edilmiş olunur.

Yukarıdaki açıklamalar esas alınarak Ayırıştırma algoritması için geliştirilen kurallar şöyle açıklanabilir:

R1. Yerel minimumlar harfleri birleştiren bağların ortasında yer alır. Yani, harflerin ayrıldığı sınır noktalarını ifade ederler. Karakteristik noktalar ise harflerin tabanlarına karşılık gelir.

R2. Her iki Karakteristik nokta arasında daima bir yerel minimum vardır.

R3. Her t6 noktası bir yerel minimumdur, ancak her yerel minimum bir t6 noktası değildir.

R4. Karakteristik Noktalar, son yerel minimum ve t1 noktasını izleyen bir yerel minimum t6 noktası olamaz.

Algoritma Atıcı [103]' te yer almaktadır.

IV.3. ÖZNETELİK ÇIKARIMI MODÜLÜ

Bu aşamada, her halkasız harf parçasına ilişkin Temel Öznitelik Parçası elde edilir. Öznitelik çıkarım algoritması şu kurallara dayandırılmıştır:

R1. Harf parçası tek bir Karakteristik Parça'dan oluşuyorsa, tamamı Temel Öznitelik parçası olarak alınır.

R2. Eğer harf parçası birden fazla Karakteristik Parça'dan oluşuyorsa, Karakteristik Noktaların öncelik sırasına göre, birbirine bağlı olan Karakteristik Parçalar Temel Öznitelik Parçası olarak seçilir. Karakteristik Noktaların öncelik sırası şöyledir:

1. öncelik : t2; 2. öncelik : t1; 3. öncelik : t6

R3. Bir Karakteristik Parça, t2 türü bir Karakteristik Noktayla son bulursa, algoritma iki Karakteristik Parçadan birini seçmek için her iki Karakteristik Parçanın sonundaki Karakteristik Noktaya bakar, ve önceliği yüksek olanı seçer.

Algoritma Atıcı [103]' te yer almaktadır.

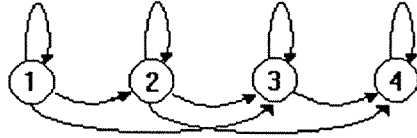
IV.4. OPTİK KARAKTER TANIMA MODÜLÜ

Optik karakter tanıma modülü iki alt modülden oluşmaktadır:

- Halkalı Karakterler alt modülü
- Halkasız karakterler alt modülü

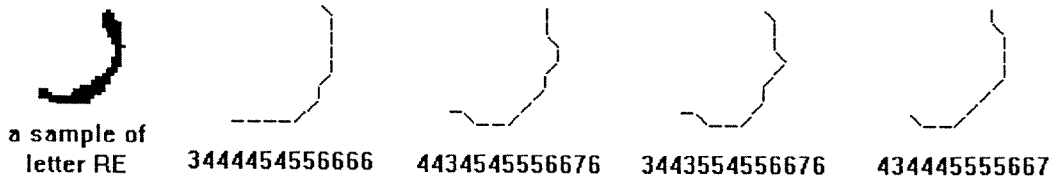
Halkalı Karakterler 'flood fill' algoritması ile tanınabilir. Bu algoritma dokümandaki beyaz noktalar için bir birleşiklik (connectivity) analizi yaparak halkaları kolayca yakalar. Yani, halkalı karakterlerin tanınması için kullanılan algoritma dokümanın beyaz piksellerini siyah bir pikselle karşılaşıncaya kadar boyar böylece boyanmayan pikseller halkalı karakterin içini gösterir.

Halkasız karakterler alt modülünde ise, Optik Karakter Tanıma Yöntemi olarak, sağdan sola Saklı Markov Modeli (SMM) kullanılmıştır.



Şekil 13: Kullanılan 'Sağdan Sola' Saklı Markov Modeli.

Halkasız karakterlerin tanınması için öncelikle çıkarılan temel öznitelik parçaları Freeman'ın zincir kodu ile kodlanır. Böylece, her bir temel öznitelik parçası bir elemanı 0-7 arasında değişen zincir sıraya dönüştürülür. Saklı Markov Modelinin girdisi bu zincir kodlarıdır. Şekil 14' de örnek olarak 're' harfinin zincir kodu gösterilmektedir.



