

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HİTİT ÇİVİYAZISI İŞARETLERİNİN  
OTOMATİK ÇEVİRİSİ**

**E. CEREN DİK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**2014**



**HİTİT ÇİVİYAZISI İŞARETLERİNİN  
OTOMATİK ÇEVİRİSİ**

**AUTOMATIC TRANSLATION of  
HITTITE CUNEIFORM SIGNS**

**E. CEREN DİK**

Başkent Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak hazırlanmıştır.

2014

“Hitit Çiviyazısı İşaretlerinin Otomatik Çevirisi” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından, ..../...../.....tarihinde, **BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI 'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan : **Prof. Dr. Cem KARASU**

Üye (Danışman) : **Prof. Dr. A. Ziya AKTAŞ**

Üye : **Yrd. Doç. Dr. Emre SÜMER**

**ONAY**

...../...../.....

Prof. Dr. Emin AKATA  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



## TEŐEKKÜR

Yazar, bu çalışmanın gerçekleőmesinde,

Sayın Prof. Dr. A. Ziya AKTAŞ' a (tez danıőmanı), çalışmanın sonuca ulaőtırılmasında ve karőtılaőtılan güçlüklerin aőtılmasında her zaman yardımcı ve yol gösterici olduğu için...

Sayın Prof. Dr. Cem KARASU ve Prof. Dr. Yasemin ARIKAN' a Hititler ve Hititçe gibi eski ama yazar için yepyeni bir alana girerken elinden tutup yolunu aydınlattıkları için...

Sayın Yrd. Doç. Dr. Emre SÜMER ve Yrd. Doç. Dr. Mustafa SERT' e çalıőmalardaki katkıları için...

iten teőekkürlerini sunar.

## ÖZ

### HİTİT ÇİVİYAZISI İŞARETLERİNİN OTOMATİK ÇEVİRİ SİSTEMİ

E. Ceren DİK

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışmanın amacı Hitit çiviyazısı işaretlerinin bilgisayar teknolojileri kullanılarak çözümlenmesinin mümkün olduğunu göstermek ve bu doğrultuda atılabilecek yeni adımlar için bir başlangıç oluşturmaktır.

Tarihte ilk olarak Sumerler tarafından icat edilen resim yazısı zamanla çiviyazısına dönüşmüştür. Bu çiviyazısı Mezopotamya'ya gelen Akadlar tarafından o günün dünyasına yayılmıştır. M.Ö. on yedinci yüzyılda Anadolu'da bir devlet kurmuş olan Hititler, Akad çiviyazısını kendi dillerine uyarlayarak Hitit çiviyazısını oluşturmuşlardır. Dünyada kütüphane kavramını uygulamaya koyan ilk uygarlıklardan birisi olan Hititlerin özellikle ticaret verilerini, günlük yaşam, tıp, hukuk, din ve astronomi alanında sahip oldukları bilgiler yanında mitoloji, Hitit krallarının ve soyluların icraatları ve devletler arası antlaşmalar da bu metinlerde yer almaktadır. Hititçe'nin 20. Yüzyılın başlarında gramer kurallarının çözümlenmesini izleyen yıllardan beri çiviyazılı metinlerin okunması üzerine çalışılmaktadır. Özellikle Batı dünyası açısından, Hititçe'yi ilginç kılan şey Hititçe'nin Hint-Avrupa dillerinin en eski ve günümüze kadar erişebilmiş örneklerinden birisi olmasıdır. Metinlerin çevirisi uzman kişiler gerektirdiğinden uzun süre ve emek isteyen bir işlemdir. Bu çalışma ile Hitit çiviyazısı işaretlerinin otomatik çevirisini yapmak için gereken sistem tasarımı ortaya konulmuştur ve çeviri işleminin ilk iki aşaması için gereken imge işleme ve veritabanı uygulamaları geliştirilmiştir. Böylece Hititçe metinlerin otomatik çevirileri için bir ilk adım atıldığına inanılmaktadır.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Hitit çiviyazısı, Hitit çiviyazısı işaretleri, kil tablet, çiviyazısı işaretlerinin çevirisi, otomatik çeviri.

**Danışman:** Prof. Dr. A. Ziya AKTAŞ, Başkent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü.

## **ABSTRACT**

### **AUTOMATIC TRANSLATION of HITTITE CUNIFORM SIGNS**

E. Ceren DİK

Başkent University Institute of Science and Engineering

Computer Engineering Department

Objective of this study is to perform an introductory study for an automatic translation of Hittite cuneiform signs using computer technologies and to create a starting point for future studies in automatic translation of Hittite cuneiform texts.

Sumerians developed the first script using pictographs in human history. This script evolved into cuneiform script. Cuneiform script spread by Akkadians to world of that day. Hittites, who were settled in Anatolia in the seventeenth century BC, have developed cuneiform script based on Akkadian script. Hittites are considered as the first people building enduring libraries. Thousands of tablets keeping data on commercial transactions, daily life, medicine, law, religion, astronomy, mythology, actions and practices of Hittite kings and international agreements are still buried in the earth and waiting to be unearthed. In early 20th century a Hittite cuneiform text read and translated for the first time. Since then studies on Hittite cuneiform texts and grammar continue. The most interesting point in history is that Hittite is the only and oldest Indo-European language that stood more than four thousand years. Yet it takes long time, it requires a special expertise to perform this job. With this study, a design for automatic translation of Hittite cuneiform texts has been demonstrated. Additionally image processing and database applications for the first two steps of translation process are implemented.

**KEYWORDS:** Hittite cuneiform inscription, Hittite cuneiform inscription signs, clay tablet, cuneiform sign translation, automatic translation.

**Advisor:** Prof. Dr. A Ziya AKTAŞ, Başkent University, Computer Engineering Department.

# İÇİNDEKİLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZ .....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER LİSTESİ .....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	v
ÇİZELGELER LİSTESİ .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	viii
<b>1 GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Çalışmanın Konusu .....	1
1.2 Mevcut Kaynaklar .....	3
1.3 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı .....	4
1.4 Tezin Yapısı .....	5
<b>2 HİTİTLER ve HİTİT ÇİVİYAZISINA GENEL BAKIŞ .....</b>	<b>7</b>
2.1 Hititler Kimdir? .....	7
2.2 Çiviyazısı ve Gelişimi .....	10
2.3 Konu ile İlgili Olarak Şimdiye Kadar Yapılan Çalışmalar .....	15
2.3.1 Yoğunluk eğrileri kullanılarak çiviyazısı işaretlerinin tanınması .....	15
2.3.2 Kil tabletlerin açılması ve görselleştirilmesi .....	17
2.3.3 iClay: Çiviyazısının sayısallaştırılması .....	18
2.3.4 El yazısı Bangla karakterlerinin çevrimdışı tanınması: İki aşamalı verimli bir yaklaşım .....	18
2.3.5 Bilgi tabanlı resim anlama .....	19
2.3.6 Deforme olabilen kalıp içeren el yazısı karakter tanıma uygulamaları için Bayes ağları (Bayesian Network) .....	21
2.3.7 El yazısı karakterin topolojik özellik ve çok seviyeli kategorilendirme ile tanınması .....	22
2.3.8 Glagol taş yazıtların korelasyon ve resim moment yaklaşımı analizi .....	23
<b>3 HİTİT ÇİVİYAZISI İŞARETLERİ ÜZERİNE BİR ÖN ÇALIŞMA .....</b>	<b>26</b>
3.1 Giriş .....	26

3.2 Hitit Çiviyazısı İşaretleri .....	27
3.3 Hitit Çiviyazısı İşaretleri İçin Temel Kaynak: Hethitisches Zeichenlexikon .....	29
3.4 Hitit Çiviyazısı İşaretlerinin Dijital Ortama Aktarılması .....	32
3.5 Hitit Çiviyazısı İşaretleri Veritabanı.....	40
<b>4 ÖNERİLEN ÇEVİRİ SİSTEMİ .....</b>	<b>52</b>
4.1 Giriş .....	52
4.2 Çiviyazısı İşaretlerinin Bulunması .....	56
4.3 Dönüşüm İşlemi.....	61
4.4 Çeviri İşlemi .....	75
4.5 Uygulama .....	76
<b>5 SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>81</b>
5.1 Sonuçlar .....	81
5.2 Öneriler.....	85
<b>KAYNAKLAR LİSTESİ.....</b>	<b>87</b>
Kitaplar ve Makaleler .....	87
Web Adresleri.....	89

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1	Çevirisi yapılan ilk Hititçe cümle .....13
Şekil 2.2 a	Kullanılan yatay ve dikey çizgi örnekleri .....16
Şekil 2.2 b	x1 seviyesi için yoğunluk eğrisi .....16
Şekil 2.3 a	Örnek bir mağara resmi.....20
Şekil 2.3 b	Bölgümlere ayrılmış bir mağara .....20
Şekil 2.4 a	Valun Yazıtı.....24
Şekil 2.4 b	Krk Yazıtı.....24
Şekil 3.1	Temel Hitit çiviyazısı işaretleri.....28
Şekil 3.2	Homofonik çiviyazısı işareti örneği.....28
Şekil 3.3 a	HZL'den örnek bir sayfa.....30
Şekil 3.3 b	Örnek bir HZL sayfasının açıklaması.....31
Şekil 3.4	Hitit çiviyazısı işaretlerine ait resimler üzerinde yapılan işlemler.....32
Şekil 3.5	Hitit çiviyazısı işaret resimlerinin renk modelinin değiştirilmesi.34
Şekil 3.6 a	Orijinal resim dosyasına ait sayısal içerik.....35
Şekil 3.6 b	İkili renk modeline sahip resim dosyasına ait sayısal içerik.....35
Şekil 3.7	Standart resim boyutunun bulunması.....37
Şekil 3.8	Hitit çiviyazısı işaret resimlerinin boyutlandırılması.....38
Şekil 3.9 a	Kırpma işleminden önce işaret resimlerine bir örnek.....38
Şekil 3.9 b	Kırpma işleminden sonra işaret resimlerine bir örnek.....39
Şekil 3.10	İşaret resimleri üzerindeki bozuklukların düzeltilmesi.....40
Şekil 3.11	İyileştirme işleminin sonuçlarına bir örnek.....40
Şekil 3.12	Çiviyazısı işaretleri veritabanı şeması.....43
Şekil 3.13	1 numaralı Hitit çiviyazısı işareti.....44
Şekil 3.14	sign_image_paths tablosu sorgu örneği.....44
Şekil 3.15	sign_image_paths tablosu cevap örneği.....44
Şekil 3.16	sign_hittite tablosu sorgu örneği.....47
Şekil 3.17	sign_hittite tablosu cevap örneği.....47
Şekil 3.18	sign_sumerian tablosu sorgu örneği.....47
Şekil 3.19	sign_sumerian tablosu cevap örneği.....48
Şekil 3.20	sign_akkadian tablosu sorgu örneği.....48

Şekil 3.21	sign_akkadian cevap örneği.....	48
Şekil 3.22	sign_sumerogramme tablosu sorgu örneği.....	49
Şekil 3.23	sign_sumerogramme tablosu cevap örneği.....	49
Şekil 3.24	sign_sumerogramme tablosu sorgu örneği.....	50
Şekil 3.25	sign_sumerogramme tablosu cevap örneği.....	50
Şekil 4.1	Otomatik çeviri sistemine ait genel bakış diyagramı.....	53
Şekil 4.2	Otomatik çeviri sistemi ana süreçleri.....	55
Şekil 4.3	Autograph (Elle kopyalanmış metin) örneği.....	57
Şekil 4.4 a	Hitit çiviyazılı metin resmi üzerinde sütunların bulunması.....	59
Şekil 4.4 b	Hitit çiviyazılı metin resmi üzerinde satırların bulunması.....	60
Şekil 4.5	Hitit çiviyazısı işareti resmine uygulanan kırpma işlemi.....	63
Şekil 4.6 a	Örnek bir çiviyazısı işareti.....	64
Şekil 4.6 b	Örnek bir çiviyazısı işaretine ait iskelet.....	64
Şekil 4.7	Yatay ve dikey çizgi sayısının hesaplanması .....	66
Şekil 4.8	Çiviyazısı işaretleri üzerinden nokta seti seçilmesi.....	68
Şekil 4.9	Örnek bir çiviyazısı işareti üzerinden seçilen nokta seti.....	68
Şekil 4.10	Nokta setleri arasında uzaklık hesaplaması.....	70
Şekil 4.11	Eşleşen nokta oranı hesaplaması.....	70
Şekil 4.12	Uzaklık hesaplaması.....	71
Şekil 4.13	Hausdorff Uzaklığının matematiksel ifadesi.....	72
Şekil 4.14	Hausdorff Uzaklığının adımları.....	72
Şekil 4.15	Hausdorff Uzaklığının hesaplanması.....	74
Şekil 4.16	Uygulama adımları.....	80
Şekil 5.1	Girdi olarak alınan Hititçe cümle.....	81

## ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Hesap taşı tabletleri ve anlamları.....	11
Çizelge 2.2 Bölüm etiketleri.....	20
Çizelge 3.1 sign_image_paths tablosu sütun bilgileri.....	44
Çizelge 3.2 sign_hittite tablosu sütun bilgileri.....	46
Çizelge 3.3 sign_akkadian tablosu sütun bilgileri.....	46
Çizelge 3.4 sign_sumerian tablosu sütun bilgileri.....	47
Çizelge 3.5 sign_sumerogramme tablosu sütun bilgileri.....	49
Çizelge 5.1 Çerçeve oranı eşik değeri değişimine göre sonuçlar.....	84
Çizelge 5.2 Çizgi sayısı oranlarının eşik değeri değişimine göre sonuçlar..	84
Çizelge 5.3 Blok boyutunun değişimine göre sonuçlar.....	85



## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

HZL Hethitisches Zeichenlexikon: Inventar und Interpretation der Keilschriftzeichen aus den Boğazköy –Texten

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineering

# 1 GİRİŞ

## 1.1 Çalışmanın Konusu

Anadolu, Asya ve Avrupa'yı birbirine bağlayan bir coğrafi konumda olduğundan tarih boyunca doğudan batıya veya batıdan doğuya göç eden kavimlerin geçit yolu olmuştur. Bu kavimlerden en önemlisi M.Ö. on yedinci yüzyılın başlarında, Anadolu'nun orta kesimlerinde bulunan Kızılırmak kavisi içinde kurulmuş olan ve M.Ö sekizinci yüzyıla kadar izlerine rastlanılan Hititler'dir [Çığ, 2006].

Hititçe Hint-Avrupa (Indo-European) dil ailesinin bilinen en eski üyelerinden birisidir. Bu dilin bilinen ilk gramer kuralları 1915 yılında Çek bilim adamı Bedřich Hrozný<sup>1</sup> tarafından çözülmüştür. Hrozný tarafından yapılan çeviriler, Hitit dilinin Hint-Avrupa ailesine ait bir dil olduğunu kanıtlanmanın yanı sıra günümüzde kullanılan dillerdeki bazı kelimelerin kaynağının Hititçe olduğunu göstermiştir [Alp, 2000].

Sumerler tarafından icat edilmiş olan resim yazısı (pictographic script), tarihsel süreç içerisinde gelişerek ve diğer uygarlıklardan etkilenerek Hititler tarafından kullanılmış çiviyazısına dönüşmüştür [Koç, 2006].

Hitit çiviyazısı sistemi ile yazılmış olan metinler, kil tabletler üzerine ucu üçgen şeklinde sivrileştirilmiş olan bir yazı aleti yardımıyla yazılmıştır. Bu yazı aleti için genellikle saz bitkisi kamışı kullanılmıştır. Yazma işleminin tamamlanmasından sonra kil tabletlerin fırınlanması sayesinde, toprak altında binlerce yıl bozulmadan kalabilmiştir. Hititler çiviyazısını devlet yazışmaları, din, hukuk, tıp ve astronomi bilgilerini, destanları, mahkeme tutanakları, kral ve soyluların başarılarını anlatan metinlerde kullanmışlardır.

---

<sup>1</sup> Bedřich Hrozný (1879 – 1953), Hitit metinlerini okumayı başarabilen Çek asıllı Alman Asurolog.

Ankara'nın 150 kilometre doğusunda bulunan Boğazköy'de 1906 yılında başlamış olan ve günümüzde hala devam eden kazı çalışmalarında 30.000'den fazla çiviyazılı tablet bulunmuştur [Alp, 2000]. Bu eserler başta Ankara ve İstanbul'daki müzeler olmak üzere dünyada bir çok müzede korunmakta ve sergilenmektedir. Dünyada kütüphane ve arşiv kavramını uygulamaya koyan ilk toplumlardan biri olan Hititlere ait eserlerin büyük bir bölümünün hala toprak altında olduğuna inanılmaktadır.

Günümüzde Hitit çiviyazılı metinlerin okunması, çevirisinin yapılması ve yorumlanması işlemleri tamamen uzman kişiler tarafından yapılmaktadır. Bu sebeple Hitit çiviyazılı metinlerin çevirisi uzun süre ve emek isteyen bir işlemdir.

Hitit çiviyazılı metinlerin çevirisi 3 temel adımda yapılmaktadır. Bu adımlar, yazı dönüşümü (transliteration), uyarlama (transcription) ve çeviri (translation) işlemleridir [van den Hout, 2011]. Bu adımların tamamı, bilgisayar teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilebilir işlemler içermektedir.

İlk olarak yazı dönüşümü aşaması, bir çiviyazısı işaretinin Latin harfleri ile yazılmış karşılıklarına dönüştürülmesini ifade etmektedir. Bu adımda, imge işleme (image processing) teknikleri kullanılarak girdi olarak alınan bir çiviyazısı işaretinin içerdiği çeşitli özelliklere göre tanımlanması gerekmektedir. Bunun için önceden oluşturulmuş olan Hitit çiviyazısı işaretleri ve bu işaretlerin Hitit dilindeki karşılıklarını içeren bir veritabanına ihtiyaç vardır. İmge işleme teknikleri kullanılarak tanımlanan bir çiviyazısı işareti bu veritabanında sorgulanarak ilgili işaretin Latin harfleri ile yazılmış karşılığı elde edildikten sonra yazı dönüşümü işlemi tamamlanmaktadır.

Uyarlama işlemi, Latin harfleri ile ifade edilen hecelerin Hitit dilindeki karşılıklarına dönüştürülmesini ifade etmektedir. Bu işlem yazı dönüşümü sonucunda bir çiviyazısı işaretine ait elde edinilen bilgi yardımıyla yine bir veritabanı sorgusu yapılarak tamamlanabilecek bir adımdır.

Son adım olan çeviri ise, Hitit çiviyazılı bir metnin Hitit dilinden günümüz dillerine çevirisinin yapıldığı adımdır. Burada Hitit dilinin gramer kurallarına sahip olan bir uzman sistem (expert system) uygulaması gerekmektedir. Bunun en önemli sebebi, Hitit dilindeki karşılıklarına çevrilmiş olan çiviyazısı işaretlerinin cümle içinde kendilerinden önce veya sonra gelen işaretlere göre farklı anlam ifade edebilmeleridir. Bu nedenle çeviri işlemini yapacak olan uygulamanın ortaya çıkacak olan sonuçları bir bilgi tabanına (knowledge base) göre yorumlayabilmesi gerekmektedir.

Hitit çiviyazılı metinlerin bilgisayar destekli olarak çevirisinin yapılabilmesi, günümüzde gerçekleştirilmekte olan çeviri sürecinin yüksek maliyetlerini ortadan kaldıracaktır. Ayrıca, otomatik hale getirilmiş bir sistem yapılan çevirilerin aynı anda birden fazla dile dönüştürülmesine de olanak sağlamaktadır. Böylece Hitit çiviyazılı bir metin aynı anda Türkçe, İngilizce ve Almanca gibi bu konu üzerinde yoğun çalışma yapan ülkelerin dillerine çevrilebilecektir.

Hitit çiviyazılı metinlerin çevirisinin bilgisayar ortamında yapılması, metinlere ait belgelerin dijital ortama aktarılmasını sağlayacağından gelecekte yapılabilecek içerik tabanlı erişim (content based retrieval) uygulamalarına da bir olanak sağlayacaktır.

## **1.2 Mevcut Kaynaklar**

Hitit çiviyazılı metinlerin bilgisayar ortamında çevirisinin yapılabilmesi gereken bilgilerin sağlanabileceği bir çok kaynak bulunmaktadır. Farklı ülkelerin dil bilimcileri tarafından oluşturulmuş olan bu kaynaklar, Hitit çiviyazısı işaretlerinin yapısı ile özellikleri, çeviri işleminin adımları ve Hitit dilinin gramer kuralları konusunda oldukça detaylı bilgiler sunmaktadırlar.

Hitit çiviyazısı işaretlerinin genel yapısı, bu işaretlerin Latin harflerindeki karşılıkları ve günümüz dillerindeki anlamları konusunda kullanılabilir en detaylı kaynak,

Christel Rüster ve Erich Neu tarafından hazırlanmış olan “Hethitisches Zeichenlexikon: Inventar und Interpretation der Keilschriftzeichen aus den Boğazköy–Texten” dir [RÜSTER and NEU, 1989]. Hitit çiviyazısı işaretlerinin şekillerini ve çiviyazılı metinlerde en çok karşılaşılan varyasyonlarını sunan bu sözlük özellikle yazı dönüşümü aşamasında oluşturulması gereken veritabanının içeriği konusunda gereken bilgileri sunmaktadır.

Theo van den Hout tarafından yazılmış olan “The Elements of Hittite” isimli kaynak, Hitit çiviyazılı metinlerin günümüz dillerine çevirisi yapılırken izlenen adımları detaylı olarak açıklamaktadır [van den Hout, 2011]. Bu kaynaktan elde edilen bilgiler ışığında Hitit çiviyazılı metinlerin otomatik çevirisi için geliştirilmesi öngörülen sistemin adımları belirlenmiştir.

Hitit dilinin gramer kuralları üzerine yazılmış olan en eski kaynaklardan biri Bedřich Hrozný tarafından 1917 yılında yayınlanmıştır. Günümüzde bu konuda kullanılabilecek olan en geniş kapsamlı kaynaklardan biri, Harry A. Hoffner ve H. Craig Melchert tarafından hazırlanmış olan “A Grammar of the Hittite Language Part I: Reference Grammar” isimli kitaptır. Bu kitap Hitit dilinin gramer kurallarını oldukça detaylı olarak anlatmaktadır [Hoffner and Melchert, 2008]. Bu kaynaktan anlatılan dil bilgisi kuralları çeviri aşaması için kullanılacak bir uzman sistem uygulamasının ihtiyaç duyacağı tüm bilgi tabanını içermektedir.

### **1.3 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı**

Hitit çiviyazısı işaretlerinin çevirisi üzerine yapılması öngörülen bu çalışmanın temel amacı, çiviyazılı metinlerin bilgi ve iletişim teknolojileri yardımıyla çevirisinin yapılmasının mümkün olabileceğini göstermektedir. Günümüzde sadece bu alanda uzman olan kişiler tarafından gerçekleştirilen çeviri işlemi, bu alanda ortaya çıkarılan bilgilerin uygun şekilde bilgisayar ortamına aktarılması ve kullanılması ile bilgisayar sistemleri tarafından gerçekleştirilebilir hale getirilebilir. Hitit çiviyazılı metinlerin bilgisayar sistemleri tarafından çevirisinin yapılması uzmanların sahip

olduğu bilgilerin bilgisayar ortamına aktarılmasının yanı sıra, bu alandaki verilerin tek bir noktadan erişilmesine de olanak sağlayacaktır. Böylece Hitit çiviyazılı metinleri üzerinde yapılacak veri madenciliği (data mining) yapay zeka (artificial intelligence, AI) ve içerik tabanlı erişim (content based retrieval) uygulamalarının geliştirilmesi imkanı ortaya çıkacaktır.

Hitit çiviyazılı metinlerin çevirisinin bilgisayar teknolojileri kullanılarak otomatik olarak yapılması için gereken çalışma temel olarak; imge işleme, veritabanı ve uzman sistem uygulamalarını içermektedir. Tez kapsamında yapılan çalışmalar, bu uygulamaların imge işleme ve veritabanı uygulamaları kısımlarını içermektedir. Veri madenciliği ve uzman sistemler konusunda yapılması gereken çalışmalar farklı bir araştırma konusu olmasından ötürü çalışma kapsamının dışında bırakılmıştır.

Hitit çiviyazısı işaretlerinin otomatik çevirisi üzerine yapılması öngörülen bu çalışma kapsamında, girdi olarak Hitit çiviyazılı bir metne ait bir resim dosyası alan ve bu metin içerisindeki çiviyazısı işaretlerinin Türkçe karşılıklarını üreten bir sistem geliştirilmiştir.

#### **1.4 Tezin Yapısı**

Hitit çiviyazısı işaretlerinin otomatik çevirisi yapması için gerçekleştirilen çalışmaların anlatıldığı bu tezin ilk bölümünde tez çalışmasının konusu açıklanmış (1.1), konu hakkında kullanılması yararlı olan kaynaklar belirtilmiş (1.2), yapılan çalışmanın amacı ve kapsamı (1.3) hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde ise öncelikle Hititler hakkında kısa bir tarihsel bilgi verilerek, bu uygarlığın önemine değinilmiştir (2.1). Daha sonraki bölümde çiviyazısının ortaya çıkışı ve gelişimi hakkında detaylı bilgilere yer verilmiştir (2.2). İkinci bölümün son kısmında ise, bu konu üzerinde daha önce yapılmış olan çalışmalar detaylı olarak açıklanmıştır (2.3). Bu bölümde, doğrudan Hitit çiviyazısı metinleri ve işaretleri

üzerine yapılmış olan çalışmaların yanında geliştirilen sisteme teknik açıdan yarar sağlayabilecek olan farklı çalışmalar da özetlenmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, çiviyazısı işaretleri imge işleme teknikleri ile tanınmasından önce yapılması gereken çalışmalar ve otomatik çeviri sisteminin gereksinim duyduğu veriler açıklanmıştır (3.1). Takip eden bölümlerde, çiviyazısı işaretlerinin yapısı (3.2), çiviyazısı işaretleri için kullanılan temel kaynak (3.3), çiviyazısı işaretleri dijital ortama aktarılırken izlenen adımlar (3.4) ve çiviyazısı işaretlerini içeren veritabanının yapısı (3.5) detaylı olarak açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde öncelikle Hitit çiviyazılı metinlerin çevirisi yapılırken izlenen temel adımlar açıklanmıştır (4.1). Sonraki bölümde ise, otomatik çeviri sistemine girdi olarak verilen bir Hitit çiviyazılı metin içerisinden çiviyazısı işaretlerin nasıl ayrıştırıldığı detaylı olarak anlatılmıştır (4.2). Bu bölümü, “Dönüşüm İşlemi” olarak adlandırılan ve çiviyazılı bir metinden ayrıştırılan işaretin kendine ait tekil bir numaraya dönüştürülmesini içeren işlemin detaylı açıklaması izlemektedir (4.3). Bir sonraki alt bölümde tekil numaraya dönüştürülen çiviyazısı işaretlerinin öncelikle Hitit diline daha sonraya Türkçe’ye çevrilmesi için yapılan veritabanı işlemleri hakkında bilgi verilmiştir (4.4). Son olarak, dördüncü bölümde detaylı olarak açıklanan tekniklerin Hitit çiviyazılı bir metin üzerinde hangi sıra ve parametreler kullanılarak uygulandığı ile ilgili detaylı açıklama yapılmıştır (4.5).

Son olarak, Beşinci bölümde geliştirilen sistemden elde sonuçlara (5.1) ve yapılan çalışmanın geliştirilmesine yönelik önerilere (5.2) yer verilmiştir.

## 2 HİTİTLER ve HİTİT ÇİVİYAZISINA GENEL BAKIŞ

### 2.1 Hititler Kimdir?

M.Ö. on yedinci yüzyılın başlarında, o dönemde Hatti Ülkesi olarak anılan Orta Anadolu platosunda kurulmuş olan Hitit Krallığı Anadolu'da yaşamış olan önemli uygarlıklardan biridir [Bryce, 2002]. Hitit tarihine ilişkin yapılan yoğun çalışmalara rağmen Anadolu'ya tam olarak hangi tarihte, nereden göç etmiş oldukları henüz kesin olarak belirlenememiştir. Göç edip etmedikleri de hala güncel bir tartışma konusudur [Koç, 2006].

