

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

GÖRME ENGELLİLER İÇİN YENİ BİR ARAYÜZ TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sevinç AY
(06131104)**

Anabilim Dalı: Elektronik Bilgisayar Eğitimi

Programı: Bilgisayar Sistemleri Eğitimi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Asaf VAROL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 23 Aralık 2009

ARALIK-2009

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

GÖRME ENGELLİLER İÇİN YENİ BİR ARAYÜZ TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sevinç AY
(06131104)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23 Aralık 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Aralık 2009

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Asaf VAROL (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. İbrahim TÜRKOĞLU (F.Ü)

Yrd. Doç. Dr. Cihad DEMİRLİ (F.Ü)

ARALIK-2009

ÖNSÖZ

2006–2009 tarihleri arasında Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak bu çalışmayı yapmama olanak, sağlayan bilgisiyle ve sabrıyla çalışmalarına destek olan danışmanım Sayın Prof. Dr. Asaf VAROL’a, tez çalışmam sırasında desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. İbrahim TÜRKOĞLU’na, Yrd. Doç. Dr. Engin AVCI’ya ve Yrd. Doç. Dr. A.Kadir ŞENGÜR’e, teşekkür ederim.

Sevinç AY
ELAZIĞ–2009

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ	VIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Literatürde Yer Alan Bazı Önemli Çalışmalar	3
1.2. Bu Tez Çalışmasının Amacı	4
1.3. Bu Tez Çalışmasının Kapsamı	4
2. BRAILLE ALFABESİ	5
2.1. Braille Alfabetinin Yapısı	6
3. PAKET YAZILIMLAR.....	11
3.1. Görme Engelliler için Ekran Okuyucu Arayüzleri	11
3.1.1. Windows Eyes	11
3.1.2. Oku	13
3.1.3. ZoomText	13
3.1.4. Jaws	15
3.1.5. ThunderScreenReader	16
3.1.6. Sesli Renkler.....	16
3.2. Görme Engellilerin Bilgisayar Kullanımı	17
3.3. Bilgisayar Kullanımında Görme Engellilerin Yaşadığı Sıkıntılar.....	19
3.4. Görme Engelliler İçin Evrensel Tasarım Kriterleri	20
3.5. Görme Engelli Bireyler İçin Bilgisayar Destekli Eğitim Çalışmaları	23
3.6. Görme Engelli Bireyler İçin Bilgisayar Destekli Eğitim	25
3.7. Türkiye’de Bilişim Alanında Görme Engellilere Yönelik Yapılan Çalışmalar	27
4. MATLAB GUI İLE KULLANICI ARAYÜZÜ TASARLAMA	29
4.1. GUI Editörü	29
4.2. GUI Oluşturma	30
4.3. GUIDE Editörü.....	30

	<u>Sayfa No</u>
4.4. GUI Bileşenlerini Oluşturma ve Düzenleme	31
4.4.1. Dosya (File) Menüsü	32
4.4.2. Düzen (Edit) Menüsü	33
4.4.3. Görünüm (View) Menüsü.....	34
4.4.4. Yapı (Layout) Menüsü	35
4.4.5. Araçlar (Tools) Menüsü.....	35
4.5. GUI Bileşenleri ve Özellikleri.....	36
4.6. Bileşenlerin Düzenlenmesi	38
4.7. Bileşenlerin Programlanması.....	39
5. BRAILLE ALFABESİNİ TANIMAYA YÖNELİK GÖRME ENGELLİLER İÇİN BİR ARAYÜZ TASARIMI.....	44
5.1. OBR (Optic Braille Recognition)	45
5.1.1. Özellikler	46
5.1.2. Problemler	46
5.2. Braille Karakterlerinin Yapısı	47
5.3. Sisteme Genel Bir Bakış.....	48
5.3.1. Yorumlama ve Değerlendirme	54
5.3.2. Görme Engelliler İçin Hazırlanan Arayüz.....	57
6. SONUÇLAR.....	60
6.1. Öneriler.....	61
6.2. Yayınlar	61
KAYNAKLAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ	66

ÖZET

Görme engelli bireyler tüm dünyada olduğu gibi Türkiye nüfusunun da önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Görme engelliler, engellerinin ve toplumun ön yargılarının da etkisiyle eğitim ve günlük yaşamlarında birçok sorunla karşı karşıya kalmaktadırlar. Toplumun bir parçası olan bu bireylerin sıkıntılarının en aza indirilebilmesi için eğitim almaları gerekmektedir. Görme engellilerin eğitimde en önemli sorunlarının başında kabartma (Braille) yazıyla hazırlanan kaynakların yetersizliği ve bu kaynaklara erişimde yaşadıkları zorluklar gelmektedir. Bu çalışma ile Braille alfabesini bilmeyen bireylerinde bu yazı sistemiyle hazırlanmış kaynakları okuyabilmesi, yazılı kaynakların çoğaltılması ve görme engellilerin başkalarından bağımsız bir şekilde eğitimlerine devam etmeleri amaçlanmaktadır. Bu tez çalışmasında Braille yazı sisteminin özelliklerine değinilmiş ve Braille yazı ile hazırlanmış dokümanların Türkçe metinlere dönüştürülmesi için bir arayüz geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Braille karakterlerinin bilgisayarlı tanınması sonucu %86 başarı elde edilmiştir. Bu çalışma ile görme engellilerin gelişen teknolojiyi kullanarak hayatlarını kolaylaştırabilecekleri gösterilmiş ve Braille yazının Türkçeye dönüştürülmesi için farklı bir yaklaşım sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Görme engelli kullanıcılar, Braille, Karakter tanıma, OBR.

SUMMARY

A New Interface Design For Visually Impaired People

Visually handicapped people compose an important part of the population of Turkey as well as it's the same case all over the world. Visually handicapped people face every day a lot of difficulties caused by their own handicaps and the prejudice of people. These individuals are a part of the society, and they've got to be trained to minimize their difficulties. The main problem of sight- disabled persons is the insufficiency of the Braille books, and the difficulties they are faced with while acquiring these books. Training individuals in reading books written with the Braille alphabet, multiplying written records, and continue their training independently is aimed with this study. In this study properties of Braille coding was highlighted, and an interface was prepared and applied for converting Braille texts into Turkish texts. The computer recognized Braille characters with a rate of 86 %. It's proven with this study that, visually handicapped people can facilitate their lives by using the technology in development. A different approach was presented in converting Braille into Turkish.

Keywords: Visually impaired people, Braille, Charecter recognition, OBR.

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Braille harflerinin gösterimi	6
Şekil 2.2. Braille alfabesi	7
Şekil 2.3. Braille hücre yapısı	7
Şekil 2.4. Braille sayı başlangıcı	8
Şekil 2.5. Braille sayılarının gösterimi	8
Şekil 3.1. Windows Eyes penceresi	12
Şekil 3.2. Oku program penceresi	13
Şekil 3.3. ZoomText program penceresi	14
Şekil 3.4. Jaws program penceresi	15
Şekil 3.5. ThunderScreenReader program penceresi	16
Şekil 3.6. Sesli Renkler program penceresi	17
Şekil 4.1. Matlab GUI editörünün genel görünümü	29
Şekil 4.2. GUI bileşenlerinin yüzey üzerindeki görünümü	32
Şekil 4.3. Dosya (File) menüsü	32
Şekil 4.4. Düzen (Edit) menüsü.....	33
Şekil 4.5. Görünüm (View) menüsü.....	34
Şekil 4.6. Yapı (Layout) menüsü.....	35
Şekil 4.7. Araçlar (Tools) menüsü.....	35
Şekil 4.8. Matlab Gui obje kutusu.....	36
Şekil 4.9. Align Objects öğesinin genel görünümü.....	38
Şekil 4.10. Grid and Rulers öğesinin genel görünümü.....	38
Şekil 4.11. Property Inspector aracının görünümü.....	40
Şekil 5.1. OBR sitemlerinin genel yapısı	46

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 5.2. Braille hücre yapısı	48
Şekil 5.3. RGB den gri seviyeye aktarılmış görüntü.....	49
Şekil 5.4. İndirgenmiş görüntü	50
Şekil 5.5. (a) Gri seviye braille görüntüsü, (b) Eşiklenmiş görüntü	51
Şekil 5.6. (a) Eşiklenmiş görüntü (b) Morfolojik dilasyon ile elde edilen görüntü.	51
Şekil 5.7. (a) Eşiklenmiş görüntü (b) Pencereleme sonucu elde edilmiş görüntü .	52
Şekil 5.8. Arayüz.....	58
Şekil 5.9. İndirgenmiş görüntü arayüzü.	58
Şekil 5.10. Tanıma işlemi.....	59

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 5.1. Eşleştirme sonucu oluşan minimum hata oranı.....	53
Tablo 5.2. Braille görüntülerinin tanıma oranları.....	54



SEMBOLLER LİSTESİ

$\underline{D}$	: Giriş uzayını birbiri ile kesişmeyen bölümlere ayırarak her bir sınıfa bir etiket atayıcıyı göstermektedir.
f	: Bir vektörü temsil etmektedir.
$f(x,y)$	: Bir resim yoğunluk dağılımını temsil etmektedir.
R	: Her hangi bir noktanın maskelenmiş değerini temsil etmektedir.
T	: Eşik değeri temsil etmektedir.
x_i	: Giriş uzayını temsil etmektedir.
W	: Görüntünün maskeleme katsayısıdır.
z	: Görüntüdeki güncel çerçeve içerisindeki noktaların gri seviye değerini temsil etmektedir.
Z	: Resmin gri seviyesi değerlerini göstermektedir.

1. GİRİŞ

Hastalık, kaza, doğumsal nedenler, gözde veya beyinde oluşan hasarlar nedeniyle görme gücünü tamamen ya da belli bir oranda kaybetmiş kişilere görme engelli denir. Görme engelliler kör ve az gören olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

- **Kör:** Görme yetisini tamamen yitirmiş veya her iki gözle de görme oranı 1/10'dan daha düşük olan eğitim, öğretimde ve çalışma hayatında görme yetisinden faydalanması mümkün olmayan kişilere denilmektedir [1].
- **Az Gören:** İki gözle görme oranı 1/10 ile 3/10 arasında olan ve yardımcı birtakım araç ve teknikler kullanmadan eğitim, öğretim çalışmalarında ve çalışma hayatında görme duyusundan faydalanması mümkün olmayan kişilere denilmektedir [1].

Devlet İstatistik Enstitüsünün 2002 yılında yaptığı Türkiye Özürlü Araştırması'na göre ülkemiz nüfusunun %12'si engellidir. Toplam nüfusun %0,6'sı ise görme engellidir [2, 3].

Görme engelliler, çevreleri tarafından desteklendiklerinde hayatın tüm aşamalarında görebilen kişilerle aynı şartlarda yaşayabilmektedirler. Özellikle belli bir eğitimden sonra diğer öğrencilerle beraber eğitimlerine devam edebilmektedirler. Aynı zamanda yeterli istihdam olanağı sağlandığında, görme engellilerde birçok işi yapabilmekte ve görenlerle aynı işlerde çalışabilmektedirler. Görme engelliler, diğer insanlarla birlikte çalışabilmek ve aynı eğitimi alabilmek için çeşitli yardımcı araçlara ihtiyaç duymaktadırlar. Bu araçlar günlük yaşantılarını kolaylaştıran donanım araçları veya bilgisayar kullanımlarını kolaylaştıran bilgisayar yazılımlarıdır.

Fiziksel engellere sahip veya doğuştan engelli kişiler hayatları boyunca birçok problemle karşı karşıya kalmaktadırlar. Engelliler içerisinde önemli bir yere sahip görme engelliler için diğer insanlarla iletişim kurmak, eğitimlerine devam etmek ve iş bulmak bile kimi zaman büyük bir problem olmaktadır. Görme engellilerin yaşadıkları bu sıkıntılar onları toplumdan uzaklaştırmakta ve kendi içlerinde yaşamaya itmektedir. Sosyal yaşamın gereği olarak görme engellilerin de topluma kazandırılması ve hayatın her alanında çalışabilir hale gelmesi çok önemlidir.

Görme engelli bireylerin en büyük sıkıntıları, yaşamlarını devam ettirebilmek için bir başkasının yardımına ihtiyaç duymaları, bağımsız yaşayamamalarıdır. Görme engelliler, kendi işlerini yapabilir hale gelmek için birçok araç-gereç kullanmaktadırlar. Gelişen teknoloji ve yaygın bilgisayar kullanımı da görme engellilerin hayatlarını kolaylaştıran önemli öğelerdir.

Öğrenme birçok duyunun birlikte çalışmasıyla oluşmakla birlikte büyük oranla görerek ve duyarak gerçekleşmektedir. Ancak bu durum göremeyen bir bireyin öğrenemeyeceği ve eğitim alamayacağı anlamına gelmez. Gerekli araç gereçler ve eğitim olanaklarının sağlanmasıyla birlikte görebilen insanlarla aynı eğitimleri alabilirler. Özellikle lise ve üniversite seviyesinde kaynaştırma eğitimi almakta ve diğer öğrencilerle aynı okullarda eğitimlerine devam edebilmektedirler. Görme engellilerin üniversite eğitimleri sırasında sınav sistemleri ile ilgili ciddi sıkıntıları vardır. Görme engellilerin sınavları ya bir okuyucu görevli belirlenerek yapılmakta ya da göremeyenler sözlü sınava tabi tutulmaktadırlar. Bu durum fırsat eşitliğini ortadan kaldırdığı için sağlıklı bir değerlendirme söz konusu olamamaktadır.

Görme engelli öğrencilerin yaşadıkları bir diğer sıkıntı da dersleri dinleme ve takip etme konusunda olmaktadır. Görme engelli bir öğrenci ders kitaplarını okuma ve not alma konusunda aynı eğitimi aldığı normal bir öğrenciyle kıyaslandığında daha çok zorlanmakta ve daha fazla zaman kaybetmektedir. Diğer taraftan birçok ders büyük oranda görme duyusu ile algılanabilmekte ve görmeden anlaşılamamaktadır [3].

Günümüz teknolojisinin gelişmesiyle yaygınlaşan bilgisayar kullanımı toplumdaki her bireyin olduğu kadar görebilen bir bireyin de bilgisayar kullanımını gerekli hale getirmiştir. Bir görme engelli bilgisayarı ancak yardımcı donanım ve yazılımlar aracılığıyla kullanabilmektedir. Bu araçlar da çok pahalı ve temini zor araçlardır. Bununla birlikte hazırlanan yardımcı programların çoğu yabancı dilde oluşturulmuştur. Türkçe kaynaklar oldukça sınırlıdır.

Bütün bu sıkıntıların kesin çözümü olmasa bile azaltılabilmesi mümkündür. Bunun da ilk ve temel şartı toplumsal ön yargıların önüne geçmek ve eğitim alan her bireyin toplumdaki diğer insanlarla birlikte çalışabileceğini ve hayatını devam ettirebileceğini kabul etmektir. Görme engellilerin hayatlarını kolaylaştıracak araçların geliştirilmesi, daha yeni ve teknolojik donanımların ve yazılımların hazırlanması gereklidir. Bütün bunların yardımıyla görme engelli birey, hayatını başkalarına bağımlı yaşamaktan kurtulabilecektir.

1.1.Literatürde Yer Alan Bazı Önemli Çalışmalar

Günümüzde görme engellilere yönelik birçok teknolojik araç üretilmektedir. Bunların büyük bir bölümü görme engellilerin hayatlarını kolaylaştırmaya ve eğitimlerinde kullanabilmelerine yöneliktir. Bu nedenle birçok araç veya yazılım, Braille alfabesini daha etkin kullanabilmeleri sağlamak amacıyla hazırlanmaktadır. Braille alfabesinin bilgisayarlı tanınmasına yönelik çok fazla olmasa da literatürde çeşitli çalışmalara yapılmıştır. Bu çalışmalardan en önemlileri aşağıda kısaca anlatılmıştır.