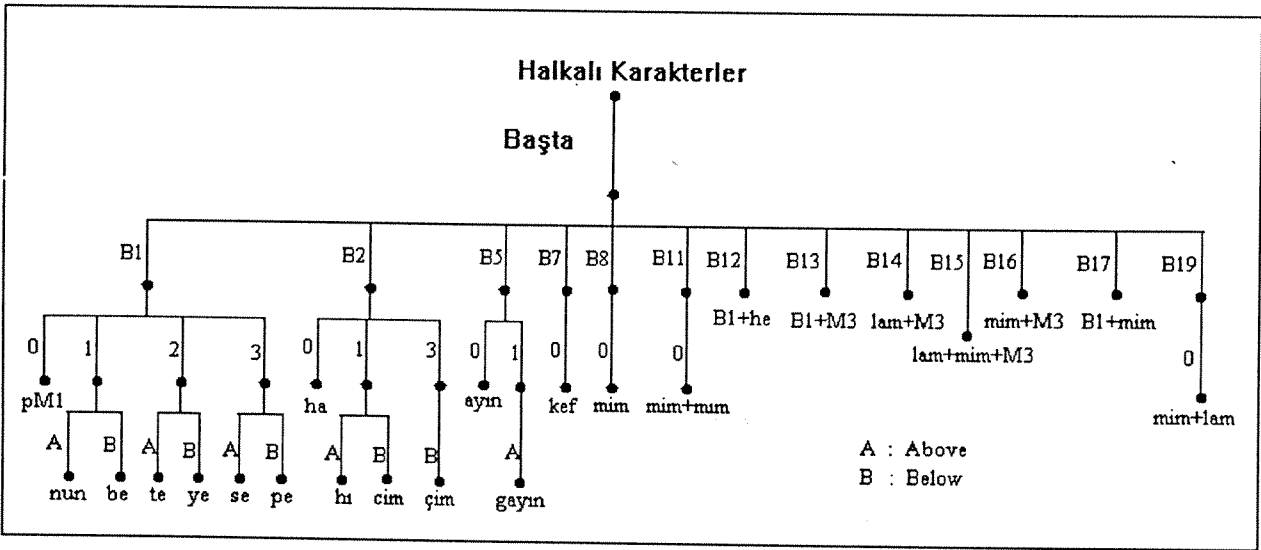
Şekil 14: Freeman'ın zincir kodu ile kodlanmış 're' harfi.

Kullanılan Saklı Markov modeli soldan sağa dört durumdan (Bakis Model) oluşmaktadır. Modelin girdisi olan Freeman zincirleri her bir temel öznitelik parçası için değişken uzunluktadır. Çıktısı ise başta, ortada, sonda ve ayrı her karaktere ait temel öznitelik parçalarının olasılıklarıdır. Bu olasılıklardan en yüksek üç tanesi listede tutularak nokta bilgileri ile eşleştirilir. Böylece, 35 adet arapça karakter için birleşik yapı içindeki yerine göre toplam 35x4 kadar temel öznitelik parçası olasılıklarına göre tanınır. Demek ki her bir 35x4 temel öznitelik parçası için ayrı bir model öğretilir (training). Öğretme işlemi için kullanılan sette her bir öznitelik parçası için değişik örnekler tutulur. Bu örneklerle

öğretme işlemi tamamlandıktan sonra tanıma işlemine geçilebilir. Öğretme işlemi hangi tür yazı için gerçekleştirilirse, tanıma da o tür dokümanlar üzerinde geçerli olabilir. Bu sayede, geliştirilen yöntem her tür Osmanlıca dokümanın okunması için kullanılabilir. Saklı Markov Modelleri ile ilgili teknik bilgi [55], [56], [71] no' lu referanslarda bulunabilir.

Temel öznitelik parçalarının nokta kombinezonlarına göre ürettiği değişik harfler Trie diagramlarında tanımlanır. Başta, ortada, sonda, tek başına ve halkalı karakterlerin her bir kümesi için belirlenen Trie diagramlarına örnek şekil: 15 ' de gösterilmektedir. Trie diagramlarının tüm karakterler için geliştirilmiş listesi Atıcı [103]' de verilmiştir.

Optik Karakter Tanıma Modülünün sonunda, Trie diagramları ile tanınan halkalı ve halkasız karakterler nokta bilgileri ile birleştirilerek Arapça karakterler ASCII koda dönüştürülür.



Şekil 15: Başta tanınan Temel Öznitelik Parçası ve Halkasız karakterler için oluşturulmuş Trie diagramı

IV.5. TRANSKRİPSİYON MODÜLÜ

Osmanlıca ünsüz harfler bakımından zengin, buna karşın ünlü harf bakımından yoksul bir dildir. Kimi zaman bir ünsüz için birden fazla harfle karşılaşılır. Ünlü harfler ise genellikle ünsüz harflerle ifade edilir. Osmanlıca döküman transkripsiyonu, Osmanlıca yazılmış bir dökümanı Latin harfler ve bu harflerin oluşturduğu anlamlı sözcüklerle ifade etme işlemidir. Transkripsiyon modülünün girdisi ASCII koda dönüştürülmüş Osmanlıca karakterler, çıktısı ise modern Türk alfabesine dönüştürülmüş metindir.

Osmanlıca harfler çoğu zaman, sol taraftan, yani harf bitişinden bir sonraki harfle birleşirler. Bu şekilde bir harf grubu oluştururlar. Bu harf grubu, bir sözcüğün herhangi bir parçası olabilir. Fakat, burada dikkat edilecek nokta, bu harf grubunun sözcüğün tamamı olmak zorunda olmadığıdır. Bir başka deyişle, ardarda gelen harf grupları sözcük oluşturmaktadır. Bu durum, harf gruplarını transkripsiyon aşamasının temeli haline

getirmiştir. Harf tanıma aşamasından her bir harf değil, harf grupları tanınmaktadır. Bu harf grupları bir yapı içerisinde tutulmaktadır. Bu yapıda ayrıca her bir harf grubuna karşılık gelen Türkçe harf grupları ve kaç kez, hangi Türkçe harf grubuna karşılık geldiği de tutulur.