Hitit Devleti'nin başkenti, Ankara'nın 150 kilometre doğusunda yer alan ve denizden yüksekliği 950 metre ile 1250 metre arasında değişen bir Anadolu yaylası üzerinde kurulan, Hattuşa'dır. Eski adı ile Hattuşa, bugünkü Türkiye'nin Çorum ilinin 82 kilometre güneybatısında bulunan Boğazkale ilçesinde yer almaktadır. Günümüzdeki adı Boğazköy'dür. M.Ö. iki binli yılların en büyük şehirlerinden sayılan Hattuşa, 160 hektarlık bir alana yayılmış ve 6 kilometrelik surlarla çevrilmiştir. Bu yerleşim yeri, Hitit Devleti'nin kurulmasından sonra I. Hattuşili (M.Ö. 1650 - 1620) tarafından devletin başkenti olarak seçilmiş ve Kral II. Muvattalli (M.Ö. 1295 - 1272) dönemi hariç olmak üzere, M.Ö. 1200'lere yani Hitit Devleti yıkılıncaya kadar başkent olarak kullanılmıştır. Tarihsel geçmişi Tunç Çağı'na kadar uzanan bu kent, Hitit İmparatorluğu döneminin en görkemli anıtlarından biridir [Sevin, 2003].

İmparatorluk döneminde Hititler'in tüm Anadolu ve Suriye'nin bir bölümü üzerinde egemenlik kurmalarından sonra Hattuşa'nın merkezden uzak bir konuma düşmesi sonucu, başkent Tarhuntaşşa'ya aktarılmıştır. Tarhuntaşşa, bugün Akdeniz bölgesinde Antalya ve Mersin illeri arasında bulunan bölgedir. Kral III. Murşili (M.Ö. 1272 - 1267) döneminde ise bu karar iptal edilerek saray tekrar Hattuşa'ya taşınmıştır [Martino, 2006].



Hitit Uygarlığı döneminde Anadolu'da Neşa, Luvi ve Pala olmak üzere üç farklı dil konuşuluyordu. Luvi dili, Güney Batı Anadolu bölgesinde kullanılırken; Pala dili ise Kızılırmak ile Sakarya arasında kalan ve Paflagonya olarak anılan bölgede kullanılıyordu [Akurgal, 1998]. Devletin resmi dili olan Neşa dili ise, bugün Hitit dili olarak adlandırdığımız Hint- Avrupa dil ailesine ait dildir. Hitit metinlerinde Neşa dili, naşili veya neşumnili olarak geçmektedir. Bugün Kayseri'de bulunan Kültepe bölgesinin eski adı olan Naşa'nın dili anlamına gelmektedir [Koç, 2006]. Ortaya çıkarılmış olan Boğazköy metinleri Neşa dilinde yazılmıştır [Akurgal, 1998].

Hititler, tabletler üzerinde her zaman çiviyazısı kullanmıştır. Ancak mühür ve kaya anıtlarda çiviyazısından farklı olarak bir hiyeroglif yazı sistemine yer vermişlerdir. Bu sistemde kullanılan dil Luvice ye benzerlik gösterdiği için Luvi hiyeroglifleri olarak da anılmaktadır. Bunun bir sonucu olarak Hititler tarihte iki yazım sistemine sahip bir uygarlık olarak yer almaktadır [Hırçın, 1998].

Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi, Hitit dili Hint-Avrupa dil ailesine aittir. Ancak bu dil ailesinin anayurdunun ağırlıklı olarak Anadolu dışında konumlanmış olması Hititler 'in bugün yaşamakta olduğumuz topraklara başka bir yerden göç ettikleri tezini desteklemektedir [Macqueen, 2009].

Hitit Uygarlığı'nın tarihi genelde Eski Krallık (M.Ö. 1400'e kadar) ve Yeni Krallık (M.Ö.1400'den on ikinci yüzyılın başlarına kadar) olarak iki ana evrede incelenmektedir. Geç Bronz Çağı'nda<sup>2</sup> kuruluşlarından sonra geçen ve Eski Krallık dönemine ait olan 500 yıllık sürede Hititler, Anadolu'nun büyük bölümü, Kuzey Suriye ve Mezopotamya'nın batısına yayılmış olan büyük bir uygarlık haline geldiler. İmparatorluk olarak da adlandırılan Yeni Krallık döneminde ise özellikle Yakın Doğu'da güçlerinin zirvesine ulaştılar. Öyle ki, bu dönemde Hitit hükümdarı dünyanın en büyük krallarından biri sayılmaktaydı ve Mısır, Asur ve Babil kralları ile aynı öneme sahipti [Bryce, 2002]. I. Şuppiluliuma'ya genç yaşta ölen Mısır

---

<sup>2</sup> Geç Bronz Çağı, MÖ 1550 ile 1200 arası döneme verilen ad.

firavunu Tutankamon'un eşi Ankhesenamun tarafından yazılan ve oğullarından birini kendine eş olarak istediğini belirten mektup buna bir kanıt olarak gösterilebilir. Bu istek karşısında I. Şuppiluliuma oğullarından birini Mısır'a göndermiştir. Ancak kraliçelerinin bir yabancı ile evlenmesini istemeyen Mısırlı milliyetçiler Hitit prensini yolda öldürmüşlerdir. Bu olay sonrasında Hititler, Mısır egemenliği altında olan Suriye topraklarına saldırmaya başlamıştır ve dönemin iki büyük uygarlığı arasında uzun süren bir düşmanlık doğmuştur [Uhlig, 2001].

Hitit İmparatorluğu ile Mısır arasındaki bu düşmanlığın doruk noktası Kadeş Savaşı'dır (M.Ö. 1274). I. Şuppiluliuma'nın torunu II. Muvatalli döneminde Suriye üzerinde egemenlik kurabilmek için Mısır ile yapılan bu savaş, dünya tarihi açısından oldukça büyük önem taşımaktadır. Kadeş Savaşı, II. Ramses tarafından Teb 'deki tapınağın duvarlarına yaptırılan resimler sayesinde taktiksel ayrıntıları ve yazılı belgeleri günümüze ulaşmış olan en eski çarpışmadır [Lloyd, 1998].

Savaştan tam 16 yıl sonra Hitit Kralı III. Hattuşili ile Mısır firavunu II. Ramses arasında Kadeş Barış Antlaşması yapılmıştır. Bu antlaşma dünya tarihinde dönemin iki süper gücü arasında yapılmış olan yazılı ilk barış antlaşmasıdır [Sevin, 2003]. Bu savaştan sonra Hitit İmparatorluğu bugün Suriye'nin orta kesimlerinde yer alan Amurru ve Amka topraklarını kazanarak güneye doğru genişlemiştir.

On ikinci yüzyılın başlarında ise, komşu uygarlıklar ile bozulan ilişkiler sonucunda Hititler ticaret yolları ve doğal kaynakları üzerindeki egemenliklerini kaybetmeye başladılar. Aynı dönemde hasatın kötü olması sonucunda kıtlığı önlemek için Mısır'dan tahıl ithal etmek zorunda kalan Hititler II. Şuppiluliuma (M.Ö. 1207 - 1180) döneminde geçici bir canlanma yaşadılar. M.Ö. 1186 yılı civarında Mısır yönünden gelen bir istila dalgası sonucunda ellerindeki son bakır madeninden sonra Kilikya, Kıbrıs ve Kuzey Suriye'yi de yitirdiler [Macqueen, 2009]. Bu gelişmelerden kısa süre sonra Hattuşa yakılarak kül oldu. Hattuşa'ya saldıranların kim olduğu bilinmemektedir ve bugüne kadar çözümlenmiş olan hiçbir çiviyazısı tablette bu konu hakkında bir bilgi bulunmamaktadır [Uhlig, 2001]. Hattuşa'nın tahrip edilmesinden sonra Hitit İmparatorluğu da yok olmuştur.

## 2.2 Çiviyazısı ve Gelişimi












İnsanoğlu tarihin başlangıcından itibaren duygu ve dűřüncelerini aktarabilmek için çeşitli iletişim yolları arayışında olmuştur. Bu iletişim yollarının ilk örneklerinden olan ateř, duman, ışık veya akustik işaretlerin mesaj verildikten hemen sonra ortadan kaybolmaları insanları iletişim için daha farklı yollar aramaya itmiştir. Çođunlukla hayvancılıkta kullanılan sayma çubukları, belirli aralıklarla dűđümlenmiř iplerden oluşan dűđüm yazısı ve kayalar üzerine zilen resimler bu arayış sonunda ortaya çıkmış olan çeşitli iletişim sistemleridir. Bu sistemlerin de yanlış algılanabilme olasılığı başta olmak üzere mesaj içeriğinin kısıtlı olması ve yeterince kalıcı olmaması gibi olumsuz yönleri bulunmaktadır. Kronolojik sűre içerisinde bir sonraki aşamada, fikir yazılarının bir rneđi olan hesap taşı (calculi) adı verilen kűk kil semboller ortaya çıkmıştır. Műhűr görevi de gören bu taşlar özellikle ticaret için kullanılmıştır [Hırçın, 1998].

Kilden yapılarak pişirilen hesap taşları üzerindeki her bir sembol farklı bir nesneye karşılık gelmektedir ve ticareti yapılan őrűnlerin içeriği ve miktarı hakkında bilgi vermekteler. Hesap taşları, farklı diller kullanan ve birbirlerinden uzak bölgelerde yaşayan toplumlar arasında ticaret açısından oldukça bűyűk önem taşımaktaydılar [Hırçın, 1998]. Anlamları belirlenebilmiş olan bazı hesap taşlarının tablet üzerindeki çizimleri izelge 2.1 de verilmiştir.

Hesap taşlarından bir sonraki adım Sumerler tarafından ortaya atılmış olan resim yazısıdır. Herhangi bir dile ait kurallara sahip olmayan bu yazı tűrű, anlatılmak istenen nesnenin resmi yapılarak oluşturulmaktadır ve böylece gören herkes tarafından rahatlıkla anlaşılabilmektedir. Somut kavramların kolaylıkla ifade edilebildiği resim yazısı, kullanılmaya başlanıldığı ilk dönemlerde ihtiyaçları bűyűk oranda karşılamıştır. Ancak soyut kavramların başarılı bir biçimde anlatılması oldukça gű olduğundan resim yazısında çeşitli geliştirmeler ve değişiklikler yapıldı [Hırçın, 1998].

Başlangıçta, tek bir resim ile aktarılması zor olan kavramlar farklı kavramların birlikte çizilmesi ile ifade edildi. Ancak tamamıyla soyut kavramlar, kişi veya yer isimlerini bu şekilde ifade etmek olanaksız olduğundan bu yöntem verimli sonuçlar üretmedi [Hırçın, 1998].

**Çizelge 2.1 Hesap taşı tabletleri ve anlamları**

Hesap Taşı	İşaret	Anlamı
		Elbise - Kumaş
		Ekmek
		Yağ
		Yün
		Koyun
		Tahıl Ambarı
		İnek

Bu bilgiler ışığında yazının ilk olarak Sumerler tarafından icat edildiğini söyleyebiliriz. Bugün Aşağı Fırat havzasında yer alan ve Varka olarak anılan Güney Mezopotamya'nın Uruk bölgesinde yapılan kazılarda bulunmuş olan ve M.Ö. 3200 – 2800 yılları arasında yazıldığı anlaşılan Sumerlere ait kil tabletler buna kanıt olarak gösterilebilecek eserler arasındadır [Koç, 2006].

Resim yazısının bir çok açıdan yetersiz kalması, farklı yazı sistemlerinin geliştirilmesi konusunda önemli adımlar atılmasını zorunlu kılmıştır [Hırçın, 1998]. Çiviyazısı bu şekilde ortaya çıkmıştır.

Resim yazılı tabletler ilk kullanılmaya başlandıklarında resimler dikey yerine yatık olarak çiziliyordu. Daha sonraki dönemlerde daha dayanıklı olması sebebiyle malzeme olarak kilin tercih edilmesi üzerine, resimler ucu üçgen şeklinde sivrileştirilmiş olan bir yazı aleti (stylus), örneğin su kenarlarında yetişen sazlıklardaki kamışlar, yardımıyla çizilmeye başlandı. Çiviyazısı (cuneiform) adı, bu yazı aleti ile çizilen şekillerin kil üzerinde çiviye benzer izler bırakmasından gelmektedir [Koç, 2006].

Kilin topaklanması nedeniyle zaman içerisinde şekillerdeki yuvarlak hatlar yerlerini düz çizgilere bıraktılar. Bir süre eski resim formatını devam ettirmek amacıyla yazı, bu düz çizgiler çeşitli biçimlerde birleştirilerek oluşturuldu. Ancak bu yöntem, işaretlerin karmaşıklaşması ve yazının daha zor yazılır bir hale gelmesine neden oldu. Bunun sonucunda kalemin (stylus) kil üzerine bastırılarak geriye doğru çekilmesi ile oluşturulan çiviyazısı, tarihte resim yazısı dönemini sonlandırmış oldu [Hırçın, 1998].

M.Ö. 4 binde Sumerler tarafından Güney Mezopotamya'da bulunan çiviyazısı M.Ö. 2 binin başlarında Asurlu tüccarlar tarafından Anadolu'ya getirilmiştir. Bu dönemde çiviyazısı sadece Asurlu Ticaret Kolonileri ile Anadolu halkı arasındaki yoğun ticaret işlemleri için kullanılmıştır [Alp, 2000]. M.Ö. 1750 civarında bu iki uygarlık arasındaki ticaret ağının kopması sonucunda Eski Asur lehçesinin kullanıldığı bu yazının Anadolu'daki kullanımı da sona ermiştir [Hırçın, 1998].

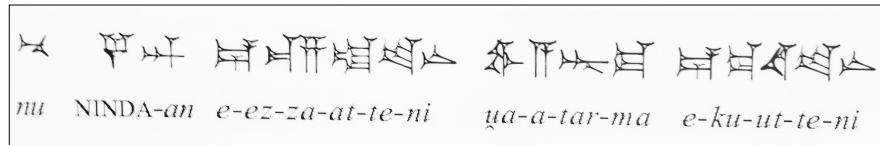
Hititler ise bundan yaklaşık 100 yıl kadar sonra ortaya çıkan ve M.Ö. 1650 ile M.Ö. 1200 tarihleri arasında Anadolu'da kullanılmış olan Eski Babil yazım stiline sahip bir çiviyazısı türü kullanmışlardır. Kuzey Suriye üzerinden Anadolu'ya geldiği varsayılan bu çiviyazısı türünün kullanımı Hitit İmparatorluğu'nun yıkılması ile son bulmuştur [Alp, 2000].

İki yazım sistemine sahip bir toplum olduğu ifade edilen Hititler'in çiviyazısının yanı sıra kullandıkları diğer yazım sistemi hiyerogliftir. Hititler tarafından kullanılan hiyeroglifler, eski Anadolu halkının kendi bulduğu ve geliştirdiği bir yazı türüdür [Alp, 2000]. Hiyerogliflerde kullanılan dil Hititçe'den çok Luvice'ye benzediği için Luvi hiyeroglifleri olarak da anılır [Hırçın, 1998].

Hititler çiviyazısını, devlet idaresi ile ilgili yazışmalar ile saray mensupları, aristokrasi ve yüksek bürokrasinin gereksinim duyduğu durumlarda kullanmışlardır. Halka hitap eden kaya anıt veya taş anıtlarda ise hiyeroglif yazısı tercih edilmiştir. Bu bilgiler ışığında çiviyazısı okuma ve yazmanın sadece belirli bir zümre tarafından bilindiği ve Hitit halkının bu konuda bir bilgisinin olmadığını söyleyebilir [Alp, 2000].

Hititçe, 1915 yılında Çek bilim adamı Bedřich Hrozný tarafından çözüldü. I. Dünya Savaşı döneminde Viyana'da Asuroloji profesörü olarak görev yapan Hrozný, yaptığı araştırmalar sonucunda Hititçenin Hint – Avrupa ailesine ait bir dil olduğunu kanıtlamıştır. Cümlelerin Sumercede anlamı bilinen kısımları dışında kalan kelimelerini İngilizce ve Almanca ile karşılaştırarak Hititçede anlamlı ilk cümle çevirisi oluşturmayı başarmıştır [Alp, 2000].

Hrozný 'nin çevirisini yaptığı ilk cümle '**nu NINDA-an ezzateni wattarma ekuteni**', '**Ekmeği yiyeceksiniz, suyu ise içeceksiniz.**' anlamına gelmektedir. Cümlenin Hitit çiviyazısı ile yazılmış hali Şekil 2,1'de verilmiştir [Karasu, 2013].



**Şekil 2.1 Çevirisi yapılan ilk Hititçe cümle**

Cümlenin başında yer alan NINDA kelimesi, anlamı daha önceden belirlenmiş olan Sumerce bir kelimedir ve ekmek anlamına gelmektedir. ezza sözcüğü ise Hrozný

tarafından İngilizce ve Almancada yemek fiili anlamına gelen 'to eat' ve 'essen' sözcükleri ile bağdaştırılmıştır. Cümlenin devamında gelen watarma kelimesinin ilk kısmı olan watar sözcüğü de benzer şekilde İngilizce ve Almancada su anlamına gelen 'water' ve 'wasser' sözcükleri ile karşılaştırılarak anlamlandırılmıştır. Cümlenin son kelimesinin çevirisi için Hrozný Latince'den yararlanmıştır. Kelimenin ilk kısmı olan eku bölümü ile Latince su anlamına gelen 'aqua' sözcüğü arasında bir benzerlik bağı kurmuş ve böylece Hititçe cümleler için yapılan ilk çeviriyi tamamlamıştır.

Hrozný yaptığı bu çalışmalardan sonra 1917 yılında Hitit dilinin gramerini açıklayan ilk kitabını yayınladı. Ancak kendi uzmanlık alanının Hint – Avrupa dilleri olmaması nedeniyle Hititçe üzerinde çalışmalarına devam etmedi.

Hititçe'nin Hint-Avrupa ailesine ait bir dil olduğu kanıtlandıktan sonra Münih 'de Hint-Avrupa dilleri profesörü olan Albrecht Goetze<sup>3</sup>, Johannes Friedrich<sup>4</sup> ve Hans Ehelolf<sup>5</sup>'tan oluşan küçük bir grup çalışmalara devam ederek Hititoloji disiplininin temellerini oluşturdu.

Ankara'nın 150 kilometre doğusunda bulunan Boğazköy'de 1906 yılında başlamış olan ve günümüzde hala devam eden kazı çalışmalarında 30.000'den fazla çiviyazılı tablet bulunmuştur. Bu tabletler üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda Boğazköy'ün Hitit İmparatorluğu'nun başkenti Hattuşa olduğu anlaşılmıştır [Alp, 2000].

---

<sup>3</sup> Albrecht Goetze (1897 - 1971), Alman asıllı Amerikalı Hititolog

<sup>4</sup> Johannes Friedrich (1893 - 1972), Alman Hititolog

<sup>5</sup> Hans Ehelolf (1881 - 1939), Alman Hititolog

## **2.3 Konu ile İlgili Olarak Şimdiye Kadar Yapılan Çalışmalar**

Tez çalışmasının bu bölümünde bilgi ve iletişim teknolojileri alanında Hitit çiviyazısı konusunda daha önceden yapılmış olan araştırmalar ve bu araştırmaların sonucunda elde edilen bilgiler özetlenmiştir.

Hitit çiviyazısı konusunda daha önceden yapılmış olan çalışmalar genellikle tabletlerin dijital ortama aktarılması ve işaretlerin tanınması konusuna odaklanmış olan çalışmalardır. Ulusal alanda konu hakkında tamamlanmış olan herhangi bir çalışma bulunamamıştır. İncelenmiş olan sınırlı sayıdaki çalışmaların tamamı uluslararası yayınlara aittir.

Kullanılan teknik ve yöntemlerin incelenmesi yarar sağlayabileceğinden farklı diller (Arapça, Bangla vb.) için geliştirilmiş olan çeviri sistemleri ile ilgili çalışmalar da araştırılmış ve elde edilen sonuçlar bu bölümde anlatılmıştır.

Varolan kaynaklardan bazıları Arap (Osmanlı) ve Bangla yazı karakterleri gibi farklı karakter kümelerine ait diller için kullanılan algoritmalar içermektedir. Arap yazı karakterlerinin çoğunlukla yuvarlak hatlar içermesi, buna karşılık Hitit çiviyazısı işaretlerinin ise yuvarlak yerine düz çizgilerden oluşması bu algoritmaların Hitit çiviyazısı işaretleri için kullanılmasını başarısız kılmaktadır. Aşağıdaki alt bölümlerde çiviyazısının tanınması ve çeviri ile ilgili yazılmış yayınlar özetlenmiştir.

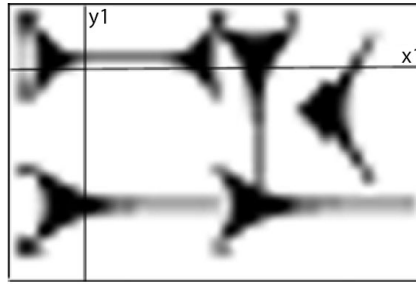
### **2.3.1 Yoğunluk eğrileri kullanılarak çiviyazısı işaretlerinin tanınması**

Çiviyazısı üzerinde yapılmış olan dikkat çekici çalışmalardan biri yoğunluk eğrileri kullanılarak çiviyazısı işaretlerin tanınmasıdır [Yousif et al., 2006]. Irak'ta bulunan Al-Rafidian Üniversitesi ile Alnahrain Üniversitesi'nin birlikte yürüttüğü çalışma, kil tabletlerin otomatik çevirisinin yapılması için çok önemli bir aşama olan çiviyazısı işaretlerinin tanınması konusuna odaklanmıştır. Çalışma kapsamında geliştirilen

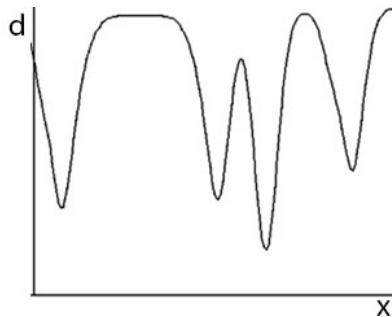


metot sınırlı sayıda çiviyazısı işareti olduğundan yola çıkarak yoğunluk eğrilerinin yardımı ile bu işaretleri birbirinden ayırmaya çalışmaktadır.

Yayında detaylı olarak açıklanan çalışmada girdi olarak alınan çiviyazısı işaretlerine ait resimler gri skalada renkler içeren piksellerden oluşmaktadır. Bu resimler için oluşturulan yoğunluk eğrileri resim üzerinde seçilen herhangi bir çizgi için, o çizgi üzerindeki piksellerin renk değerlerine göre ne kadar yoğun (koyu) olduklarını konumlarına göre gösteren eğrilerdir. Yoğunluk eğrisi grafiklerinde yatay eksen pikselin konumunu, dikey eksen ise pikselin yoğunluk değerini ifade etmektedir. Şekil 2.2 a'da bir çiviyazısı işaretine ait resim üzerinde kullanılabilir olan yatay ( $x_1$ ) ve dikey ( $y_1$ ) çizgilere örnek verilmiştir. Şekil 2.2 b'de ise yoğunluk eğrilerine örnek olarak  $x_1$  seviyesi için oluşturulmuş bir eğri grafiği verilmiştir. Grafik üzerinde x eksenini  $x_1$  çizgisi üzerinde bulunan pikselleri, y eksenini ise bu piksellere karşılık gelen yoğunluk (density) değerlerini ifade etmektedir.



**Şekil 2.2 a Kullanılan yatay ve dikey çizgi örnekleri**



**Şekil 2.2 b  $x_1$  seviyesi için yoğunluk eğrisi grafiği**

Önerilen çalışma her bir çiviyazısı işareti için yoğunluk eğrilerini kullanarak bu işareti ifade eden bir tam sayı dizisinin oluşturulması ve bu dizi oluşturulduktan sonra işaretin tanınması adımlarını içermektedir. Çiviyazısı işaretleri ifade eden bu tam sayı dizisi, girdi olarak alınan işarete göre değişim göstermektedir. Başka bir deyişle, her bir işaret için parmak izi gibi bir ayırıştırıcıdır. Çalışmada belli bir çiviyazısı işaretin diğer işaretlerden ayrılması için kullanılacak olan parmak izinin oluşturulması ve parmak izi oluşturulmuş olan işaretin hangi işaret olduğunun bulunması için iki ayrı algoritma kullanılmıştır.

### **2.3.2 Kil tabletlerin açılması ve görselleştirilmesi**

Stanford Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Bölümü tarafından yapılan bir başka çalışma, kil tabletlerin görselleştirilmesi, dijital ortama aktarılması ve 3B modellerinin oluşturulmasını amaçlamaktadır [Anderson and Levoy, 2002]. Tabletlerin dijital ortamda erişilebilir hale getirilmesi otomatik çeviri işlemi için de oldukça önem taşımaktadır.

Çalışmanın ana amacı kil tabletlerin çeviri yapılırken resim kullanıldığında ortaya çıkan eksikliklerin giderilmesidir. Çeviri işleminde resim kullanılmasının yarattığı en önemli sorun tabletin yan kısımlarında bulunan yazıların metnin kalan kısmı ile bütünlük halinde gösterilememesidir. Başka bir sorun ise resimlerdeki ışık oranının tutarlı olmaması durumunda kil tablet üzerindeki çiviyazısı metinlerin bir kısmının gölgede kalması veya hiç görülememesidir.

Makalede önerilen çalışma, yukarıda özetlenmiş olan problemleri ortadan kaldırarak kil tabletlerin dijital ortamda 3B olarak erişilebilir olmasını sağlamaktadır. Böylece çiviyazısı metinler kil tablet üzerinden bütünlüğünü kaybetmeden okunabilir hale getirilmiştir. Tabletlerin dijital ortamdaki kopyalarının sergilendiği ortamda kullanılan ışığın istenilen oranda ayarlanabilmesi ile metinlerin gölgede kalması problemine de çözüm üretilmiştir.

### **2.3.3 iClay: Çiviyazısının sayısallaştırılması**

iClay çalışması, John Hopkins Üniversitesi tarafından yapılmış bir çalışma olan Digital Hammurabi [<http://www.jhu.edu/digitalhammurabi/>] projesinin bir bölümüdür. Dijital Hammurabi, kil tabletlerin ve çevirilerinin sunulduğu bir elektronik kütüphane projesidir. Kil tabletlerin her an erişilebilir olmaması, çeviri işleminde tablet resimleri kullanıldığında ortaya çıkan yetersizlikler gibi birçok problemi ortadan kaldırmayı hedefleyen ve farklı disiplinleri barındıran bir araştırma çalışmasıdır.

iClay bu projenin görselleştirme aşamasını içermektedir. Bu aşamada geliştirilen 3B tarama ve görselleştirme teknolojileri kullanılarak kil tabletler sayısal ortama aktarılmaktadır. Bu çalışma kapsamında sayısallaştırılmış olan kil tabletler, internet üzerinden 2 ve 3 boyutlu olarak erişebilir durumdadır [Cohen et al., 2004].

### **2.3.4 El yazısı Bangla karakterlerinin çevrimdışı tanınması: İki aşamalı verimli bir yaklaşım**

Hindistan'ın en çok konuşulan ikinci dili olan Bengalce<sup>6</sup> ile yazılmış olan metinlerdeki Bengal karakterlerinin tanınabilmesi üzerine yapılmış olan bu çalışma, karakterlerin el yazısı ile yazıldığı durumlarda gösterdiği farklılıklar üzerine yoğunlaşmıştır [Bhattacharya et al., 2012].