Literatürdeki çalışmalardan Arapça Optik Sistemi [8], tek bir taramada tek ve çift taraflı Arapça Braille dokümanlarının her iki tarafını tanıyabilmek amacıyla geliştirilmiştir. Arapça Braille sisteminde bir hücre bir sembolü (alfabe harfi, sayı ya da özel karakter), iki sembolü veya daha fazlasını veya bir sembolün parçasını temsil edebilmektedir. Bu nedenle dokümanlar çoğunlukla bir Braille sayfasının her iki tarafına da baskı yapılarak oluşturulmaktadır. Görüntü üzerinde görüntü işleme adımları uygulandıktan sonra sayfanın sayısal ortama aktarılması sırasında oluşabilecek eğriliklerin giderilebilmesi içinde bir algoritma denenmiştir. Sayfanın ön yüzündeki noktaların sayfanın arka tarafında oluşturduğu çukurlar da görüntü işleme adımlarında görüntüden elenmektedir. Sınırlandırılmış koordinatlar ve aydınlatılmış karakteristikler temel alınarak ön ve arka yüzdeki noktaların sunumu için 2 standart kalıp oluşturulmuştur. Karakterler noktaların grupları halinde sunulmaktadır. Bu gösterimin kullanımı Braille'in ASCII'ye çevrimi ile tamamlanmıştır. Son aşamada Braille karakterleri Arapçaya dönüştürülmüştür.

Kaynak [13] de görme engellilerin kullandıkları İngilizce Braille alfabesinin bilgisayarla tanınması amacıyla görüntüden özellik çıkarımı anlatılmaktadır. Görüntü ön işleme, seçilen görüntüler alınırken ortaya çıkan hatalar sırasında gerekli bir adımdır. Hatalar gürültü, deformasyon, kötü aydınlatma ve bulanıklık içermektedir. Görüntü ön işleme de görüntünün geliştirilmesi için gürültünün azaltılması, görüntünün keskinleştirilmesi ya da eğilmiş bir sayfanın döndürülmesi adımları kullanılmıştır. Algoritmalar araştırmacı veya geliştiricilerin takip ettikleri sınıflandırma yaklaşımlarını temel alışlarına göre bir sistemden diğerine değişmektedir. Sonuçta Braille sayfalarının tek yüzlerinin ve çift yüzlerinin kullanımı sırasıyla incelenmiş ve örnekleyen sistem sırasıyla %100 ve %97 başarı oranları sağlamıştır.

Kaynak [14] de Japonca Braille alfabesinin tanınması amacıyla kullanılan farklı yöntemlerden hücresel sinir ağları incelenmiştir. Çok katmanlı perceptron ile karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırma sonucunda hücresel sinir ağlarının tanıma yeteneğinin (%87.9) çok katmanlı algılayıcı (%62.0) yapısından daha üstün olduğu ortaya çıkmıştır.

Kaynak [15] de, Braille dokümanlarının basit bir görüntü işleme algoritması ve olasılıklı sinir ağları kullanılarak optik tanınması için bir yazılım prototipi oluşturmayı amaçlamıştır. Braille alfabesinin tanınması için daha çok elde edilen döküman eğik ise neler yapılabileceği ele alınmış, eğik dökümanların yatay ve dikey gridler boyunca düzeltilebildiği görülmüştür.

1.2. Bu Tez Çalışmasının Amacı

Bu tez çalışmasında görme engellilerin eğitim ve çalışma hayatlarında sıklıkla kullandıkları Braille alfabesinin Türkçe karakterlere dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Bir aracıya gerek duymadan görme engelliler kendi kullandıkları yazma diliyle hazırladıkları çeşitli dökümanları bu arayüz yardımıyla Türkçe yazı diline dönüştürebileceklerdir. Etkili ön işlem ve özellik çıkarım yöntemleri kullanılarak, elde edilen Braille hücre görüntülerinin Türkçe karakterlere dönüştürülmesi amaçlanmıştır.

1.3. Bu Tez Çalışmasının Kapsamı

1. Bölümde, literatürde yer alan Braille tanıma çalışmaları hakkında bilgi verilecek, 2. Bölümde, Braille alfabesi tanıtılacak, 3. Bölümde görme engelliler için hazırlanmış arayüzlere yer verilecek, 4. Bölümde Matlab GUI, 5. Bölümde bu tez çalışmasında kullanılan ön işlem ve özellik çıkarımı konularında bilgi verilecek 6. Bölümde ise elde edilen sonuçlar ve bu alanda yapılacak çalışmalar tartışılacaktır.

2. BRAILLE ALFABESİ

Yazı, dilimizde kullandığımız sözcüklerin semboller, işaretler veya çeşitli ifadelerle temsil edilebilir biçimidir. Yazının bulunuşu insanlık tarihinin en önemli gelişmesi olarak kabul edilmektedir. Yazının bulunmasıyla insanlar bilgi ve birikimlerini gelecek nesillere aktarabilmeye başlamıştır. Tarih boyunca yazı kültür ve medeniyetin başlangıcı olarak kabul edilmiştir. Tarih boyunca farklı yazı tipleri, değişik ülkeler ve medeniyetler tarafından kullanılmıştır. Bu nedenle yazı sürekli bir değişim ve gelişim içerisinde olmuştur. Bilginin basılı kaynaklara aktarılabilir hale gelmesi bugün için teknolojinin gelişmesinin ve ilerlemişlik düzeyinin temelini oluşturmaktadır [4].

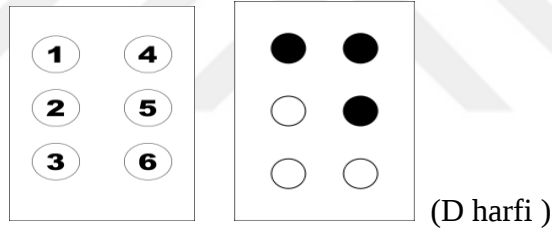
Konuşma dilini basılı kaynaklara dönüştüren yazı insanların kendilerini ifade edebilmelerini, bilgi ve birikimlerini çevreleriyle paylaşabilmelerini sağlamıştır. Yazı eğitimin de temel ve vazgeçilmez bir parçasını oluşturmaktadır. Yazının gelişimiyle birlikte toplumlar kendi dillerine göre alfabelerini geliştirmiş ve bu şekilde yazının çeşitli biçimleri oluşmaya başlamıştır. Yazı toplumdaki tüm bireyler için olduğu kadar engelliler içinde önemlidir. Bunun sonucunda da engelli bireylerinde kullanabilmesi için bir alfabenin geliştirilmesi kaçınılmaz olmuştur Özellikle görme engelli bireyler yazılı kaynakları görerek okuyamayacakları için onlara yönelik farklı bir alfabe sisteminin geliştirilmesi yıllar boyunca önemli bir araştırma konusu olmuştur.

Görme engelli bireyler yaklaşık 170 yıl önce kendilerine ait bir yazı sistemine sahip değillerdi. Görme engellilerin eğitimleri tamamen işitme duyularına yönelik olarak yürütülmekteydi. Sözlü yapılan eğitimin kalıcılığı ve yeterliliği de tartışma konusuydu. Louis Braille 1825 yılında görme engellilere yönelik 6 noktanın çeşitli kombinasyonlarıyla oluşturulmuş bir yazı sistemini bulmuştur. Fransız ordusunda askerlerin gece şifreli olarak haberleşmeleri amacıyla kullanılan bir yazı sistemi temel alınarak yeni bir yazı sistemi oluşturulmuştur. Askerlerin kullandığı bu alfabe, başkalarının okuyup anlayabilmelerine engel olmak amacıyla kimi zaman daha fazla noktanın kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Bu askeri alfabenin karmaşıklığının giderilip sadeleştirilmesiyle ve altı nokta ile yeniden düzenlenmesiyle, Braille alfabesi oluşturulmuştur. Böylelikle oluşturulduğu günden bugüne görme engelli bireyler tarafından yaygın olarak kullanılan Braille yazı sistemi ortaya çıkmıştır [5].

2.1. Braille Alfabesinin Yapısı

Braille alfabesi, bir kâğıt üzerine tablet veya Braille yazıcılar aracılığıyla yazılmaktadır. Bir Braille sayfası normal bir kâğıttan daha kalın bir kâğıt üzerine kabartılmış noktalardan oluşmaktadır. Braille sayfası üzerine parmak uçlarıyla dokunularak altı noktanın oluşturduğu harf kombinasyonunun algılanması şekliyle okunmaktadır. Dokunarak okuma gerçekleştiği için bu yazıya kabartmalı yazı veya altı noktalı yazı da denilmektedir.

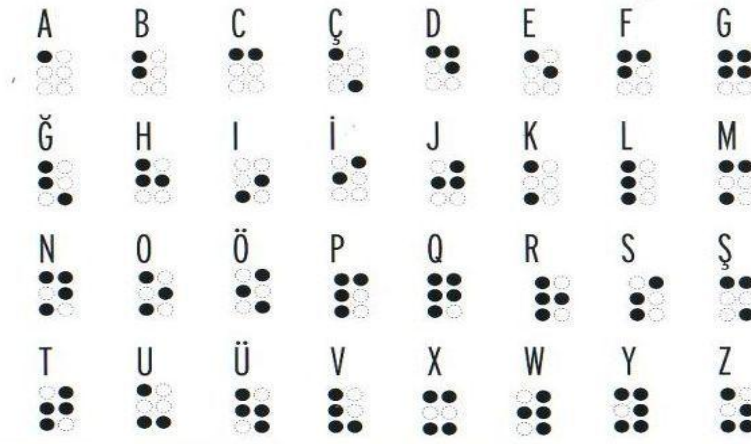
Braille harfleri hücrel bir oluşum göstermektedir. Temel görünümü dikdörtgen bir şekil üzerine iki sütun halinde dizilmiş 6 noktadan oluşmaktadır. Şekil 2.1.'de gösterildiği gibi iki sütun ve üç satırlık bir şekle sahip Braille harflerinde her iki sütunun içerisinde üçer nokta bulunmaktadır. Kabartmalı noktaların farklı dizilişleriyle altmış dört farklı kombinasyon oluşturabilir [6].



Şekil 2.1. Braille harflerinin gösterimi

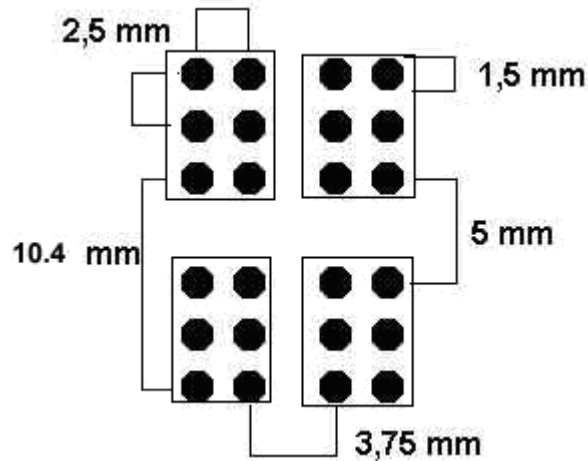
Bir Braille harfinde kabartma noktalar yukarıdan aşağıya doğru '1', '2', '3' ve yandaki noktalar da '4', '5' ve '6' olarak adlandırılır [7].

Buna göre bir harf içerisindeki çeşitli hücrelerin kabartılması farklı harf veya sembolleri ifade etmektedir. 1. nokta 'A' harfini simgelerken, sadece 2. nokta ise virgülü ifade eder. 1 ve 2 kombinasyonu 'B' harfini, 1 ve 4 'C' harfini, 1 ve 6 'Ç' harfini, 1, 4, 5 'D' harfini simgeler. Şekil 2.2. Braille harflerinin karşılığı olan alfabetik karakterleri göstermektedir.



Şekil 2.2. Braille alfabesi

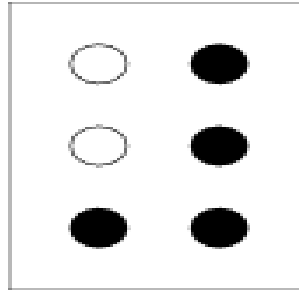
Braille alfabesinde harfler bir hücre yapısı içerisinde farklı kombinasyonlar oluşturmaktadırlar. Braille alfabesindeki harflerin şeklinden dolayı her harf hücre olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2.3.'de gösterildiği gibi harfleri oluşturan noktalar arasındaki mesafeler, yazılma biçimine göre değişiklik gösterebilmekle beraber, yaklaşık 2.5 mm olarak kabul edilmektedir. Braille hücresinde bitişik hücreler yani iki harf arasındaki mesafe yatay olarak yaklaşık 3.75, dikey olarak 5mm'dir. Bir Braille sayfası yaklaşık 11 inç'e 11 inç'tir. Braille sayfasını oluşturan her satır 40 ile 43 arasında Braille hücresi alabilmektedir [8, 9].



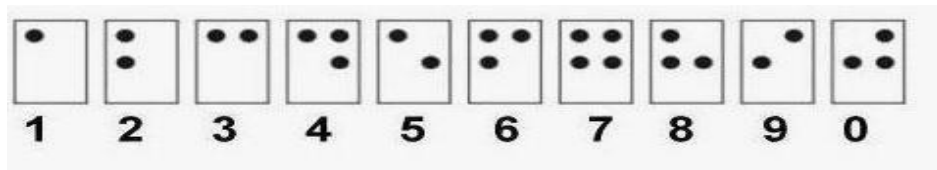
Şekil 2.3. Braille hücre yapısı [9].

Braille alfabesinin kâğıda aktarılabilmesi için farklı teknikler kullanılmaktadır. Bilgisayarda kelime işlemci programında hazırlanan yazı, Braille yazıcılar aracılığıyla resim kartonu olarak adlandırılan kâğıt yapısına benzer ve normal kâğıttan daha kalın olan

özel kâğıtlara basılarak çıktı olarak alınabilmektedir. Braille yazısı görme engellilerin dokunarak algılayabildikleri bir yazı sistemidir. Parmak ucuyla takip edilerek okunan bu yazı sisteminde kâğıt üzerinde oluşabilecek baskı ve bozulmalar dikkate alınarak Braille kâğıtları daha kalın tercih edilmektedir. Braille yazıcılar dışında Braille yazı özel daktilolarda ve tabletlerde de yazılabilmektedir. Tabletlerde yazıyı hazırlamak biraz daha zahmetli bir yoldur. Tabletler, noktaların oluşturulabilmesi için hücrel boşluklardan oluşmaktadır. Tablete Braille kâğıtları yerleştirildikten sonra ucu sivri bir kalem veya bir araç yardımıyla noktalar kabartılarak oluşturulur. Tablet kullanılarak Braille yazı yazılırken harflerin simetrikleri yazılmaktadır. Bu nedenle tablet kullanılarak Braille yazısı oluşturulduğunda satırın sağından soluna doğru yazım yapıldığından Braille yazı oluşturulduktan sonra kâğıt okunurken ters çevrilip okunmaktadır. Genel olarak Braille yazı sağdan sola yazılmakta ve soldan sağa okunmaktadır. Braille alfabesinde noktaların 64 farklı kombinasyonu tüm sembollerin ve ifadelerin gösterimi için yeterli olmamaktadır. Sayıların ve diğer ifadelerin gösterimi için yeni kombinasyonları üretmek mümkün olmadığından farklı gösterimler kullanılmaktadır. Sayılar kullanılacaksa önce sayıların gösterileceğini belirten bir sayı başlangıcı (3, 4, 5, 6) Şekil 2.4.'de gösterildiği gibi kullanılmaktadır [7, 10]. Şekil 2.5.'de Braille alfabesinde sayıların gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.4. Braille sayı başlangıcı



Şekil 2.5. Braille sayılarının gösterimi

Braille yazı sistemi Fransızca olarak ortaya çıkmıştır. Bu nedenle Türkçe alfabede bulunan bazı harfleri (Ö, Ü, Ğ, Ç, Ş) karşılayabilecek yeni semboller geliştirilmiş ve bu eklemelerle birlikte Türkçe Braille sistemi oluşturulmuştur. Braille yazı sisteminde harfler ve rakamların dışında bir dilde kullanılabilecek çeşitli ifadeler içinde farklı semboller kullanılmaktadır. Müzik sembolleri, notalar, matematiksel ifadeler, büyük harf başlangıcı ve noktalama işaretleri(nokta, virgül, ünlem...vb) gibi semboller için farklı kombinasyonlar kullanılmaktadır [6].

Braille alfabesini oluşturan harflerin boyutları düz yazı sisteminde kullanılan harflerden daha büyük olduğu için Braille metinler oldukça uzayabilmektedir. Braille yazı ile hazırlanmış metinlerin basılı olduğu dokümanları okumak ve yazmak çok uzun zaman almaktadır. Bu nedenle bu yazı sisteminde bazı kelimelerde veya ifadelerde çeşitli kısaltmalar kullanılmaktadır. Bir harfli, iki harfli veya hece kısaltmaları bilinen en yaygın kısaltmalardır [11].