Örnek olarak, KAF-VAV harf grubu ile şimdiye kadar yirmi kez karşılaşıldığı, oniki kez KO ve sekiz kez KU diye okunduğu bu ana yapıya bakılarak anlaşılabilir.

Türkçe harf grupları daha sonra sözlük araştırması sırasında kullanılmaktadır. Ayrıca ardarda gelen birleşik harf grupları gözönünde bulundurularak, harf grupları arası geçiş olasılıkları da bu ana yapıda tutulmaktadır. Örnek olarak, KAF-VAV harf grubundan YE-VAV harf grubuna beş kez, RE harf grubuna üç kez geçiş varsa, bu geçişler ana yapıda tutulur. Bu veri yapısı, ana bellekte, bir B+Ağaç (B+tree) yapısında tutulmaktadır (Şişman [102]). Her bir harf grubuyla karşılaşıldığında, bu ağaçta arama yapılır, bu harf grubunun daha önce var olup olmadığı belirlenir. Eğer daha önce böyle bir harf grubu ile karşılaşılmaıyşsa, B+ Ağaç yapısına eklenir.

Sözlük tarama aşamasında giriş kütüğü soldan sağa doğru taranır. Giriş kütüğünde her bir harf grubu soldan ve sağdan boşluklarla ayrılmıştır. Karşılaşılan her harf grubu B+ ağaç yapısında aranır. Harf grubu bulunduğunda, veri yapısındaki Türkçe karşılıklarından herhangi birinin anlamlı bir Türkçe sözcüğün parçası olup olmadığına bakılır. Eğer anlamlı bir sözcük parçası bulunmuşsa, bir sonra gelen Osmanlıca harf grubu için aynı işlem tekrarlanır. Bu yeni gruptan gelen Türkçe karşılıklar, daha önceki sözcük parçasına geriden eklenerek, sözcük arama işlemine devam edilir. Bu yineleme tabanlı arama işlemi ardarda gelen Türkçe karşılık gruplarından sözlükteki olabilir en uzun sözcük oluşturuluncaya kadar devam eder. Bulunan sözcük kullanıcıya gösterildikten sonra, giriş kütüğünde hemen arkadan gelen Osmanlıca harf grubu ile yeniden bu yineleme tabanlı arama işlemine başlanır. Sözcük sonu belirlemede ayrıca şu yöntem kullanılır : Ardarda gelen Osmanlıca harf gruplarının geçiş olasılıklarının belli bir eşik değerinden daha küçük olduğu nokta sözcük için bitiş noktasıdır. Bu eşik değeri, deneme verisinden elde edilmiştir. Eğer bu Türkçe karşılık gruplarından oluşmuş sözcük parçasından bir sözcük elde edilememiş ve bu noktada Osmanlıca harf grupları arası geçiş olasılıkları eşik değerinin altına düşmüşse, kullanıcıya bir sonraki harf grubu ile birlikte yeni bir sözcük oluşup oluşmadığı sorulur. Kullanıcı eğer yeni bir sözcük olduğunu belirtirse, bu yeni sözcük sözlüğe eklenir ve veri tabanında gerekli değişiklikler yapılır. Transkripsiyon işlemi, kullanıcıdan alınan bilgiyle veri tabanını yineleyerek öğrenmeye dayalı bir sistem olarak çalışır. Buna bağlı olarak, transkripsiyon sistemi, her seferinde kendini geliştirir.

V. DENEYSEL SONUÇLAR

Uzman Transkripsiyon Sistemi, C++ programlama dili kullanılarak IBM-486 uyumlu bir bilgisayar üzerinde Matrox Im 1280 paralel işlem görüntü kartı ile gerçekleştirilmiştir. Im 1280 kartı aritmetik karmaşıklığı çok fazla olan görüntü temizleme işlemlerini paralel olarak hızlı bir şekilde gerçekleştirebilmektedir. Bu bilgisayara yüksek çözünürlükte bir ekran ve bir tarayıcı entegre edilmiştir.

UTS' nin en önemli modüllerinden birisi Görüntü işleme modülüdür. Zira bu modülde yapılan işlemler doküman üzerindeki lekeleri yeteri kadar temizleyemezse daha sonraki modüllerin işleyişi bozulmaktadır. Deneysel sonuçlar görüntü temizleme işleminin dokümanın üzerindeki gürültünün türüne bağımlı olduğunu göstermektedir. Bu sebepten dolayı her doküman için değişik görüntü düzeltme yöntemleri kullanılmaktadır. Bazı dokümanlar için ise bu yöntemlerin hiçbiri başarılı olamamaktadır. Görüntü düzeltme işleminin başarılı olmaması inceltme işleminde yanlış dallanmalara sebep olabilmektedir.