Çalışmanın başlangıcında öncelikli olarak Bangla karakterlerinin saklandığı bir veritabanı oluşturulmuştur. Toplam 37,858 kayıt bulunan bu veritabanında her bir işaret için el yazısı ile yazıldıkları durumda ortaya çıkabilecek küçük farklılıkları içeren örnekler bulunmaktadır. Hitit çiviyazısı metinlerinin otomatik çevirisi için de

---

<sup>6</sup> Bengalce veya Bengal Dili bir doğu Hint-Ari dilidir. Diğer Doğu Hint-Ari dilleriyle birlikte 800-1200 yılları arasında Magadhi Prakrit dilinden kökenlenmiştir. Bangladeş'in resmî dilidir ve Hindistan'ın ikinci en çok konuşulan dilidir.

Hitit çiviyazısı işaretlerini içeren bir veritabanına ihtiyaç duyulması sebebiyle çalışmanın veritabanı tasarımı aşaması oldukça önem taşımaktadır.

Bangla karakterleri üzerinde yapılan bu çalışmaya benzer bir başka çalışma el yazısı ile yazılmış Çince karakterlerin tanınması üzerine yapılmıştır. Çince karakterlerin genel yapısına bağlı olarak hazırlanmış olan bir komşuluk sistemi kullanan bu çalışma Markov Rastgele Alanları (Markov random fields, MRFs) uygulamasıdır [Zeng and Lui, 2008].

Hitit çiviyazısı tabletleri üzerindeki işaretler yazan kişinin el becerisi, kullanılan kil ve diğer araçlardaki farklılıklar ve tarihsel aşınma sebebiyle farklılıklar gösterebilmektedir. Bu nedenle, el yazısı ile yazılmış Bangla ve Çince karakterlerin tanınması üzerine geliştirilmiş olan bu iki uygulama, yapılan yüksek lisans tez çalışmasının ilerleyen bölümlerinde yol gösterici bir niteliğe sahip olmuştur..

### **2.3.5 Bilgi tabanlı resim anlama**

Tarih öncesi mağara resimlerinin bilgisayar sistemleri tarafından anlamlandırılabilmesi üzerine yapılmış olan bir çalışmada ise, mağara resimleri içerisindeki her bir obje ayrı ayrı tanımlanmakta, daha sonra bu objelerin konumsal ilişkilerine göre resmin genel olarak ifade ettiği kavram tanımlanmaktadır [Vattam, 2004].

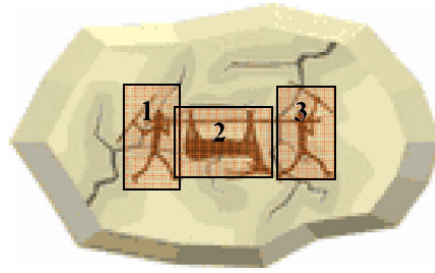
Bu amaçla geliştirilen uzman sistemler uygulamasının iki ana bileşeni vardır. Bunlardan ilki, düşük seviye resim analiz bileşenidir ve resmin bölümlere ayrılması, bu bölümlerin etiketlenmesi ve resim üzerindeki varlıkların orta seviye bir tanımının oluşturulmasından sorumludur. Çalışma kapsamında kullanılan tarih öncesi mağara resimlerinden bir örnek Şekil 2.3 a'da verilmiştir. Şekil 2.3 b'de ise aynı resmin düşük seviye resim analiz bileşeni tarafından içeriğine göre bölümlere ayrılmış hali örneklenmiştir.

Düşük seviye resim analiz bileşeni girdi olarak aldığı bir resim üzerinde bölümlendirme işlemini resim üzerindeki her bir varlık bir bölüm oluşturacak

şekilde gerçekleştirmektedir. Bu aşama tamamlandıktan sonra, bölümler içeriklerine göre etiketlenmektedirler. Şekil 2.1’de bölümleri gösterilmiş olan resim için oluşturulan etiketler Çizelge 2.2’de verilmiştir.



**Şekil 2.3 a Örnek bir mağara resmi**



**Şekil 2.3 b Bölümlere ayrılmış bir mağara resmi**

**Çizelge 2.2 Bölüm etiketleri**

Bölüm	Etiket
1	Anthro1
2	Beast
3	Anthro2

Bölümlere ayırma işleminden sonra her bir bölüm için uygun etiketlerin seçilmesi aşamasına geçilmekte; o da tamamlandıktan sonra sistem, bu bilgilere bağlı olarak resmin orta seviye bir tanımının oluşturulduğu adıma geçmektedir. Bu

tanım, resim bölümlerinin birbirlerine göre konumlarının dikkate alındığı ilk noktadır. Şekil 2.3 a ve Şekil 2.3 b'de verilen örnek resim için oluşturulan tanım şu şekildedir:

Support(Anthro1, Anthro2, inverted(Beast))

Hitit çiviyazısı işaretleri, metin içerisinde kendisinden önce veya sonra gelen diğer işaretlere göre farklı anlamlar ifade edebilmektedir. Çalışmada farklı objelerin yan yana gelerek kendi anlamları dışında bir kavram oluşturmaları Hitit çiviyazısı metinlerinin günümüz dillerine çevirisi aşamasına bir örnek olarak alınmıştır. Böyle bir örnek, çalışmanın ileri bir aşamasında veri madenciliği tekniğinin uygulanabilirliği, örneğin sınıflandırma (classification) algoritmasının, savını güçlendirmektedir.

Buna ek olarak çalışmada tarih öncesi mağara resimlerini içeren bir veritabanına çeşitli sorgular yapılarak, verilen bir resimden önce veya sonra olabilecek olayları içeren resimler veya başlangıç noktası verilen bir hikayenin devamında olabilecek olayları betimleyen resimler elde edilebilmektedir.

### **2.3.6 Deforme olabilen kalıp içeren el yazısı karakter tanıma uygulamaları için Bayes ağları (Bayesian Network)**

Hitit çiviyazısı işaretleri, yazan kişiye veya kil tabletin maruz kaldığı işlemlere göre farklılık gösterebildiğinden el yazısı karakterlerin tanınmasına yönelik olan çalışmalar bu işaretlerin tanınması ile ilgili problemlerin çözümüne yol gösterebilecek niteliktedir.

Önerilen yöntem, el yazısı ile yazılmış karakter tanıma uygulamalarında Bayes ağlarının deforme olabilen model yaklaşımının tüm safhalarında kullanarak daha önce geliştirilmiş olan yöntemlerden daha verimli sonuçlar üretmektedir.

Klasik deforme olabilen model yaklaşımında modelleme, eşleştirme ve sınıflandırma olarak üç ana bileşen bulunmaktadır. Bayes ağları genellikle birbirlerinden bağımsız çalışan bu süreçlerin birleşik olarak çalışmalarını sağlayacak şekilde modele entegre edilmiştir [Cheung et al., 1998].

El yazısı karakterler, önerilen yöntemin test edilmesi için kullanılmıştır. Bayes ağı kullanılarak deforme olabilen şekilleri tanımak üzere geliştirilen bu yöntem ile %94.7 oranında doğru sonuçlar üretilmiştir [Cheung et al., 1998].

### **2.3.7 El yazısı karakterin topolojik özellik ve çok seviyeli kategorilendirme ile tanınması**

Karakter tanıma alanı sabit font, çoklu font ve el yazısı olarak üç ana bölüme ayrılabilir. Bilgisayarların kredi kartları, çek veya faturalar üzerindeki numaraları yüksek bir güvenilirlik oranı ile okumayı başardığı bilinmektedir. Bu işlem, manyetik mürekkep ve karakter kümesinin stilize edilmesi ile yapılabilmektedir. Bu uygulamanın en yaygın örneği tek boyutta dalga boyu korelasyonu yapan tarayıcılardır. Burada tanıma işlemi, girdi olarak alınan sinyal ile daha önceden kaydedilmiş olan sinyalin dalga boyları arasında yapılan korelasyon hesabı üstünde çalışmaktadır.

Çoklu fontları tanıma konusunda ise, kağıdın kalitesi ve yansıtma özelliği gibi gürültü kaynaklı faktörler devreye girmektedir. Bu faktörlerin uygulamanın performansı üzerinde fontların değişkenliğinden daha fazla etkisi vardır. Çoklu font tanıma konusunda resim veya kalıp eşleştirme uygulamaları örnek verilebilir. Bu tarz uygulamalarda kullanılacak olan fontların belirli bir sayısı olmadığı için bu fontlar ideal bir prototip ile karşılaştırılmaktadır. Optik tarama işleminden geçirilen fontlar dijital kalıplara (pattern) dönüştürülür ve tanıma işlemi bu veriler üzerinden yapılır [Tou and Gonzalez, 1972].

El yazısı tanıma uygulamaları ise hem yüksek oranda çeşitlilik içeren hem de gürültüden oldukça fazla etkilenen işlemlerdir. Hitit çivi yazısı metninin otomatik çevirisi, el yazısı tanıma işlemi ile kesişen bir problem olduğu için bu alan dahilinde önerilen yaklaşımlar çeviri sisteminin ürettiği sonuçların güvenilirliğini arttırabilir niteliktedir. Çalışma kapsamında numaralar ve yirmi altı adet büyük harfin tanınması üzerine çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda karakterleri birbirlerinden ayırmak için önceden tanımlanan basit özelliklerin oldukça iyi sonuçlar ürettiği gözlemlenmiştir. Bu özelliklerin tanımlanması karakterlerin sınıflandırılmasında ilk aşamayı oluşturmaktadır. Bundan bir sonraki adımda belirlenen bir karakter üzerinde yerel analizler yapılmaktadır. İkinci aşamanın her durumda uygulanması zorunlu değildir. Ancak veri kümesi büyüdükçe tanıma işleminin doğru sonuçlar üretebilmesi için, ilk adımda yapılan genel sınıflandırmanın ardından karakter üzerinde daha detaylı bir analiz yapılması gerekmektedir [Tou and Gonzales, 1972].

### **2.3.8 Glagol taş yazıtların korelasyon ve resim moment yaklaşımı analizi**

Günümüzde kullanılmayan bir alfabe olan Glagol alfabesi<sup>7</sup>, bilinen en eski Slav dili olan Kilise Slavcası için kullanılan alfabadir. Bu yazının biri yuvarlak, biri köşeli olmak üzere iki çeşidi vardır. Bu alfabe kullanılarak yazılmış olan taş tabletlerin analizi üzerine yapılan çalışma köşeli Glagol sembollerini kullanmaktadır. Çalışma kapsamında üzerinde çalışılan Glagol alfabesi ile yazılmış taş yazıtlara ait resimler Şekil 2.4 a ve Şekil 2.4 b'de verilmiştir [Demoli et al., 2013].

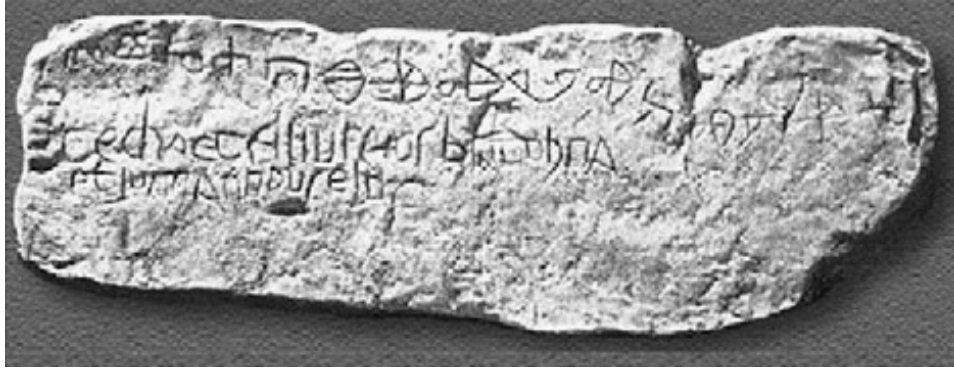
Tarihi kaynakların üzerinde yapılan çalışmalar genellikle karakterlerin tanınması üzerinedir. Bu uygulamalar genellikle optik ortalama, optik korelasyon, özellik çıkarma ve üç boyutlu tarayıcı alanlarında yapılmıştır. Yapay sinir ağları ile veri madenciliği uygulamaları da literatürde görülmektedir.

---

<sup>7</sup> Glagol alfabe, Glagolitsa olarak da bilinen, 9. yüzyıldan itibaren bilinen en eski Slav alfabesi.



Bu tekniklerin dışında sıklıkla kullanılan başka bir yaklaşım ise, resim momenti analizidir. Moment analizi, resmin yer değiştirme, döndürme, ölçeklendirme ve resim üzerinde oluşabilecek bozulmalardan etkilenmeyen bir tanımının oluşturulmasını sağlamaktadır. Yetenek, kapasite, gürültüye karşı duyarlılık ve taşınan bilgi açısından farklılık gösteren bir çok resim momenti çeşidi bulunmaktadır.



**şekil 2.4 a Valun Yazıtı**



**şekil 2.4 b Krk Yazıtı**

Glagol alfabesi ile yazılmış olan taş tabletler üzerindeki işaretlerin tanınması için çalışma kapsamında iki ayrı yol izlenmiştir. Bunlardan ilki, standart korelasyon işlemidir. Bu işlemin avantajı oldukça hızlı bir biçimde sonuç üretebilmesidir. Korelasyon işleminin zayıf olduğu kısım ise işaretler üzerinde oluşabilecek

herhangi bir deformasyona karşı oldukça hassas olmasıdır. İşaretlerin tanınması için yapılan diğer hesaplama ise, Jacobi – Fourier görüntü momentleridir<sup>8</sup> (Jacobi – Fouries image moments). Bu yöntem deformasyonlar karşısında iyi sonuçlar üretirken, zaman açısından maliyetli bir işlemdir [Demoli et al., 2013].

---

<sup>8</sup> Jacobi – Fourier görüntü momenti radyal Jacobi polinomları ile karmaşık Fourier faktörlerinin entegre edilmesi ile oluşturulmuş olan integral çekirdektir [Ping et al, 2007].

### 3 HITİT ÇİVİYAZISI İŞARETLERİ ÜZERİNE BİR ÖN ÇALIŞMA

#### 3.1 Giriş

Hitit çiviyazısı tabletlerin otomatik çevirisinin yapılabilmesi için çeviriyi yapması planlanan sistemin tasarlanması ve geliştirilmesinin yanı sıra yapılması gereken bir takım ön çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan ön çalışmalardan ilki, çiviyazılı tabletler üzerinden okunacak olan Hitit işaretlerini ve bu işaretlerin anlamlarını içeren bir dijital sözlüğün elde edilmesidir.

Dijital sözlük geliştirilmeden önce, Hitit çiviyazısı tabletlerin otomatik çevirisini yapmak için kullanılabilecek, sistemin ihtiyaçlarını tam olarak karşılayabilen benzer bir çalışma olup olmadığı araştırılmıştır. Yapılan araştırma ve literatür taramalarında tabletlerin çevirisi için kullanılabilecek, Hitit işaretlerini ve bu işaretlerin anlamlarını tümüyle içeren herhangi bir dijital sözlük bulunamamıştır. İşaretlerin anlamlarını içermeyen ancak sadece görsel olarak içerik sunan kısıtlı sayıda kaynak ile karşılaşılmıştır. Bu kaynaklar arasında ihtiyaç duyulan çiviyazısı işaret sözlüğünün görsel kısmını en iyi şekilde doldurabilecek olan kaynak, Sylvie Vanséveren tarafından oluşturulmuş olan Unicode Cuneiform Fonts (<http://www.hethport.uni-wuerzburg.de/cuneifont/>) çalışmasıdır. Günümüzde kullanılan klavyeler aracılığı ile dijital ortamda çiviyazısı karakterlerinin yazılmasını mümkün kılan bu font dosyasının, çiviyazısı işaretlerine ait ihtiyaç duyulan görsel içeriğe sahip olduğu görülmüştür. Ancak, Hitit çiviyazılı metinlerinin otomatik çevirisini yapması için geliştirilen sistem dahilinde bu kaynağın kullanılmasının çiviyazısı işaretlere ait resimlerle ilgili format ve çözünürlük açısından çeşitli problemler ortaya çıkarma riski bulunmaktadır. Ayrıca ihtiyaç duyulan çiviyazısı işaret sözlüğüne ait içeriğin güvenilir ve geçerli tek bir kaynak kullanılarak oluşturulmasının daha sağlıklı bir çözüm olacağına karar verilmiştir. Çiviyazısı işaret sözlüğünün görsel içeriğinin daha önceden hazırlanmış olan başka bir sayısal kaynak kullanılmadan hazırlanması çiviyazısı işaretlerin şekil ve yapısı konusunda deneyim kazanmak açısından da oldukça faydalı olmuştur. Aşağıda verilen 3.2 sayılı alt bölümde Hitit çiviyazısı diline ait işaretler hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlar ışığında Hitit çiviyazısı metinlerin otomatik çevirisi için ilk adım olarak Hitit işaretlerinin sayısallaştırılmasına ve bu işaretler ile ilgili verileri içeren dijital bir sözlük oluşturulmasına karar verilmiştir. Bu adımın amacı Hitit dilinin dijital ortamda bir szlgn oluşturarak tabletler üzerindeki işaretlerin anlamlarının bulunmasını sağlamak ve böylece otomatik eviri işlemini gerçekleştirmektir.

Hitit çiviyazısı işaretleri dijital ortama aktarılırken kaynak olarak alanın uzmanları tarafından tavsiye edilmiş olan Hethitisches Zeichenlexicon [Rüster and Neu, 1989] kullanılmıştır. Kaynakta Hitit çiviyazısı tabletlerindeki tüm işaretler ve bu işaretlere ilişkin çeşitli bilgiler sunulmaktadır. Bu kaynağa ait detaylı bilgi 3.3 sayılı alt bölümde verilmiştir.

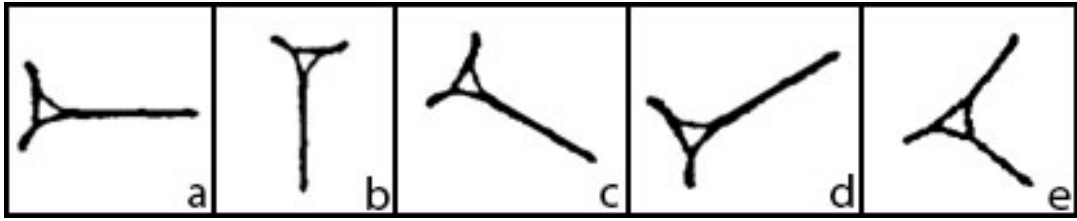
n alışma sırasında, dijital sözlükte işaretlerin resimleri, Latince değerleri, Türkçe karşılıkları ve işarete ilişkin kuralları içeren bilgiler saklanmaktadır. İşaretlere ait resim dosyalarının oluşturulması aşaması 3.4 sayılı alt bölümde bölümünde detaylı olarak açıklanmıştır.

Hitit çiviyazısı işaretleri ve bu işaretlere ilişkin çeşitli bilgilerin saklandığı sözlük olarak kullanılabilen bir veri tabanı daha önce üzerinde çalışılmamış bir konu olması nedeniyle otomatik eviri sisteminin yanı sıra bu alanda çalışan birçok uzmana yardımcı olabilecek bir çalışma olduğuna inanıyoruz. Hazırlanan bu veritabanı, n çalışmanın bir yan katkısı olarak değerlendirilebilir.

### **3.2 Hitit iviyazısı İşaretleri**

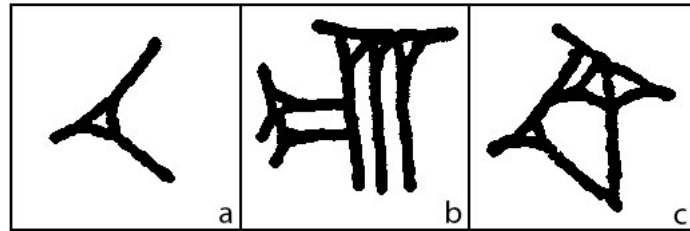
Hitit iviyazısında 375 adet işaret bulunmaktadır. [Rüster and Neu, 1989] Bu işaretler arasında 5 tanesi temel olanlardır. Geriye kalan işaretler ise bu 5 temel işaretin farklı biçimlerde dizilmesi ile oluşturulmuş olan işaretlerdir. Şekil 3.1' de Hitit iviyazısına ait beş temel işaret verilmiştir [Grsel and Aktaş, 1988 – Grsel, 1988].

Temel işaretlerden biri olan yatay işaret, kil tablet üzerinde kalemin eğik olarak kullanılması ile oluşturulan bir işarettir (Şekil 3.1 a). Diğer temel işaretler bu işaretin farklı açılarda (+45, -45, 90) uygulanması ile oluşturulmuş olan işaretlerdir (Şekil 3.1 b, c, d). İşaretlerin temel bileşenleri arasında farklı olan ve “köşe çengeli” olarak adlandırılan işaret ise (Şekil 3.1 e) kalemin kil tablet üzerinde dikey olarak kullanılması ile oluşturulan bir işarettir ve diğerlerinden farklı bir işaret türüdür



**Şekil 3.1 Temel Hitit çiviyazısı işaretleri**

Hitit çiviyazısı işaretlerinin homofoni (homophony) ve polifoni (polyphony) olmak üzere iki adet karakteristik özelliği bulunmaktadır. Homofoni birden fazla işaretin aynı sesi ifade etmesi anlamına gelmektedir. Şekil 3.2’de verilen çiviyazısı işaretlerinin tamamı ‘u’ değerini ifade etmektedir. Bu özelliğe sahip çiviyazısı işaretlerinin Latin karakterlerindeki karşılıklarına dönüştürüldüklerinde birbirlerinden ayırt edilebilmeleri için indis sistemi kullanılmaktadır.



**Şekil 3.2 Homofonik çiviyazısı işareti örneği**






















Polifoni ise bir çiviyazısı işaretinin birden fazla anlam ifade etmesidir. Bu durumla karşılaşıldığında çiviyazısı işaretinin hangi değerinin kullanılacağına metnin içeriğine göre okuyucu karar vermektedir. Çiviyazısı işaretlerinin polifoni özelliğine

Şekil 3.2.c'de verilen çiviyazısı işareti örnek gösterilebilir. Bu çiviyazısı işareti aynı zamanda 'gün', 'beyaz' ve tanrı determinatifi ile 'Güneş Tanrısı' anlamlarına gelebilmektedir.

Hitit çiviyazısı işaretlerinin başka bir özelliği ise, bir sözcüğün önüne veya arkasına eklenerek sıfat (determinatif / belirtici) olarak kullanılabilmesidir. Kadın ve erkek isimleri, hayvanlar, coğrafi yer isimleri ve meslek isimleri gibi birçok konuda sıfat (determinatif / belirtici) olarak kullanılan çiviyazısı işaretleri bulunmaktadır [van den Hout, 2011].

### **3.3 Hitit Çiviyazısı İşaretleri İçin Temel Kaynak: Hethitisches Zeichenlexikon**

Hitit çiviyazılı metinler için hazırlanan sözlüklü işaret listeleri içerisinde en güvenilir olan kaynak alanın uzmanları Christel Rüster ve Erich Neu tarafından hazırlanmış olan "Hethitisches Zeichenlexikon: Inventar und Interpretation der Keilschriftzeichen aus den Bogazkoy –Texten" dir [Rüster and Neu, 1989]. Her iki yazar da yıllar boyunca Hitit metinleri üzerinde yapmış oldukları çalışmalar ile elde ettikleri bilgi ve deneyimler ışığında bir araya gelerek bu sözlüklü işaret listesini oluşturmuşlardır [Hoffner and Melchert, 2008]. Bu kaynak tez çalışmasının bundan sonraki bölümlerinde HZL olarak anılacaktır. HZL, bilinen tüm Hitit çiviyazısı işaretlerini kronolojik bir sıraya göre içermektedir. [Hoffner and Melchert, 2008] Ayrıca işaretlerin bilinen farklı formları, Latin harfleri ile değerleri, çoklu işaretlerin bir parçası olduklarındaki kullanımlarına dair de bilgiler sözlüklü işaret listesinde verilmiştir. Bunlara ek olarak sözlüğün son kısmında Latince alfabetik sıraya göre işaretlerin Türkçe ve Almanca anlamları sunulmuştur. Şekil 3.3 a'da HZL' den örnek bir sayfa verilmiştir. Bu örnek sayfada görüldüğü gibi, sözlükte bir Hitit çiviyazısı işaretinin Hitit, Akad ve Sumer dillerindeki Latin harfleri ile yazılmış karşılıkları sunulmaktadır. Şekil 3.3 b'de ise verilen örnek sayfa üzerinde kullanılan bilgiler işaretlenmiştir.

11	Hititçe <i>nu</i>	Akadça akkad. <i>lā</i>	Sumerce sum. NU
			
			
			
			
			
			NU „nicht“ (sumerische Negation)
			NU.GÁL „nicht (vorhanden)“
			NU.Ì.GÁL „ist nicht (vorhanden)“
			NU.TIL „ist nicht vollständig, nicht zu Ende“ (Schreibervermerk im Kolophon)
			NU QA-TI „nicht fertig, nicht beendet“
			NU.AL.TIL „ist nicht vollständig, nicht zu Ende“ (Schreibervermerk im Kolophon)
			NU.DUMU „Unsohn, mißratener Sohn“
			NU.Ù.TU „nicht gebären, gebiert nicht“ (u. a. m.)
			NU.SIG <sub>5</sub> „nicht günstig, ungünstig“
			NU.ŠE „nicht günstig, ungünstig“
			NU.KIN „keine Entscheidung“
			NU.TUKU „nicht (vorhanden)“, vgl. Nr. 53 Anm.
		(SAR)	(Ú)NU.LUḪ.HA <sup>(SAR)</sup> „Stinkasant“
			GIŠNU.ÚR.MA „Granatapfel(baum)“
			LÚNU.GIŠKIRI <sub>6</sub> „Gärtner“
			<sup>m</sup> NU.GIŠKIRI <sub>6</sub>

NU ZU A aus KUB 40.88 III 16 wird man als Verschreibung (Zeichenumstellung) für LÚ<sup>1</sup>A.ZU verstehen wollen, vgl. ibd. III 19 LÚZU.A, doch s. Nr. 209(1) Anm.

Zu NU.Ù.TU KBo 17.92 Vs. 8 s. V. Haas - I. Wegner, ChS I 5, Teil II, 1988, 241.