Bir harfli kısaltmalar, temel alfabetik karakterlerden yirmi dokuz harfin yirmi sekiz tanesinin birer kelime kısaltılmasıyla elde edilen kısaltma biçimidir. Bir harfli kısaltmalar ile yeni kelimeler oluşturulmak istendiğinde sonlarına eklemeler yapılmaktadır. Bir harfli kısaltmalar tek başlarına, sonlarına ek alarak veya bir kelimenin sonunda kullanılabilmektedirler. Braille öğrenmeye yeni başlayan ve okumayı yeni öğrenenler için düşünülmüştür.

İki harfli kısaltmalar, bir harfli kısaltmalarda olduğu gibi okunması ve yazılması zor olan Braille metinlerini kısaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Türkçe alfabeyle Braille alfabesi kıyaslandığında harf boyutlarının oldukça farklı olduğu görülmektedir. Türkçe alfabeyle yazılmış bir paragraflık metin bir Braille sayfasının tamamına yazılmaktadır. Bu nedenle kısaltmalar oldukça önemlidir. Uzayan metinlerin okunması zaman almakta bu durumda metnin anlaşılabilirliğini güçleştirmektedir. Bütün bu nedenler kısaltmaların gerekliliğini bir kez daha göstermektedir. Özellikle iki harfli kısaltmalar, Braille sayfalarının daha fazla metin içermesini sağlamak amacıyla yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu kısaltmalar da, yaygın olarak kullanılan kelimelerin ilk iki sessiz harfleri alınarak kısaltma oluşturulmaktadır. Oluşan kısaltmanın kelimenin aslını hatırlatması önemlidir. İki harfli kısaltmalar seksen yedi tanedir. Kısaltmalar birlikte kullanılmalıdır. Satır sonuna gelindiğinde bile anlaşılabilmesi için bu kısaltmaların ayrılmamaları gerekmektedir. Kısaltılacak kelimelerin kullanımı yaygın olan kelimelerden seçilmesi ve kısaltma

kurallarının tam olarak uygulanması önemlidir. Bu kısaltmalar tek başlarına kullanılabildikleri gibi sonlarına takılarda alabilmektedirler.

Hece kısaltmaları, diğer kısaltmalarda olduğu gibi yaygın olarak kullanılan hecelerin kısaltılarak sembolleştirilmesiyle oluşmaktadır. Bu hecelerin kullanım alanlarının geniş olmasına, kullanıldıkları kelimelerin türlerinin ve sayısının fazla olmasına ve özellikle kullanıldıkları sözcüklerde hece yapısını bozmayacak nitelikte olmalarına dikkate edilmektedir. Hece kısaltmaları için kullanılan semboller noktalama işaretlerinin gösterimleriyle aynı olabilmektedirler. Bu sembolleri ayırt edebilmek için noktalama işaretlerinin kelimelerin sonunda kullanıldıklarına dikkat etmek gerekmektedir. Hece kısaltmaları yirmi iki tanedir.

Bu kısaltmaların dışında kelime kökü kısaltmaları ve kelime parçası kısaltmaları da kullanılmaktadır. Her iki kısaltma türü içinde çeşitli kurallar kullanılmaktadır. Türkçe Braille kodlamasında kullanıldığı gibi diğer birçok dilde de kısaltmalar mevcuttur. Kısaltmaların sayılarının artması Braille alfabesinde kullanılan sembollerle çakışmaları arttırabileceği için kısaltma yapılacak sözcüklerin dikkatli seçilmesi, kısaltma sayılarının her dil için belli sayıda tutulması oldukça önemlidir [12].

Türkçe alfabe ile yazılabilecek her türlü metnin, matematiksel ifadelerin, müzik sembollerinin Braille alfabesiyle de yazılabilmesi oldukça önemlidir. Özellikle öğrencilerin eğitiminde kullanılabilecek kitaplarda her türlü matematiksel denklemin bir gösterimin olması gerekmektedir. Görme engelli bir bireyin görebilen bir öğrenciyle aynı sınavlara girmesi gerekli olduğundan eğitiminin de görebilen bir bireyden farklı olmaması gerekmektedir. Braille alfabesinin her türlü ifadeyi aktarabilecek bir yapıya sahip olması oldukça önemli olmaktadır. Bu nedenle Braille alfabesinde her ifadenin karşılığı olan semboller oluşturulmuştur. Çeşitli ifadeleri karşılayacak bir veya birden fazla Braille sembolü kullanılabilmektedir. Özellikle matematiksel ifadelerin kullanımında ifadelerin gösterimi sırasında karışıkların önlenmesi amacıyla LaTeX kelime işlemcisi kullanılabilmektedir [7]. LaTeX karmaşık matematiksel denklemlerin bile tek satır olarak yazılması mümkündür [9].

3. PAKET YAZILIMLAR

Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte bilgisayar hayatın her alanında kullanılabilir hale gelmiştir. Bütün insanların hayatlarını kolaylaştıran bu yeni teknoloji engelli bireylerin de hayatlarında oldukça önemli değişiklikler yapmıştır. Özellikle görme engellilerin iş ve eğitim hayatlarının vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Görme engelliler, bilgisayar kullanabilmek için çeşitli ek programlar veya donanımlara ihtiyaç duymaktadırlar. Bu programların en yaygın olanları ekrandaki bilgileri bir sesli okuyucu yardımıyla görme engellilerin duyabileceği şekilde seslendiren ekran okuyucu programlardır. Görme engelliler için hazırlanan programlardan veya donanımlardan birçoğu ya onların dokunma duyularına hitap etmekte ya da işitme duyularına yönelik olmaktadır [13].

3.1. Görme Engelliler için Ekran Okuyucu Arayüzleri

3.1.1. Windows Eyes



Görme engellilerin bilgisayar kullanımını kolaylaştıran ekran okuyucu programlardan en yaygın kullanım alanına sahip olan programdır. Farenin veya klavyenin hareketleri seçilerek imlecin bulunduğu noktadan itibaren ekranda bulunan tüm nesneleri, yazıları İngilizce olarak okumaktadır. Kabartma ekran desteği de sunmaktadır. Bilgisayar ortamında çalışan birçok programla uyumludur. İnternette gezinme olanağı sağlar ve sayfalar arasında ileri ve geri gitme özelliği vardır. Kullanıcılar seslendirme seçeneklerini kendilerine göre değiştirebilmektedirler. Şekil 3.1.'de Windows Eyes programının ana penceresi görülmektedir.



Şekil 3.1. Windows Eyes penceresi

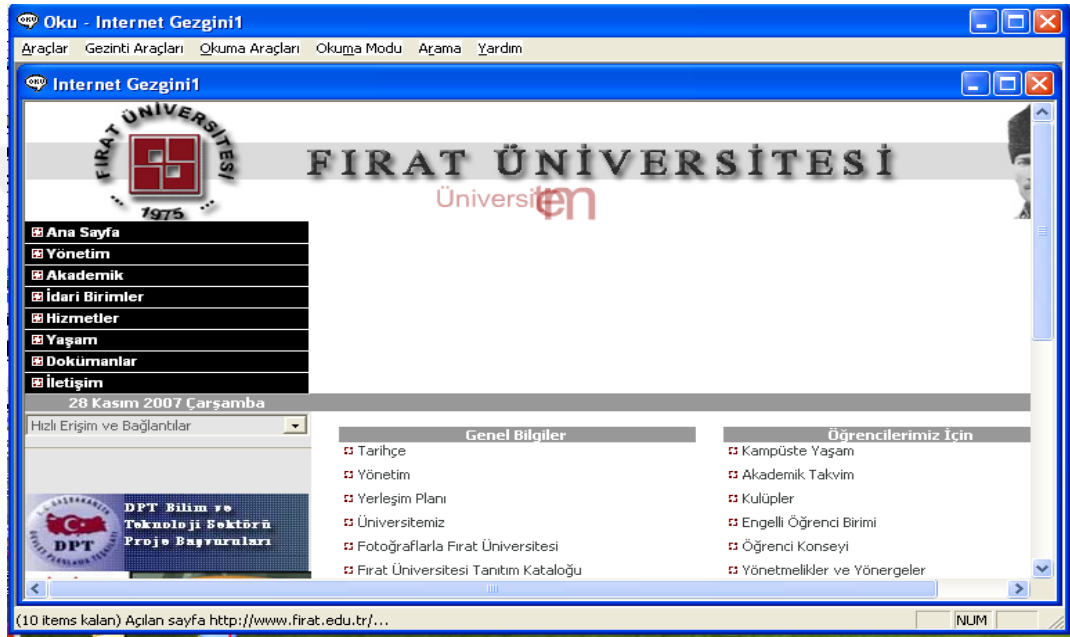
Görme engelliler günümüzde görebilen bireyler kadar eğitim alabilmekte ve kendilerine uygun iş sahalarında çalışabilmektedirler. Mevzuata göre Türkiye’deki kurum ve kuruluşlar her 100 çalışandan 3’ünü görme engelli bireylerden seçmek zorundadır [2]. Bunun bir sonucu olarak da görme engelli bireyler çok fazla çalışana sahip büyük kurum ve kuruluşlarda iş bulabilmektedirler. Bu şirketlerde ağ üzerinden çalışmalarını sürdürmektedirler. Görme engellilerin kullandıkları ekran okuyucu programların birçoğu ağ kullanıma uygun değildir. Windows Eyes programı ağ üzerinde çalışabilen bir programdır. Böylece engelli çalışanlar ile şirketin diğer çalışanları arasında uyumlu bir çalışma ortamı sağlanabilmektedir.

Taşınabilir bellekler ile taşınabilen bu programın yasa dışı kullanımını önlemek amacıyla seri numarası verilmektedir. Programın kullanımını kolaylaştırmak amacıyla birçok kısayol tuşu mevcuttur ve bunlar düzenlenebilmektedir. Farenin hareketini takip eden program bu sayede bulunulan noktadan itibaren okumayı gerçekleştirmektedir. Farenin ekran üzerinde gezinirken durduğu noktada bulunan metinler program tarafından okunmaktadır. Satırlar arasında ilerleme özelliğine de sahip olan bu programda ilk satırdan yüzüncü satıra atlanabilmektedir. Ekranda bulunan metin ile birlikte yazının rengi, puntosu ve yazı tipide kullanıcıya aktarılabilir. Kütüphane, okul gibi birden fazla kullanıcının bulunduğu ortamlar düşünülerek geliştirilen ‘çoklu kullanıcı özelliği’ ile de farklı kullanıcı profilleri oluşturulabilmektedir. Böylece her kullanıcı kendi seslendirme ve okuma ayarlarını programa kaydedip kendi ihtiyaçları doğrultusunda özgünleştirebilmektedir [14].

3.1.2. Oku



Bilkent Üniversitesi tarafından Türkçe olarak oluşturulan bu program internet sayfalarını, yazılı metinleri Türkçe olarak okumaktadır. Görme engelliler için Türkçe olarak hazırlanmış ilk programdır. Şekil 3.2.'de Oku programında açılan internet sayfalarının görüntüsü verilmektedir.



Şekil 3.2. Oku program penceresi

Oku programında tüm sayfa okunabildiği gibi sayfanın belli bir bölümü de okunabilmektedir. Sayfanın tamamı Tab tuşu ile okunabilmektedir. Sayfa içerisinde aramak istenen kelime bulunabilmekte ve ondan sonraki açıklamalar okunabilmektedir. Program içerisinde internet gezgini, metin okuyucu, e-posta göndericisi ve okuyucusu, hesap makinesi kısımları mevcuttur.

3.1.3. ZoomText

Görme oranı az olan veya hiç göremeyen bireyler için geliştirilmiş bir programdır. Bu programın en önemli özelliği ekranı istenilen oranda büyütebilme seçeneğidir.

Program, fare imlecinin bulunduğu bölgenin okunabilmesi özelliğine de sahiptir. Şekil 3.3.'de ZoomText program penceresi ve menü yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3.3. ZoomText program penceresi

Zoomtext programı ekranı büyütme özelliği sayesinde az gören veya göremeyenlerin de bilgisayarı kullanabilmelerini kolaylaştırabilmektedir. Program oldukça gelişmiş özelliklere sahip bir yazılımdır. Zoomtext özellikle ekranı büyütme ve seslendirebilme özelliklerini içerisinde barındırmaktadır. Bu özelliğiyle dünyada en çok kullanılan ve tercih edilen program olma özelliğine sahiptir. Program, kullanıcıya kendi ihtiyaçlarına ve görme oranına göre, değişiklikler yapabilme seçeneğini sunmaktadır.

Ekranı bulunan yazılar, resimler ve şekiller istenilen boyutlarda görüntülenebilmektedir. Az görebilenler düşünülerek arka plan ve ön plan renkleri değiştirilebilmektedir. Programın arama özelliği yardımıyla internet sayfaları veya metinler üzerinde arama yapılabilir. Programın seslendiricisi doğal insan sesi kalitesine sahip olmakla beraber seslendirme hızı da kullanıcı tarafında değiştirilebilmektedir [14].

Zoomtext Programının özellikleri:

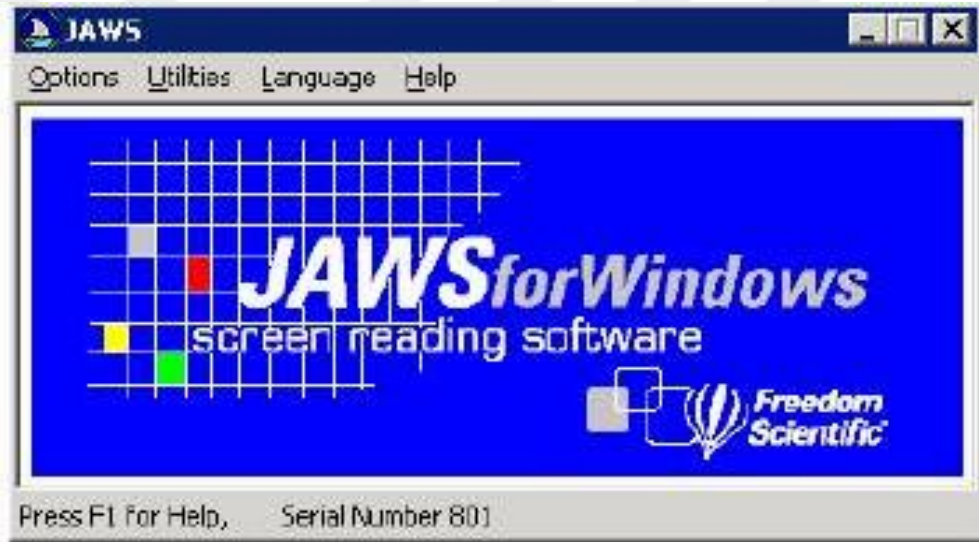
1. Programın seslendirme kalitesi insan sesine yakın kalitede gerçekleşmektedir.
2. Ekran görüntüsü kullanıcının istediği oranda 1-36 kat arasında büyütülebilmektedir.

3. Ekranın belirlenen 8 ayrı noktası yakınlaştırılıp büyütülebilmektedir. Kullanıcı dilediği ekran alanını kendi ihtiyaçları ölçüsünde yakınlaştırabilmektedir.

3.1.4. Jaws



Görme engellilerin yaygın olarak kullandıkları ekran okuyucu programlardan biridir. Program İngilizce olarak geliştirilmiştir. Türkçe yaması yüklendiğinde menüler Türkçe olmakta, ama konuşma dili olarak Türkçe henüz mevcut değildir. Şekil 3.4.'de Jaws program penceresi gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Jaws program penceresi

JAWS ekran okuyucu programı, özellikle internet sayfalarını etkili biçimde kullanıcıya aktarabilmektedir. Html tabanlı tüm sistemlerde çalışabilmektedir. Program kullanıcıya göre değiştirilebilecek çeşitli seçeneklere sahiptir. Outlook ve Outlook Express içerisindeki e-postalar, .pdf dosyaları, ekran simgeleri okunabilmektedir. Jaws'ın son olarak Jaws 7.10 sürümü çıkmıştır.