İnceltme işleminin yanlış dallanmalarla sonuçlanmaması koşuluyla, ayrıştırma, öznitelik çıkarımı ve tanıma algoritmaları % 97 doğru sonuç vermektedir. Bu işlemden sonra öznitelik çıkarımı algoritması, her harf ile ilişkili Temel Öznitelik Parçasının çıkarımını sağlamaktadır.

Temel öznitelik parçalarının ve halkalı karakterlerin tanınmasından sonra Trie diagramlarından karakterlerin ASCII koda dönüştürülmesi nispeten kolay bir işlemidir. Buradaki hata nokta bilgilerini yanlış olduğu koşullarda oluşur. Bu da iyi temizlenememiş bir dokümanda sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Transkripsiyon işlemi henüz, sadece sınırlı bir lügat için gerçekleştirilebilmektedir. Bu lügatın büyütülmesi çalışmalarımız henüz tamamlanamamıştır.

VI. SONUÇ VE GELECEĞE YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Bu projede geliştirilen Uzman Transkripsiyon sistemi Osmanlıca dokümanların bilgisayar ortamına geçirilerek saklanmasını, sayısal görüntülerin lekelerinden arındırılarak temizlenmesini, karakterlerin ayrıştırılarak ASCII koda dönüştürülmesini ve modern Türk alfabesine geçirilmesini sağlamak için okuyucuya destek veren bir sistemdir. UTS sadece Matbu metinleri okuyabilir. Ancak, kullanılan metodolojiler kendi kendine öğrenme özelliğine sahip oldukları için ek bir çalışma ile el yazması dokümanlara da uygulanabilir.

Dokümanların lekelerinden arındırılması için geliştirilen METU- Vision paketi her türlü görüntüde düzeltme yapabilecek genel amaçlı bir yazılımdır. Bu yazılımın kullanıcı ara yüzü mevcuttur. Alfa ve beta testlerinin gerçekleştirilmesi ile ticari bir paket haline dönüşebilecektir.

Geliştirilen Optik Karakter Tanıma modülü ise Arapça dokümanlar için de başarı ile tanıma yaparak sayısal görüntüleri ASCII coda dönüştürebilmektedir. Bu yazılım da alfa ve beta testlerinden geçirilip ticari kullanıcı ara yüzleri ile donatıldığı takdirde projenin önemli birer ürünü olabilirler ve pekçok uygulama alanlarında kullanılabilir.

Geliştirilen Transkripsiyon modülü henüz son derece kısıtlı bir lügat için (200 kelime) çalışabilmektedir. Lügat hazırlığı çalışmalarımız devam etmektedir.

Özet olarak projenin ürünleri başlıca üç alanda kullanılabilir:

1. Kütüphanelerimizde bulunan matbu Osmanlıca dokümanların okunmasında kullanıcıya destek verebilir.

2. METU-Vision tıbbi görüntü, uydu fotoğrafları gibi pekçok görüntünün işlenmesinde ve görüntülerinden arındırılmasında kullanılabilir.

3. Geliştirilen OCR Modülü, Arapça dokümanların tanınmasını ve ASCII koda dönüştürülmesini sağlar.

Geliştirilen paketlerle ilgili dokümanlar yüksek lisans tesleri ve proje raporları formundadır ve kaynakçada belirtilmektedir.

Proje mevcut durumu ile proje önerisinde belirlenen hedeflere ulaşarak UTS' yi geliştirmiştir. Ancak, UTS' nin her tür Osmanlıca yazıyı okuyabilmesi için biçimlendirilmesi ve kullanıcı ara yüzlerinin geliştirilmesi ileride yapılabilecektir.