Á.NU.GÁL s. Nr. 215

É.EN.NU.UN s. Nr. 199

É.IN.NU.DA s. Nr. 199

(LÚ)EN.NU.UN (BÀD, ḪUR.SAG, MURUB<sub>4</sub>)  
s. Nr. 40

GA DAN-NU s. Nr. 159

GEŠTU.NU.GÁL s. Nr. 317

IGI.NU.DU<sub>8</sub> s. Nr. 288

(LÚ)IGI.NU.GÁL s. Nr. 288

IN.NU(.DA) s. Nr. 354

GIŠMA.NU s. Nr. 208

(<sup>m</sup>)<sub>DA-NU-LUGAL.DINGIR</sub>MEŠ s. Nr. 364

<sup>m</sup>GIŠ.KIRI<sub>6</sub>.NU s. Nr. 178

<sup>m</sup>GIŠ.NU.KIRI<sub>6</sub> s. Nr. 178

<sup>m</sup>DŠÛL-MA-NU-SAG s. Nr. 312

### Şekil 3.3 a HZL'den örnek bir sayfa

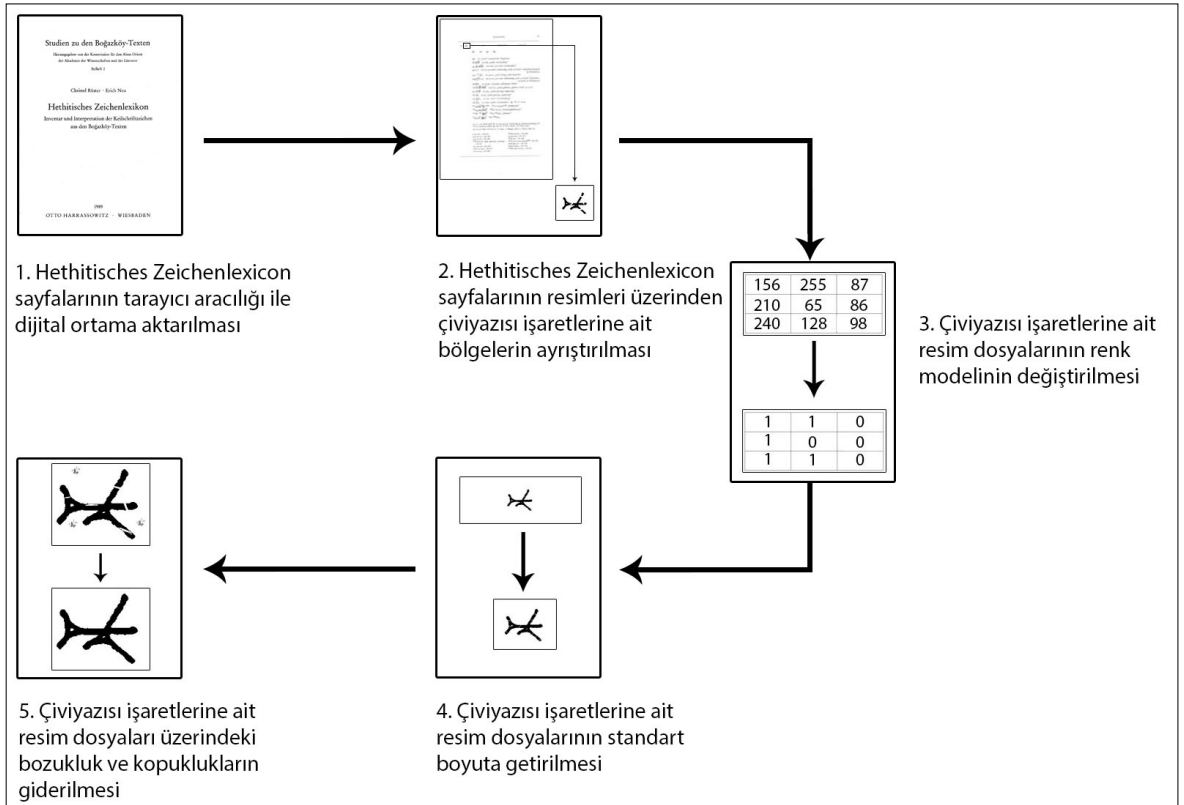
İşaretin HZL numarası	Zeichenlexikon	İşaretin Hitit, Akad ve Sumerce dillerindeki değerleri	95
11	nu akkad. <i>lā</i> sum. NU		
İşaretin diğer işaretler ile birlikte kullanımı	<p>  NU „nicht“ (sumerische Negation)   NU.GÁL „nicht (vorhanden)“   NU.İ.GÁL „ist nicht (vorhanden)“   NU.TIL „ist nicht vollständig, nicht zu Ende“ (Schreibervermerk im Kolophon)   NU QA-TI „nicht fertig, nicht beendet“   NU.AL.TIL „ist nicht vollständig, nicht zu Ende“ (Schreibervermerk im Kolophon)   NU.DUMU „Unsohn, mißratener Sohn“   NU.Û.TU „nicht gebären, gebiert nicht“ (u. a. m.)   NU.SIG<sub>5</sub> „nicht günstig, ungünstig“   NU.ŞE „nicht günstig, ungünstig“   NU.KIN „keine Entscheidung“   NU.TUKU „nicht (vorhanden)“, vgl. Nr. 53 Anm.   (Ú)NU.LUH.HA(SAR) „Stinkasant“   GIŞNU.ÚR.MA „Granatapfel(baum)“   LÚNU.GIŞKIRI<sub>6</sub> „Gärtner“   mNU.GIŞKIRI<sub>6</sub> </p>		
	<p>NU ZU A aus KUB 40.88 III 16 wird man als Verschreibung (Zeichenumstellung) für LÚ<sub>A</sub>.ZU verstehen wollen, vgl. ibd. III 19 LÚ<sub>ZU.A</sub>, doch s. Nr. 209(1) Anm.</p>		
	<p>Zu NU.Û.TU KBo 17.92 Vs. 8 s. V. Haas – I. Wegner, ChS I 5, Teil II, 1988, 241.</p>		
	<p> <i>Á.NU.GÁL</i> s. Nr. 215  <i>É.EN.NU.UN</i> s. Nr. 199  <i>É.IN.NU.DA</i> s. Nr. 199  <i>(LÚ)EN.NU.UN</i> (BÀD, ĞUR.SAG, MURUB<sub>4</sub>) s. Nr. 40  <i>GA DAN-NU</i> s. Nr. 159  <i>GEŞTU.NU.GÁL</i> s. Nr. 317  <i>IGI.NU.DU<sub>8</sub></i> s. Nr. 288         </p>	<p> <i>(LÚ)IGI.NU.GÁL</i> s. Nr. 288  <i>IN.NU(.DA)</i> s. Nr. 354  <i>GIŞMA.NU</i> s. Nr. 208  <i>(m)DA-NU-LUGAL.DINGIRMEŞ</i> s. Nr. 364  <i>mGIŞ.KIRI<sub>6</sub>.NU</i> s. Nr. 178  <i>mGIŞ.NU.KIRI<sub>6</sub></i> s. Nr. 178  <i>mDŞÛL-MA-NU-SAG</i> s. Nr. 312         </p>	

Şekil 3.3 b Örnek bir HZL sayfasının açıklaması



### 3.4 Hitit Çiviyazısı İşaretlerinin Dijital Ortama Aktarılması

Hitit çiviyazılı tabletlerin çevirisinde kullanmak için oluşturulan dijital bir sözlük Hitit çiviyazısı işaretlerini, bu işaretlerin Latin harfleri ile değerleri ve Türkçe karşılıklarını içermektedir. Şekil 3.4'te oluşturulan bu dijital sözlükte yer alan Hitit çiviyazısı işaretlerine ait resimler için gerçekleştirilmiş olan çalışmalar adımlar halinde verilmiştir. Buradaki ilk adım, dijital sözlüğün temel kaynağı olan HZL sayfalarının dijital ortama aktarılmasıdır. Bu işlem tamamlandıktan sonra sayfalar üzerinde çiviyazısı işaretinin şekline ait kısımlar seçilerek ayrı birer resim dosyası olarak kaydedilmiştir. Her bir çiviyazısı işareti için ayrı bir resim dosyası oluşturulduktan sonra bu dosyalar üzerinde sıra ile renk modelinin değiştirilmesi, yeniden boyutlandırma ve iyileştirme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu adımların tamamı bu alt bölümde detaylı olarak açıklanmıştır.



Şekil 3.4 Hitit çiviyazısı işaretlerine ait resimler üzerinde yapılan işlemler

Sözlük oluşturulurken gerçekleştirilen ilk adım Hitit işaretlerinin sayısallaştırılmasıdır. Sayısallaştırma işlemi, HZL kaynağında verilmiş olan işaret resimlerinin dijital ortama aktarılması ve işaretlere ait resim dosyalarının standart bir format ve boyutta oluşturulması çalışmalarını içermektedir.

İlk aşamada kaynak olarak kullanılan sözlüğün bir dijital kopyası olmaması nedeniyle ilgili sayfalar tarayıcı aracılığı ile (7008x4944) çözünürlüğünde ve 300 dpi<sup>9</sup> (Dots per inch) kalitesinde taranarak sayısal ortama aktarılmıştır. Bu işlem yapılırken kullanılan ayarlar, verilerin kaynağın baskı kopyasından dijital ortama aktarılması sırasında herhangi bir kayıp olmaması hedeflenerek seçilmiştir. Sözlük sayfaları taranarak oluşturulan resim dosyalarında işaret resimlerinde herhangi bir kayıp olmaması için BMP<sup>10</sup> (Bitmap) formatı kullanılmıştır.

Bir sonraki aşamada Adobe Photoshop<sup>11</sup> yazılımı kullanılarak sözlük sayfalarının resimleri üzerinde Hitit işaretlerinin bulunduğu bölgeler kopyalanarak her bir işaretin kendine ait resim dosyası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu resim dosyaları ileriki adımlarda yapılacak işlemlerin daha doğru sonuçlar üretebilmesi için kayıpsız bir format olan BMP formatında oluşturulmuştur.

Tarayıcı aracılığı ile alınan sözlük sayfaları RGB<sup>12</sup> (Red Green Blue) renk modeline sahiptir. Bunun bir sonucu olarak sözlük sayfalarının resimleri üzerinden alınan Hitit işaretleri de aynı renk modeline sahiptir. İşaret resimlerinde yapılacak işlemler için renk bilgisine ihtiyaç olmaması sebebiyle, resim dosyaları üzerinde herhangi bir değişiklik yapmadan önce resim dosyaları siyah beyaz içeriğe sahip

---

<sup>9</sup> dpi (dots per inch) Dijital görüntüleme sitelerinde, çözünürlük olarak kullanılan, "DOTS PER INCH" kelimesinin baş harfleri ile kısaltılmış bir terimdir. 1 inç yani 25,4 mm uzunluk için nokta adedi anlamına gelir. Diğer bir ifade ile 1 mm için 15,7 noktadır.

<sup>10</sup> BMP, herhangi bir sıkıştırma yapmadan resmin özelliklerini tutan, Microsoft firmasına ait bir resim dosyası biçimidir. Sıkıştırma yapmadığı için PNG, JPEG gibi dosya biçimlerine göre çok daha fazla yer kaplar.

<sup>11</sup> Adobe Photoshop, piksel tabanlı görüntü, resim ve fotoğraf düzenlemede bir tek biçim olan, Adobe Systems 'in sayısal fotoğraf işleme yazılımıdır.

<sup>12</sup> RGB renk uzayı (ya da KYM renk uzayı), İngilizcedeki 'Red' 'Green' 'Blue', yani 'Kırmızı' 'Yeşil' 'Mavi' kelimelerinin baş harflerinden ismini alan bir renk uzayı olup en sık kullanılanlardandır.

ikili (binary) renk modeline dönüştürülmüştür. Bu adım sayesinde dosyalar içerisinde kullanılmayan bilgiler ortadan kaldırılmış ve dosyaların boyutu küçültülmüştür. Böylece daha ileriki adımlarda yapılacak olan işlemlerin daha hızlı bir biçimde gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Renk modelinin değiştirilmesi işlemi tüm resim dosyaları üzerinde uygulanan standart bir işlem olması nedeniyle işlemin hızlandırılması ve kolay uygulanması için MATLAB<sup>13</sup> kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hitit işaretlerine ait resim dosyalarının renk modelini değiştirmek için hazırlanan MATLAB fonksiyonu Şekil 3.5'te verilmiştir.

```
function [] = Converter(sourcePath, targetPath)
    %Source path de bulunan bütün BMP dosyalarını al
    cd(sourcePath)
    d = dir('*.bmp');

    %Alınan bütün BMP dosyalarını RGB renk
    modelinden Binary
    renk modeline dönüştürüp target pathine yaz
    for i=1:length(d)
        orgImage = imread(d(i).name, 'BMP');
        binaryImage = im2bw(orgImage, 0.7);
        cd(targetPath);
        imwrite(binaryImage, d(i).name);
        cd(sourcePath);
    end
end
```

**Şekil 3.5 Hitit çiviyazısı işaret resimlerinin renk modelinin değiştirilmesi**

Renk modelinin değiştirilmesi adımına örnek olarak Şekil 3.6 a' da renk modeli değiştirilmemiş bir çivi işaretine ait resmin içerdiği sayısal piksel değerleri verilmiştir. Şekil 3.6 b' de ise renk modeli değiştirildikten sonra elde edilen resim dosyasına ait sayısal değerler verilmiştir. Girdi olarak alınan ve çıktı olarak üretilen

---

<sup>13</sup> MATLAB (matrix laboratory) sayısal hesaplama ve dördüncü nesil programlama dilidir. MathWorks tarafından geliştirilen MATLAB, matris işlenmesine, fonksiyonlar ve veri çizilmesine, algoritmalar uygulanmasına, kullanıcı ara yüzü oluşturulmasına ve diğer dillerle yazılmış programlar ile etkileşim oluşturulmasına izin verir. C, C++, Java, ve Fortran dillerini içerir.

her iki resim dosyası da siyah beyaz görünümündedir. İki dosya arasındaki farkın insan gözüyle belirlenmesi oldukça güç olduğundan, bu aşamada çiviyazısı resimlerine ait sayısal değerler kullanılmıştır. Ayrıca sonuçların daha rahat anlaşılabilmesi açısından çiviyazısı işaretlerine ait orijinal resim dosyalarının daha küçük boyutta (14x20 piksel) olan versiyonları kullanılmıştır. Şekil 3.6 a'da renk modeli değiştirilmemiş olan resim renk bilgisi içermektedir ve bu yüzden 0 ile 255 arasında değişen değerlere sahip piksellerden oluşmaktadır. Bu renk bilgisine çiviyazısı işaretlerinin tanınması veya çevirisinin yapılması aşamasında ihtiyaç duyulmayacağından, resimlerin ikili renk modeline dönüştürülmesine kadar verilmiştir. Aynı işarete ait ikili renk modeline sahip olan resmin piksel değerleri ise Şekil 3.6 b'de verilmiştir. Herhangi bir fazladan bilgi içermeyen bu resim, sadece 0 (siyah) ve 1 (beyaz) değerlerine sahip piksellerden oluşmaktadır.

255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
255	255	255	255	255	255	255	255	228	220	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
255	255	255	255	255	255	255	255	190	123	120	150	195	151	141	175	255	255	255	255
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	191	142	55	71	169	203	255	255	255	255
255	255	255	255	255	244	235	255	249	251	255	106	129	255	255	255	255	255	255	255
255	255	255	190	175	251	117	224	249	249	255	120	215	255	255	255	255	255	255	255
255	255	255	230	108	255	160	161	255	255	255	172	209	255	255	255	255	255	255	255
255	255	255	255	49	91	133	43	128	155	179	124	135	195	202	197	231	255	255	255
255	255	255	120	73	211	120	71	146	166	188	139	116	173	167	161	220	255	255	255
254	253	255	174	221	232	118	246	255	255	255	209	180	255	255	255	255	255	255	255
253	248	255	255	255	234	246	255	255	255	255	189	127	255	255	255	255	255	255	255
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	217	167	255	255	255	255	255	255	255
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255

**Şekil 3.6 a Orijinal resim dosyasına ait sayısal içerik**

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

**Şekil 3.6 b İkili renk modeline sahip resim dosyasına ait sayısal içerik**

Hitit işaretlerine ait resim dosyalarının renk modeli değiştirildikten sonra hedeflenen dijital sözlüğünün görsel içeriği büyük oranda tamamlanmıştır. Ancak

ilerleyen aşamalarda yapılacak olan işlemler göz önüne alınarak oluşturulan bu resim dosyaları üzerinde bazı değişiklikler yapılması gerekmiştir. Bu değişiklikler de işlemlerin hızlandırılması ve kolay geliştirilebilmesi açısından MATLAB üzerinde yapılmıştır.

Bu değişikliklerden ilki, işaret resimlerinin boyutlarının standart hale getirilmesidir. Bunun için 375 işaret arasında x-ekseninde ve y-ekseninde en büyük boyuta sahip olan işaretler seçilerek işaret resimlerinin büyüklüğü (230X600) piksel olarak belirlenmiştir. Bu değerlerin belirlenmesi için hazırlanan MATLAB fonksiyonu Şekil 3.7' de verilmiştir.

Bu bilgiler elde edildikten sonra, kırpma işlemi (cropping) gerçekleştirilmiştir. Bu işlem temel olarak başlangıçta oluşturulmuş olan işaretlerin resim dosyalarının, işaret figürleri her zaman resmin merkezinde kalacak şekilde istenilen boyuta ölçeklendirilmesidir. Bu adımın amacı daha sonraki aşamalarda yapılacak olan çeşitli sayısal görüntü işleme tekniklerine standart bir girdi sağlayarak daha yüksek performansla daha iyi sonuçlar elde etmektir. Hitit çiviyazısı işaretlerinin resimlerinin boyutlarını standart hale getiren MATLAB fonksiyonuna ait kod parçası Şekil 3.8'de verilmiştir.

Hitit çiviyazısı işaretlerine ait resim dosyalarının kırpma işlemi uygulanmadan önce sahip olduğu görünüme Şekil 3.9 a'da bir örnek verilmiştir. Bu aşamada resim dosyası 1000x1000 piksellik bir boyuta sahiptir. Şekil 3.9 b'de ise kırpma işlemi uygulandıktan sonra elde edilen işaret resimlerine bir örnek verilmiştir. Sonuç olarak elde edilen resim dosyalarının boyutu 230x600 pikseldir.

İşaret resimleri standart bir boyuta getirildikten sonra yapılan diğer bir işlem ise resim üzerindeki çeşitli bozuklukların giderilmesidir. İşaret resimlerinin alındığı kaynağın dijital olmaması resim dosyaları üzerinde bir takım bozuklukların oluşmasına neden olabilmektedir. Bu bozukluklar işaretin karmaşıklaşmasına yol açan çeşitli lekeler ve işaretin tanınamamasına neden olan kırık ve kopukluklardır.

Bu sorunları ortadan kaldırmak için işaret resimleri üzerinde morfolojik işlemler yapılmıştır.

```
function [ maxWidth, maxHeight ] = findMaxSizes( path )
    d = dir(strcat(path, '*.bmp'));

    maxWidth = 0;
    maxHeight = 0;

    for i=1:length(d)
        img = imread(strcat(path, d(i).name), 'BMP');

        [w, h] = size(img);

        % Maximum genişliğin bulunması
        for x=1:w
            imgRow = img(x, 1:end);

            firstBlackPixel = find(not(imgRow), 1,
                'first');
            lastBlackPixel = find(not(imgRow), 1, 'last'
                );

            if(lastBlackPixel - firstBlackPixel >
                maxWidth)
                maxWidth = lastBlackPixel -
                    firstBlackPixel;
            end
        end

        % Maximum yüksekliğin bulunması
        for x=1:h
            imgColumn = img(1:end, x);

            firstBlackPixel = find(not(imgColumn), 1,
                'first');
            lastBlackPixel = find(not(imgColumn), 1,
                'last');

            if(lastBlackPixel - firstBlackPixel >
                maxHeight)
                maxHeight = lastBlackPixel -
                    firstBlackPixel;
            end
        end
    end
end
```

Şekil 3.7 Standart resim boyutunun bulunması

```

function [] = AutoCrop(sourcePath, targetPath)
    %Orjinal resim ve yeni oluşturulacak resim
    dosyalarının boyutlarının belirlenmesi
    orgImageWidth = 1000;
    orgImageHeight = 1000;

    [croppedImageWidth, croppedImageHeight] =
    findMaxSizes(sourcePath);

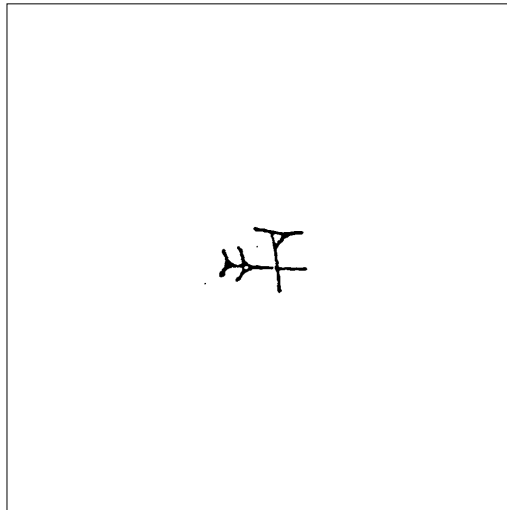
    %Yeni oluşturulacak resme orjinal resmin hangi
    kısmının kopyalanacağını belirlenmesi
    cropRect = [(orgImageWidth - croppedImageWidth)/2, (
    orgImageHeight - croppedImageHeight)/2,
    croppedImageWidth, croppedImageHeight];

    %Source path deki bütün BMP dosyalarının alınması
    cd(sourcePath);
    d = dir('*.*bmp');

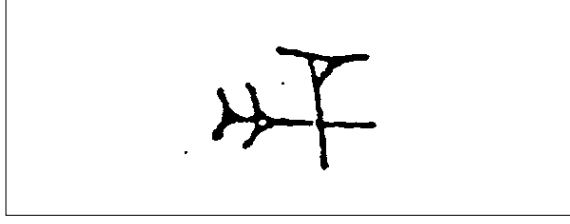
    %Alınan her resim dosyası için hesaplanan bölgenin
    yeni resim dosyasına kopyalanması
    for i=1:length(d)
        orgImage = imread(d(i).name, 'BMP');
        croppedImage = imcrop(orgImage, cropRect);
        cd(targetPath);
        imwrite(croppedImage, d(i).name);
        cd(sourcePath);
    end
end

```

**Şekil 3.8 Hitit çiviyazısı işaret resimlerinin boyutlandırılması**



**Şekil 3.9 a Kırpma işleminden önce işaret resimlerine bir örnek**



### 3.9 b Kırpma işleminden sonra işaret resimlerine bir örnek

Hitit işareti resimleri üzerine genişletme (dilation) morfolojik işlemi uygulanmıştır. Genişletme işlemi ile işaretin ana hatları kalınlaştırılarak aradaki kopukluklar olabilecek en iyi derecede giderilmiştir. Hitit işaretlerinin şeklinden yola çıkılarak bu işlem için dairesel yapısal elemanı kullanılmıştır. Böylece işaretler dengeli bir biçimde genişletilerek işaretin ana hatları korunmuştur. Buradaki amaç tablet üzerinden okunan işaretler sözlükte bulunan resimler ile karşılaştırılırken işaret resimlerinin olabilecek en yüksek kalitede olması ve böylece daha hızlı bir biçimde karşılaştırma yaparak daha güvenilir sonuçlar üretebilmektir. Hitit işaretleri resimleri üzerindeki bozuklukların giderilmesi için kullanılan MATLAB fonksiyonuna ait kod parçası Şekil 3.10'da verilmiştir.

Şekil 3.9 b' de verilen örnek çiviyazısı işareti üzerine uygulanan iyileştirme çalışmalarının sonucunda elde edilen resim dosyası Şekil 3.11' de verilmiştir.

Hitit işaret resimleri üzerinde gerçekleştirilen iyileştirme aşaması tamamlandıktan sonra Hitit çiviyazısı metinlerin otomatik çevirisi yapacak olan sistem içerisinde kullanılması planlanan dijital sözlüğün görsel içeriği tamamlanmıştır. İlerleyen adımlarda oluşturulan bu resim dosyaları, çeviri sisteminin mimarisine uygun olarak tasarlanmış olan bir veri tabanına yerleştirilmiş ve işaretlere ait diğer bilgiler ile ilişkilendirilerek kullanılmıştır.



```

function [ ] = removeDefect(sourcePath, targetPath)
%Source path deki bütün BMP dosyalarını al
cd(sourcePath);
d = dir('*.bmp');

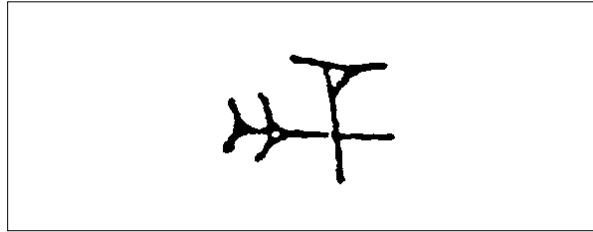
%Morfolojik işlemler için kullanılacak olan
structuring elementi oluştur.
se = strel('disk', 3);

%Her resim için dilation işlemini gerçekleştir
for i=1:length(d)
    sourceImage = imread(d(i).name);
    complementImage = imcomplement(sourceImage);
    targetComplementImage = imdilate(complementImage,
    se);
    targetImage = imcomplement(targetComplementImage);

    cd(targetPath);
    imwrite(targetImage, d(i).name, 'BMP');
    cd(sourcePath);
end
cd(targetPath);
end

```

**Şekil 3.10 İşaret resimleri üzerindeki bozuklukların düzeltilmesi**



**Şekil 3.11 İyileştirme işleminin sonuçlarına bir örnek**

### 3.5 Hitit Çiviyazısı İşaretleri Veritabanı

Hitit çiviyazısı işaretlerinin çevirisinin otomatik olarak yapılabilmesi için çiviyazısı işaretlerin Latin harfleri ile değerleri ve günümüz dillerindeki anlamlarının sorgulanabildiği bir sisteme ihtiyaç duyulmuştur. Çalışmanın başlangıç aşamasında yapılan araştırmalar sonucunda kullanıma hazır olan ve otomatik çeviri sisteminin gereksinimlerini tam olarak karşılayabilecek kapasiteye sahip

herhangi bir dijital sözlük veya veritabanı bulunamamıştır. Bunun üzerine, HZL [Rüster and Neu, 1989] esas alınarak Hitit çiviyazısı işaretlerine ait bilgilerin saklandığı bir veritabanı oluşturulmasına karar verilmiştir. Bu alt bölümde, veritabanında bulunan tablolar, tabloların arasındaki ilişkiler ve bu tablolarda depolanmış olan bilgiler detaylı olarak açıklanmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde yapılan tüm veritabanı işlemlerinde açık kaynak bir veritabanı yönetim sistemi olan MySQL<sup>14</sup> kullanılmıştır. Veri tabanı yönetim sistemi olarak MySQL seçilmesinin en önemli sebebi hızlı ve güvenilir bir sistem olmasının yanı sıra, otomatik çeviri sisteminin geliştirildiği ortam olan MATLAB ile uyumlu çalışabilmesidir. Tasarlanmış veritabanının geliştirilmesi, verilerin kaydedilmesi ve sorgulanması aşamasında ise MySQL Workbench<sup>15</sup> 6.0 kullanılmıştır.

Dijital işaret sözlüğü, toplam 5 tablo ile Hitit çiviyazısı işaretlerine ait bütün bilgileri içeren bir veritabanıdır. Çiviyazısı işaretleri veritabanı; işaretin resim dosyası, Hitit, Sumer, Akad dillerindeki değerleri ve Türkçe anlamlarını içermektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda veritabanının kolay bir biçimde güncellenebilmesi ve genişletilebilmesi için bu bilgilerin her biri farklı tablolar içerisinde saklanmıştır. Hitit çiviyazısı işaretlerine ait bilgilerin saklandığı tabloların listesi aşağıda verilmiştir.

1. sign\_image\_paths
2. sign\_hittite
3. sign\_sumerian
4. sign\_akkadian
5. sign\_sumerogramme

sign\_image\_paths tablosu, veritabanında çiviyazısı işaretlerin resim dosyalarına ait bilgilerin saklandığı tablodur. Her bir çiviyazısı işareti için tek bir kayıt içermesi

---

<sup>14</sup> MySQL, kaynak kodu açık olan, çoklu iş parçacıklı, çoklu kullanıcı, hızlı ve sağlam bir veri tabanı yönetim sistemidir. (<http://tr.wikipedia.org/wiki/MySQL>)

<sup>15</sup> MySQL Workbench, MySQL veri tabanı sistemleri için görsel bir tasarım ve geliştirme aracıdır. ([http://en.wikipedia.org/wiki/MySQL\\_Workbench](http://en.wikipedia.org/wiki/MySQL_Workbench))

nedeniyle bu tablo, temel tablo olarak kabul edilebilir. Bu tablo ile çiviyazısı işaretlerin Hitit, Sumer ve Akad dillerindeki karşılıklarının bulunduğu tablolar olan sign\_hittite, sign\_sumerian ve sign\_akkadian tabloları arasındaki ilişki, çiviyazısı işaretleri tanımlamak için kullanılan tekil (unique) numaralar üzerinden sağlanmaktadır. Bu tekil numaralar oluşturulurken HZL' da bulunan çiviyazısı işareti numaraları esas alınmıştır. Tablolar arasındaki ilişki oluşturulurken ise, resim tablosunda bulunan çiviyazısı işaretlerinin tanımlayıcı numaraları, sign\_hittite, sign\_sumerian ve sign\_akkadian tablolarına yabancı anahtar (foreign key) kısıtı olarak eklenmiştir. Böylece veritabanında kendine ait resim dosyası olmayan bir çiviyazısı işaretinin bu tablolara eklenmesi olasılığının önüne geçilmiştir.