3.1.5. ThunderScreenReader

Bu program ücretsiz olarak kullanılabilen bir ekran okuyucusudur. Seslendiricinin hızını ve ses türünü değiştirme olanakları sunmaktadır. SAPI4 ve SAPI5 destekli ses sentezleyicilerini kullanmaktadır. Şekil 3.5.'de gösterildiği gibi temel iki düğmeli bir ekrana sahip olan ve kullanım kolaylığı sağlayan bir programdır. İngilizce olarak oluşturulmuş bu program Help ve settings şeklinde iki ayrı düğmeye sahiptir. Run menüsünde webbie ve rss new reader seçenekleri vardır. İlk seçenek internet sayfalarını açıp, sayfaların seslendirilebilmesini sağlamaktadır. Sayfayı büyütme, sayfalar arasında ileri geri gidebilme, bağlantıları okuyabilme özelliklerine sahiptir. İkinci seçenek ise haber sitelerine bağlanmak ve onları seslendirebilmektedir.



Şekil 3.5. ThunderScreenReader program penceresi

3.1.6. Sesli Renkler

Görme engellilerin eğitimlerinde çok küçük yaşlardan itibaren bilgisayardan yararlanılmaktadır. Şekil 3.6.'da görüldüğü gibi temel renklerin öğretilmesi için kullanılan bu program renkleri seslendirerek öğretmektedir. Bu program ücretsiz olarak internette indirilebilmektedir.



Şekil 3.6. Sesli Renkler program penceresi

Sesli renkler, küçük yaşta olan veya öğrenme güçlüğü yaşayan görme engellilerin temel eğitimine katkıda bulunmak için hazırlanmış ve Türkçe olarak seslendirilmiş bir programdır. Renkler gibi sayıların da seslendirilmesi yardımıyla eğitime katkıda bulunan yazılımlar mevcuttur.

3.2. Görme Engellilerin Bilgisayar Kullanımı

Günümüzde görme engellilerin hem eğitim hem de çalışma hayatlarını kolaylaştıran en önemli araç bilgisayarlardır. Bilgisayarlar, görme engellilerin karşılaştığı birçok probleme çözüm getirmekte ve diğer insanlarla aynı şartlar altında eğitim görebilmelerine ve çalışabilmelerine olanak sağlamaktadır. Görme engelli öğrenciler etraflarında bulunan başka bir kişinin yardımı olmadan, sayısal ortama aktarılmış her tür kaynağa bilgisayar kullanarak erişebilmekte, ekran okuyucu programlar yardımıyla içeriğini okuyabilmekte, gerekli yazılım ve donanımlar mevcut olduğu durumda not

alabilmekte, ekran okuyucu programlar üzerinde aldıkları notlar üzerinde değişiklik yapabilmektedirler. Bilgisayar kullanan görme engelliler çeşitli sektörlerde ve çeşitli mesleklerde önemli imkânlar bulup çalışabilme olasılıklarını artırabilmişlerdir. Örneğin, bazı görme engelliler daha önce hem yasal olarak hem teknik açıdan iş imkânı ve eğitim imkânı olmayan birçok meslek alanında eğitim görüp iş bulma imkânına kavuşmuşlardır. Bilgisayarlar bulunmadığında görme engellilerin öğrenme ve istedikleri bilgilere, araştırma konularına ulaşmaları oldukça zahmetliydi. Genellikle bir başkasının okuduğu bilgileri dinleyerek veya kendi okuma yazılarıyla hazırlanmış kitaplardan faydalanarak istedikleri bilgiye erişebilmekteydiler. Ancak bu iki yöntem de bilgisayar kullanımına göre dezavantajlara sahiptir. Öncelikle, dinleyerek öğrenmek için görme engellilerin kendilerine okuyacak bir kişi bulmaları ve karşılarındaki kişinin de sabırla zaman ayırmasını beklemeleri gerekmektedir. Bunun yanında, Braille yazıyla hazırlanmış kitaplar ve dokümanlar maddi açıdan oldukça fazla ve genellikle eski bilgiler içeren kaynaklar olup, her yayınlanan kaynağın Braille yazıyla hazırlanmış alternatifi olmadığı için de sınırlı çeşide sahiptirler. Oysa görme engelliler bilgisayar kullanırken kimsenin yardımına ihtiyaç duymadan kendi yardımcı araçlarıyla bilgisayar da araştırma yapabilmektedirler. Yaptıkları araştırmaları seslendiren yardımcı programlar sayesinde dinleme olanağına sahip olabilmektedirler [15].

Görme engelli bilgisayar kullanıcıları ekran okuyucu programların yardımıyla her türlü yazışmalarını bilgisayar aracılığıyla yapabilmektedirler. Günümüzde internetin yaygınlaşmasıyla beraber görebilen bir insanın faydalanabildiği kadar internetten yararlanabilmektedirler. Aracı programlar ve özellikle ekran okuyucular yardımıyla ulaştıkları bilgilere daha sonra tekrar erişebilmekte ve kullanabilmektedirler. Oysa bilgisayarlardan önce ulaşmak zorunda oldukları kaynakları hem dokunarak okumak için çok zaman kaybetmekte hem de kütüphane gibi ortamlardan aldıkları kaynakları sınırlı süreyle kullanabilmekteydiler. Bütün bunların sonucunda bilgisayarların özellikle görme engellilerin hayatında ki önemi ortaya çıkmaktadır [15].

3.3. Bilgisayar Kullanımında Görme Engellilerin Yaşadığı Sıkıntılar

Görme engelliler, engellerinin ve hayatın zorluklarının da etkisiyle yaşantıları boyunca birçok problemle karşı karşıya kalmaktadırlar. Özellikle eğitim alanında ciddi problemler yaşayan görme engellilerin en büyük yardımcısı günümüzde bilgisayarlar olmaktadır. Bilgisayarlar iletişimlerinde, eğitimlerinde ve meslek hayatlarında birçok kolaylıklar getirmektedir. En önemli problem olarak günümüz teknolojilerinin ve özellikle bilgisayarların her engelli vatandaşın bütçesine uygun olmayışı gelmektedir. Gelişen yeni teknolojiler ve buna uygun olarak görme engelliler için hazırlanan temel araçlar oldukça pahalı olmakta bunu karşılamakta her görme engelli için uygun olmamaktadır. [15, 16].

Görme engellilerin bilgisayar kullanımında en önemli yardımcı araçları ekran okuyuculardır. Bu programların büyük çoğunluğunun ise günümüzde Türkçe desteği bulunmamaktadır. Görme engelliler için aslında önemli olduğu bilinse de ekran okuma programlarını üreten firmaların yazılımlarını Türkçeye uyarlama konusunda istekli olmadığı görülmekte, bundan dolayı ekran okuma programlarına Türkçe desteği sağlanmasında çok ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Buna en büyük neden olarak, bu firmaların Türkçe ekran okuma programlarına ne kadar çok talep olduğunu bilmemeleri ve böyle bir harcamayı yapıp bu riske girmek istememeleri gösterilebilmektedir. Görme engelli kullanıcılara uygun olarak Linux gibi açık kaynak kodlu işletim sistemleri ve yazılımlarla çeşitli çalışmalar yapılmakta ve çözümler geliştirilmektedir. Buna rağmen Türkçe çalışmaların azlığı nedeniyle birçok engelli vatandaş bu çalışmalardan yararlanamamaktadır. Buna benzer çeşitli problemlerin dışında görme engellilerin web sayfalarında gezinirken karşılaştıkları bazı teknik sorunlar da bulunmaktadır. Görme engelli bireylerin diğer insanlarla aynı şartlarda bilgisayar kullanamayışları, ek yazılım ve donanımlara ihtiyaç duymaları nedeniyle günümüzde bilgisayar kullanımı yeterince yaygınlaşmamaktadır [16, 17].

Ekran okuyucu programlar web sayfalarının kaynak kodlarını okumaktadırlar. Bu web sayfalarının isimlendirilmemiş resimler içermesi, resimlere açıklamalı bilgilerin sağlanmamış olması gibi nedenlerden dolayı ekran okuyucu programların kullanımında zorluklar yaşanmaktadır. Çünkü ekran okuyucular web sayfasında bulunan resimleri algılayamazlar sadece alt yazılarını okurlar. Özellikle web programlamada kaynak koda bağlı olarak okuma gerçekleştiren ekran okuyucular en yaygın olanlardır. Bu ekran

okuyucularda anlamsız verileri, kısaltılmış form alanlarının isimlerini, sayfa isimlerini de okumakta bu durumda görme engelliler için gereksiz ve anlamsız bilgilerle uğraşmayı gerektirmektedir [17].

Web sayfalarında özellikle günümüzde güvenliği arttırmak amacıyla bir alana veya hizmete kayıt olmak için gerekli resim formatında gösterilen şifrelerin kullanımı ve buna alternatif olarak şifrelerin seslendirilmesi gibi yöntemlerin sunulmaması önemli bir sorun oluşturmaktadır. Ekran okuyucu programlar resimleri algılayamadığından görme engelli kişilerin bunları okutup bu şifreleri anlaması mümkün olmamaktadır. Web sayfalarında kaynak kodlara bağlı olarak okuma yapılması bu sayfalarda görsel amaçlı kullanılan birçok seçeneğin kullanıcıya aktarılamamasına neden olmaktadır. Özellikle web sayfalarında kullanılan Java script ve Flash gibi çeşitli teknolojiler ve bu teknolojilerin de ekran okuyucu programlar tarafından algılanamaması ve tanımlanamaması söz konusudur. Sadece görsel zenginlik olarak web sitelerine eklenen bu teknolojiler ekran okuyucular tarafından seslendirilememektedir [17].

Görme engelliler dışında sınırlı görme kaybı yaşayan kullanıcıların, web sayfalarında çokça kullanılan görsel nesneler ve aşırı renk kullanımının sonucu olarak yaşadıkları göz yorgunluğu da dikkate alınması gereken önemli bir sorundur. Bunun dışında renk körlüğü olan kişilerin algılayamadıkları renklerin kullanılması veya yeterince zıt renklerin kullanılmaması sebebiyle, görme engellilerin veya az görenlerin yaşadıkları sıkıntılar artmaktadır [17].

3.4. Görme Engelliler İçin Evrensel Tasarım Kriterleri

Evrensel tasarım, herhangi bir araç, program, sistem gibi birçok ürünün geniş bir kullanıcı kitlesinin, erişebilme ve kullanabilme olanaklarının artırılmasını sağlayacak şekilde oluşturması sürecidir.

Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte bilgisayar kullanımının artması ve her türlü bilgiye ulaşımın kolaylaşması ile birlikte kullanılan bilgisayar yazılımlarının ve web sayfalarının önemi artmıştır. Bir yazılımı veya donanımı tasarlayan ve oluşturan kişiler değişik kullanıcı kitlelerine hitap edebilmesi için ortak tasarım kriterlerine uygun olarak hazırlamaya dikkat etmektedirler. Özellikle bilgisayar yazılımlarına ve web sayfalarına çok

farklı özelliklere sahip kullanıcı gruplarının erişmek isteyeceğini dikkate almak gerekmektedir. Bir web sitesini görme engelli, işitme engelli, öğrenme güçlüğü yaşayan birçok internet kullanıcısı ziyaret etmek isteyebilmektedir. Bu durumda web tasarımcıları herkesin kullanabileceği standartlarda bir web sayfası tasarlamak için daha çok çaba göstermektedir. Bütün kullanıcılar için geçerli her işletim sistemi üzerinde bulunan web sayfalarını görüntülemeye yardımcı web tarayıcılar (Firefox, Internet Explorer) ile çalışabilecek evrensel web sayfası tasarımı, engelli ve kısmi engelle sahip insanların web sayfalarından daha çok yararlanabilmelerini ve bu sayfalarına daha kolay ulaşabilmelerine yardımcı olmayı amaçlamaktadır [18, 19].

Görme engellilerin bilgisayar kullanabilmelerine olanak sağlayan ekran okuyucu programlardır. Bu programların temel çalışma mantıkları sesli olarak aldıkları dokümanı okuma olduğundan bu durum dikkate alındığında görsel materyallerin görme engelliler için bir değerinin olmadığı anlaşılmaktadır. Web sayfalarında kullanılan resimler ve bunlarla oluşturulmuş bağlantılar, hareketli yazılar ve Java Scriptler görme engelli bireyler için bir anlam ifade etmemektedir. Bilgisayar ve internet kullanıcılarının aslında pek önemsemediği ancak üzerine gelindiğinde açıklayıcı bir metnin görüntülediği resimli bir bağlantı, görme engelliler için açıklama içerdiğinden dolayı çok önemli ve anlaşılır olmaktadır. Web programcılığında HTML dilini kullanan programcılar, “alt” yani alternate text (alternatif metin) etiketi ile grafik veya resim dosyasının ne amaçla bırakıldığına dair açıklayıcı bir metin bırakabilmektedirler. Görme engellilerin kullandığı çeşitli ekran okuyucular olduğundan bir ekran okuyucunun internette diğerlerinden farklı yöntemler takip etmesi olasıdır. Ekran okuyucu programlar doğrudan ekranda gördükleri metinleri kullanıcıya seslendirebildiği gibi, HTML formatıyla oluşturulmuş sayfaların içindeki kaynak kodu alıp seslendirip, açıklamaları ve dosya adlarını dahi kullanıcıya aktarmaktadır. Dosya adları anlamlı kelimelerden seçilmişse, örneğin “ülke bayrak” şeklinde isimlendirilmiş bir resim dosyasının, resmin, ülkenin bayrağı olduğunu görme engellilerin anlayabilmesini sağlamaktadır [18, 19].

Web tasarımında bilgi girişi için kullanılan form elemanları da bir web sayfası içerisinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu formlar ile çeşitli bilgileri edinmek amacı taşındığından kişiye ait bilgileri almak için “ad, soyad, adres, telefon” gibi bilgi girişi için hazırlanmış çeşitli alanlar oluşturulmaktadır. Web tasarımcılarının görsel biçimlerine özen göstererek tasarladıkları bu formlarda görme engellilerin algılayamadıkları alanlar

olmaktadır. Görme engelli bireyin bilgi gireceği form alanının bir anlam kazanabilmesi için bir adının olması gerekir ki kullandıkları ekran okuyucu programlar da bunları kullanıcıya seslendirip yorumlayabilsin. İnternet sayfalarının güncellenmesi de görme engelliler için önemli bir problem oluşturmaktadır. Görme engellinin okuduğu bir yazı sırasında sayfanın güncellenip yenilenmesi önemli bir problemidir. Çünkü imleç yenilenmeden sonra sayfa başına gitmekte ve bir görme engellinin kaldığı yeri tekrar hatırlayıp bulmasını gerektirmektedir.

İnternet sayfaların da sıklıkla kullanılan bağlantıların anlaşılabilir isimlerden olması da görme engelliler için oldukça önemlidir. “Tıklayınız” şeklinde bir ifade ile karşılaşıldığında aslında nereye ve neye tıkladığını göremeyen bir görme engelli için çok anlamsız bir ifade olmaktadır. Ancak “videoyu izlemek için buraya tıklayınız” şeklindeki bir ifade bağlantının amacını da içerdiği için, görme engelli için de tıkladığı bağlantının anlam kazanmasını ve yönlendirildiği sayfayı bilmesini sağlamaktadır. Sayılan bu nedenlerden dolayı web tasarımcıları özellikle görme engelliler olmak üzere birçok engellinin kullanabileceğini düşünerek evrensel tasarım kriterleriyle sayfalar hazırlamalıdır [18, 19].

Görme engelliler için web tasarımında dikkat edilebilecek hususlar:

- Web sitesi hazırlanırken ziyaretçi çeşitliği dikkate alınarak her bireye uygun bir tasarım hazırlanmalıdır.
- Web sayfalarında sadece görsel amaçlı grafiklerle ağırlaştırılmış arka planlar kullanmaktan kaçınılmalıdır.
- Tasarım ölçütü olarak, web sayfalarının sadece görsel bir materyal olarak düşünülüp bu açıdan zenginleştirilmesine ve içeriğinin zayıf olmasına izin verilmemelidir. Ziyaretçi çeşitliliği düşünülüp kullanım kolaylığı sağlayamayan ve görme engellilerin ekran okuyucuları tarafından algılanamayacağı düşünülen çeşitli alanlar gerekirse sesli olarak verilmelidir.
- Web tarayıcıları tarafından destek görmeyen ve görme engellilerin ekran okuyucuları tarafından okunamayan açıklamasız tablo veya web sayfalarını bölmekte kullanılan çerçeve kullanmamaya özen gösterilmelidir
- Tüm web tarayıcılarının destekleyebileceği HTML tagları (etiket) kullanılmalıdır. (Tag’lar web sayfasının tasarım elemanlarını ve kaynak

kodlarını web sayfasına erişilen bilgisayara tanıtan etiketlerdir. Tag örnekleri :
 , <tr> </tr>, <head> </head>) [19].