Yukarıda sözü edilen uygulamalar için UTS' nin ticari bir paket haline getirilmesi gerekir. Yani, tüm modüller test edilmeli, kullanıcı ara yüzleri düzenlenmeli ve kullanıcıya yönelik kılavuzlar hazırlanmalıdır. Bu işlemlerin , proje ekibimiz tarafından yönlendirilen ticari kurumlar tarafından yapılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] A. P. Shivaprasad and V.K. Govindan, "Character Recognition - A Review" in Pattern Recognition, Vol: 23, No: 7, pp: 671 - 683, 1990.
- [2] C. Y. Suen, C. C. Tappert and T. Wakahara, August , "The State of the Art in On-Line Handwriting Recognition" in IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intel., Vol: 12, No: 8, pp: 787 - 808, 1990.
- [3] Radmilo M. Bozinovic and Sargur N. Srihari, January , "Off-Line Cursive Script Word Recognition" in IEEE. Trans. Pattern. Anal. Mach. Intel., Vol: 11, No:1, pp: 68 - 83, 1989.
- [4] El Emami & Mike Usher, "On-line Recognition of Handwritten Arabic Characters" in IEEE Trans on PAMI, Vol: 12, No: 7, 1990.
- [5] Rejean Plamondon and Fathallah Nouboud, "On-line Recognition of Handprinted Characters. Survey and Beta Tests" in Pattern Recognition, Vol: 23, No: 9, pp: 1031 - 1044, 1990.
- [6] C. Y. Suen, M. Berthod and S. Mori, "Automatic Recognition of Handprinted Characters - The State of the Art" in Proceedings of the IEEE, Vol: 68, No: 4, pp: 469 - 487, 1980.
- [7] Adislevan Lev and Miriam Furst, "Recognition of Handwritten Hebrew One-Stroke Letters by Learning Syntactic Representations of Symbols." in IEEE Trans. on Sys. Man. Cybernetics., Vol: 19, No: 5, pp: 1306 - 1313, 1991.
- [8] Jean R. Ward and Theodore Kuklinski, "A Model for Variability Effects in Handwriting Character Recognition Systems" in IEEE Trans. Sys. Man. Cybernetics. , Vol: 18, No: 3, pp: 438 - 451, 1988.
- [9] A.C.Downtown , C.G.Leedham, "Preprocessing & Presorting of Envelope Images for Automatic Sorting Using OCR " in Pattern Recognition, Vol:23, No:3-4 , pp:347-362,1990.
- [10] R.C.Gonzales , P.Wintz, Digital Image Processing Addison-Wesley Publishing Co, 1987.
- [11] M. K. Brown, S. Ganapathy, "Preprocessing Techniques for Cursive Script Word Recognition" in Pattern Recognition ,Vol: 16, No: 5 pp: 447 - 458, 1983.
- [12] J. Mantas, "Methodologies in Pattern Recognition and Image Analysis- A Brief Survey" in Pattern Recognition. Vol: 20, No:1, pp:1-6, 1987.
- [13] P.A.Devijer & J.Kittler, Pattern Recognition:A Statistical Approach, Prentice/Hall Edition,1982.
- [14] B.H.Juang and L.R.Rabiner, "The Segmental K-means Algorithm for Estimating Parameters of Hidden Markov Models " in IEEE Trans. on A.S.S.P , Vol:38, No:9, 1990.
- [15] L. R. Rabiner and B. H. Juang, "An Introduction To Hidden Markov Models" in IEEE ASSP Magazine , pp: 4 - 16, 1986.
- [16] Amlan Kundu, Yang He, Paramvir Bahl, "Recognition Of Handwritten Word:First and Second Order HMM Based Approach" in Pattern Recognition, Vol.22, No:3, pp:283-297, 1989.
- [17] Amlan Kundu, Yang He, "On Optimal Order In Modelling Sequence Of Letters In Words Of Common Language As a Markov Chain" in Pattern Recognition , Vol.24, No:7, pp:603-608, 1991.
- [18] Amlan Kundu , Yang He, "2-D Sphere Classification Using Hidden Markov Model" in IEEE Trans.on P.A.M.I. , Vol.13, No:11, pp:1172-1184, 1991.
- [19] F.H. Cheng ,W.H. Hsu & C.A. Chen, "Fuzzy Approach To Solve The Recognition Problem Of Handwritten Chinese Characters" in Pattern Recognition ,Vol.22, No:2,pp:133-141, 1989.
- [20] K. Fukushima , N. Wake, Handwritten Alphanumeric Character Recognition by neocognition, IEEE Neural Network , Vol: 2 No :3, pp :355-365, 1991.
- [21] Y.Bengio ,R. De Mori ,G.Flammia ,R.Kompe, "Global Optimization of a Neural Network - Hidden Markov Model Hybrid" IEEE Trans. on Neural Networks , Vol:3., No:2 , pp: 252-259, 1992.
- [22] C.G.Lau, " Neural Networks, I:Theory and Modelling " in Proceedings of the IEEE Special Issue On Neural Networks, 1990.
- [23] K. Fukushima and S. Miyake, Neocognition: A New Algorithm for Pattern Recognition Tolerant of Deformations and Shift in Position, Pattern Recognition Vol: 15 No:6, pp: 455-469, 1982.
- [24] M.Shridhar & F.Kimura,, "Handwritten Numerical Recognition Based On Multiple Algorithms" in Pattern Recognition, Vol:24, No:10, pp:969-983 1991.
- [25] D. Tubbs, "A Note on Binary Template Matching" in Pattern Recognition, Vol: 22, No: 4, pp: 359 - 365, 1989.