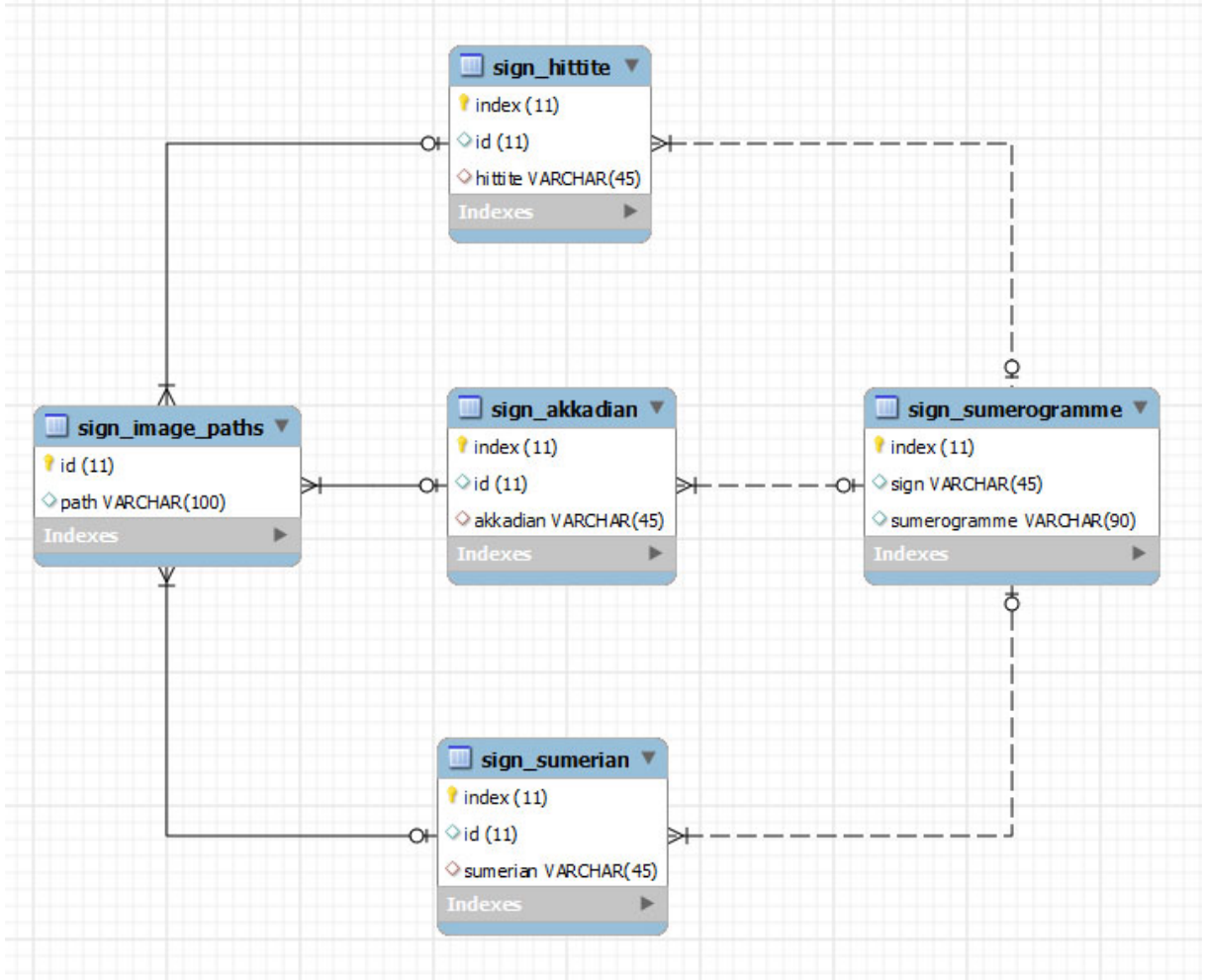
Veritabanındaki diğer bir tablo olan sign\_sumerogramme tablosu ise, çiviyazısı işaretlerinin Türkçe dilindeki anlamları içermektedir. Bu tablo, işaretlerin sign\_hittite, sign\_sumerian ve sign\_akkadian tabloları ile doğrudan ilişkilidir. Tablolar arasındaki bu ilişkide, çiviyazısı işarete ait Hitit, Akad veya Sumer dillerindeki değerler sign\_sumerogramme tablosuna yabancı anahtar kısıtı olarak eklenmiştir. Veritabanının şeması Şekil 3.12'de gösterilmiştir. Şekil 3.12 ile ilişkisel veritabanı tasarımında varlık - bağıntı diyagramı<sup>16</sup> (entity - relationship diagram) olarak bilinen diyagram tekniği örneği verilmiştir.

Çiviyazısı işaretleri veritabanındaki tablolardan ilki olan sign\_image\_paths tablosu, çiviyazısı işaretlerine ait resim dosyalarının bulunduğu tablodur. Bu tablo, çiviyazısı işarete ait tekil bir numara (id) ve işaretin dosya sistemi içerisinde bulunduğu konumu gösteren bir dizgi (path) içermektedir. HZL' da her bir çiviyazısı işarete tekil bir numara verilmiş olduğundan ve HZL çalışmanın ana kaynaklarından biri olarak kabul edildiğinden, bu tablo içerisine bilgiler kaydedilirken çiviyazısı işaretlerinin HZL' daki tanımlayıcı numaraları kullanılmıştır. Çiviyazısı işaretlerine ait resim dosyalarının sözlüğe doğrudan kaydedilmesi yerine dosya sistemindeki konumlarının saklanması, resim dosyaları üzerinde herhangi

---

<sup>16</sup> Varlık – bağıntı diyagramı, nesnelere ile aralarındaki ilişkileri tasvir eden bir modelleme tekniğidir.

bir güncelleme veya iyileştirme yapılmasını kolaylaştırmaktadır. Tablonun belirli bir çiviyazısı işareti için gösterdiği konumdaki resim dosyası üzerinde yapılan herhangi bir değişiklik veritabanı üzerinde hiçbir işlem yapmadan kullanıma hazır olacaktır. Tablonun sütunlarına ait bilgiler Çizelge 3.1' de verilmiştir.



**Şekil 3.12 Çiviyazısı işaretleri veritabanı şeması**

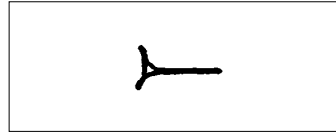
sign\_image\_paths tablosundan Hitit çiviyazısı işaretlerine ait bilgi sorgulaması yapılırken işaretin kendine ait tekil numarası (id) kullanılmaktadır. Yapılan SQL<sup>17</sup> (Structured Query Language) sorgusunda bu numara verilerek bu numaralı işarete ait resim dosyasının konumu elde edilmektedir. Şekil 3.14'te Şekil 3.13'te verilmiş

<sup>17</sup> SQL, herhangi bir veri tabanında verileri yönetmek ve tasarlamak için kullanılan bir programlama dilidir. (<http://tr.wikipedia.org/wiki/SQL>)

olan 1 numaralı işarete ait resim dosyasının konumunu almak için sign\_image\_paths tablosuna yapılan SQL sorgusu örnek olarak verilmiştir. Şekil 3.15'te ise, bu sorgu çalıştırıldığında geriye dönen cevap verilmiştir.

**Çizelge 3.1 sign\_image\_paths tablosu sütun bilgileri**

	Sütunlar	
	id	path
<b>Veri Türü</b>	int(11)	varchar(100)
<b>Varsayılan Değer</b>	-	-
<b>Boş Kalabilir</b>	Hayır	Hayır
<b>Otomatik Arttır</b>	Hayır	Hayır
<b>Yabancı Anahtar</b>	-	-



**Şekil 3.13 1 numaralı Hitit çiviyazısı işareti**

```
SELECT path
FROM sign_image_paths
WHERE id=1;
```

**Şekil 3.14 sign\_image\_paths tablosu sorgu örneği**

path
D:\Signs\1.bmp

**Şekil 3.15 sign\_image\_paths tablosu cevap örneği**

Hitit çiviyazılı metinler, Hititçe' nin yanı sıra tarihsel süreç içerisinde etkilendikleri uygarlıkların dillerini de içermektedir. Başkent Boğazköy'de bulunan tabletler, Hititçe, Sumerce, Akadça, Hurrice ve Kikkuli adıyla bilinen bir dille birlikte toplam 8 dilin Hitit çiviyazısı metinlerinde kullanıldığını göstermiştir [Hırçın, 1998]. HZL, Hitit dili ile birlikte toplam 5 farklı dil içermektedir.

Bütün dillerin sürece katılması zaman açısından yüksek maliyetli bir işlem olduğundan çiviyazısı işaretleri veritabanına işaretlerin sadece Hitit, Akad ve Sumer dillerindeki karşılıkları eklenmiştir. Bu seçim yapılırken belirlenen amaç, olabilecek en fazla sayıda işaretin karşılığına ulaşmaktır.

Hitit çiviyazısı işaretlerinin belirlenen dillerdeki karşılıkları veritabanına eklenirken, her bir dil için ayrı bir tablo oluşturulmuştur. Bunun amacı veri tabanını kolay bir biçimde genişletebilir kılmaktır. Bu tasarım ile çiviyazısı işaretlerinin farklı dillerdeki karşılıkları daha kolay eklenebilir bir hale getirilmiştir. Aynı zamanda bu tasarım kararı, istenildiği zaman sadece belli diller kullanılarak çeviri yapılmasına imkan sağlamaktadır.

Çiviyazısı işaretlerin ilgili dillerdeki karşılıklarının saklandığı tablolarda her bir kayıt için tekil bir numara (index), çiviyazısı işaretin kendine ait tekil numarası (id) ve işaretin o dildeki karşılığı (Hittite, Akkadian, Sumerian) bulunmaktadır.

Çizelge 3.2, Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4' de çiviyazısı işaretlerin ilgili dillerdeki karşılıklarının saklandığı veritabanı tablolarının sütunlarına (attribute) ait bilgiler verilmiştir.

sign\_hittite, sign\_sumerian ve sign\_akkadian tablolarındaki Hitit çiviyazısı işaretlerine ait bilgilere erişirken, işarete ait tekil numara alanı (id) kullanılmaktadır. Bu tablolara yapılan sorguda işaretin tekil numarası gönderilerek ilgili işaret bu dillerdeki karşılıkları istenmektedir. Şekil 3.16, Şekil 3.18 ve Şekil 3.20'de sıra ile sign\_hittite, sign\_sumerian ve sign\_akkadian tablolarına Şekil 3.13'de verilmiş

olan 1 numaralı çiviyazısı işareti için yapılan SQL sorgularına örnek verilmiştir. Şekil 3.17, Şekil 3.19 ve Şekil 3.21’de ise ilgili sorgulara karşılık gelen cevap örnekleri verilmiştir.

**Çizelge 3.2 sign\_hittite tablosu sütun bilgileri**

	Sütunlar		
	index	id	hittite
<b>Veri Türü</b>	int(11)	int(11)	varchar(100)
<b>Varsayılan Değer</b>	-	-	-
<b>Boş Kalabilir</b>	Hayır	Hayır	Hayır
<b>Otomatik Arttır</b>	Evet	Hayır	Hayır
<b>Yabancı Anahtar</b>	-	sign_image_paths.id	-

**Çizelge 3.3 sign\_akkadian tablosu sütun bilgileri**

	Sütunlar		
	index	id	akkadian
<b>Veri Türü</b>	int(11)	int(11)	varchar(100)
<b>Varsayılan Değer</b>	-	-	-
<b>Boş Kalabilir</b>	Hayır	Hayır	Hayır
<b>Otomatik Arttır</b>	Evet	Hayır	Hayır
<b>Yabancı Anahtar</b>	-	sign_image_paths.id	-

Çizelge 3.4 sign\_sumerian tablosu sütun bilgileri

	Sütunlar		
	index	id	sumerian
<b>Veri Türü</b>	int(11)	int(11)	varchar(100)
<b>Varsayılan Değer</b>	-	-	-
<b>Boş Kalabilir</b>	Hayır	Hayır	Hayır
<b>Otomatik Arttır</b>	Evet	Hayır	Hayır
<b>Yabancı Anahtar</b>	-	sign_image_paths.id	-

```
SELECT hittite  
FROM sign_hittite  
WHERE id=1;
```

Şekil 3.16 sign\_hittite tablosu sorgu örneği

	hittite
	aš
	rù

Şekil 3.17 sign\_hittite tablosu cevap örneği

```
SELECT sumerian  
FROM sign_sumerian  
WHERE id=1;
```

Şekil 3.18 sign\_sumerian tablosu sorgu örneği



	sumerian
	AS
	DILI
	DIDLI

**Şekil 3.19 sign\_sumerian tablosu cevap örneği**

```
SELECT akkadian  
FROM sign_akkadian  
WHERE id=1;
```

**Şekil 3.20 sign\_akkadian tablosu sorgu örneği**

	akkadian
	as
	az
	dil
	del
	ina
	ru
	rum

**Şekil 3.21 sign\_akkadian cevap örneği**

Hitit çivi yazısı işaretleri veritabanında bulunan son çizelge ise, çivi yazısı işaretlerin Latin harfleri ile değerlerinin Türkçe anlamlarını içeren Çizelge 3.5 sign\_sumerogramme tablosudur. Otomatik çeviri sürecinin son aşamasında kullanılacak olan bu çizelge, çivi yazısı işaretin Latince değerinin bulunmasından sonra, bu değerlerin Türkçe’de ifade edebileceği anlamların sorgulanacağı tablodur. Bu tabloda, her bir kayıt için yaratılan tekil bir numara (index), işaretin Latince değeri (sign) ve bu değerle ilişkili olan anlamlar (sumerogramme) yer almaktadır. Çizelge 3.5’de gerekli teknik bilgiler verilmiştir.

Görüldüğü gibi Çizelge 3.5 sign\_sumerogramme tablosundan çiviyazısı işaretlerin Türkçe anlamları alınırken, işaretlere ait Hititçe, Sumerce ve Akadça değerler kullanılmaktadır. Şekil 3.22 ve Şekil 3.24’de sign\_sumerogramme tablosunda Şekil 3.13’de verilmiş olan 1 numaralı işaretin Sumer dilindeki AS ve DILI değerleri için Türkçe karşılıkları verilmiştir. Şekil 3.23 ve 3.25’de ise ilgili sorguların cevapları örneklendirilmiştir.

**Çizelge 3.5 sign\_sumerogramme tablosu sütun bilgileri**

	Sütunlar		
	index	sign	sumerogramme
<b>Veri Türü</b>	int(11)	int(11)	varchar(100)
<b>Varsayılan Değer</b>	-	-	-
<b>Boş Kalabilir</b>	Hayır	Hayır	Hayır
<b>Otomatik Arttır</b>	Evet	Hayır	Hayır
<b>Yabancı Anahtar</b>	-	sign_hittite.hittite sign_sumarian.sumerian sign_akkadian.akkadian	-

```
SELECT sumerogramme
FROM sign_sumerogramme
WHERE sign="AS";
```

**Şekil 3.22 sign\_sumerogramme tablosu sorgu örneği**

	sumerogramme
	6

**Şekil 3.23 sign\_sumerogramme tablosu cevap örneği**

```
SELECT sumerogramme  
FROM sign_sumerogramme  
WHERE sign="DILI";
```

**Şekil 3.24 sign\_sumerogramme tablosu sorgu örneği**

	sumeroqramme
	çoğul

**Şekil 3.25 sign\_sumerogramme tablosu cevap örneği**

Hitit çiviyazısı metinlerinin otomatik çevirisi yapılırken tabloların kullanım sırası şu şekildedir:

1. sign\_image\_paths
2. sign\_hittite
3. sign\_sumerian
4. sign\_akkadian
5. sign\_sumerogramme

Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanında bulunan sign\_image\_paths tablosu, metinlerin otomatik çevirisi yapılırken metin içerisinden alınan çiviyazısı işaretlerinin tanınması aşamasında kullanılacak olan ilk tablodur. Bu tablo kullanılarak bir çiviyazısı işareti tanınması, o işarete ait tekil numaranın bulunması anlamına gelmektedir. Daha sonra sign\_hittite, sign\_sumerian ve sign\_akkadian tablolarında bu tekil numara kullanılarak arama yapılmaktadır. Bu aramalar söz konusu çiviyazısı işaretinin ilgili dillerdeki karşılıklarını döndürmektedir. Son aşamada ise, dilin Hitit, Sumer ve Akad dillerindeki karşılıkları sign\_sumerogramme tablosunda aratılarak çiviyazısı işaretinin Türkçe anlamı ortaya çıkarılmaktadır.

Günümüze kadar yapılmış olan arkeolojik kazılar sonucunda bulunmuş olan kil tabletler üzerinde yapılmış olan çalışmalar sonucunda toplam 375 adet Hitit

çiviyazısı işareti bulunmuştur. Tez çalışması kapsamında oluşturulan Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanı bu işaretler ve işaretler ile ilgili bilgileri içermektedir. Ancak gelecekte yapılacak olan çalışmalar sonucunda bu sayının artması ihtimali bulunmaktadır. Bu yüzden Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanı genişletilmeye açık bir biçimde tasarlanmıştır. Yeni bir çiviyazısı işaretinin ortaya çıkması durumunda, öncelikle bu işarete ait görsel içeriğin diğer çiviyazısı işaretlerine ait resimlerin bulunduğu dosya altına eklenmesi gerekmektedir. Daha sonra yeni çiviyazısı işarete ait resim dosyasının kaydedilmiş olan en son işarete ait tekil numaranın bir fazlası ile sign\_image\_paths tablosuna kaydedilmesi gerekmektedir. Çiviyazısı işaretlerine ait resimlerin dosya sistemi üzerinde nerede buldukları bilgisini saklayan bu tabloya kaydedilmesi gereken bir diğer bilgi ise yeni çiviyazısı işaretinin resminin konumunu ifade eden bir dizgidir. Bir sonraki adımda bu işarete ait belirlenmiş olan Hititçe, Sumerce ve Akadça karşılıkların ilgili tabloya, sign\_image\_paths tablosuna eklenirken kullanılan tekil numara ile birlikte kaydedilmesi gerekmektedir. Son aşama ise yeni çiviyazısı işaretinin Türkçe anlamına ait bilgilerin sign\_sumerogramme tablosuna eklenmesidir. Bu aşamada tabloya işarete ait kaydedilmiş olan Hititçe, Sumerce ve Akadça karşılıklar ve bunların Türkçe anlamlarının eklenmesi gerekmektedir. Yeni gelişmeler sonucunda bulunabilecek yeni bir Hitit çiviyazısı işareti için sırası ile bu adımlar tamamlandıktan sonra sistem otomatik olarak yeni eklenmiş olan bu işareti kullanabilecektir. Ayrıca, yeni eklenecek olan işaretlerin HZL 'de verilen tekil numaraların sonundan başlayacak olması veritabanının burada kullanılmış olan kronolojik sıraya uygun olarak genişlemesini sağlayacaktır.

Oluşturulan Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanı, Hitit dili uzmanlarının da yararlanabileceği bir araç olması nedeniyle çalışmanın bir yan ürünü olarak kabul edilebilir. Ayrıca, konu üzerinde daha önce yapılmış benzer bir çalışma olmadığından gelecekte yapılacak birçok çalışmaya kaynak olması mümkündür.

Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanının oluşturulmasından sonra, Hitit çiviyazısı işaretlerinin otomatik çevirisini yapması planlanan sistemin geliştirilmesi aşamasına geçilmiştir.

## 4 ÖNERİLEN ÇEVİRİ SİSTEMİ

### 4.1 Giriş

Hitit çiviyazılı metinlerin günümüz dillerine çevirisi üç ana adım içeren bir işlemdir. Bu adımlar aşağıda uygulama sırasına göre verilmiştir.

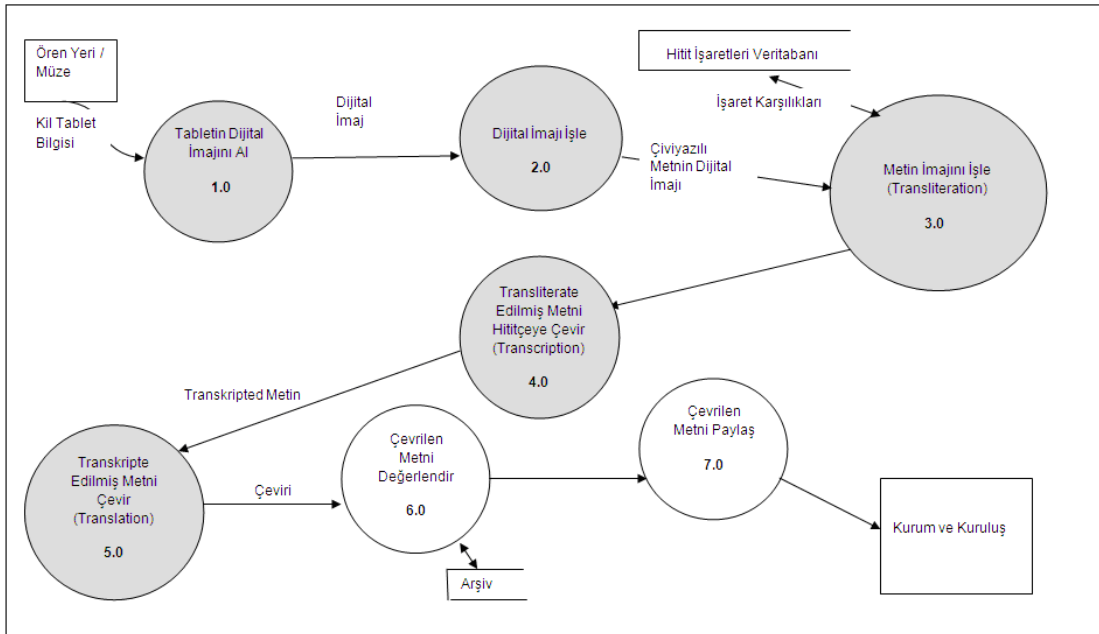
1. Yazı dönüşümü (transliteration)
2. Uyarlama (transcription)
3. Çeviri (translation)

İlk adım olan yazı dönüşümü, Hitit çiviyazısı metnlerinin çiviyazısı işaretlerinden Latin harflerine dönüştürülmesi işlemidir. Hitit çiviyazılı metinler Hititçenin yanı sıra Sumerce ve Akadça başta olmak üzere bir çok farklı dil içermektedirler. Yazı dönüşümü işlemi sırasında bir işaretin hangi dilden olduğuna dair bilgiyi kaybetmemek ve karıştırmamak adına kullanılan uluslararası bir gösterim şekli bulunmaktadır. Bu gösterim şekline göre, Hititçe olan çiviyazısı işaretlerinin Latin harfleri ile değerleri küçük harflerle yazılır ve heceler arasına tire işareti kullanılarak sözcükler oluşturulur. Hitit metinleri içerisinde kullanılmış olan Sumerce işaretler olan Sumerogramlar ise büyük harfler kullanılarak yazılmaktadır. Benzer olarak Hitit metinleri içerisinde geçen Akadça kökenli işaretler olan Akadogramlar büyük italik harfler ile gösterilmektedir. Bunlara ek olarak sıfat (determinatif / belirtici) olarak kullanılmış çiviyazısı işaretleri yazı dönüşümü yapılırken betimledikleri işaretin değerine üst yazı (superscript) olarak duruma göre sözcüğün önüne ya da sonuna eklenirler.

Yazı dönüşümü işlemi tamamlandıktan sonra arka arkaya dizilmiş olan Hititçe kelimeleri göstermek için iki yöntem bulunmaktadır. Bunlardan biri Hititçe kelime dizisinin yazı dönüşümü yapılmış haliyle doğrudan kullanılmasıdır. Başka bir yöntem olan uyarlama ise, yazı dönüşümü yapılmış ve tireler yardımıyla birleştirilmiş hecelerin oluşturduğu sözcüklerin değerlendirilmesidir. Bu yöntem ile yazı dönüşümü işleminden sonra elde edilen Latin harfleri ile yazılmış olan

sözcükler Hitit dili kurallarına göre uyarlanarak gerçek Hititçe kelimeler oluşturulmaktadır.

Yazı dönüşümü ve uyarlama aşamaları tamamlandıktan sonra çeviri işlemi yapılmaktadır. Burada önemli olan nokta çiviyazısı işaretlerinin sahip olduğu karakteristik özelliklerdir. Bir çiviyazısı işareti homofonik ya da polifonik olabilir. Bir çiviyazısı işaretinin homofonik olması kendisiyle aynı anlamı ifade eden başka çiviyazısı işaretleri olduğu anlamına gelmektedir. Polifonik olması ise, o çiviyazısı işaretinin birden fazla anlama sahip olduğunu ifade etmektedir. Bunlara ek olarak çiviyazısı işaretleri kendilerinden önce veya sonra gelen kelimeleri betimleyen sıfatlar (determinatif / belirtici) olarak kullanılabilir. Uyarlama adımından sonra elde edilen metinler, bu özellikler göz önünde bulundurularak günümüz dillerindeki anlamlarına çevrilmiştir [van den Hout, 2011]. Şekil 4.1'de verilen genel bakış diyagramı Hitit çiviyazılı kil tabletlerin Hitit dilinden günümüz dillerine otomatik çevirisi yapılırken gerçekleştirilen adımları ve kullanılan kaynakları göstermektedir.

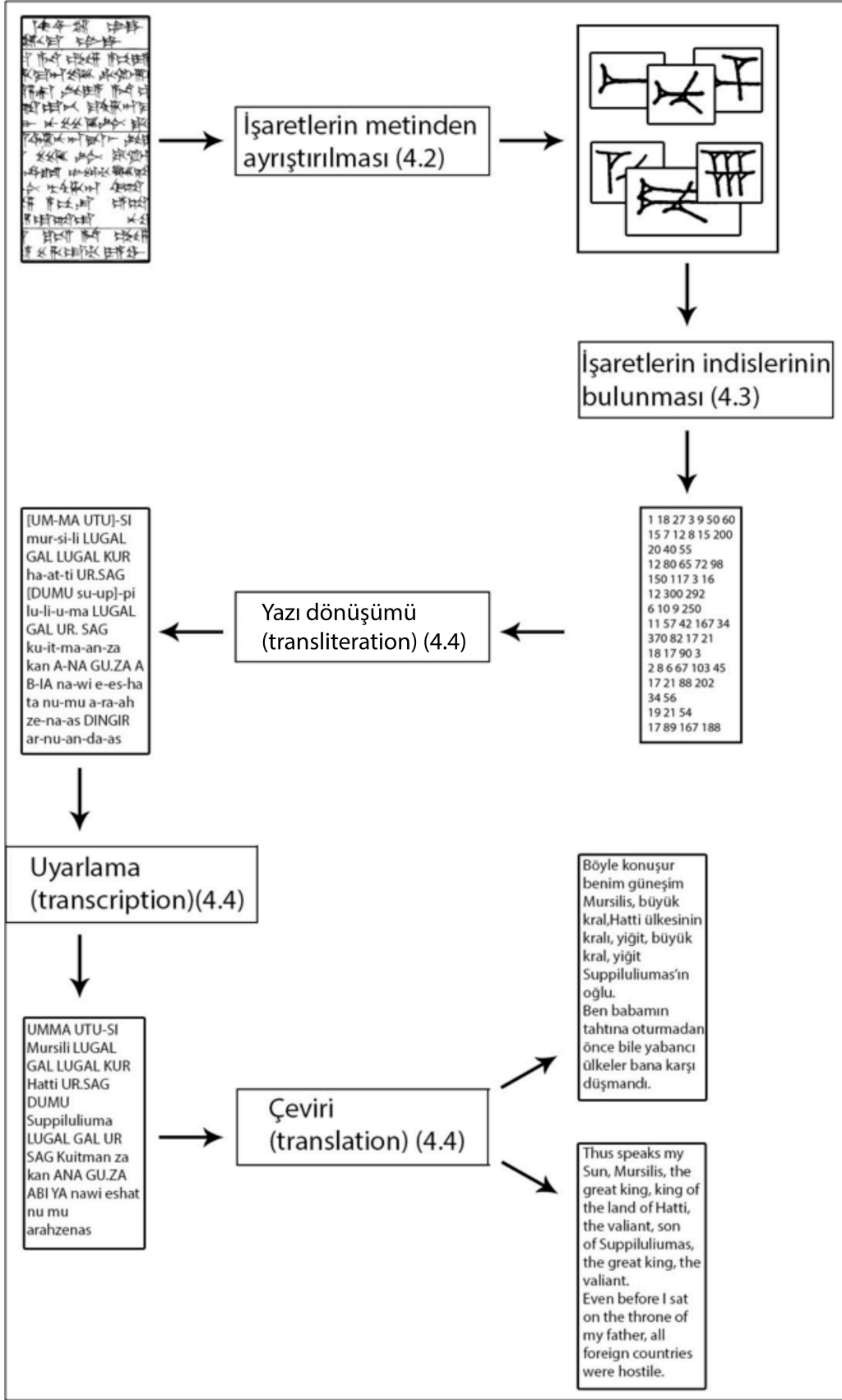


**Şekil 4.1 Otomatik çeviri sistemine ait genel bakış diyagramı**

Hitit çiviyazılı metinlerin otomatik çevirisinin yapılması için tasarlanan böyle bir bilgi sistemi, ilk adımda girdi olarak aldığı bir çiviyazılı metin içerisindeki çiviyazısı işaretlerini birbirinden ayırtmaktadır. Bu adım sonucunda ilgili metnin içerdiği tüm çiviyazısı işaretleri ayrı birer resim dosyası olarak elde edilebilmektedir. Bir sonraki aşama, bu işaretlerin tanınmasıdır. Sistemin bu kısmında metindeki kullanım sıralarına uygun olarak çiviyazısı işaretleri sistem tarafından tanınarak, kendilerine ait tekil indis numaralarına dönüştürülmektedir. Başka bir deyişle, çiviyazısı işaretleri olarak alınan girdiler, bu işaretleri temsil eden indis numaralarına dönüştürülmektedir.