- Web sayfaları hazırlanırken HTML kodlarının “ALT” etiketi kullanılarak resimlere, grafiklere, videolara ve ses dosyalarına açıklamalar yazılmalıdır. (örneğin alt=“Fırat Üniversitesi web sayfasına gider”, alt=“okulunuzun resimleri”, alt=“Elazığ’ın coğrafi yapısı”)
- Web sayfalarında sayfalar arasında erişimi sağlayan bağlantı sayıları arttırılmamalı, ulaşılmak istenen alana kısa yoldan erişim sağlanmalıdır.
- Web sayfaları tasarımdan sonra her türlü işletim sistemiyle kullanılan çeşitli web tarayıcıları ve görme engellilerin ekran okuyucuları üzerinde çalışabilir olduğu denendikten sonra yayınlanmalıdır [18, 19].

3.5. Görme Engelli Bireyler İçin Bilgisayar Destekli Eğitim Çalışmaları

Günümüz teknolojisinin hızla değişmesi tüm yaşama alışkanlıklarını etkilediği gibi eğitim sisteminin yapısının da yenilenmesine zemin hazırlamaktadır. Eğitim sistemi bilgisayarın sağladığı kolaylıklar ile donatılmakta ve gerek eğitimcileri gerekse öğrencileri bu değişimin bir parçası olmaya itmektedir. Bilgisayarın hayatımızda ki bu önlenemez yükselişi ile birlikte bilgisayar destekli eğitim kavramı da önem kazanmaya ve daha çok sorgulanmaya başlamıştır. Bilgisayar destekli eğitim, günden güne eğitim sisteminin her aşamasında ve tüm alanlarında destekleyici olarak kullanılabilecek vazgeçilmez bir parçası haline gelmektedir. Birçok eğitim dalında ve özellikle öğrencilerin uygulamakta problem yaşadıkları fen ve matematik eğitimi alanlarında, bilgisayar destekli eğitimin öğrencilerin öğrenmelerinin kolaylaştırılması ve dersin anlaşılabilirliğinin arttırılmasında oldukça etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Fen ve matematik dersleri, bilgisayar destekli eğitim çalışmaları için oldukça önemli alanlardır. Bu derslerin görsel öğelerle zenginleştirilmesinin dersin anlaşılması üzerindeki olumlu etkileri bilişim teknolojilerinin bu derslerde uygulanmasının önemini arttırmaktadır. Bu derslerde her yaşa ve her eğitim grubuna uygun bilgisayar destekli eğitim çalışmalarına rastlamak ve bu alanlarda birbirinden farklı yeni teknolojilerden yararlanmak mümkün olmaktadır. Özellikle sınıf ortamında yapılması mümkün olmayan

deneylerin bilgisayar ortamında yapılabilmesine olanak sağlayan etkinlikler, eğitim öğretim çalışmalarını kolaylaştırmakta ve harcanan zaman kaybını en aza indirmektedir. Bilgisayarın bu alanlarda kullanıldığı çalışmaları gruplandırırsak başta gelenlerden birisi simülasyon (benzetişim) yazılımları olmaktadır. Çalışmalardan oluşabilecek bir başka grup ise web tabanlı yazılımların bilgisayar destekli eğitim amacıyla kullanılmasıdır. Web tabanlı yazılımların diğerlerine göre en önemli farklı kullanıcının yazılımı internet ortamında kullanma zorunluluğudur. Bilgisayar destekli eğitimde yapılan çalışmalar beş başlık altında toplanabilir [16, 17].

1. Öğretim amaçlı uygulamalar
2. Tekrar ve alıştırma amaçlı uygulamalar
3. Benzetişim amaçlı uygulamalar
4. Oyun amaçlı uygulamalar
5. Başvuru kaynağı amaçlı uygulamalar

Öğretim amaçlı uygulamalar: Bilgisayarların bu uygulamalar içerisindeki temel görevi belirli ders içeriğini öğrenciye sunmaktır. Bu uygulama bir anlamda özenle oluşturulmuş bir ders aracıdır. Amaç, yeni bir bilgiyi öğrencilere sunmaktır.

Tekrar ve alıştırma amaçlı uygulamalar: Bu uygulamalar bilgisayar destekli eğitimde en çok kullanılan çalışmalardır. Tekrar ve alıştırma amaçlı bu uygulamalar da alıştırma ve etkinliklerin tekrarı ve öğrenciye geri dönüt verilmesi üzerinde özellikle durulmaktadır. Bilgisayara yüklenen alıştırma ve etkinlikler öğrenciye sunulmaktadır. Öğrencinin yanıtları değerlendirildikten sonra öğrenci durumu hakkında bilgilendirilmektedir. Böylelikle yeni bir araştırmaya geçilmektedir.

Benzetişim amaçlı uygulamalar: Gerçek hayatta uygulanması zor deneylerin, üzerinde inceleme yapılması zor durumların benzetişimi bilgisayarlar aracılığıyla yapılabilmektedir. Bu sayede hem öğrenilmesi zor durumlar öğrenciler tarafından daha kolay algılanmakta hem de zamandan tasarruf sağlanmaktadır.

Oyun amaçlı uygulamalar: Oyunlar ve özellikle bilgisayar oyunları çocukların eğitimlerinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bilgisayar oyunlarının çocukların zekâ ve kavrama yeteneklerinin gelişmesine olumlu katkıları olduğu düşünülmektedir. Günümüzde bazı bilgisayar oyunlarının çocukları şiddete ve bilgisayar bağımlılığına

yönlendirdiği de önemli bir tartışma konusudur. Özellikle eğitimcilerin bunlar arasından iyi olanı seçme ve ona yönlendirme konusunda öğrencilere yardımcı olmaları gerekmektedir.

Başvuru kaynağı amaçlı uygulamalar: Bilgisayarlar, internetin gelişmesiyle birlikte en önemli başvuru kaynağı haline gelmiştir. Artık kitaplar ve ansiklopediler de araştırma yapmak yerine çok daha kısa bir sürede bilgisayarlar üzerinden araştırma yapılabilmektedir. Günümüz teknolojisine uygun görsel öğelerle zenginleştirilmiş yazılımlar bilgi araştırmayı daha keyifli hale getirmektedir. Eğitim amaçlı hazırlanan bu yazılımların birçoğu hem bilgi vermekte hem de öğrencinin bilgiye ulaşımını kolaylaştırmaktadır. Eğitim alanında okullarında bu teknolojiye ayak uyduracak biçimde yeni donanımlarla güncellenmesi gerekmektedir [16, 17].

Bilgisayar destekli eğitim günümüzde eğitim sistemimizin vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Bilgisayar destekli eğitimin de temel uygulama alanları; öğretim, tekrar ve başvuru kaynağıdır. Bütün uygulama alanlarının kendi içlerinde çeşitli sınırlılıkları söz konusudur. Öğretim amaçlı uygulama yazılımlarının hazırlandıktan sonra güncellemeye uygun olmayışları önemli bir sorun olmaktadır. Tekrar ve alıştırma amaçlı uygulamalar da çoğunlukla dinlenerek bilgi elde edildiği için kullanıcıdan geri dönüt alınamamaktadır. Oluşturulan yazılım kullanıcıya soru yöneltmez ve bilgi alamaz. Bu sistemlerin yapısı yazılı kaynağın kullanıcıya seslendirilerek okunması temeline dayanmaktadır. Başvuru kaynağı amaçlı uygulamalar da ise zaman içerisinde bilgi birikimiyle istenilen bir başvuru kaynağı haline gelmektedir. Görsel elamanların kullanımıyla daha iyi aktarılabilen bilgi zaman içerisinde tekrar kullanılabilir.

3.6. Görme Engelli Bireyler İçin Bilgisayar Destekli Eğitim

Görme engellilerin eğitiminde bilgisayar önemli bir yere sahiptir. Gören bireylere uygulandığı gibi görme engellilere de bilgisayar destekli eğitim uygulanmaktadır. Özellikle öğrenilmesi güç Fen ve matematik gibi derslerde bilgisayar destekli eğitimin önemi bir kat daha artmaktadır. Fen ve matematik alanında kullanılan bilgisayar destekli eğitim yazılımlarının büyük çoğunluğunda ders içeriği öğrencilere görsel sunumlarla zenginleştirilerek aktarılmaktadır. Ancak bu şekilde, anlaşılması zor kavramlar, deneyler veya durumlar öğrencileri için daha açıklayıcı olabilmektedir. Görme engelliler için görsel yönü zengin bilgisayar destekli eğitim çalışmaları başarılı olamayacağından yeni teknikler

ve uygulamalar geliştirilmektedir. Bu amaçla dünya çapında iki farklı firma birbirinden farklı özelliklere sahip ve görme engellilerin ihtiyaçlarına yönelik yazılımlar geliştirmişlerdir. Bu alanda akademik çalışmalar da yapılmaktadır. Görme engellilerin matematik alanında yaşadıkları en büyük problem matematiksel ifadelerin, denklemlerin, fonksiyonların anlaşılabilirliği alanında olmaktadır. Bu karmaşık ifadelerin Braille alfabesinde karşılıkları tam olarak bulunmadığından farklı gösterimlerle ifade edilmektedirler. Böylelikle görme engelli bir birey okunması ve yazılması daha güç olsa da matematiksel ifadeleri yazıp okuyabilmektedir [20].

Görme engelli bireyler için bilgisayar destekli matematik eğitimi konusunda yapılan bir diğer çalışmada, yine matematiksel ifadeler, formül veya fonksiyonlar üzerinedir. Bu çalışmada da, matematiksel ifadeler bilgisayar tarafından sese dönüştürülmektedir. Gerçek matematiksel ifade “LaTeX” ve “Nemeth” kod adı verilen özel matematiksel denklemlere dönüştürülmüştür. Bir program kodu gibi, seslendirmeye uygun yeni ifadeler bu notasyon üzerinden kısaltılarak gerçek işaret ve terim isimleriyle seslendirilmiştir [21].

Görme engelli bireylerin matematik eğitimi için geliştirilen diğer bir bilgisayar destekli çalışma, “AudioMath” isimli bir yazılımdır. Görme engelli çocukların ses aracılığıyla matematik öğrenmesini sağlayan bir araçtır. Ses yardımıyla yazılımı kullanmaya olanak sağlayan AudioMath, temel matematiksel bilgilerin kazandırılması amacıyla geliştirilmiş bir çalışmadır [26].

Bilgisayarlar, görme engelli bireyler için, eğitim çalışmalarında kullanılabilmesinin yanı sıra, birçok farklı teknik çalışmalarda da kullanılmaktadır. Tespit edilen bir çalışmada, geliştirilen özel bir eldiven yardımıyla, görme engelli bireyler dokundukları üç boyutlu cisimleri tanıyıp, sesli olarak uyarıcı bir yardımcı araca sahip olmuşlardır [27]. Diğer bir çalışmada ise, yazıların seslendirilmesi temel alınmış ve bir cihaz geliştirilmiştir. Günlük hayatta çok uzun olmayan tüm yazıları yakın mesafeden okuyabilme yeteneğine sahiptir. [28]. Bilgisayarlı görme alanında yapılan çalışmalardan bir diğeri de görme engellilerin baston kullanmadan hareket edebilmeleri amaçlayan araçtır. Bir başlığın üzerine yerleştirilen bir kamera ile dış ortamdan aldığı görüntüleri yorumlayarak kullanıcıya sesli uyarılar üretmektedir. Böylelikle, görme engelli birey, baston kullanmadan tıpkı yanında gören biriyle yürüyormuş gibi rahatlıkla hareket edebilmektedir [29].

3.7. Türkiye’de Bilişim Alanında Görme Engellilere Yönelik Yapılan Çalışmalar

Türkiye’de bilişim alanında önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Özellikle engelli vatandaşlara yönelik çalışmalar da yapılmaktadır. Engelli vatandaşların internet kullanımı ile ilgili doğrudan web sitelerine erişimine yönelik yasalar veya yönetmelikler bulunmamakla birlikte, Anayasada ve Özürlüler Kanunu’nda bu durumla ilgili ifadeler kullanıldığı tespit edilmiştir. Örneğin Anayasanın 61. maddesinde yer alan, devletin “sakatların korunmalarını ve toplum hayatına intibaklarını sağlayıcı tedbirleri alır. Bu amaçla gerekli teşkilat ve tesisleri kurar ve kurdurur” şeklinde ki ifadeyle engelli kişilerin korunması hususu belirtilmiştir. 07.07.2005 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan “Özürlüler ve Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun”da ise erişilebilirliğe yönelik bazı maddeler yer almaktadır. Özellikle 14. Madde’de, “Çalışan veya iş başvurusunda bulunan özürlülerin karşılaşılabileceği engel ve güçlükleri azaltmaya veya ortadan kaldırmaya yönelik istihdam süreçlerindeki önlemlerin alınması ve işyerinde fiziksel düzenlemelerin bu konuda görev, yetki ve sorumluluğu bulunan kurum ve kuruluşlar ile işyerleri tarafından yapılması zorunludur.” ifadeleri yer almaktadır [23, 25].

Engelli vatandaşların gelişen teknolojinin gerisinde kalmamaları için bilişim teknolojilerinden yararlanmaları oldukça önemlidir. Bu amaçla yasalar ve kanunlar dışında sivil toplum kuruluşları ve özel sektör tarafından da yürütülen birçok çalışma bulunmaktadır. Görme engellilerin bilişim alanında yaşadıkları sorunlara dikkate çekebilmek için kurulmuş Türkiye Bilişim Derneği bilişim alanında çalışmalarını sürdürmektedir. 2001 yılında dernek çatısı altında “Görme Engelliler için Bilişim Çalışma Grubu” kurulmuştur [20]. Bunlara ek olarak Türkiye'nin ilk İnternet servis sağlayıcısı olarak bilinen TR.NET ile Vakıfbank, evrensel tasarım kriterlerini dikkate alarak 2004 yılında web sayfalarını, görme engellilerin de kullanabilmesi ve ekran okuyucularının erişimine olanak tanınabilmesi amacıyla yeniden düzenlemiştir. Web sayfalarında yaptıkları bu evrensel tasarım ilkelerine bağlı kalınarak yapılan değişiklikler her iki sitenin mevcut ziyaretçilerini hiçbir şekilde olumsuz etkilememiştir [24, 25].

Akademik alanda da görme engellilere yönelik birçok çalışma mevcutken özellikle ODTÜ bünyesinde görme engelliler için çalışmalar devam ettirilmektedir. ODTÜ tarafından hazırlanan bir ekran okuma programı sayesinde (Oku) görme engelliler web

sayfalarını rahatlıkla ziyaret edebilmektedirler. Buna ek olarak Bilgi İşlem Daire Başkanlığı üniversite içerisindeki görme engelli öğrencilerin çokça ziyaret ettikleri ve erişmek istedikleri web sitelerinin kullanımında karşılaştıkları problemlerin belirlenerek giderilmesi amacıyla temel web tasarımında dikkat edilmesi gereken kriterlerin bir rehber içerisinde derlenmesini ve diğer üniversitelerle paylaşılmasını sağlamışlardır. Engelsiz ODTÜ Koordinatörlüğü kurularak ODTÜ’de ve Türkiye’deki diğer üniversitelerde eğitim görmekte olan tüm engelli öğrencilerin en büyük problemi olan eğitim sorunlarının dikkate alınması için çalışmalar yürütölmeye çalışılmıştır. Çeşitli etkinlikler ile engelli bireylerin sosyal hayata katılmasını sağlamaya çalışmakla beraber bilişim teknolojilerinden engellilerinde yararlanmasını sağlayacak aktivitelere katkıda bulunmayı amaçlamaktadır [25].