- [26] Paul Wang, Robert Cishiau, "Machine Recognition of Printed Chinese Characters Via Transformation Algorithms" in Pattern Recognition, Vol: 5, pp: 303 - 321, 1973.
- [27] Ching Y. Suen and Tuan A. Mai, "A Generalized Knowledge-Based System for the Recognition of Unconstrained Handwritten Numerals" in IEEE Trans. on Sys., Man and Cyber., Vol: 20, No: 4, pp: 835 - 848, 1990.
- [28] EL-Sheikh & S.G. El-Taweel, 1990, "Real-time Arabic Handwritten Character Recognition" in Pattern Recognition, Vol: 23, No: 12, pp: 1323-1332.
- [29] El-Sheikh & R.M. Guindi, 1988, "Computer Recognition of Arabic Cursive Scripts" in Pattern Recognition, Vol: 21, No: 4, pp: 293-302.
- [30] El-Sheikh & R.M. Guindi, "Automatic Recognition of Isolated Arabic Characters" in Signal Processing, Vol: 14, No: 2, 1988.
- [31] Jerome M. Kurtzberg, "Feature Analysis for Symbol Recognition by Elastic Matching" in IBM J. Res. Develop. Vol. 31, No:1, pp: 91 - 95, 1987.
- [32] Shumji Mori, Kazuhiko Yamamoto and Michio Yasuda, "Research on Machine Recognition of Handprinted Characters" in IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intel. PAMI-6, No: 4, pp: 386 - 404, 1984.
- [33] R. Schalkoff, Digital Image Processing and Computer Vision, Mac Graw Hill, 1990.
- [34] Almuallim & S. Yamaguchi, "A method of Recognition of Arabic Cursive Handwriting" in IEEE Trans. PAMI, No: 5, pp: 715-722, 1987.
- [35] Al-Yousefi & S.S. Upda, "Recognition of Arabic Characters" in IEEE Trans. PAMI, pp:853-857, 1992.
- [36] Kaced, J. Haton, R. Mohr, "Handwritten Arabic Character Recognition by the I.R.A.C. System", in IEEE Computer, Vol: 3, pp: 729-731, 1980.
- [37] Amin & Jean F. Mari "Machine Recognition & Correction of Printed Arabic Text" in IEEE Trans. on Sys. Man & Cyber., Vol: 19, No: 5, 1989.
- [38] M.V. Atalay, "Image Processing of Ottoman Documents" in Master's Thesis, E.E.E. Middle East Technical University, 1990.
- [39] A. Belaid & J.P. Haton, "A Syntactic Approach for Handwritten Mathematical Formula Recognition" in IEEE Trans. on PAMI-6, pp:105-111, 1984.
- [40] K.T. Blackwell, T.P. Vogl, S.D. Hyman, G.S. Barbour & D.L. Alkan, "A New Approach to Handwritten Character Recognition" in Pattern Recognition, Vol:25, No:6, pp 655-666, 1992.
- [41] H. Bunke, A. Sanfeliu, "Introduction To Special Issue on Syntactic Pattern Recognition" in Pattern Recognition, Vol:19, No:14, pp:249-254, 1986.
- [42] W.K. Pratt, Digital Image Processing, Wiley InterScience, 1991.
- [43] L. Lam, S. W. Lee, Thinning Methodologies- A Comprehensive Study. IEEE PAMI-14, No:9, pp863-885. 1992.
- [44] L.A. Fletcher & R. Kasturi, A Robust Algorithm for Text String Separation from Mixed Text/ Graphics Image, IEEE PAMI-10 No:6, pp910-918, 1988.
- [45] W. Guerfali & R. Plamondon, Normalizing and Restoring On-line Handwriting, Pattern Recognition, Vol: 26, No:3, pp 418-431. 1993.
- [46] Keith E. Price, "Relaxation Matching Techniques - A Comparison" in IEEE Trans. on Pattern Anal. Mach. Intel., Vol: PAMI-7, No: 5, pp: 617 - 623, 1985.
- [47] El Wakil & A. Shoukry, "On-line Recognition of Handwritten Isolated Arabic Characters" in Pattern Recognition, Vol: 22, pp: 97-105, 1989.
- [48] Paul Gader et al., "Recognition of Handwritten Digits Using Template and Model Matching" in Pattern Recognition, Vol.24., No:5, pp:421-431, 1991.
- [49] Habib Graine, Mike Usher & Samir El-Emami, "Off-Line Arabic Character Recognition", IEEE Computer, pp:71-75, 1992.
- [50] Kamel, S. El-Dabi & R. Ramsis, "Arabic Character Recognition System: A statistical approach for recognizing cursive typewritten text" in Pattern Recognition, Vol: 23, No: 5, pp: 485-495, 1990.
- [51] Si Wei Lu, Ying Ren and Ching Y. Suen, "Hierarchical Attributed Graph Representation and Recognition of Handwritten Chinese Characters" in Pattern Recognition, Vol. 24, No. 7, pp: 617 - 672, 1991.