Bu adım tamamlandıktan sonra, oluşturulan Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanından indisler kullanılarak çiviyazısı işaretlerine ait Latin harfleri ile yazılmış olan değerler sorgulanmaktadır. Böylece sisteme girdi olarak verilen bir metin için yazı dönüşümü yapılarak, metin Hitit çiviyazısından Latin harflerine dönüştürülmektedir. yazı dönüşümü için Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanına yapılan sorgular sonucunda işaretlerin Hitit, Sumer ve Akad dillerindeki Latin harfleri ile yazılmış karşılıkları elde edilmektedir.

Bu aşamadan sonra metindeki sırasında uygun olarak arka arkaya dizilmiş Hitit, Sumer ve Akad dillerindeki sözcükler Hitit dilinin dilbilgisi (gramar) kurallarına uygun olarak yeniden biçimlendirilerek kelimeler oluşturulmaktadır. Uyarlama (transcription) olarak adlandırılan bu işlem tamamlandıktan sonra, çiviyazısı işaretleri ile yazılmış olan bir metin çeviri (translation) aşamasına başlamak için hazır hale getirilmektedir. Hitit çiviyazısı metinlerinin otomatik çeviri sisteminde son aşama, metnin Hititçeden günümüz dillerine çevirisinin yapılmasıdır. Bu aşamada, Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanına, uyarlama işlemi sonucunda oluşturulan Hititçe kelimeler gönderilerek, bu kelimelerin istenilen dillerdeki karşılıkları elde edilmektedir. Şekil 4.2'de otomatik çeviri sisteminin ana süreçleri ve işleyişi adımlar halinde gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Otomatik çeviri sistemi ana süreçleri



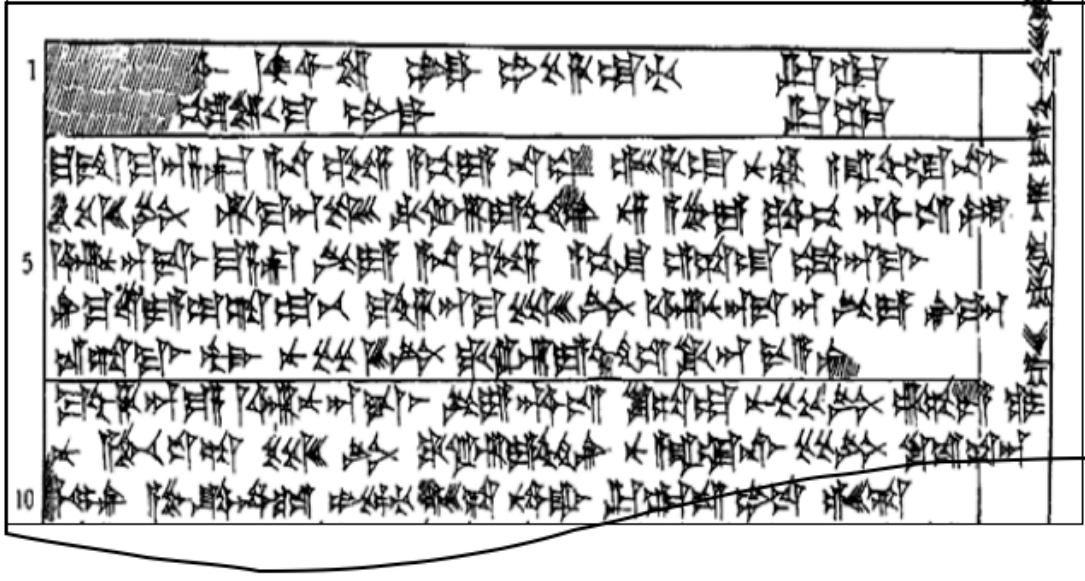
Bu bölümde Hitit çiviyazılı metinlerin otomatik çevirisi için tasarlanan sistem detaylı olarak anlatılmıştır. 4.2 numaralı alt bölümde girdi olarak alınan bir çiviyazılı metnin içerisinde çiviyazısı işaretlerinin ayrıştırılması aşaması açıklanmıştır. 4.3 numaralı alt bölümde ise ayrıştırılan bu çiviyazısı işaretlerinin tanınması ve her bir çiviyazısı işareti için tekil olan numaralara dönüştürülmesi işlemleri detaylı olarak açıklanmıştır. Son olarak 4.4 numaralı alt bölümde ise tekil numaralara dönüştürülmüş olan çiviyazısı işaretlerinin günümüz dillerindeki karşılıklarının nasıl bulunduğu detaylandırılmıştır.

## **4.2 Çiviyazısı İşaretlerinin Bulunması**

Günümüzde çoğunluğu Ankara ve İstanbul'daki müzelerde sergilenmekte olan Hitit kil tabletleri, ortalama olarak 20x30 cm büyüklüğündedir. Bu tabletler üzerindeki Hitit çiviyazısı metinlerinde yazının akış yönü her zaman soldan sağa doğrudur ve metinlerin her bir sütununda ortalama olarak 70 adet çiviyazısı işareti bulunmaktadır [van den Hout, 2011].

Kil tabletlerin orijinallerine erişim imkanının sınırlı olması nedeniyle Hititologlar genellikle bu tabletlerin 'autograph' adı verilen el ile kopyalanmış versiyonları üzerinden çalışmaktadırlar. Şekil 4.3'de II. Mursili 'nin dönemindeki 10 yıllık tarihsel olayları anlatan bir kil tablete (10-year Annals of Mursili II) ait örnek bir autograph verilmiştir.

Hitit çiviyazılı metinlerin otomatik çevirisi için tasarlanan sistem de Hititologların çalışma yöntemine benzer şekilde girdi olarak bir çiviyazısı metinlerin elle kopyalanmış versiyonlarına ait bir resim dosyası almaktadır. Hitit çiviyazılı metinlerin otomatik çevirisini oluşturmak için yapılan ilk işlem girdi olarak alınan bu resim üzerindeki çiviyazısı işaretlerinin birbirlerinden ayrıştırılarak teker teker bulunmasıdır.



**Şekil 4.3 Autograph (Elle kopyalanmış metin) örneği**

Hitit çiviyazısı metinleri içerisinde geçen işaretlerin bulunmasına yönelik gerçekleştirilen ilk adım alınan resmin renk modelinin değiştirilmesidir. Kil tabletlerin el ile kopyalanmış olan bu versiyonlarında renk bilgisinin herhangi bir anlamı bulunmamaktadır. Bu yüzden hem sistemin daha yüksek performans ile çalışabilmesi hem de resim üzerinde daha sonra yapılacak olan işlemleri kolaylaştırmak için girdi olarak alınan resmin renk modeli ikili (siyah-beyaz) renk modeline dönüştürülmektedir. Bu işlem için Şekil 3.5'te verilen MATLAB fonksiyonuna benzer bir fonksiyonuna benzer şekilde yapılmaktadır. Girdi olarak verilen metne ait resmin renk modeli değiştirildikten sonra oluşturulan yeni resim dosyası orijinal dosyayı kaybetmemek ve bir karışıklık olmasını önlemek için farklı bir isim altında kaydedilmektedir.

Renk modeli dönüşümü işlemi tamamlandıktan sonra metin resmi üzerinde satır ve sütunların bulunması işlemine geçilmiştir. Bu işlem yapılırken izlenen yöntem metin resmi üzerindeki piksel değerlerini kontrol ederek bu resim üzerine her hücrelerinde bir çiviyazısı işareti bulunan bir ızgara (grid) yapısı oluşturmaktır. Renk modeli değiştirildikten sonra oluşturulan yeni metin resmi ikili renk modeline sahiptir. Renk modeli değiştirildikten sonra oluşturulan yeni metin resmi içerisinde

çiviyazısı işaretlerinin gösterildiği pikseller siyah yani 0, arka planın gösterildiği pikseller ise beyaz yani 1 değerine sahiptir. Hitit çiviyazılı bir metne ait resim üzerinde dinamik olarak bir ızgara yapısı oluşturulurken piksellerin sahip olduğu bu değerler kullanılmaktadır.

Hitit çiviyazılı bir metne ait resim üzerinde ızgara oluşturma işleminin temelini resim üzerindeki satır ve sütunları bulma adımları oluşturmaktadır. Metin içerisindeki satırların belirlenmesi için resmin sol üst köşesi olan 0x0 noktasından başlayarak yatay ekseninde ileri doğru giden bir imleç kullanılmaktadır. Bu imleç her adımda bir piksel aşağı sağa ilerlemektedir. İmlecin bulunduğu pozisyon güncellendikten sonra yeni geldiği pikselin değeri kontrol edilerek, o noktanın dahil olduğu öge bulunmaktadır. Kontrol edilen pikselin değerinin bir olması o pikselin arka plana dahil olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumda işlem bir sağ taraftaki piksel için aynı şekilde devam etmektedir. Buna karşılık kontrol edilen pikselin değerinin sıfır olması, o pikselin metin içerisindeki çiviyazısı işaretlerinden bir tanesinin içinde olduğu anlamına gelmektedir ve bu durumda imleç bir piksel aşağı inerek metin resminin en soluna yerleştirilmektedir. Hitit çiviyazılı bir metne ait resim üzerinde en soldan en sağa kadar değeri sıfır olan hiç bir pikselle karşılaşılmayan kısımlar satır olarak algılanıp ilgili değerler kaydedilmektedir. Bu işlem 0x0 noktasından başlayarak sağa doğru metin resmi üzerindeki bütün pikseller için uygulanmaktadır. Sütun bulma işlemi de benzer şekilde metin resmi üzerinde 0x0 noktasından başlayarak dikey olarak ilerlemektedir. Her pikselin kontrolünden sonra, imleç bir aşağıdaki piksele ilerlemektedir. Sistem işlem sırası olarak önce sütunlar sonra satırlar bulunmaktadır. Sütun bulma işlemi tamamlandıktan sonra metnin her bir sütunu ayrı bir resim dosyası olarak kaydedilmektedir ve satır bulma işleminde bu dosyalar kullanılmaktadır. Şekil 4.4 a ve Şekil 4.4 b'de girdi olarak alınan bir Hitit çiviyazılı metin resmi üzerindeki sütun ve satırların bulunması için kullanılan MATLAB fonksiyonları verilmiştir.

Hitit çiviyazılı metinlerin otomatik çevirisi için hazırlanan sistemde ilk aşamalardan biri olan satır ve sütunların bulunması işlemi girdi olarak alınan bir metin resmi üzerinde bir ızgara yapısının oluşturulmasına imkan vermektedir. Satır ve sütun

bilgileri kullanılarak oluşturulan bu ızgaranın her bir hücresinde bir çiviyazısı işareti bulunmaktadır. Sistemin işaretlerin bulunması adımını tamamlamadan önce yaptığı son işlem, metin resmi üzerinde sınırları belirlenmiş olan bu hücrelerin içeriğinin ayrı birer resim dosyası olarak kaydedilmesidir. Bu işlemin yapılmasının temel sebebi bir sonraki aşama dönüşüm işleminde her bir çiviyazısı işaretinin metinden bağımsız olarak tek başına değerlendirilecek olmasıdır.

```
function [ ] = findColumns(imName)
w = size(textIm, 2);h = size(textIm, 1);
arrayColumnNumber = 0;
lastColumnEmpty = 0;thisColumnEmpty = 0;
columnIndexArray = [0];
for i=1:w
    thisColumnEmpty = 1;
    for j=1:h
        if textIm(j,i) == 0
            thisColumnEmpty = 0;
            break;
        end
    end
    if lastColumnEmpty == 0 && thisColumnEmpty == 1
        arrayColumnNumber = arrayColumnNumber + 1;
        columnIndexArray(arrayColumnNumber) = i;
    end
    lastColumnEmpty = thisColumnEmpty;
end
for c=1:arrayColumnNumber-1
tempImage = zeros(h, (columnIndexArray(c+1) - columnIndexArray(c)));
tempImage_w = size(tempImage, 2);
tempImage_h = size(tempImage, 1);
for i=1:tempImage_h
    for j=1:tempImage_w
        tempImage(i,j) = textIm(i,j + columnIndexArray(c));
    end
end
cd('ColumnsPath');
imwrite(tempImage, strcat(int2str(c) , '.bmp'), 'BMP');
cd('GridPath');
end
```

**Şekil 4.4 a Hitit çiviyazılı metin resmi üzerinde sütunların bulunması**

```

function [ ] = findRows(imName)
w = size(textIm, 2);h = size(textIm, 1);
arrayRowNumber = 0;
lastRowEmpty = 0;thisRowEmpty = 0;
rowIndexArray = [0];
for i=1:h
    thisRowEmpty = 1;
    for j=1:w
        if textIm(i,j) == 0
            thisRowEmpty = 0;
            break;
        end
    end
    if lastRowEmpty == 0 && thisRowEmpty == 1
        arrayRowNumber = arrayRowNumber + 1;
        rowIndexArray(arrayRowNumber) = i;
    end
    lastRowEmpty = thisRowEmpty;
end
for c=1:arrayRowNumber-1
tempImage = zeros((rowIndexArray(c+1) - rowIndexArray(c)), w);

    tempImage_w = size(tempImage, 2);
    tempImage_h = size(tempImage, 1);

    for i=1:tempImage_h
        for j=1:tempImage_w
            tempImage(i,j) = textIm(i +
                rowIndexArray(c),j);
        end
    end
    cd('SyllabelsPath');
    fileName = strcat(int2str(c), '_');
    fileName = strcat(fileName, int2str(i));
    fileName = strcat(fileName, '.bmp');
    imwrite(tempImage, fileName, 'BMP');
    cd('GridPath');
end

```

**Şekil 4.4 b Hitit çiviyazılı metin resmi üzerinde satırların bulunması**

Dönüşüm işlemi, metin içerisinde bulunan çiviyazısı işaretlerini daha önceden oluşturulmuş olan Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanında tarayarak, her bir işaret için tanımlanmış olan tekil numarayı bulmaktadır. Çiviyazısı işaretlerinin kaydedilmesi sırasından resim dosyalarının isimlendirilmesi metinde buldukları satır ve sütun numaralarına göre yapılmaktadır. Böylece dönüşüm işleminin sonucunda bulunan tekil numaralar aynı sıraya göre dizilip, çeviri adımına girdi olarak gönderilebilmektedir.

### 4.3 Dönüşüm İşlemi

Hitit çiviyazılı metinlerin otomatik çevirisini yapmak için geliştirilen sistemin ilk aşaması girdi olarak alınan bir metin resmi üzerindeki işaretlerin bulunarak birbirlerinden ayrıştırılmasıdır. Bu adım tamamlandıktan sonra, metin üzerindeki bütün işaretler ayrı birer resim dosyası olarak elde edilmektedir. Bir sonraki işlem olan dönüşüm işlemi, bu resim dosyalarının her birini tanıyarak o işarete ait tekil numarayı bulmaktadır. Bu işlem sonucunda, girdi olarak alınan bir Hitit çiviyazılı metni, işaretlerin tekil numaralarından oluşan yeni forma dönüştürülmektedir.

Girdi olarak alınan bir çiviyazısı işareti üzerinde tanıma işlemine geçilmeden önce yapılması gereken ön işlemler bulunmaktadır. Bu ön işlemlerden ilki, çiviyazısı işaretinin kenar kısımlarında bulunan boşlukların kırılmasıdır. Kırma işlemine başlamadan önce girdi olarak alınan resim 255'ten çıkarılarak tersine (reverse) çevrilmiştir. Bu durumda çiviyazısı resmi içerisinde değerleri 1 olan piksel işaretin olduğu bölgeleri, 0 olanlar ise arka plan olan bölgeleri ifade etmektedir. Girdi olarak alınan bir Hitit çiviyazısı işaretinin üzerinde işlem yapılmadan önce tersine çevrilmesinin amacı, işaret resmini daha sonraki adımlarda kullanılacak olan çeşitli MATLAB fonksiyonlarına girdi olarak verilmeye uygun formata getirmektir.

Girdi olarak alınan resmin tersi elde edildikten sonra bu yeni piksel dizisi içinde x ve y düzlemlerinde değeri 1 olan, yani siyah olan, pikseller bulunmaktadır. Bu pikseller resim içerisinde çiviyazısı işaretinin bulunduğu bölgeyi ifade etmektedirler. Değeri 1 olan piksellerin bulunması ile çiviyazısı işareti resmi üzerinde işaretin ifade edildiği alan elde edilmektedir. Bir sonraki adımda resim içerisinde çiviyazısını işareti ile ilgili veri bulunduran alanın sınır değerleri olan noktalar tespit edilmektedir. Son olarak bulunan bu sınır değerleri kullanılarak çiviyazısı işareti resmi içerisinde sadece gereken alanın kopyalandığı yeni bir resim dosyası oluşturulmaktadır. Girdi olarak alınan Hitit çiviyazısı işaretinin genişlik ve yükseklik değerleri ile aynı değerlere sahip olan ve kenarlarında

herhangi bir boşluk bulunmayan bu yeni resim dosyasının oluşturulması ile kırpma işlemi tamamlanmaktadır.

Kırpma işlemi, girdi olarak alınan bir çiviyazısı işareti Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanında bulunan işaretlerle karşılaştırılırken, her bir karşılaştırma adımında hem girdi hem de veritabanında bulunan işaret dosyası için uygulanmaktadır. Bunun sebeplerinden biri, çeviri sistemine girdi olarak verilen bir metin resmi içerisinden ayrıştırılan çiviyazısı işareti resimlerinin kenarlarında istenmeyen boşluklar olmasıdır. Başka bir sebebi ise, veritabanında saklanmakta olan çiviyazısı işaretlerine ait resimlerin standart boyutta olması sonucu daha küçük boyutlu resimlerin boşluklar barındırmasıdır. Bunlara ek olarak, kırpma işlemi sonucunda ayrı bir resim dosyası oluşturulmasının sebebi orijinal resim dosyalarının zarar görmesini önlemek ve herhangi bir karışıklık olmasını engellemektedir.

İşlemin sonucunda resim dosyasında bulunan ancak çiviyazısı işaretini ifade etmek için kullanılmayan piksellerin mümkün olan en yüksek oranda ortadan kaldırılması kırpma işleminin sağladığı faydalardan biridir. Böylece bir yandan resim dosyalarının boyutu küçülürken bir yandan da işleme alınması gerekli olmayan bölgeler ortadan kaldırılmıştır. Şekil 4.5'te kırpma işlemi için hazırlanmış olan MATLAB fonksiyonu verilmiştir. Şekil 3.8' de yapılan kırpma işlemi, Hitit çiviyazısı işaretlerine ait resimleri standart boyuta getirmek amacı ile kullanıldığından işlem sonucunda oluşturulan resim dosyalarında çiviyazısı işaretlerinin kenarlarında boşluklar bulunmaktadır. Şekil 4.5 verilen MATLAB fonksiyonun amacı ise, çiviyazısı işareti ait resmi kenarlarında boşluk olmayacak şekilde küçültmektir.

```
function cropped = autoCrop(im)
    im = im>0;
    [x, y] = find(im == 1);
    minX = min(x);
    maxX = max(x);
    minY = min(y);
    maxY = max(y);
    cropped = im(minX:maxX, minY:maxY);
end
```

**Şekil 4.5 Hitit çiviyazısı işareti resmine uygulanan kırpma işlemi**

Dönüşüm işlemi temelde iki resim üzerinde seçilen nokta setleri arasındaki uzaklığın hesaplanmasına dayanmaktadır. Ancak bu uzaklık hesaplanmadan önce karşılaştırma yapılacak olan resimlerin sayısını azaltmak amacıyla çiviyazısı işaretlerinin çeşitli özelliklerine göre eleme yapılmaktadır.

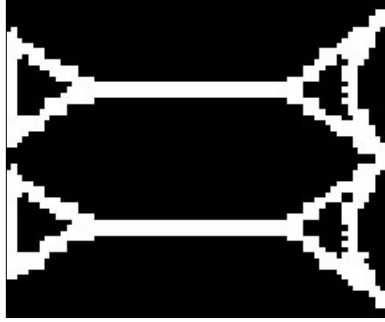
Girdi olarak alınan çiviyazısı işareti ve onun karşılaştırılacağı başka bir çiviyazısı işaretine ait resim üzerinde ön işlem olarak yapılan kırpma adımı tamamlandıktan sonra, her iki işaretin iskeletleri çıkartılarak işlemlere bu veriler üzerinden devam edilmektedir. Çiviyazısı işaretlerinin iskeletleri üzerinde çalışılmasının ana sebebi, işaretlerin sahip olduğu hatların çizgi sayısı ve nokta sayısı gibi özellikler üzerinde etkisi olmasıdır. Bu etkinin en aza indirilebilmesi için işaretlere ait iskeletlerin kullanılmasına karar verilmiştir. Buna ek olarak ileriki adımlarda işaretlerin iskeletlerinin kullanılması ile çiviyazısını yazan kişiden veya kullanılan araçların çeşitliliğinden kaynaklanabilecek olan farklılıklar en aza indirgenmiştir. Çiviyazısı işaretlerine ait iskeletlerin elde edilmesi için MATLAB 'ın `bwmorph`<sup>18</sup> adlı fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyon ilk parametre olarak bir ikili (binary) resim almaktadır. İkinci parametre ise, fonksiyonun yapacağı işlemi belirtmektedir. İlk parametrede verilen resmin iskeletinin elde edilmesi için çalışmada bu parametre 'skel' olarak kullanılmıştır. `bwmorph` fonksiyonu bu parametrelerin verilmesi sonucunda, girdi olarak aldığı resim içerisindeki objenin sınır bölgelerinde bulunan

---

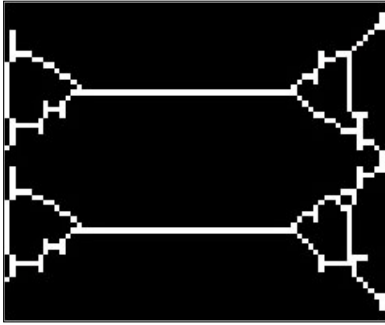
<sup>18</sup> `bwmorph`, girdi olarak aldığı bir ikili resim üzerinde parametre olarak verilen bir morfolojik işlem uygulayan MATLAB fonksiyonudur.



pikselleri silerek o objeye ait iskeleti geri döndürmektedir. Şekil 4.6 a ve Şekil 4.6 b'de örnek bir çiviyazısı işareti ve bu işarete ait iskelet verilmiştir.



**Şekil 4.6 a Örnek bir çiviyazısı işareti**



**Şekil 4.6 b Örnek bir çiviyazısı işareti için iskelet**

Karşılaştırılacak olan Hitit çiviyazısı işaretlerinin iskeletleri elde edildikten sonra, öncelikle bu iki işaretin belirli özelliklerine göre karşılaştırma yapılmakta ve bu karşılaştırmanın sonucunda işaretler benzer özelliklere sahipse bu iki işaret üzerinde belirli nokta kümeleri seçilmektedir. Karşılaştırılan çiviyazısı işaretleri benzerliklerini belirlemek için kullanılan özellikler arasında, işaretlerin çerçeve veya en boy oranları<sup>19</sup> (aspect ratio) ve sahip oldukları yatay ve dikey çizgi sayılarının oranları gibi parametreler kullanılabilir. Sistemde aratılan bir çiviyazısı işareti ile veritabanından alınan bir çiviyazısı işareti bu iki özellik üzerinden karşılaştırıldığında, birbirlerine yakın değer üretmiyorlarsa veritabanından alınan

<sup>19</sup> Bir resmin çerçeve oranı, o resmin eni ve boyu arasındaki oransal ilişkiyi ifade eder

iviyazısı işareti sorgulanan çiviyazısı işareti için devam eden hesaplamalarda işleme alınmamaktadır. Birbirine yakın değerler üreten işaretler için ise, işaretler üzerinden seçilen nokta kümeleri arasındaki uzaklık hesaplanarak, iki resimdeki çiviyazısı işaretlerinin aynı olup olmadığına dair karar verilmektedir.

Otomatik eviri sistemine girdi olarak verilen bir metnin içerisinden alınan çiviyazısı işareti ile Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanından alınan bir çiviyazısı işareti resmi arasındaki uzaklık değeri hesaplanmadan önce, bu iki işaretin çeşitli özelliklerine göre bir n eleme yapılmaktadır. Bu işlem için dikkate alınan ilk özellik resimlerin genişlik ve yükseklikleri arasındaki orandır (aspect ratio). Karşılaştırılan resimlerin el yazısı ile yazılmış olmaları işaretlerin boyutları arasında farklılık oluşmasına neden olmaktadır. Bu yüzden iki farklı resme ait en boy oranlarının aynı olması mümkün değildir. Ancak iki çiviyazısı işareti resminin en boy oranları arasındaki farkın çok yüksek olması da mümkün değildir. Bu bilgiler işığında sistem, her iki resmin en boy oranlarının birbirine oranını 1.25 değeri ile karşılaştırıp, bu değerden büyük oranlara sahip olan resimlerin birbirlerinden farklı olduklarına karar vermekte ve ileriki aşamalarda veritabanından alınan bu çiviyazısı işareti için herhangi hesaplama yapılmamaktadır. Bu işlem hem sistemin hesaplama maliyetini düşürmekte hem de uzaklık hesaplaması sırasında ortaya çıkabilecek olan karışıklıkların önüne geçmeye yardımcı olmaktadır.

Az önce de belirtildiği gibi karşılaştırması yapılan Hitit çiviyazısı işaretleri için en boy oranından farklı olarak bakılan başka bir özellik ise, işaretlerin içerdiği yatay ve dikey çizgi sayılarının oranıdır. En boy oranı filtresinden geçen işaretler bu adımda, sahip oldukları yatay ve dikey çizgi sayılarının oranına göre bir elemeyi daha geçirilmektedir. Bu işlemin sonucuna göre ilgili iki çiviyazısı işareti arasında uzaklık hesaplanması yapıp yapılmayacağına karar verilmektedir.

Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanında bulunan ve eviri sistemine girdi olarak alınması planlanan işaret resimlerinin el yazısı ile yazılmış olması sebebiyle çizgi sayılarının hesaplanması işlemi için özel bir algoritma geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Şekil 4.7 ile çiviyazısı işaretlerinin içerisindeki yatay ve dikey çizgi

sayılarını hesaplayan MATLAB fonksiyonu verilmiştir. En boy oranı özelliğinde gerçekleştirilen işleme benzer şekilde, bu adımda da yatay ve dikey çizgi sayılarının oranı için alt ve üst eşik değerleri (threshold) belirlenmiştir. İki çiviyazısı işaretinde bulunan yatay çizgi sayılarının ve dikey çizgi sayılarının birbirlerine olan oranının (0.75 – 2) değerleri arasında olması gerektiği saptanmıştır. Bu değerler arasında sonuç vermeyen çiviyazısı işaretleri daha ileriki adımlarda hesaplamalara katılmamaktadır.

```
function [verticalCount, horizontalCount] = getLineCount(setOfPointsX, setOfPointsY)
height = round(max(setOfPointsX) - min(setOfPointsX));
width = round(max(setOfPointsY) - min(setOfPointsY));
img = zeros(height, width);
for k = 1 : numel(setOfPointsX)
    img(round(setOfPointsX(k)), round(setOfPointsY(k))) = 1;
end
K = min(height, width) / 4;
%Horizontal lines
horizontal = sum(img,1);
horizontal = filter(ones(1,2)/2,1,horizontal);
for k = 1 : numel(horizontal)-2
    if( horizontal(k) + horizontal(k+1) + horizontal(k+2) > K )
        horizontal(k) = horizontal(k) + horizontal(k+1) + horizontal(k+2);
        horizontal(k+1) = 0;
        horizontal(k+2) = 0;
        k = k+2;
    else
        horizontal(k) = 0;
    end
end
horizontal = horizontal > K;

%Vertical lines
vertical = sum(img,2);
vertical = filter(ones(1,2)/2,1,vertical);
for k = 1 : numel(vertical)-2
    if( vertical(k) + vertical(k+1) + vertical(k+2) > K )
        vertical(k) = vertical(k) + vertical(k+1) + vertical(k+2);
        vertical(k+1) = 0;
        vertical(k+2) = 0;
        k = k+2;
    else
        vertical(k) = 0;
    end
end
vertical = vertical > K;
verticalCount = sum(vertical);
horizontalCount = sum(horizontal);
end
```

**Şekil 4.7 Yatay ve dikey çizgi sayısının hesaplanması**

Çeviri sistemine girdi olarak verilen bir metinden alınan bir çiviyazısı işaretinin Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanındaki hangi işaret olduğu aranırken, veritabanından

alınan her bir resim en boy oranı, yatay çizgi sayısı oranı ve dikey çizgi sayısı oranı filtrelerinden geçirilmektedir. Bu adımlardan sonra veritabanında bulunan ve aranılan çiviyazısı işareti ile aynı işaret olması olasılığı olan resimler için uzaklık hesaplaması yapılmaktadır. Bu hesaplamanın sonucunda hedef çiviyazısı işareti için en küçük uzaklık değerini sağlayan çiviyazısı işaretinin tekil numarası (ID) sonuç olarak verilmektedir.

Çiviyazısı işaretlerine ait resimler içerisinde nokta seçimi yapılırken, resim önceden belirlenmiş bir boyuta sahip bloklara bölünmektedir. Daha sonra resmin içerisindeki her bir bloktan bir nokta seçilerek, resimdeki çiviyazısı işaretini temsil eden noktalar kümesi oluşturulmaktadır. Bu işlem sırasında resmin bloklara bölünmesi ana sebebi, seçilen noktaların resmin her bölgesine homojen şekilde dağılmalarını sağlamaktır. Bu uygulamanın yapılmadığı durumda rastgele seçilen noktaların resmin sadece belirli bölgesine yığılma riski bulunmaktadır. Nokta kümeleri seçilirken kontrol edilmesi gereken başka bir konu ise, nokta seçimi yapılan bloğun boş olup olmadığıdır. Bir blok içerisinde bulunan piksellerin tamamı 0 değerine sahip ise, bu o bloğun çiviyazısı işareti ile ilgili herhangi bir veri içermediği anlamına gelmektedir. Bu nedenle, bu içeriğe sahip olan bloklardan nokta seçimi yapılmamaktadır. Bir blok içerisinde çiviyazısı işaretini ifade eden piksellerin olması durumunda, değeri 1 olan piksellerin konumlarının ortalaması hesaplanmaktadır. Bu işlemin amacı, ilgili blok içerisinde çiviyazısı işaretini ifade eden piksel bölgesinin orta kısmında bir nokta seçmektir. Böylece, uç noktalarda bulunan noktaların uzaklık hesaplaması üzerinde oluşturabileceği olumsuz etki ortadan kaldırılmaktadır<sup>20</sup>. Şekil 4.8'de girdi olarak verilen bir çiviyazısı işareti içerisinde nokta seçimi yapan MATLAB fonksiyonu verilmiştir. Bu fonksiyon parametre olarak çiviyazısı işaretine ait matrisi ve nokta seçiminde kullanılacak olan blok büyüklüğünü almaktadır. Şekil 4.9'da ise, Şekil 4.8'da verilen MATLAB fonksiyonuna girdi olarak verilen bir çiviyazısı işareti içerisinde seçilen noktalar gösterilmiştir.

---

<sup>20</sup> Veri madenciliğindeki kümeleme (clustering) ve en yakın komşu (nearest neighbor) kavramlarına yakın bir görüş olduğu söylenebilir.

```

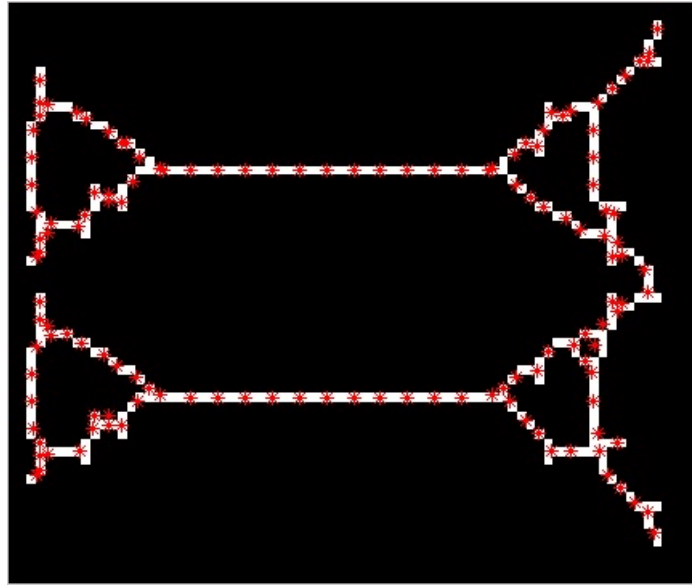
function [setOfPointsX setOfPointsY] = getSetOfPoints(im, blockSize)

[n m] = size(im);
impad = zeros(n+2*blockSize,m+2*blockSize);
impad(blockSize : blockSize+n-1, blockSize:blockSize+m-1) = im(1:end,1:end);
setOfPointsX = [];
setOfPointsY = [];

for i = 1 : blockSize : size(impad,1)-blockSize
    for j = 1 : blockSize : size(impad,2)-blockSize
        block = impad(i : i+blockSize, j : j+blockSize);
        [x, y] = find(block == 1);
        if ~(isempty(x) && isempty(y))
            meanx = i + mean(x);
            meany = j + mean(y);
            setOfPointsX = [setOfPointsX meanx];
            setOfPointsY = [setOfPointsY meany];
        end
    end
end
end

```

**Şekil 4.8 Çiviyazısı işaretleri üzerinden nokta seti seçilmesi**



**Şekil 4.9 Örnek bir çiviyazısı işareti üzerinden seçilen nokta seti**

Buradaki ana problemlerden bir tanesi rastgele seçilen noktaların resmin belirli bir bölgesine yığılması ihtimalinin olmasıdır. Bu sorunu ortadan kaldırarak aralarındaki uzaklık hesaplanacak olan noktaların seçiminin resim üzerinde homojen bir biçimde dağılmasını sağlamak için, nokta seçiminden önce üzerinde işlem yapılan resmin sabit boyutlu bloklara bölünmesine karar verilmiştir. Bu

işlemin sonucunda bir ızgara (grid) yapısına sahip olan resmin her bir bloğundan bir nokta seçilerek, noktaların resmin belirli bir bölgesi yerine çeşitli bölgelerinden seçildiği garanti edilmektedir.

Uzaklık hesaplaması için kullanılacak olan noktaların seçiminin homojen bir dağılıma sahip olacak şekilde yapılması rastgele seçilmiş noktalara göre daha güvenilir sonuçlar üretse de problemin çözümü için tek başına yeterli olmamıştır. Bu aşamadaki en önemli problemlerden biri resim üzerinde sanal olarak oluşturulan ızgara bloklarında seçilen noktaların resmin içerdiği çiviyazısı işareti ile ilgili bir veri taşıyamamasıdır. Başka bir deyişle boş olan piksellerden seçilen noktalar uzaklık hesaplamasının doğruluğunu olumsuz yönde etkilemiştir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için, çiviyazısı resmi üzerinde oluşturulan her bir bloğun merkezinde bulunan pikselin değeri kontrol edilerek, bu pikselin çiviyazısı işareti hakkında bilgi taşıyor olması durumunda uzaklık hesaplamasında kullanılacak nokta olarak seçilmesine karar verilmiştir. Blokların merkezinde bulunan piksellerin resmin içerdiği çiviyazısı işareti ile bir ilişkisi olmaması durumunda bloğun merkezine en yakında bulunan ve işaret ile ilgili veri içeren bir nokta seçilmektedir. Bu yaklaşım bir yandan sadece resmin içeriğinde bulunan çiviyazısı işareti ile ilgili noktaların seçilmesini sağlarken bir yandan da noktaların homojen dağılımı konusunda daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır.

İki çiviyazısı işareti arasında yapılan uzaklık hesaplaması için başlangıçta, resimler üzerinden rastgele seçilen noktalara Öklid uzaklığı<sup>21</sup> (Euclidian distance) uygulaması şeklinde bir yaklaşım sergilenmiştir. Ancak Öklid uzaklığının nokta setleri üzerine doğrudan uygulanması çiviyazısı işaretlerini doğru şekilde eşleştirme konusunda başarılı sonuçlar üretmemiştir. Bunun sonucunda uzaklık hesaplamasına, işaret resimleri üzerinden alınabilen nokta sayı ve pozisyonları verisinin eklenmesine karar verilmiştir. Böylece aynı sayıda ancak farklı bölgelerden alınmış noktaların arasındaki uzaklığın daha yüksek değerler üretmesi sağlanmıştır. Şekil 4.10'de çiviyazısı işaretleri üzerinden seçilen nokta setleri

---

<sup>21</sup> Öklid uzaklığı belirli iki nokta arasındaki doğrusal uzaklıktır.

arasında yapılan uzaklık hesaplanması işlemi gösterilmiştir. Şekil 4.11'de eşleşen nokta sayılarının oran hesaplaması için yapılan işlem verilmiştir.

```
function sumOfDistances = distanceOfPointSets (setOfPointsXa, setOfPointsYa, setOfPointsXb, setOfPointsYb)

numberOfPointsOfa = numel(setOfPointsXa);
numberOfPointsOfb = numel(setOfPointsXb);

sumOfDistances = 0;

for i = 1 : numberOfPointsOfa
    distances = [];
    for j = 1 : numberOfPointsOfb
        distance = sqrt( (setOfPointsXa(i) - setOfPointsXb(j))^2 + (setOfPointsYa(i) - setOfPointsYb(j))^2 );
        distances = [distances distance];
    end
    minDist = min(distances);
    sumOfDistances = sumOfDistances + minDist;
end
```

**Şekil 4.10 Nokta setleri arasında uzaklık hesaplaması**

```
function [hitRatio missRatio] = hitMiss (setOfPointsXa1, setOfPointsYa1,
setOfPointsXb1, setOfPointsYb1)

    numberOfPointsOfa = numel(setOfPointsXa1);
    numberOfPointsOfb = numel(setOfPointsXb1);

    matchedPoints = [];
    for i = 1 : numberOfPointsOfa
        queryPoint = [setOfPointsXa1(i) setOfPointsYa1(i)];
        targetSet = [setOfPointsXb1; setOfPointsYb1];
        matchedPoints = [matchedPoints; findMatchingPoint(queryPoint, targetSet)];
    end

    matchedPoints = unique(matchedPoints, 'rows');

    hitRatio = size(matchedPoints, 1) / numberOfPointsOfa;
    missRatio = (numberOfPointsOfb - size(matchedPoints, 1)) / numberOfPointsOfb;

end
```

**Şekil 4.11 Eşleşen nokta oranı hesaplaması**

Karşılaştırması yapılan iki çiviyazı işareti üzerinden alınan noktaların eşleşme oranları Öklid uzaklığı hesaplamasına ağırlık olarak eklenmektedir.

Sonuç olarak elde edilen uzaklık formülü Şekil 4.12'de verilmiştir.

$$d(i,j) = \text{missRatio} * \text{sumOfDistances} / 2 * \text{hitRatio}$$

#### Şekil 4.12 Uzaklık hesaplaması

Kullanılan Öklid uzaklığına yapılan eklemeler sonucunda sistemin ürettiği sonuçların doğruluğunda bir gelişme olduğu gözlemlenmiştir. Ancak işlemin hem yeterli seviyede doğru sonuçlar üretememesi hem de zaman açısından maliyetli bir işlem haline gelmiş olması nedeniyle alternatif uzaklık hesaplamalarının kullanılmasına karar verilmiştir.

İki farklı Hitit çiviyazısı işareti resmi arasında uzaklık hesaplaması yapılırken kullanılan diğer bir uzaklık hesaplaması ise Hausdorff uzaklığıdır (Hausdorff distance). Temel olarak bir uzay içerisinde seçilen noktalardan oluşan bir alt kümenin başka bir alt kümeye olan uzaklığının hesaplanması için kullanılan bu yöntem, performans açısından oldukça verimlidir. Hausdorff uzaklığının Hitit çiviyazısı işaretlerine ait resimler içerisinde alınan nokta kümeleri arasındaki uzaklığın hesaplanmasında kullanılmasının en önemli nedenlerinden biri, bu yöntemin dönme (rotation) ve ölçek (scale) değişimlerine karşı oldukça esnek bir davranış göstermesidir. Çiviyazısı metinlerdeki işaretlerin açısı ve boyutu yazan kişiye göre farklılık gösterebildiği için bu özellik kullanılacak olan uzaklık hesaplanmasında yararlı bir katkı sağlamaktadır [Huttenlocker et al, 1993].

Hausdorff uzaklığının temel çalışma prensibi alınan nokta kümelerinin her bir elemanı için diğer kümede minimum uzaklığı sağlayan noktayı bulup, daha sonra bu uzaklıklar arasındaki en büyüğü bulmaktır. Bunun için öncelikle bir nokta kümesinden alınan her bir eleman diğer kümedeki noktalar ile karşılaştırılmaktadır ve en küçük uzaklık değeri sağlayan nokta ile eşleştirilmektedir. Daha sonraki aşamada hesaplanan bu uzaklıklar içinde en büyük olan değer alınmaktadır. Aynı işlem diğer nokta kümesi için uygulandıktan sonra elde edilen uzaklık değerleri arasından en büyük olan bu iki nokta kümesi arasındaki uzaklık olarak belirlenmektedir. Hausdorff uzaklığının iki farklı nokta kümesi (A ve B) için Şekil

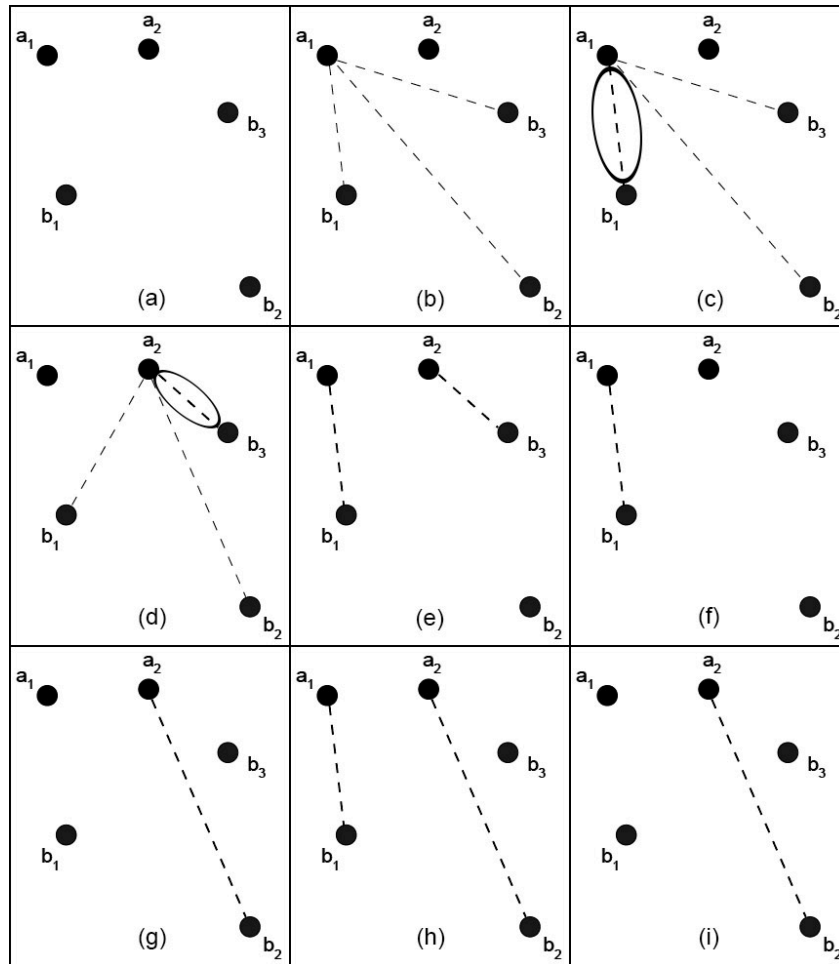


4.13'de matematiksel ifadesi, Şekil 4.14'de ise uygulama adımları detaylı olarak gösterilmiştir.

$$H(A, B) = \max \{h(A, B), h(B, A)\}$$

$$h(A, B) = \max_{a \in A} \left\{ \min_{b \in B} \{d(a, b)\} \right\}$$

Şekil 4.13 Hausdorff Uzaklığının matematiksel ifadesi



Şekil 4.14 Hausdorff Uzaklığının adımları

Şekil 4.14 içindeki (a) bölümünde gösterildiği gibi verilen iki farklı  $A\{a_1, a_2\}$  ve  $B\{b_1, b_2, b_3\}$  nokta kümesi arasındaki uzaklık hesaplanırken,

- A kümesinden alınan bir noktanın B kümesindeki her bir noktaya olan uzaklığı hesaplanmaktadır. (b)
- Uzaklık hesaplamaları sonucunda A kümesindeki bir nokta için B kümesi içerisinde en az uzaklık değeri veren nokta seçilmektedir. (c)
- Bu işlem A kümesinde her nokta için tekrarlanmaktadır. (d)
- A kümesinde bulunan her bir nokta için seçilen minimum uzaklık değerleri arasından en büyük olan seçilmektedir. (e)
- Bulunan bu uzaklık değeri A nokta setinin B nokta setine olan uzaklığını ifade etmektedir. (f)
- Bu işlemlerin tamamı B kümesinde bulunan noktalar için tekrarlanarak B kümesinin A kümesine olan uzaklığı hesaplanmaktadır. (g)
- Nokta setlerinin birbirlerine karşı olan uzaklık değerleri arasından en büyük olan değer seçilmektedir. (h)
- Bulunan bu değer nokta setlerinin birbirlerine göre olan Hausdorff uzaklığını ifade etmektedir. (i)

Hausdorff uzaklığının hesaplanması için kullanılan MATLAB fonksiyonu Şekil 4.15' de verilmiştir [Danziger, 2010].

Sistemde aratılan bir çiviyazısı işareti ile veritabanında bulunan benzer çiviyazısı işaretlerinin tamamı arasındaki uzaklık hesaplandıktan sonra, bu değerler arasında en küçük uzaklık değerine sahip olan çiviyazısı işaretinin tekil numarası çıktı olarak üretilmektedir. Bu tekil numara çeviri sürecinin ilerleyen adımlarında veritabanı işlemlerinde kullanılarak ilgili çiviyazısı işaretine ait veriler elde edilmektedir.

```

function [hd D] = HausdorffDist(P,Q,lmf,dv)
sP = size(P); sQ = size(Q);
if nargin > 2 && ~isempty(lmf)
    largeMat = lmf;
else
    largeMat = 0;
    if sP(1)*sQ(1) > 2e6
        memSpecs = memory;
        varSpecs = whos('P','Q');
        sf = 10;
        end
    end
end

maxP = 0;
for p = 1:sP(1)
    minP = min(sum( bsxfun(@minus,P(p,:),Q).^2, 2));
    if minP>maxP
        maxP = minP;
    end
end
maxQ = 0;
for q = 1:sQ(1)
    minQ = min(sum( bsxfun(@minus,Q(q,:),P).^2, 2));
    if minQ>maxQ
        maxQ = minQ;
    end
end
hd = sqrt(max([maxP maxQ]));
D = [];

else
iP = repmat(1:sP(1), [1,sQ(1)]');
iQ = repmat(1:sQ(1), [sP(1),1]);
combos = [iP,iQ(:)];

cP=P(combos(:,1),:); cQ=Q(combos(:,2),:);
dists = sqrt(sum((cP - cQ).^2,2));

D = reshape(dists,sP(1), []);

vp = max(min(D, [],2));
vq = max(min(D, [],1));

hd = max(vp,vq);
end

```

Şekil 4.15 Hausdorff Uzaklığının hesaplanması

#### 4.4 Çeviri İşlemi

Çeviri sisteminin ilk adımı olan dönüşüm işlemi, Hitit çiviyazılı metinlerin içerisindeki işaretleri tekil numaralara dönüştürmektedir. Bu adım sonucunda çiviyazısı işaretlerinden oluşan metinler, sistem için anlamlı olan sayılardan oluşan yeni bir forma dönüştürülmektedir. Bu sayılar kullanılarak sistemin diğer aşaması olan çeviri işleminde çeşitli veritabanı sorguları yapılarak, metnin günümüz dillerindeki çevirisine ulaşmak mümkündür.

Hitit çiviyazılı metinlerin geleneksel yöntemler ile çeviri yapılırken ilk adım olan yazı dönüşümü, çiviyazısı işaretlerine ait elde edilen tekil numara bilgisinin sign\_hittite, sign\_sumerian ve sign\_akkadian tablolarında sorgulanması ile gerçekleştirilmektedir. Bu üç tablo, çiviyazısı işaretlerinin tekil numaraları ile birlikte ilgili işaretin sırası ile Hitit, Sumer ve Akad dillerindeki karşılıklarını içermektedir. Bu tablolara çiviyazısı işaretinin tekil numarası ile yapılan sorgular sonucunda ilgili dillerdeki karşılığının Latin harfleri ile yazılan değerleri elde edilmektedir.

Hitit çiviyazısı metinlerin çevirisinde yazı dönüşümünden sonraki işlem, uyarlama işlemidir. Bu işlem, yazı dönüşümü yapılmış olan hecelerın Hitit dili kurallarına göre birleştirilmesi ile gerçek Hititçe kelimelerin oluşturulmasını ifade etmektedir. Bu işlemin gerçekleştirilebilmesi için Hitit dilinin kurallarını içeren bir bilgi tabanına ihtiyaç vardır. Böyle bir bilgi tabanı henüz ulaşılabilir olmadığı için bu adımda yazı dönüşümü yapılmış olan çiviyazısı işaretlerinin hece karşılıkları doğrudan kullanılmıştır.

Çeviri sürecinin son aşamasında, çiviyazısı işaretlerinin Hitit dilindeki karşılıkları günümüz dillerine çevirmektedir. Burada, yazı dönüşümü yapıldıktan sonra elde edilen Hitit, Sumer ve Akad dillerindeki değerler sign\_sumerogramme tablosundan sorgulanmaktadır. Bu tablo, çiviyazısı işaretlerinin belirtilen üç dildeki karşılığını ve bu karşılıkların Türkçe anlamlarını içermektedir. Bunun sonucunda bir çiviyazısı işaretinin Hitit, Sumer veya Akad dillerindeki karşılığı sorgulandığında bu işaretin Türkçe anlamı elde edilmektedir.

Bu adımdaki en önemli nokta çiviyazısı işaretlerinin kendilerinden önce veya sonra gelen işaretlere göre anlamlarının değişebilmesidir. Başka bir deyişle, bir çiviyazısı işaretinin birden fazla Türkçe karşılığı olabilmektedir. Hitit çiviyazısı metinlerinin çevirisinde uzman sistem uygulamalarının kullanılmasına özellikle bu noktada ihtiyaç duyulmaktadır. Yazı dönüşümü tamamlandıktan sonra sistemin Hitit dilinin kurallarına göre çiviyazısı işaretlerinin dizilimine göre yorumlama yaparak uyarlama ve çeviri işlemini tamamlaması gerekmektedir.

Uzman sistem uygulamaları farklı bir araştırma konusu olması sebebiyle çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Çalışma kapsamında geliştirilen sistem, yazı dönüşümü yapıldıktan sonra uyarlama adımıyla elde edilen hece değerlerini birleştirmeden doğrudan çeviri işlemini yapmaktadır. Çeviri işleminin bu şekilde yapılması, girdi olarak alınan bir çiviyazılı metin içerisinde karmaşık olmayan cümlelerin anlamlı bir biçimde çevirisinin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ancak kompleks yapıda anlam içeren cümleler için tam olarak anlamlı çeviriler oluşturmak mümkün değildir.

#### **4.5 Uygulama**

Hitit çiviyazısı işaretlerinin otomatik çevirisini yapmak için geliştirilen sistem, girdi olarak Hitit çiviyazısı ile yazılmış bir metin resmi almaktadır. Sistemin çıktısı ise, çiviyazısı işaretlerinin metindeki sırası ile günümüz dillerindeki karşılıklarıdır. Hitit çiviyazısı işaretlerinin otomatik çevirisi için geliştirilen sistemin adımları aşağıda maddeler halinde verilmiştir. Şekil 4.16'da sistemin genel çalışma akışı gösterilmiştir.

1. Hitit çiviyazısı işaretlerinin otomatik çevirisinin yapılması için geliştirilen sistem, girdi olarak el yazısı ile yazılmış bir Hitit çiviyazılı metinlere ait resim dosyalarını almaktadır. Bu adımda sisteme girdi olarak Şekil 5.1'de verilen Hitit çiviyazılı metin resmi çekilerek kullanılmıştır. Bu adımda sisteme sağlanacak olan girdi, Hitit çiviyazılı metinlerin el yazısı ile kopyalanmış

olan versiyonlarının resminin çekilmesi veya tarayıcı kullanılarak dijital ortama aktarılması ile oluşturulabilir.