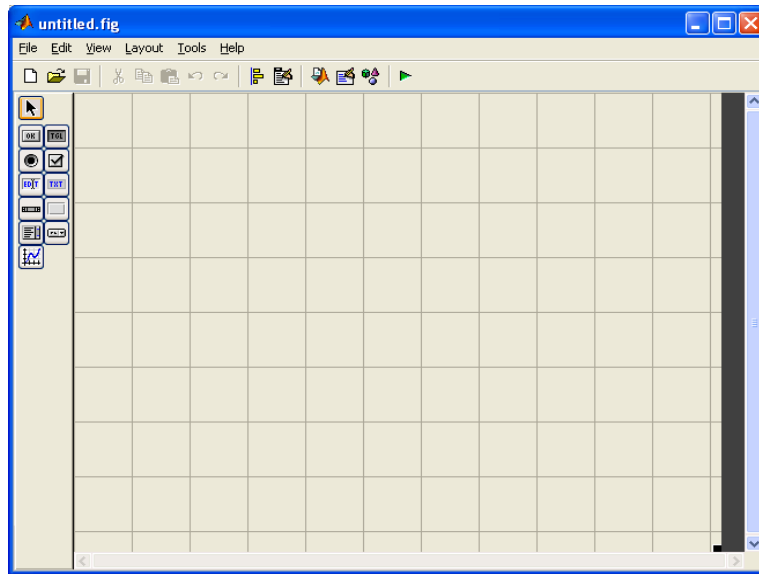
4. MATLAB GUI İLE KULLANICI ARAYÜZÜ TASARLAMA

4.1. GUI Editörü

Matlab GUI, hazırlanan programlara bir arayüz tasarlamak amacıyla kullanılmaktadır. Matlab programı ile GUI tasarlamak için Guide editörü kullanılmaktadır. Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi Guide editörü, programlara bir görünüm hazırlanmasını ve tasarımda kullanılan bileşenlerin (boyut, renk gibi) özelliklerinin belirlenmesini sağlayan bir editördür. Guide editörü GUI'yi kaydetmek ve çalıştırmak için iki dosya kullanır [30]:

- Grafik dosyası: GUI'nin temel görünümü ile ilgili bilgileri, bileşenleri ve bileşenlere verilebilecek özellikleri içeren grafik dosyasıdır. Oluşturulan programın görsel kısmıdır. Bir yüzey üzerine eklenen bileşenlere kodların yazılmasıyla oluşturulmaktadır. Oluşturulan grafik dosyalarının uzantısı “fig” dir (Dosya adı. Fig)

- M dosyası: Oluşturulan grafik dosyasında bileşenlerin çağırdığı alt fonksiyonları çalıştırmaktadır. Matlab 'ın dosya kısmıdır. Oluşturulan dosyaların uzantısı “m” dir (Dosya adı. m)



Şekil 4.1. Matlab GUI editörünün genel görünümü

4.2. GUI Oluşturma

GUI oluşturulurken, bileşenler araç kutusundan seçilerek yüzey üzerine eklenmektedir. Bileşenlerin her birine görevler atanarak alt fonksiyonlar oluşturmaktadır. Guide editörü, GUI uygulamalarının iskeletini oluşturan m-dosyalarını otomatik olarak oluşturur. M dosyaları, tasarlanmış GUI için arka planda çalışan tüm kodların görüntülenmesini ve değiştirilmesini ve bileşenlere eklenen alt fonksiyonların veya callback (çağrı) çalıştırılmasını sağlamaktadır [30, 31].

4.3. GUIDE Editörü

Guide editörünün başlatmak için komut penceresinde ‘guide’ yazılabileceği gibi MATLAB penceresinde ‘File’ menüsünden ‘New’ ve daha sonra ‘GUI’ seçilerek açılabilmektedir. Guide editöründe öncelikle hazırlanacak olan GUI’nin temel özellikleri belirlenir. Guide editör penceresinden ‘Tools’ menüsü ve sonra ‘GUI Options’ seçilerek temel yapısı belirlenir. Application Options’ ile belirlenecek seşeneklerden ‘Resize behaviour’ yani boyutlandırma özelliği, aşağıdaki üç seçenek arasından seşim yapılmasını sağlar [30, 31]:

Non-resizable : GUI penceresinin boyutlarını değiştirilemez olmasını sağlayan bir seşenektir.

Proportional : GUI penceresinin boyutunu kullanıcının değiştirebilmesini sağlar otomatik olarak pencere ile orantılı şekilde ayarlar.

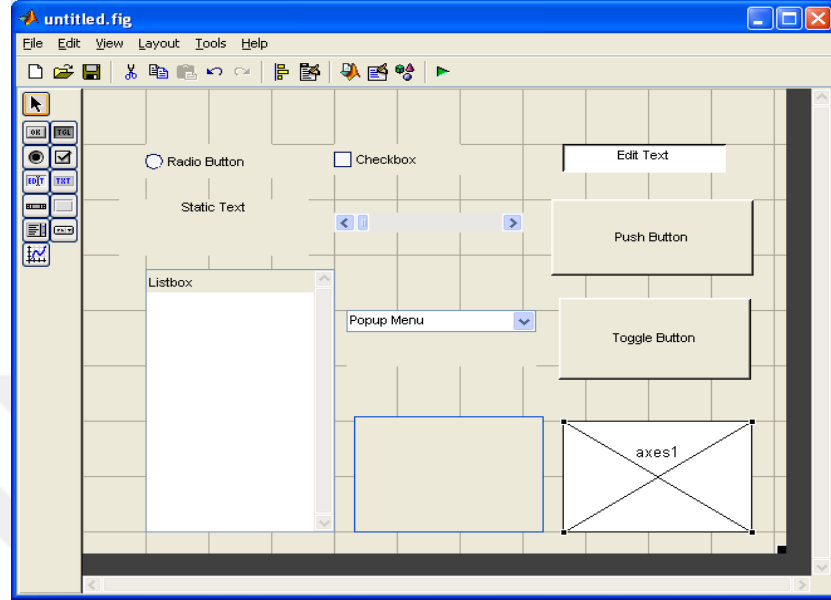
User-specified : GUI penceresinin, kullanıcının belirleyeceğe şekilde boyutlarının değiştirilebilmesini sağlamaktadır. MATLAB programında genellikle grafik işlemleri için bir figür penceresi kullanılmaktadır. GUI’ de bir figür penceresi olduğu için komut penceresindeki grafik işlemlerinin sonucu GUI penceresinde görüntülenmektedir.

Callback	:GUI'nin içerisinde 'callback'(çağrı) fonksiyonları için figür penceresinin geçerli olmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte GUI, kullanıcının komut penceresindeki grafik işlemlerinden etkilenmez.
Off	: GUI'ye komut penceresindeki grafik işlemlerinin etki etmemesini sağlamaktadır.
On	:GUI'de komut penceresindeki grafik işlemlerinin görüntülenebilmesini sağlamaktadır.
Other	: GUI 'de daha ayrıntılı ayarların yapılabilmesi için 'Property Inspector' özellik menüsü kullanılmasına olanak tanımaktadır. "Application Options" penceresinden, Guide editöründe tasarlanacak olan GUI yalnızca bir grafik dosyası (*.fig) ya da m- dosyası (*.m) ile grafik dosyasının birlikte oluşturulması sağlanabilir. Guide editörü, başlangıçta oluşturulan GUI fonksiyonları içeren m- dosyasını oluşturmaz. GUI tasarlandıktan sonra kaydedildiğinde, Guide grafik dosyası oluşturur. GUI 'nin istenilen şekilde çalışması bileşenlerin 'callback' fonksiyonları yerine uygun bir ifade ya da bileşenle ilgili fonksiyon içeren bir m - dosyasının ismi yazılmalıdır. Guide editörünün otomatik olarak oluşturduğu m - dosyasından farklı yapıda bir program yapısı oluşturmak için bu seçeneği kullanır. "Generate .fig file and .m file" seçenekleri seçildiğinde GUIDE editörü hem m- dosyası hem de grafik dosyası oluşturur.

4.4. GUI Bileşenlerini Oluşturma ve Düzenleme

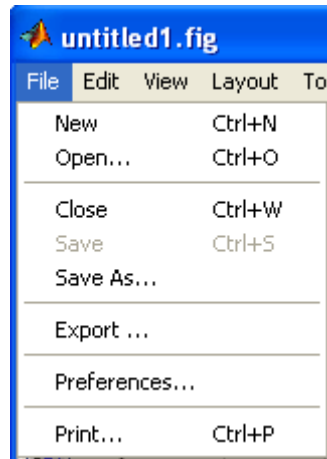
GUI oluşturmak için ihtiyaca göre seçilerek kullanılacak elemanlar, Guide editörü penceresinin sol tarafında yukarıdan aşağıya bir pencere içerisinde hazır bulunmaktadır. Şekil 4.2.'de GUI penceresinde bulunan temel elemanlar ve bunların pencereye yerleşimleri gösterilmektedir. Bu elemanları, GUI'nin bileşenleri haline getirmek için fare kullanılır. Bileşeni kullanılacak boyuta göre değiştirip yerleştirmek için farenin sol tuşuna tıklanarak bileşenin bir kösesi belirlenir ve sol tuşa basılı tutulan fare

form üzerinde gezindirilerek bileşenin karşı köşesi olarak tayin edilen noktada fare bırakılır [31, 32].



Şekil 4.2. GUI bileşenlerinin yüzey üzerindeki görünümü

4.4.1. Dosya (File) Menüsü



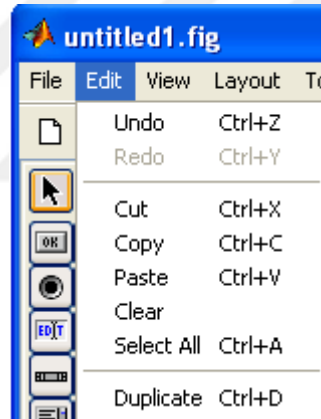
Şekil 4.3. Dosya (File) menüsü

New :Yeni bir pencere açar.

Open : Kaydedilmiş bir dosyayı seçip açmayı sağlar.

- Close** : Aktif figür penceresini kapatır.
- Save** : Aktif figürü kaydeder.
- Save as** : Aktif figürü farklı bir isimle kaydeder.
- Export** : '.fig' ve '.m' uzantılı dosyaları tek bir dosyada M fonksiyonu olarak kaydeder.
- Preferences** : Matlab Gui penceresinde, obje kutusundaki objelerin daha rahat seçilebilmesi için Dosya menüsünden 'Preferences' penceresi açılır.
- Printer** : Yazdırma işlemini yürütür.

4.4.2. Düzen (Edit) Menüsü



Şekil 4.4. Düzen (Edit) menüsü

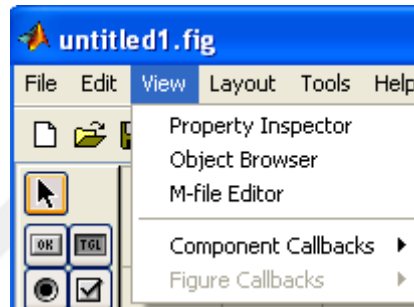
- Undo** : Son yapılan değişikliği geri alır.
- Redo** : Geri alınan değişikliği yineleme işlemi yapar.
- Cut** : GUI üzerinde seçilen nesneyi keser.
- Copy** : Kopyalama işlemi yapar.
- Paste** : GUI üzerinde seçilen nesneyi yapıştırır.

Clear : Seçilen nesneyi siler.

Select All : Tüm nesneleri seçer.

Duplicate : Seçilen nesneyi çoğaltmayı sağlar.

4.4.3. Görünüm (View) Menüsü



Şekil 4.5. Görünüm (View) menüsü

Property Inspector : GUI üzerinde yerleştirilmiş nesnelerin özellik penceresini açmaktadır.

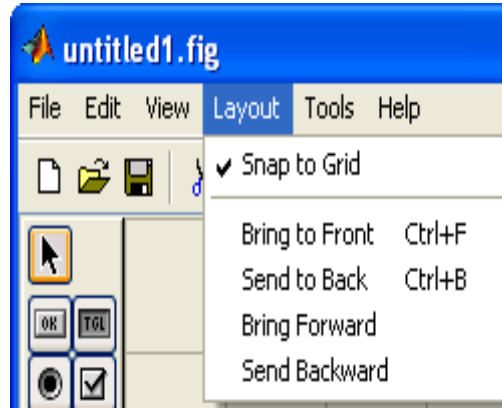
Object Browser : GUI yüzeyindeki nesnelerden oluşan bir liste oluşturmaktadır.

M-file Editor : M-Dosya editörünü açmaktadır.

Component Callbacks : Seçili nesnenin çalıştıracağı alt fonksiyonları açmaktadır.

Figure Callbacks : Figür penceresi çalıştırıldığında yürütülecek işlemleri seçmektedir.

4.4.4. Yapı (Layout) Menüsü



Şekil 4.6. Yapı (Layout) menüsü

Snap to Grid : GUI üzerinde ızgara biçimli bölümlenmiş alanda nesneyi yerleştirmektedir.

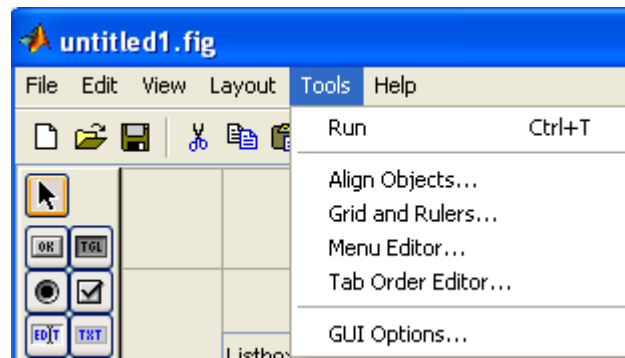
Bring to Front : GUI yüzeyindeki nesnelerden seçili olanı en öne getirmektedir.

Send to Back : Seçili nesnenin diğer nesnelerin en arkasına gönderir.

Bring Forward : Seçili nesneyi bir nesne öne getirir.

Send Backward : Seçili nesneyi bir nesne arkaya gönderir.

4.4.5. Araçlar (Tools) Menüsü



Şekil 4.7. Araçlar (Tools) menüsü

Run : GUI'nin çalıştırılmasını sağlar.

Align Objects : Nesneleri düzenlemeyi ve sıralamayı sağlar.

Grid and Rulers : Çalışma yüzeyinde cetvel ve ızgaralı yüzeyi açar.

4.5. GUI Bileşenleri ve Özellikleri



Şekil 4.8. Matlab gui obje kutusu [30].

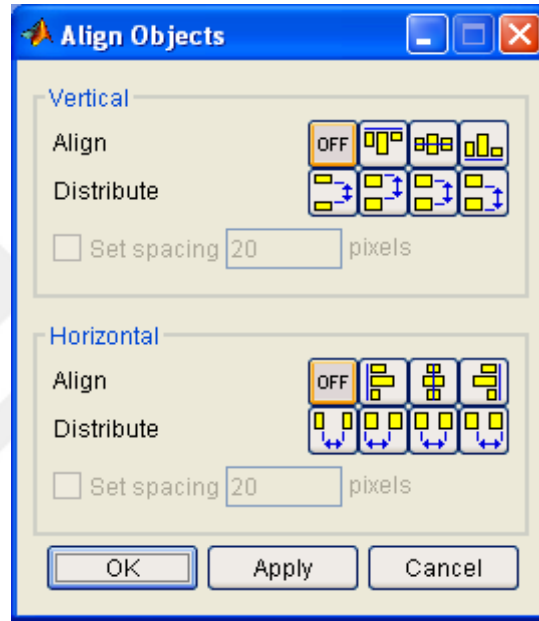
I. Push Button : Bu düğme seçili olduğunda basılmış görünümü alan, farenin sol tuşu bırakıldığında eski görünümüne dönen bileşendir. Basılı konumdan normal konuma dönerken “callback” fonksiyonu işleme konulur [30].

II.Toogle Button : Push Buton gibi üzerine tıklandığında basılı konuma geçen, tekrar tıklandığında eski konumuna dönen buton özelliğindeki bileşendir. Her tıklama işleminde “callback” fonksiyonu çalıştırılmaktadır.