- [52] S.A.Mahmoud, I.Abuhabia, R.J.Green, "Skeletonization of Arabic Characters Using Clustering Based Skeletonization Algorithm" in Pattern Recognition, Vol:24, No:5, pp:453-464, 1991.
- [53] Special Issue on Hand-written Recognition, Pattern Recognition, Vol: 26, no:3, 1993.
- [54] Plummer & E.R. Davies, "Thinning Algorithms: A Critique and A New Methodology" in Pattern Recognition , Vol:14, No:1, pp:53-63, 1981.
- [55] L.R.Rabiner, "A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition " in IEEE Proceedings, Vol:77, No:2, pp 257-286, 1989.
- [56] Sid-Ahmed & F. El-Khaly, "Machine Recognition of Optically Captured Machine Printed Arabic Text" in Pattern Recognition, Vol: 23, No: 11, pp: 1207-1214, 1990.
- [57] E.Tanaka,M.Ikeda &K.Ezure,, "Direct Parsing" in Pattern Recognition , Vol.119, pp 315-323.
- [58] Tappert , November 1982, "Cursive Script Recognition by Elastic Matching" in IBM J. RES. DEVELOP. Vol: 26, No: 6, pp: 765 - 771 1986.
- [59] T.Taxt, J. B. Olafsdottir & M. Daehlen,"Recognition of Handwritten Symbols" in , Pattern Recognition, Vol:23, No:11, pp:1155-1166 , 1990.
- [60] Taylı, Murat and A. I. Al-Salamah , "Building Bilingual Microcomputer System" in Comms. of the ACM Vol.33, No:5, pp:495-504, 1990.
- [61] K.Y.Wong, R.G.Casey, F.M.Wahl, "Document Analysis System" in IBM J. Res. Develop. Vol.26, No:6, pp:647-656, 1982.
- [62] C.Yüceer, "Experiments with RST a Rotation , Scaling and Translation Invariant Pattern Classification System" Master Thesis, Computer Engineering Department,Bilkent University, 1992.
- [63] L.L. Likforman-Sulem, H. Maitre, C. Sirat, 'An expert System for Analysis of Hebrew Characters and Autentication of Manuscripts' Pattern Recognition, Vol.24, No.2, pp121 137, 1991.
- [64] G. Yang, ' On the Knowledge Based Pattern Recognition Using Syntactic Approach, Pattern Recognition, Vol.24, No.3, pp 185-193, 1991..
- [65] J. C. Simon, "Off-line Cursive Word Recognition, IEEE- Proceeding Vol 80, No 7, pp1150-1161. 1992.
- [66] S. Mori, C. Y. Suen, K. Yamamoto, ' Historical Review of OCR Research and Development' , IEEE- Proceeding, Vol.80, No.7, pp 1029-1057, 1992.
- [67] R Schalkoff, "Pattern Recognition: Statistical, Structural and Neural Approaches, John Wiley and Sons Inc. 1992.
- [68] J. Schurmann, N. Bartneck. T. Bayer, J. Franke, E. Mandler, M. Oberlander, 'Document Analysis- From Pixels to Contents', IEEE-Proceedings Vol:80, No:7. 1992.
- [69] Special Issue on Document Image Analysis Systems, IEEE- Computer Magazine, July 1992.
- [70] S.O. Belkasım, M. Shridhar, M. Ahmadi, ' Pattern Recognition with Moment Invariants: A comperative Survey' , Pattern Recognition, Vol: 24, No: 12, pp 1117-1138, 1991.
- [71] H. Derin, P.A. Kelly, "Discrete- Index Markov Type Random Processes", IEEE Proceedings, Vol :77, No: 10, pp 1486-1510, 1989.
- [72] F. Noboud, R. Plamondon, " On-line Recognition of Hand-printed Characters: Survey and Beta Tests", Pattern Recognition Vol: 23 , pp 1031-1044, 1989.
- [73] S.L. Xie, M. Suk, " On Machine Recognition of Hand-printed chinese Characters by Feature Relaxation", Pattern Recognition Vol: 21, No:1, pp:1-7, 1988.
- [74] W.H.Tsai, K.S.Fu, " Attributed Grammar- A tool for Combining Syntactic and Statistical Approaches to Pattern Recognition", IEEE- Tran on System Man and Cybernetics, Vol: 10, No:12, pp: 873-885, 1980.
- [75] F.T. Yarman-Vural, E. Ataman, "Noise Histogram and Cluster Validity for Gaussian Mixtured data" Pattern Recognition Vol. 20, No.4, pp 385-401, 1987.
- [76] X. Huang, J. Gu,"A constrained Approach to Multifont Chinise Character Recognition", IEEE Tran on PAMI, Vol 15, No 8, pp 838-843, 1993.
- [77] L. Xu, A. Krzyzak, C.Y. Suen."Methods of combining Multiple classifiers and their Applicaton to Handwritten Recognition. IEEE Tran on Systems Man and Cybernetics, vol 22 , no 3, pp418-435 1992.
- [78] T. Watanabe, L. Qin, N. Sugie." Structure Recognition Methods for Various Types of Documents" Machine Vision and Applications vol, no 6 , pp163-176 1993.