2. Çeviri sistemine Hitit çiviyazılı bir metnin el yazısı ile kopyalanmış olan versiyonuna ait resim dosyası girdi olarak verildikten sonra yapılan ilk işlem, bu resim dosyasının renk modelinin ikili renk modeli olarak değiştirilmesidir. Bu işleminin temel sebebi çiviyazısı işaretlerinin tanınması için yapılan işlemlerde renk bilgisinin herhangi anlam ifade etmemesidir. Çiviyazılı metin resminin renk modelini değiştirmek için Şekil 3.5'te verilen MATLAB koduna benzer bir işlem yapılmaktadır.
3. Renk modeli değişimi yapıldıktan sonraki adım çiviyazısı işaretlerinin metin içerisinden ayrıştırılmasıdır. Bu işlem için öncelikle Şekil 4.4 a'da verilen MATLAB kodu kullanılarak metin resmi üzerinde sütunlar bulunmaktadır. Daha sonra, Şekil 4.4 b'de verilen kod kullanılarak satır bilgileri bulunmakta ve metin resmi üzerinde her bloğunda bir çiviyazısı işareti bulunan bir ızgara oluşturulmaktadır. Bu adım tamamlandıktan sonra, oluşturulan bu ızgaranın her bir bloğu metin içerisindeki satır ve sütun bilgileri kullanılarak isimlendirilmekte ve ayrı resim dosyaları olarak kaydedilmektedir.
4. Çeviri sistemine girdi olarak verilen bir çiviyazılı metin resmi içerisindeki işaretlerin her biri için ayrı resim dosyaları oluşturulduktan sonra, bu dosyaların hepsi bir liste yapısına alınmaktadır.
5. Oluşturulan bu listedeki bir işaretin öncelikle tersi alınmaktadır. Bu işlemin sebebi, resim dosyalarının ileriki adımlarda kullanılan MATLAB metotlarında kullanılmak için uygun yapıda olmasını sağlamaktır.
6. Çiviyazısı işaretinin tersi alındıktan sonra, işaret resminin kenar bölgelerinde kalan boşluklar kırılmaktadır. Bunun için Şekil 4.5'te verilen metot kullanılmıştır. Kırpma işlemi sonucunda, resim dosyası ile içerdiği çiviyazısı işaretinin boyutları aynı değerlere sahip olmaktadır.

7. Çiviyazısı işaretlerinin el yazısı ile yazılmış olmasından kaynaklanan farklılıkların en aza indirgenmesi için, işaretlerin iskeletleri oluşturulmaktadır.
8. Çiviyazısı işaretinin boyutu ile resim dosyasının boyutu eşitlenmesi sonucunda, çiviyazısı işarete ait resmin en – boy oranı hesaplanmaktadır. Bu bilgi ilerleyen adımlarda iki çiviyazısı işaretinin karşılaştırılması için kullanılmaktadır.
9. Çiviyazısı işaretlerinin karşılaştırılması için kullanılan diğer değerler olan yatay çizgi sayısı ve dikey çizgi sayısı Şekil 4.7’de verilen metot kullanılarak hesaplanmaktadır.
- 10.Çiviyazısı işareti, Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanında bulunan işaret resimleri ile özelliklerine göre karşılaştırılarak, birbirinden uzak değerlere ait işaretler elenmektedir. Böylece gereksiz hesaplamalar ortadan kaldırılarak uzaklık hesaplaması işleminin yükü azaltılmaktadır. Bu eleme işlemi için ilk adımda işaretlerin çerçeve oranı kullanılmaktadır. Çerçeve oranı birbirine yakın değerler olmayan işaretler elenerek ileriki adımlardaki işlemlere katılmamaktadır. İkinci aşamada iki çiviyazısı işaretinin yatay çizgi sayılarının oranına ve dikey çizgi sayılarının oranına bakılmaktadır. Beklenen değer aralılarında sonuçlar vermeyen işaretler elenmektedir.
- 11.Veritabanında bulunan çiviyazısı işaretleri girdi olarak metinde bulunan işaretin çerçeve oranı, yatay çizgi sayısı ve dikey çizgi sayısı özelliklerine göre filtrelendikten sonra, uzaklık hesaplaması yapılmaktadır. Bunun için öncelikle Şekil 4.8’de verilen metot kullanılarak çiviyazısı işaretleri üzerinden nokta setleri seçilmektedir.
- 12.Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanında bulunan ve filtreleme aşamasında elenmemiş olan tüm işaretler ile girdi olarak alınan metindeki çiviyazısı işareti arasında uzaklık hesaplaması yapıldıktan sonra en küçük değeri veren çiviyazısı işaretinin tekil numarası sonuç olarak üretilmektedir. Bu adımda uzaklık hesaplaması olarak Şekil 4.13’te matematiksel ifadesi ve Şekil 4.15’te MATLAB kodu verilen Hausdorff uzaklığı kullanılmaktadır.

13. Bulunan çiviyazısı işareti tekil numarası, sign\_hittite, sign\_sumerian ve sign\_akkadian tablolarında sorgulanarak, ilgili işaretin Hititçe, Sumerce Akadça dillerindeki karşılıkları elde edilmektedir.
14. Hitit, Sumer ve Akad dillerindeki bu değerler, sign\_sumerogramme tablosunda sorgulanarak çiviyazısı işaretinin Türkçe anlamı elde edilmektedir.
15. 5 - 14 arasındaki adımlar girdi olarak alınan metin içerisindeki tüm çiviyazısı işaretleri için tekrarlanmaktadır.



```

K = 3;
aspectRat = 1.25;
smallToVer = 0.75;bigToVer = 2;
smallToHor = 0.75;bigToHor = 2;
sumerogramTable = {};
extractSyllabels('textImage.jpg'); % extract syllabels from text image and save under Syllabels folder
aDir = dir('Syllabels/*.bmp'); % read syllabel images and prepare for process
for i=1:length(aDir)
    a{i} = autoCrop( 255 - imread(strcat('Syllabels/', aDir(i).name)) );
    inNames{i} = aDir(i).name;
end
conn = database('hittiteCuneiform','username','pwd'); % get syllabel images from db and prepare for process
e = fetch(exec(conn,'SELECT ALL path FROM sign_image_paths'));
close(e);
for i=1:length(e.data)
    b{i} = autoCrop( 255 - imread(strcat(e.data{i})) );
    exNames{i} = e.data{i};
end
for i = 1:length(aDir) % compare images
    minVal = inf; maxVal = 0;
    hx = fspecial('sobel');
    hy = hx';
    aAspect = size(a{i}, 2) / size(a{i}, 1);
    a{i}=bwmorph(a{i},'skel',Inf); % get skeleton of target image
    [setOfPointsXa setOfPointsYa] = getSetOfPoints(a{i}, K); % get point set of target image
    [verticalCountA horizontalCountA] = getLineCount(setOfPointsXa, setOfPointsYa); % get line counts
    for j = 1:length(b)
        bAspect = size(b{j}, 2) / size(b{j}, 1);
        if( (bAspect / aAspect) < aspectRat ) % compare aspect ratio
            c{j} = imresize(b{j}, sqrt( numel(a{i})/ numel(b{j}) ) );
            c{j} = bwmorph(c{j},'skel',Inf); % get skeleton of sample image
            [setOfPointsXb setOfPointsYb] = getSetOfPoints(c{j}, K); % get point set of sample image
            [verticalCountC horizontalCountC] = getLineCount(setOfPointsXb, setOfPointsYb); % get line counts
            verticalRatio = verticalCountA / verticalCountC;
            horizontalRatio = horizontalCountA / horizontalCountC;
            %compare line counts
            if((smallToVer <= verticalRatio && verticalRatio <= bigToVer) || ...
                (smallToHor <= horizontalRatio && horizontalRatio <= bigToHor) )
                % calculate Hausdorff distance
                [dd dh] = HausdorffDist([setOfPointsXa' setOfPointsYa'], [setOfPointsXb' setOfPointsYb']);
                d(i,j) = dd;
            else
                d(i,j) = inf;
            end
        else
            d(i,j) = inf;
        end
    end
    [~, jind] = min(d(i,:)); % get min distance index
    % get Hittite, Sumerian and Akkadian equivalent from db
    query = strcat('SELECT hittite FROM sign_hittite WHERE id=', num2str(jind));
    hittite = fetch(exec(conn, query));
    close(hittite);
    query = strcat('SELECT sumerian FROM sign_sumerian WHERE id=', num2str(jind));
    sumerian = fetch(exec(conn, query));
    close(sumerian);
    query = strcat('SELECT akkadian FROM sign_akkadian WHERE id=', num2str(jind));
    akkadian = fetch(exec(conn, query));
    close(akkadian);
    % translate Hittite, Sumerian and Akkadian equivalents
    sumerogramme = {};
    sumerogrammeInd = 1;
    for a=1:length(hittite.data)
        query = strcat('SELECT sumerogramme FROM sign_sumerogramme WHERE sign=', hittite.data{a});
        result = fetch(exec(conn, query));
        sumerogramme{sumerogrammeInd} = result.data;
        sumerogrammeInd = sumerogrammeInd + 1;
    end
    close(result);
    for a=1:length(sumerian.data)
        query = strcat('SELECT sumerogramme FROM sign_sumerogramme WHERE sign=', sumerian.data{a});
        result = fetch(exec(conn, query));
        sumerogramme{sumerogrammeInd} = result.data;
        sumerogrammeInd = sumerogrammeInd + 1;
    end
    close(result);
    for a=1:length(akkadian.data)
        query = strcat('SELECT sumerogramme FROM sign_sumerogramme WHERE sign=', akkadian.data{a});
        result = fetch(exec(conn, query));
        sumerogramme{sumerogrammeInd} = result.data;
        sumerogrammeInd = sumerogrammeInd + 1;
    end
    close(result);
    sumerogrammeTable{i} = sumerogramme;
end
close(conn);

```

**Şekil 4.16 Uygulama adımları**

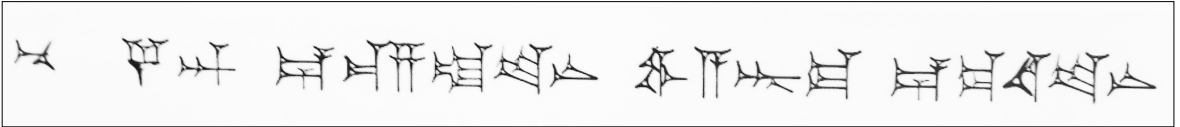
## 5 SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu bölümde Hitit çiviyazısı işaretlerinin çevirisine yönelik sistemin ürettiği sonuçlar hakkında detaylı bilgi ve sistemin geliştirilmesine yönelik önerilere yer verilmiştir.

### 5.1 Sonuçlar

Bu alt başlıkta, çalışma kapsamında Hitit çiviyazısı işaretlerinin otomatik çevirisi için geliştirilen sistemin ürettiği sonuçlar verilmiştir. Girdi olarak daha önce Şekil 2.1 olarak verilen ve tarihte çözümlenmiş ilk Hititçe metin olma özelliğine sahip olan metin kullanılmıştır ve Şekil 4.16'da verilen adımlar uygulanmıştır.

Şekil 5.1'de verilen ve çeviri sisteminde girdi olarak kullanılan bu metinde 15 farklı çiviyazısı işareti bulunmaktadır. Bu işaretlerden 14 tanesi sistem tarafından başarılı olarak tanınmaktadır. Buradan yola çıkarak sistemin hata oranı 1/15 (%7), başarı oranı 14/15 (%93) olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 5.1 Girdi olarak alınan Hititçe cümle**

Hitit çiviyazısı metinlerin otomatik çevirisini yapması için geliştirilen sistem, temel olarak metin içerisindeki çiviyazısı işaretlerini özelliklerine göre karşılaştırıp eleme yapmakta daha sonra geriye kalan seçenekler arasından uzaklık hesaplaması yaparak aranılan işareti sistem tarafından anlaşılır bir tanıma dönüştürmektedir.

Bu süreçte yapılan eleme işleme, çiviyazısı işaretlerinin sahip oldukları özellikleri belirli aralıklar (range) içerisinde kontrol ettiğinden bu aralıkların eşik değerleri sistemin başarısını doğrudan etkilemektedir.

Karşılaştırılan çiviyazısı işaretlerinin uzaklık hesaplamasına geçmeden önce elenmesi için iki ana özellik kullanılmaktadır. Bunlardan ilki işaretlere ait resimlerin sahip oldukları en boy oranı diğeri ise işaretlerin içerdiği yatay ve dikey çizgi sayısıdır. Çeviri sistemine girdi olarak alınan metnin içerdiği çiviyazısı işaretleri ve sistemde karşılaştırma yapılan çiviyazısı işaretlerine ait resimler el yazısı ile oluşturulmuş olduklarından her iki özelliğin de kesin sayılar ile kontrol edilmesi ve karşılaştırılması mümkün değildir. Bu veriler, çiviyazısını yazan kişiye göre değişiklik gösteren bir yapıda olduklarından sistem bu değerleri birebir olarak karşılaştırmak yerine birbirine ne kadar yakın değerler olduklarını kontrol etmektedir. Karşılaştırması yapılan çiviyazısı işaretlerinin en boy oranları veya sahip oldukları yatay çizgi sayılarının oranları ve dikey çizgi sayılarının oranları birbirlerinden çok farklı olduğu durumlarda gerekli eleme yapılmaktadır.

Yine de bu özelliklere göre eleme yapılırken kullanılan eşik değerler sistemin başarısını doğrudan etkilemektedir. Bunun ana sebebi, özellik karşılaştırmasında çok küçük aralıklar kullanıldığında aranılan çiviyazısının sistemdeki gerçek karşılığının uzaklık hesaplama adımına geçilmeden önce eleme olasılığının bulunmasıdır. Eşik aralıklarının yakın tutulması, değerlerin dağılabileceği aralığı küçültmektedir. Bunun bir sonucu olarak sistem çok daha fazla çiviyazısı işaretini elemektedir. Bu işlemin sonucunda uzaklık hesaplamasına katılan çiviyazısı işareti sayısı ve doğru orantılı olarak zaman maliyeti düşmektedir. Ancak eşik değerleri birbirine yaklaştıkça sistemin doğru sonuçları elemeye başlaması olasılığı da artmaktadır.

Bu problem tam ters şekilde, eşik aralıklarının birbirinden fazla uzaklaşmaya başlamasıyla da ortaya çıkmaktadır. Alt ve üst eşik değerlerinin birbirlerinden çok fazla uzaklaşmaları, çiviyazısı işaretlerinin sahip olduğu özelliklere ait değerlerin çok geniş bir aralığı yayılmasına neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak sistemin yapabileceği eleme sayısı azalmakta ve daha fazla çiviyazısı işareti uzaklık hesaplamasına katılmaktadır. Bunun olumsuz yanları; maliyetinin artması, filtreleme işleminin sistemin sonuçlarına olan etkisinin azalmasıdır.

Sistem çiviyazısı işaretleri arasında karşılaştırma yaparken en iyi sonucu 5 piksellik blok boyutunda üretmektedir. Bunun anlamı, karşılaştırılan işaretler üzerinden nokta setleri seçilirken, çiviyazısı işarete ait resim 5x5 piksellik bloklara bölünerek her bir bloktan bir nokta seçilmesidir. Çerçeve oranı filtresinin eşik değeri ise 1.25 olarak alınmıştır. Yatay çizgi sayılarının oranı ve dikey çizgi sayılarının oranı için ise, 0.75 ile 2 eşik değerleri kullanılmıştır. Yatay çizgi sayısı oranı, girdi olarak alınan çiviyazısı işaretinin sahip olduğu yatay çizgi sayısının bu işaretin karşılaştırıldığı Hitit çiviyazısı işaretleri veritabanında bulunan çiviyazısı işaretinin sahip olduğu yatay çizgi sayısına oranını ifade etmektedir. Benzer şekilde dikey çizgi sayısı oranı da girdi olarak alınan çiviyazısı işaretinin içerdiği dikey çizgi sayısının karşılaştırıldığı çiviyazısı işaretinin içerdiği dikey çizgi sayısına oranlanması sonucunda hesaplanmaktadır.

Bu parametreler kullanılarak sisteme Şekil 5.1'de verilen metin girdi olarak verildiğinde, %93 doğruluk oranına sahip sonuçlar elde edilmektedir. Bu doğruluk oranı girdi olarak metin içerisindeki çiviyazısı işaretlerinin ne kadarının doğru bir biçimde tekil numaralarına dönüştürüldüğünü ifade etmektedir. Tekil numaraları belirlenmiş olan çiviyazısı işaretleri için sistem, gerekli veritabanı sorgularını yaparak işaretlerin Türkçe çevirilerini oluşturmaktadır. Burada sistemin başarısını doğrudan etkileyen adım çiviyazısı işaretlerinin tekil numaralarına dönüştürülmesi olduğundan, sistemin ürettiği sonuçların doğruluğu bu işlemin sonuçlarına göre hesaplanmıştır.

Karşılaştırılan çiviyazısı işaretlerinin özelliklerine göre elenmesi sırasında kullanılan eşik değerlerinin değişmesinin başarı oranının etkileri Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2'de verilmiştir<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> Yapılan denemeler sonucu Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2'de verilen eşik değerleri optimum değerler olarak bulunmuştur. Daha hassas sonuçlar elde etmek amacıyla bu değerler üzerinde değişiklik yapılabilir.

**Çizelge 5.1 Çerçeve oranı eşik değeri değişimine göre sonuçlar**

Eşik Değeri	Sonuç
0.75	%0
1	%13
1.25	%93

**Çizelge 5.2 Çizgi sayısı oranlarının eşik değerleri değişimine göre sonuçlar**

	Sonuç
<b>Alt Eşik Değeri</b>	
0.75	%93
0.85	%66
1	%13
<b>Üst Eşik Değeri</b>	
1.50	%53
1.75	%66
2	%93

Sistemin ürettiği sonuçların doğruluğu etkileyen parametrelerden bir tanesi de çiviyazısı resmi üzerinden nokta kümesi seçilirken kullanılan blok büyüklüğüdür. Uzaklık hesaplamasında kullanılan bu nokta kümeleri seçilirken sabit boyutlu bloklar kullanılmasının sebebi, resim üzerinden seçilen noktaların tek bir bölgeye sıkışmasını önleyip homojen olarak dağılmalarını sağlamaktır. Ancak seçilen bloğun büyüklüğü aynı anda çiviyazısının bir çok kısmını barındırabileceği gibi, resim içerisinde bilgi taşıyan kısımların çok küçük parçalara bölünmesine de neden olabilir. Blok boyutunun büyük tutulması, resmin içerdiği çiviyazısı işaretini ifade eden noktalardan az sayıda seçim yapılmasına neden olmaktadır. Tersine ise, resim içerisinde fazla sayıda bilgi alarak hesaplama işleminde karışık ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Blok boyutunun değişimine göre başarı oranının değişimi Çizelge 5.3'te verilmiştir.

**Çizelge 5.3 Blok boyutunun değişimine göre sonuçlar**

<b>Blok Boyutu (Pixel sayısı)</b>	<b>Sonuç</b>
3	%86
5	%93
7	%86

## **5.2 Öneriler**

Bu alt başlıkta Hitit çiviyazısı metinlerinin otomatik çevirisi için geliştirilen sistemin bu alanda yapılacak gelecek çalışmalara katkısı ve daha iyi sonuçlar üretebilmesi için gereken çalışmalara değinilmiştir.

Çeviri sistemin girdi olarak aldığı Hitit çiviyazılı bir metin içerisinde bulunan işaretleri tanıması konusunda yapılabilecek çalışmalardan bir tanesi sistemin kullandığı çiviyazısı işaretleri veritabanının genişletilmesidir. Şuan sistemde her çiviyazısı işarete karşılık bir tane resim dosyası bulunmaktadır. Ancak çiviyazısı işaretleri yazan kişiye ve kullanılan malzemeye göre farklılık gösterebildiği için veritabanına işaretlerin farklı varyasyonlarına dair yeni resim dosyalarının eklenmesi ve bunların işaret tanıma sürecine dahil edilmesi sonuçlara olumlu olarak etki edebilir.

Çalışma kapsamında, çiviyazısı işaretleri veritabanına işaretlerin Hititçe, Sumerce ve Akadça karşılıkları eklenmiştir. Bu üç dil işaretlerin büyük oranda çevrilebilir olmasını sağlamaktadır. Ancak Hitit çiviyazısı metinleri daha bir çok farklı dili içerdiklerinden, veritabanının genişletilerek bu dillerin de dahil edilmesi daha fazla ve doğru çeviri yapılmasına olanak sağlayabilir.

Hitit çiviyazısı metinlerin çevirisinin bilgisayar destekli olarak yapılmasının en büyük faydalarından biri, günümüz dillerinden herhangi birine yapılan çevirinin

farklı dillere kolaylıkla çevrilebilir olmasıdır. Çalışma kapsamında geliştirilen sistem, bu işlemin yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Çalışma kapsamında geliştirilen çeviri sisteminin daha iyi sonuçlar üretebilmesi için gerekli olan çalışmalar arasında en önemli olanı uyarlama ve çeviri işlemleri için kullanılacak olan bir uzman sistem uygulamasıdır. Hitit dilinin gramer kurallarına sahip olan böyle bir uygulama, yazı dönüşümü işlemi tamamlandıktan sonra devreye girerek daha günümüz dillerinden daha anlamlı çeviriler yapılmasına olanak sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR LİSTESİ

### Kitaplar ve Makaleler

Akurgal E., Anadolu Kültür Tarihi, Tübitak Popüler Bilim Kitapları, 1998.

Alp S., Hitit Çağında Anadolu, Tübitak Popüler Bilim Kitapları, 2000.

Alparslan M.D. ve Alparslan M., Hititler, Yapı Kredi Yayınları, 2013.

Anderson S.E., Levoy M., Unwrapping and Visualizing Cuneiform Tablets, Stanford University Computer Science Department, IEEE Computer Graphics and Applications Vol. 22, No. 6, November/December, 2002, pp. 82-88.

Bhattacharya U., Shridhar M., Parui S. K., Sen P. K., Chaudhuri B. B., Offline Recognition of Handwritten Bangla Characters: an Efficient Two-Stage Approach, Pattern Analysis & Applications, Vol. 15, Issue 4, pp. 445-458, 2012.

Bryce T., Hitit Dünyasında Yaşam ve Toplum, Dost Kitapevi Yayınları, 2002.

Cohen J., Duncan D., Snyder D., Cooper J., Kumar S., Hanh D., Chen Y., Purnomo B. and Graettinger J., iClay: Digitizing Cuneiform, John Hopkins University Applied Physics Laboratory Department of Computer Science and Department of Near Eastern Studies, The 5th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST 2004.

Cheung K., Yeung D., Chin R.T., A Bayesian Framework for Deformable Pattern Recognition With Application to Handwritten Character Recognition, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No. 12, pp. 1382 – 1388, 1998.

Çiğ M.İ., Ortadoğu Uygarlık Mirası, Kaynak Yayınları, 2006.

Demoli N., Mrcela I., Sariri K., Correlation and image moment approaches to Analyze Glagolitic script carved in stone tablets, Optik - International Journal for Light and Electron Optics, Vol. 124, Issue 13, pp. 1424 – 1430, 2013.

Gürsel H. and Aktaş Z., An Expert System for Cuneiform Interpretation, Master Thesis in Computer Engineering Middle East Technical University, 1988.

Hırçın S., Çiviyazısı – Ortaya Çıkışı, Gelişmesi ve Çözümü, Eskiçağ Bilimleri Enstitüsü Yayınları, 1998.

Hoffner H. and Melchert H.C., A Grammar of the Hittite Part 1: Reference Grammar, Eisenbrauns, 2008.



- Huttenlocher D.P., Klanderman G.A., Rucklidge W.J., Comparing Images Using the Hausdorff Distance, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, No. 9, 1993.
- Karasu C., Hititçe ve Hitit Çiviyazısı, Alparslan ve Alparslan, 2013, s.84 – 93.
- Koç İ., Hititler, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık, 2006.
- Lloyd S., Türkiye'nin Tarihi, Tübitak Popüler Bilim Kitapları, 1998.
- Macqueen J.G., Hititler ve Hitit Çağında Anadolu, Arkadaş Yayınevi, 2009.
- Martino S., Hititler, Dost Kitapevi Yayınları, 2006.
- Ping Z., Ren H., Zou J., Sheng Y., Bo W., Generic Orthogonal Moments: Jacobi-Fourier moments for invariant image description, Pattern Recognition, Vol. 40, Issue 4, pp. 1245-1254, 2007.
- Rüster C., and Neu E., Hethitisches Zeichenlexikon: Inventar und Interpretation der Keilschriftzeichen aus den Bogazkoy-Texten, 1989.
- Sevin V., Anadolu Arkeolojisi, Der Yayınları, 2003.
- Tou J. T., Gonzalez R. C., Recognition of Handwritten Characters by Topological Feature Extraction and Multilevel Categorization, IEEE Transactions on Computers, pp. 776 – 786, 1972.
- Uhlig H., Avrupa'nın Anası Anadolu, Telos Yayıncılık, 2001.
- van den Hout T., The Element of Hittite, Cambridge University Press, 2011.
- Vattam S., Knowledge-Based Image Understanding, GeorgiaTech University CS7611 Term Paper, 2004.
- Yousif H., Rahma A.M. and Alani H., Cuneiform Symbols Recognition Using Intensity Curves, Al-Rafidian University, Computer Science Department University of Iraq, College of Science University of Alnahrain, The International Arab Journal of Information Technology, Vol. 3, No. 3, pp. 237-241, 2006.
- Zeng J., Lui Z., Markov Random Field-Based Statistical Character Structure Modeling for Handwritten Chinese Character Recognition, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 30, No. 5, pp. 767 – 780, 2008.

## Web Adresleri

- Adobe Photoshop  
[http://tr.wikipedia.org/wiki/Adobe\\_Photoshop](http://tr.wikipedia.org/wiki/Adobe_Photoshop)
- Albrecht Goetze  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Albrecht\\_Goetze](http://en.wikipedia.org/wiki/Albrecht_Goetze)
- Bedřich Hrozný  
[http://tr.wikipedia.org/wiki/Bed%C5%99ich\\_Hrozn%C3%BD](http://tr.wikipedia.org/wiki/Bed%C5%99ich_Hrozn%C3%BD)
- Bengalce  
<http://tr.wikipedia.org/wiki/Bengalce>
- BMP  
<http://tr.wikipedia.org/wiki/BMP>
- bwmorph  
<http://www.mathworks.com/help/images/ref/bwmorph.html>
- Çerçeve Oranı  
[http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87er%C3%A7eve\\_oran%C4%B1](http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87er%C3%A7eve_oran%C4%B1)
- Danziger Z., Hausdorff Distance, 2010  
<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/26738-hausdorff-distance>
- Digital Hammurabi Project  
<http://www.jhu.edu/digitalhammurabi/>
- DPI  
[http://tr.wikipedia.org/wiki/Dots\\_per\\_inch](http://tr.wikipedia.org/wiki/Dots_per_inch)
- Glagol Alfabeti  
[http://tr.wikipedia.org/wiki/Glagol\\_alfabeti](http://tr.wikipedia.org/wiki/Glagol_alfabeti)
- Hans Ehelolf  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Hans\\_Ehelolf](http://en.wikipedia.org/wiki/Hans_Ehelolf)
- Heise, J., Babylonian Epic of Creation, Enuma elish, tablet I, University of Utrecht, Faculty of Physics and Astronomy  
[http://www.sron.nl/~jheise/akkadian/Welcome\\_cftexts.html](http://www.sron.nl/~jheise/akkadian/Welcome_cftexts.html)
- Heise, J., Codex Hammurabi, Prologue, University of Utrecht, Faculty of Physics and Astronomy  
[http://www.sron.nl/~jheise/akkadian/Welcome\\_cftexts.html](http://www.sron.nl/~jheise/akkadian/Welcome_cftexts.html)

- Johannes Friedrich  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Johannes\\_Friedrich\\_\(linguist\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Johannes_Friedrich_(linguist))
- MATLAB  
<http://tr.wikipedia.org/wiki/MATLAB>
- MySQL  
<http://tr.wikipedia.org/wiki/MySQL>
- MySQL Workbench  
[http://en.wikipedia.org/wiki/MySQL\\_Workbench](http://en.wikipedia.org/wiki/MySQL_Workbench)
- RGB  
[http://tr.wikipedia.org/wiki/RGB\\_renk\\_uzay%C4%B1](http://tr.wikipedia.org/wiki/RGB_renk_uzay%C4%B1)
- SQL  
<http://tr.wikipedia.org/wiki/SQL>
- Öklid Uzaklığı  
[http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%96klid\\_uzakl%C4%B1%C4%9F%C4%B1](http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%96klid_uzakl%C4%B1%C4%9F%C4%B1)
- Vanséveren S., Unicode Cuneiform Fonts  
<http://www.hethport.uni-wuerzburg.de/cuneifont/>
- Varlık – bağıntı diyagramı (Entity – Relationship Diagram, ER)  
[http://tr.wikipedia.org/wiki/Entity-relationship\\_model](http://tr.wikipedia.org/wiki/Entity-relationship_model)