- III. Radio Button** : Seçme işleminde kullanılan bu nesne fare ile üzerine tıklandığında işaretlene, tekrar tıklandığında işareti kaldırılan bileşendir. GUI de işaretlenen duruma göre seçenekler sunulmaktadır.
- IV. Checkbox** : Fare ile üzerine tıklandığında işaret koyan, tekrar tıklandığında işareti kaldıran butondur. İşaretleme butonlarının özellikleri, işaretli olduğunda gerçekleştirilir, aksi durumda işleme konulmaz.
- V. Edit Text** : Metin girişi için kullanılır. Kullanıcının bilgi ve metin girmesi gereken yerlerde kullanılır.
- VI. Static Text** : Başlık oluşturmak, formlara isim vermek ya da açıklama yapmak için kullanılır. Kullanıcı tarafından değiştirilemeyen kutucuklardır.
- VII. Slider** : Görüntüyü sayısal değerlere bağlı kalacak şekilde kaydıran bileşendir Fare ile oklara veya çubuğa tıklanarak yukarı-aşağı ya da sağa-sola hareket edilmesini sağlayan temel bileşendir.
- VIII. Frame** : Bileşenleri çerçeve içine alıp gruplandırma işlemi yapmaya yarayan bileşenlerdir.
- IX. Listbox** : Birden fazla seçenek seçilebilmesi için birçok seçeneği kutucuk içinde görüntülemeyi sağlayan bileşendir. Kullanıcının bir seçeneği veya birkaç seçeneği aynı anda seçmesi sağlanabilir.
- X. Popup Menü** : Birbiriyle ilişkili seçeneklerin, fazla yer tutmadan görüntülenmesine olanak sağlar. Ok bölümüne tıklandığında birçok seçeneğin görüntülediği, menü düzenindeki bileşendir.
- XI. Axes** : Eksenleri ve grafik alanı içeren bileşendir. Grafiklerin görüntülenmesi amacıyla kullanılır.

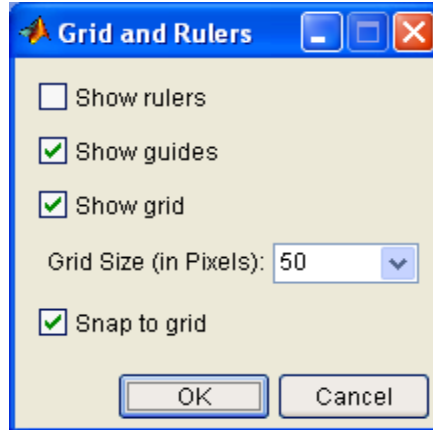
4.6. Bileşenlerin Düzenlenmesi

GUI üzerine birçok bileşen rastgele yerleştirilmektedir. Şekil 4.9’da gösterildiği gibi böyle yerleştirilmiş olan bileşenleri düzenlemek için “Align Objects” kısayolu kullanılır. Guide editöründeki “Tools” menüsü ile de ilgili kısma girilebilir. Açılan pencere görüntülediği zaman aşağıda görüldüğü gibi istenilen değişiklikler yapılabilir ve “Apply” butonuna basılır [30, 31].



Şekil 4.9. Align Objects öğesinin genel görünümü

Bileşenleri düzenlerken Şekil 4.10’da görülen “Grid and Rulers” penceresi de kullanılır. Bu araca ulaşmak için “Tools” menüsü kullanılmaktadır.



Şekil 4.10. Grid and Rulers öğesinin genel görünümü

Show rulers : GUI tasarım bölümünün çevresine cetvel oluşturmayı sağlamaktadır.

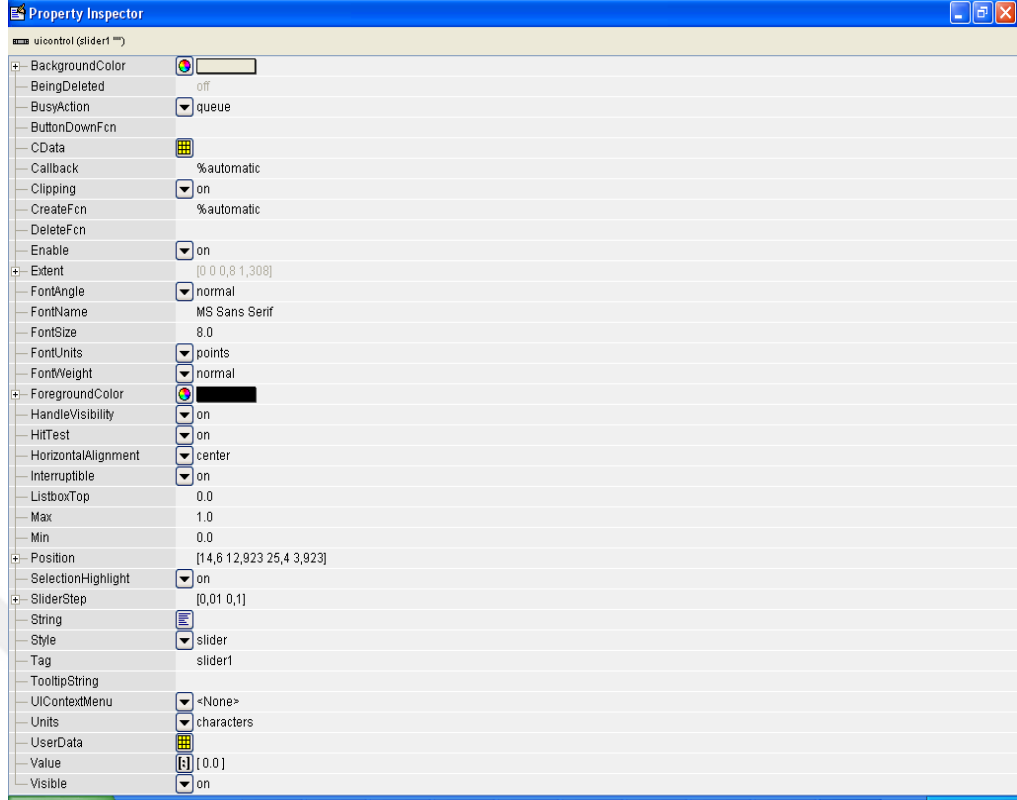
Show guides : GUI tasarım bölümünün sol ve üst bölümlerine tıklanıp sürüklenabilen, mavi renkli kenar çizgilerinin kullanımını etkinleştirmektedir.

Show grid : GUI tasarım bölümüne ızgara görünümü veren ve karelere ayıran çizgilerin görüntülenmesini sağlamaktadır. “Grid Size (in Pixels)” özelliği ile “grid” çizgilerinin arasına, istenen değer kadar boşluk bırakılmaktadır.

Snap to grid : Guide editörü penceresindeki “Layout” menüsü yardımıyla da etkin duruma getirilebilmektedir. Konumu değiştirilen bir bileşen “grid” çizgilerine 9 piksel yakınlıkta bir alana konumlandırılmak istendiğinde, bileşenin yakınındaki grid çizgisine bitişik görüntülenmesini sağlamaktadır.

4.7. Bileşenlerin Programlanması

Guide editöründe tasarım amaçlı yerleştirilen çeşitli bileşenleri programlamak ve özellik verebilmek için bileşen üzerinde sağ tuşa tıklanarak “Property Inspector” penceresi açılır. “Push Button” örnek olarak incelenmiştir. GUI içerisinde diğer bileşenlerde aynı şekilde programlanabilir. “Push Button” objesi GUI form alanına yerleştirildikten sonra, üzerinde sağ tıklanır ve aşağıdaki ekran görüntülenir [30, 31].



Şekil 4.11. Property Inspector aracının görünümü

Şekil 4.11’de görülen “Property Inspector” aracının içerisinde bulunan ifadelerin anlamları şu şekildedir:

- Background Color** : Bileşenin yüzey rengini değiştirmek için kullanılır.
- Busy Action** : GUI’de işlemlerin arka arkaya çalıştırılması durumunda, bileşenin davranışını belirler.
- Queue** : GUI programı içerisinde ardışık işlemler sırasında işlem yapmaktayken ayrıca bileşene tıklandığında, bu işlem ilk işlem sonlandırıldıktan sonra gerçekleştirilir [30].
- Cancel** : GUI işlem yapmaktayken, diğer bir bileşenin de işlem yapması istendiğinde, istenen işlem iptal edilir.
- ButtonDownFcn** : Bu bileşenin üzerine tıklandığında beş piksel yakınlıkta tıklandığında çalıştırılacak olan fonksiyonu m-dosyasından çağıran komutun girildiği bölümdür.

CData	: Bileşenin renklerinin karışık renkler almasını sağlayan özelliktir. MATLAB içersinde matrissel bir degisken “Enter Expression” yerine kullanılabilir. Bu özelliğin kullanılması ile bileşen üzerindeki yazı görüntülenemez.
Callback	: Guide editörü içerisinde kayıt işleminden sonra GUI’nin tüm kodlarını barındıran m-dosyasının içine, bileşenin yapacağı işlemleri içeren “callback” fonksiyonu oluşturulur. GUI çalıştırılıp bileşen aktif olduğunda, girilen komut ile m-dosyasındaki bileşenin “callback” fonksiyonu içindeki komutlar işleme konulur.
CreateFcn	: Bu bileşen aktif olduğunda MATLAB programının çalıştırdığı “callback” fonksiyonudur. Yeni oluşturulacak bileşen için bu fonksiyon çalıştırılır.
DeleteFcn	: Bileşen kullanılmadan ve silinmeden önce MATLAB tarafından çalıştırılan “callback” fonksiyonudur.
Enable	: Bileşenin aktif olup olmamasını sağlar.
FontAngle	: Bileşenin üzerine yazılacak metnin az yatık ya da çok yatık görüntülenmesini sağlar. Metin biçimlendirme seçeneğidir.
FontName	: Guide editörünün sabit belirlenmiş olarak kullandığı yazı cinsidir.
Font Size	: Bileşenin üzerine yazılacak yazının yazı boyutunu belirlemek için kullanılır.
FontWeight	: Bileşen üzerine yazılacak yazının kalın, koyu veya ince görüntülenmesini sağlar.
FontUnits	: Bileşenin üstündeki yazının büyüklüğünün santimetre, inch, pixel, point, gibi birimlerle ifade edilmesini sağlar.

ForegroundColor	: Yazı rengini belirlemek ve değiştirmek için kullanılır. Bileşenin fare ile tıklandığında seçili olduğunu gösteren ve bileşeni çevreleyen siyah çerçevenin rengini değiştirmek için kullanılır.
HandleVisibility	: GUI ile ilgili “handle” fonksiyonlarının komut penceresinden görüntülenip görüntülenmemesini ayarlamak için kullanılır.
HitTest	: Bu bileşen üzerinde etkisi yoktur.
HorizontalAligmen	: Bileşenler üzerine yazılacak yazının, “Position” seçeneği seçildiğinde belirtilen alan içinde, yatay olarak görüntülenme biçimini ve şeklini belirlemek için kullanılır.
Interruptible	: İki seçeneği vardır “No” seçilirse, bileşene fare ile tıklandıktan sonra işlem devam ederken başka bir bileşene işlem yaptırılmak istenildiğinde, ilk işlem sonlandırılır ve sonra ikinci işleme geçilir. “Yes” seçeneği seçilirse, önce ikinci işlemi sonlandırır daha sonra birinci işleme döner ve birinci işlemi sonlandırır.
ListBoxTop	: Bu bileşen üzerinde etkisi yoktur.
Max	: Bileşenin yerleştirilmesinden sonra GUI üzerindeki konumunun, koordinatlar biçiminde ve boyutlarının da sayısal olarak belirlenebilmesini sağlar.
Min	: “Value” bölümüne girilmesine izin verilen minimum değeri belirtir.
Position	: Value” bölümüne girilmesine izin verilen maksimum değeri belirtir.
SelectionHighlight	: Eğer “On” seçeneği seçili ise işlem yaptırdıktan sonra bileşenin etrafında belirginleştirici siyah bir çerçeve yada kutucuk oluşur. ”Off” seçeneği seçildiğinde ise işlem yaptırdıktan sonra bileşen siyah çerçeve içine alınmaz.

SliderStep	: GUI çalıştığında herhangi bir bileşen için “Slider” çubuğunun yatay veya düşey eksenlerde girilen değerler kadar hareket etmesini sağlar.
String	: Bileşenin üzerindeki otomatik olarak görüntülenene örneğin “Push Button” gibi bir yazı yerine görüntülenecek olan metnin görüntülenmesini sağlar.
Style	: Bileşenin cinsini değiştirmek için kullanılır.
Tag	: Bileşenin bu bölümüne girilen metin m-dosyasındaki “callback” alt fonksiyonunun ismi olarak doğrudan atanır. Guide editörünün oluşturduğu “handles” yani GUI’de kullanılan bütün bileşenlerin “handle” kulplarını içeren yapıya girilen metni de ekler [30].
TooltipString	: GUI penceresinde bileşen üzerinde biraz fare ile bekletildiğinde beliren ve bileşenle ilgili açıklamayı içeren metnin görüntülenmesini sağlar.
UIContextMenu	: GUI penceresinde bileşenin üzerinde farenin sağ tuşuna tıklandığında çıkması istenen menünün, “Menu Editör” ile oluşturulan “Context” menüleri arasından seçilmesini sağlar.
Units	: “Position” bölümüne girilen değerlerin birimini belirlemeye yarar.

5. BRAILLE ALFABESİNİ TANIMAYA YÖNELİK GÖRME ENGELLİLER İÇİN BİR ARAYÜZ TASARIMI

Görme duyusu hasar görmüş insanlar için bir dokunsal okuma sistemi olan Braille’lin kâğıtların üzeri kabartılarak tekrar yazılması ve düzenlenmesi zaman tüketir ve yoğun iş gücü gerektir. Bu çalışmanın amacı Braille sayfalarını tanımak için otomatik bir sistem sunmak ve Braille dokümanlarını Türkçeye çevirebilecek bir arayüz tasarlamaktır.

Braille bir dokunsal okuma ve yazma sistemidir. Braille el hareketleriyle ya da ellerin soldan sağa satır boyunca hareket ettirilmesi ile okunur. Genellikle her iki elde okuma işleminde kullanılır ve okuma genellikle işaret parmaklarıyla yapılır. Görme engellilerin kullandığı Braille sistemi askeri bir kodu temel alır. Orijinal askeri kod gece yazısı olarak adlandırılıyordu ve karanlık olduktan sonra askerlerin haberleşmesi amacıyla kullanılıyordu. Bu kod iki nokta genişlikte altı nokta yükseklikte 12 noktalı bir yapıyı temel alıyordu. Bu askeri kodun problemi insan parmak ucunun bir dokunuşta tüm noktaları hissedememesiydi.

Louis Braille altı nokta temelli bir okuma sistemi oluşturdu. Bu ciddi gelişme bir parmak ucuyla bütün hücre birimin bir baskıda ve bir hücreden diğerine hızlıca hareket etme sırasında kapsanabilir olması anlamına geliyordu. Louis Braille tarafından ortaya çıkarılan kabartmalı yazı sistemi aşamalı olarak görme engelli bireylerin yazılı iletişimleri için temel form olarak kabul edilmiştir ve ilk bulunduğu şekliyle kalmıştır.

Bir Braille hücresinin boyutundan dolayı bir sayfanın normal boyutu yaklaşık 11 inç genişliğinde ve 11 inç yüksekliğindedir ve bir sayfa 1000 karakterden daha fazla karakter almaz. Braille kâğıtlarının dokunarak algılanılabilmesi için bir mutlak basınç miktarına karşı dayanaklı olması ve bunun için de yeteri kadar kalın olması gerekmektedir. Bu nedenle Braille dokümanları oldukça hacimli ve kalındır. Bu problemi biraz hafifletebilmek için birçok Braille dokümanında kabartmalar sayfanın her iki tarafına da uygulanır. İnce diyagonal baskı ile her iki taraftaki noktaların birbirine karışması engellenmektedir.