- [79] T. Wakahara, H. Murase, K. Odaka. "On-line Handwritten Recognition", IEEE- Proceeding Vol 80. No 7, pp 1181-1194, 1992.
- [80] Q. Tian, P. Zhang, T. Alexander Y. Kim. "Survey: Omnifont Printed Character Recognition", Visual Communication and Image Processing '91: Image Processing, pp 260-268, 1991.
- [81] K.R. Tampi, S. S. Chetlur, " Segmentation of Handwritten Characters", Proc of 8th Int Conf. on Pattern Recognition, pp 684-686, Paris, 1986.
- [82] M. Shridhar , A. Badreldin, " High Accuracy Syntactic Recognition Algorithm for Handwritten Numerals", IEEE Tran on Systems Man and Cybernetics, Vol 15 , No1, pp 152-158 1985.
- [83] T. Pavlidis, "Recognition of Printed Text under Realistic Conditions", Pattern Recognition Letters, pp 326 ,1993.
- [84] M. Ergin, "Osmanlica Dersleri", Bogazici Yayinlari, 1992.
- [85] B. Al-Badr, S.Mahmoud, "Survey and Bibliography of Arabic Optical Text Recognition".
- [86] H. Almuallim, S. Yamaguchi, "A Method of Recognition of Arabic Cursive Handwriting", IEEE Transactions on PAMI, No.5, pp.715-722, 1987.
- [87] T.S. El-Sheikh, R.M. Guindi, "Computer Recognition of Arabic Cursive Scripts", Pattern Recognition, Vol.21, No.4, pp.293-302, 1988.
- [88] L.R. Rabiner, "A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition", Proceedings of the IEEE, Vol.77, No.2, pp.257-286, 1989.
- [89] R.C. Gonzales, "Digital Image Processing", Second Edition, Addison-Wesley Publishing Company, 1987.
- [90] M.S. El-Wakil, A.A. Shoukry, "On-line Recognition of Handwritten Isolated Arabic Characters", Pattern Recognition, Vol.22, No.2, pp.97-105, 1989.
- [91] A.V. Aho, J.E. Hopcroft, J.D. Ullman, "Data Structures and Algorithms", Addison-Wesley Publishing Company, 1983.
- [92] C.Y. Suen, M. Berthod, S. Mori, "Automatic Recognition of Handprinted Characters - The State of the Art", Proceedings of the IEEE, Vol. 68, No. 4, April 1980.
- [93] J. Mantas, "An Overview of Character Recognition Methodologies", Pattern Recognition, Vol. 19, No. 6, pp.425-430, 1986.
- [94] H. Fujisawa, Y. Nakano, K. Kurino, "Segmentation Methods for Character Recognition: From Segmentation to Document Structure Analysis", Proceedings of the IEEE, Vol. 80, No. 7, July 1992.

'OSMANLI ARŞİVLERİNİN TRANSKRİPSİYONU' PROJESİ KAPSAMINDA YAPILAN YAYINLAR

Yüksek Lisans Tezleri

- [95] V.Atalay, "Image Processing of Ottoman Documents", A Master's Thesis in E.E.Eng., METU, 1990.
- [96] E.E.Eng., METU, 1990.
- [97] M. Ozcilingir, "An Ottoman Character Recognizer", A Master's Thesis in C.Eng., METU, 1990.
- [98] N. Emci, "Automatic Ottoman Text Transcription", A Master's Thesis in C.Eng., METU, 1990.
- [99] K. Ozdemir, "Ottoman Script Recognition by Hidden Markov Models", A Master's Thesis in E.E.Eng., METU, 1992.
- [100] L. Yener, METU VISION- An Image Processing Tool Kit. MS Thesis, ODTÜ, 1994
- [101] A. Atıcı, Ottoman Script Recognition by Using Hidden Markov Model, MS Thesis, METU 1994.
- [102] A. Şişman, 'Transkription of Ottoman Script' , MS Thesis METU 1995.
- [103] A. Atıcı, 'Recognition of Ottoman Script' , MS Thesis, METU 1994.
- [104] H. Selbes, 'User Interface for Ottoman Transcription System', Ph.D. Thesis, to be completed.

Bitirme Projeleri

- [105] Özgür Hüseyinoğlu, Özgür Meydan, Aydın Tekin, Aziz 'Utilization of Dot Information for Optical Character Recognition of Ottoman Script' , METU,1995.
- [106] Enis Adıgüzel, Osman Nihat Şen, Eyüp Şimşek, Mustafa Sarıtaş, 'Alpha test of OCR for Main Feature Segments ' , METU,1995.
- [107] Ferhad Husseinpouri, Serkan Atmaca, Katip: Ottoman Text Editor, METU,1995

Bildiriler

- [108] A. Atıcı, F. Yarman - Vural, 'Osmanlıca Dokümanlarda bir Ayrıştırma ve Öznitelik Çıkarımı Algoritması', Sinyal İşleme kurultayı, Gökova,1994 .
- [109] F. Yarman- Vural, A. Atıcı, " A Segmentation and Feature Extraction Algorithm for Ottoman Cursive Script", The Third Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Neural Networks, June 1994.
- [110] E.Öztop A. Mülayim, S. Gül, F. Yarman-Vural, A. Atalay, ' A New Method for Baseline Extraction on Document Images' Int conf on COMCON, Greece' 1995.