Bu bölümde Braille alfabesini bilgisayarlı tanımaya yönelik yapılan çalışma ayrıntılarıyla anlatılmıştır. Çalışmada Braille alfabesinin öncelikle Türkçe metin haline

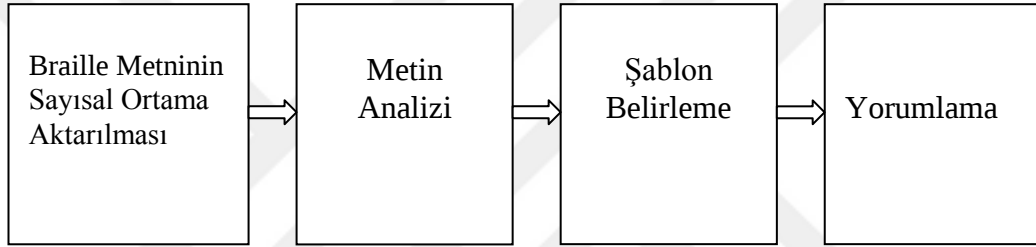
dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma özellikle Braille alfabesini bilmeyen ve görme engelli fertleri olan ailelerin kendi içlerindeki iletişimin iyileştirilmesi ve görme engelli bireyin de bu sayede özgüveninin arttırılmasına yöneliktir. Bununla birlikte görme engellilerin çalıştırıldığı kurumlarda görme engelliler tarafından hazırlanan çalışmaların tekrar metne dönüştürülmesi için, bir aracı kullanılması gereği ortadan kalkmaktadır. Braille alfabesi ile çalışmalarını hazırlayan bir görme engellinin de çalışmasının diğer insanlara aktarımında bağımsız biçimde hareket edebilmesini sağlaması amaçlanmıştır. Özellikle görme engellilerin eğitim alanında çok önemli bir yer tutan Braille alfabesi bu çalışma sayesinde bilgisayar ortamına aktarılabilir. Dolayısıyla görme engelli bir birey için hazırladığı dokümanları bilgisayar ortamına aktarması ve çoğaltması mümkün olmaktadır. Özellikle üniversitelerde kaynaştırma eğitime tabi tutulan birçok görme engelli birey için en büyük sıkıntı olan not alma, alınan notları bilgisayar ortamında saklayamama gibi sorunlarda böylelikle ortadan kalkmış olacaktır. Bununla birlikte tabletler veya Braille yazıcılar aracılığıyla kolaylıkla Braille yazabilen görme engelli bireyler yazdıkları tüm dokümanları Türkçe karakterlere dönüştürebileceklerdir. Braille alfabesini bilmeyen ve görme engelli fertleri olan ailelerin kendi içlerindeki iletişimin iyileştirilmesi ve görme engelli bireyin de bu sayede özgüveninin arttırılmasına yöneliktir. Bununla birlikte görme engellilerin çalıştırıldığı kurumlarda görme engelliler tarafından hazırlanan çalışmaların tekrar metne dönüştürülmesi için, bir aracı kullanılması gereği ortadan kalkmaktadır. Braille alfabesi ile çalışmalarını hazırlayan bir görme engellinin de çalışmasının diğer insanlara aktarımında bağımsız biçimde hareket edebilmesini sağlaması amaçlanmıştır.

5.1. OBR (Optic Braille Recognition)

Kabartma yazıyla, diğer bir deyişle Braille alfabesiyle hazırlanmış dokümanların çeşitli tarama araçlarıyla sayısal ortama otomatik olarak aktarılması olayıdır. Bir OBR sistemi birçok temel bileşenden oluşmaktadır. Görüntü elde etme, görüntü işleme nokta yerleşimi ve bölütleme ve son olarak nokta tanıma ve çevrim bu temel bileşenleri oluşturmaktadır. OBR sistemi uygulandığında ortaya çıkan en önemli sorun tanıma sürecin de ortaya çıkan negatif etkilerdir. Örneğin ışıklandırma şartları, sayfanın tarayıcıya yerleştirilmesi ve sayfanın hareket ettirilmesi bu sorunlar arasında sayılabilir.

Görüntü elde etme, OBR sisteminde ilk ve en önemli adımdır. Braille sayfaların görüntüleri sisteme verilir. Bu sayısal görüntülerin elde edilme işlemi farklı araçların kullanımıyla gerçekleştirilmektedir. Tarayıcıların ya da dijital kameraların bu amaçla kullanılabilir.

Görüntü ön işleme, seçilen görüntüler alınırken ortaya çıkan hatalar sırasında gerekli bir adımdır. Hatalar gürültü, deformasyon, kötü aydınlatma ve bulanıklık içermektedir. Görüntü ön işlemede, görüntünün geliştirilmesi için gürültünün azaltılması, görüntünün keskinleştirilmesi ya da eğilmiş bir sayfanın döndürülmesi adımları kullanılmaktadır. Şekil 5.1’de OBR sistemlerinin genel yapısı verilmektedir [36]



Şekil 5.1. OBR sistemlerinin genel yapısı

5.1.1. Özellikler

Bir OBR sisteminin taşıması gereken temel özelliklerdir. Bu özellikleri şöyle sıralayabiliriz.

- Hazırlanan uygulama ticari uygun fiyatlı ve kolay bakımı yapılabilir bir bilgisayarda çalışabilmelidir.
- Çeviri en fazla 30 saniyede yapılmalıdır ve hata oranı minimum olmalıdır.
- Tanıma hem tek taraflı yazıda hem de çift taraflı yazıda gerçekleştirilmelidir.

5.1.2. Problemler

Braille noktaları hücrel bir yapı göstermelerine rağmen noktaların yerleşiminde çeşitli problemler ortaya çıkabilmektedir. Bu durumun 2 nedeni olabilir:

Tip1: Braille hücrelerin yapısal bozukluğu

- Nokta ve hücreler arasındaki boşluk çok geniş olmuştur.
- Noktalar okuma sırasındaki baskı nedeniyle bozulmuştur.
- Çift taraflı Braille’de arka yüzde diğer noktaların görüntüleri ayırt edilememiştir.

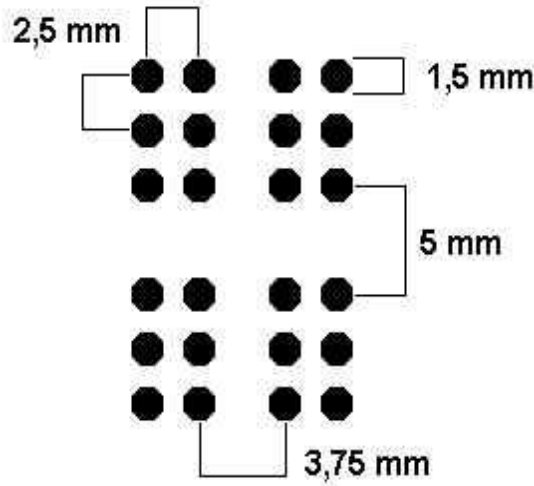
Tip 2: Braille karakterlerinin yerleşimin de ki gridlerde oluşan bozulmalar

- Sayfa basım esnasında hareket ettirilmiştir.
- Yazı elle kesme ve yapıştırma kullanılarak yapılmıştır.
- Yazının yerleşimi yazıda ve hesaplanan gridlerde çok geniş aralıklıdır.

Braille karakterler bir karakteri temel alarak tanınamayabilir. Çünkü Braille hücreleri komşularıyla ilişki içerisindedir. Eğer bir nokta bulunduyorsa onun ait olduğu diğer olası 6 hücre pozisyonu için daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır. Eğer 2 nokta varsa, onların aynı hücreye ya da farklı hücreye ait olduğu belirlenmelidir. Noktalar arasındaki uzaklık karar verme kriteridir [37].

5.2. Braille Karakterlerinin Yapısı

Braille alfabesinde her harf bir hücre olarak adlandırılır. Bu hücre dikdörtgen şeklinde olup noktalar arasında yaklaşık 2,5 mm mesafe bulunmaktadır. Braille alfabesi ile oluşturulacak cümleler veya metinler çok uzun olabilmektedir. Braille yazı çok yer kapladığından, okumak ve yazmak çok uzun zaman almaktadır. Bu nedenle çeşitli kısaltmalar kullanılmaktadır. Bir harfli, iki harfli veya hece kısaltmaları kullanılmaktadır.



Şekil 5.2. Braille hücre yapısı [9].

Braille yazıyı yazmak için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bilgisayarda “Word” programında yazılan yazı Braille yazıcılar aracılığıyla çıktı olarak alınabilir. Aynı zamanda bu yazı için hazırlanmış daktilolarda veya tabletlerde yazı yazılabilir. Tablete bir kâğıt takıldıktan sonra, ucu sivri bir kalem aracılığıyla kabartılmaktadır.

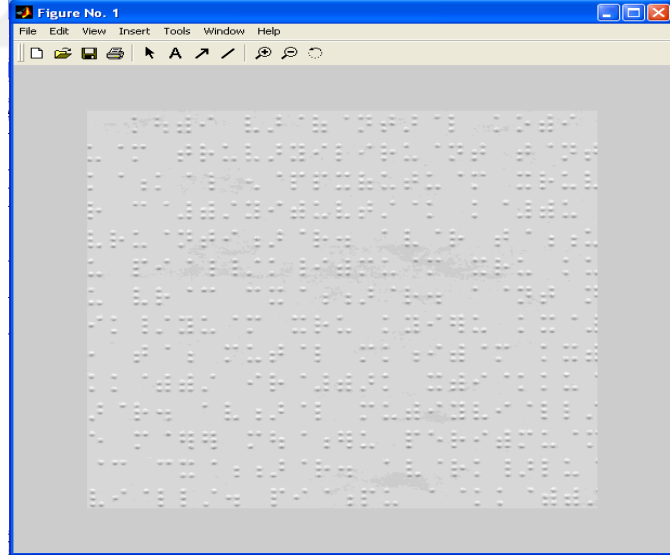
Braille yazı, tabletler aracılığıyla yazılırken, harflerin simetrikleri yazılır. Sütunlardan sağda olanı yukarıdan aşağıya 1, 2, 3 ile gösterilen hücreler olurken, soldakiler ise 4, 5, 6 ile gösterilen hücrelerdir. Tabletle yazım esnasında aynı zamanda satırın sağından soluna doğru yazılır. Bunun nedeni de kâğıdı okurken ters çevrilmesidir. Diğer bir deyişle yazı sağdan sola yazılır ve soldan sağa okunur. Braille alfabesinde sayıların gösterimi için yeni kombinasyonlar üretilmemiştir. Braille karakterleri dikdörtgensel 6 noktalı bir hücrede birleşmekte ve yaklaşık 63 kombinasyon oluşturmaktadırlar. Sayılar kullanılacaksa, önce sayıların gösterileceğini belirten bir rakam işareti (3, 4, 5, 6) kullanılmaktadır.

5.3. Sisteme Genel Bir Bakış

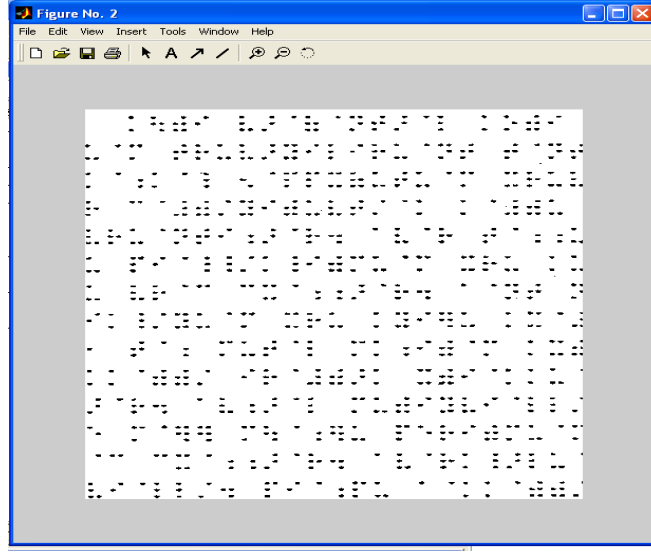
Braille tanıma sistemi temel olarak her bir Braille karakterini bir hücre olarak algılayıp bunları karşılığı olan Türkçe karakterlere dönüştürmeyi amaçlamaktadır. Sistemin çalışması için daha önceden bütün Braille karakterleri standart ölçülerde hazırlanarak bir veri tabanına kaydedildi. Bu kayıtlar sonra harflerin eşleştirilmesinde kullanıldı.

Braille tanıma sistemi dört basamaktan oluşmaktadır. Görüntü Yakalama, Görüntü eşikleme, morfolojik işlemler, karakter eşleştirme. Bu basamaklar sırasıyla uygulanmaktadır.

- **Görüntü Yakalama:** Bir Braille sayfası temin edilmekte ve bu sayfanın görüntüsü, standart bir tarayıcı ile bilgisayar ortamına alınmaktadır. Bu çalışmada kullanılan Braille görüntüsü tablet aracılığıyla yazılmış bir Braille sayfasının tarayıcıdan geçirilmiş halidir. Bu görüntüden kesitler alınarak bir veri tabanı oluşturulmuştur. Görüntünün işlenebilmesi için öncelikle görüntünün gri seviyeye dönüştürülmesi gerekmektedir. Bir sonraki adımda bu seviye üzerinde işlemler yapılacaktır. Şekil 5.8.'de örnek bir metin verilmiştir. İlk olarak bu metin renk uzayından (RGB) gri seviyeye taşınmıştır. Daha sonra bu gri seviyeli resmin histogramı alınmıştır. Elde edilen histograma eşik uygulanarak özellik boyutu indirgenmiştir. İndirgenmiş özellikler kullanılarak elde edilen görüntü Şekil 5.7. ve Şekil 5.8'de verilmiştir.

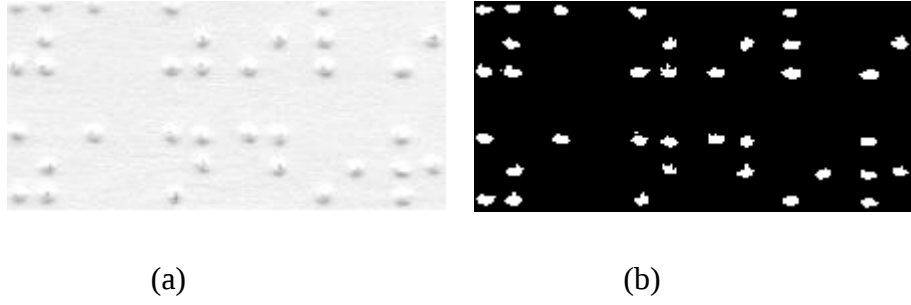


Şekil 5.3. RGB den gri seviyeye aktarılmış görüntü



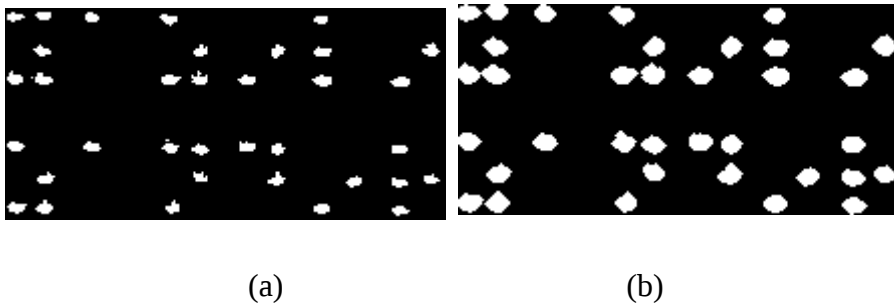
Şekil 5.4. İndirgenmiş görüntü

- **Görüntü Eşikleme:** Bilgisayar ortamına alınan Braille sayfası ilk önce basit bir eşikleme işlemine tabi tutulur. Eşik değer seçimi, görüntü eşikleme işlemi için hayati bir önem taşımaktadır. Burada eşik değer seçimi için görüntü histogramı kullanılmıştır. Histogram grafiği iki boyutlu bir grafik olup x-ekseni gri seviye değerlerini, y-ekseni ise her bir gri seviye değerinde kaç piksel olduğunu göstermektedir. Diğer bir tanımlama ile histogram grafiği, arka plan ile görüntüdeki nesnelerin olasılık yoğunluk fonksiyonlarının toplamı şeklindedir. Bu nedenle eşik değer seçimi ile ilgili farklı yöntemler mevcuttur [38]. Bu yöntemler kullanılarak eşik değer seçimi bazı uygulamalar için gereksizdir. Braille uygulaması da bu uygulamalar kapsamında değerlendirilmektedir. Çünkü Braille görüntüsü, Braille karakterleri ile bir arka plandan oluşmaktadır. Böyle bir görüntünün histogram grafiği bimodal bir yapıdadır ve bu bimodal yapının vadi noktası eşik değer olarak seçilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda, Braille görüntüleri için bu değerin 220 olduğu görülmüştür. Aşağıdaki Şekil 5.4(a)'da örnek bir Braille yazısı ve Şekil 5.4(b)'de eşiklenmiş hali gösterilmiştir.



Şekil 5.5. (a) Gri seviye Braille görüntüsü, (b) Eşiklenmiş görüntü

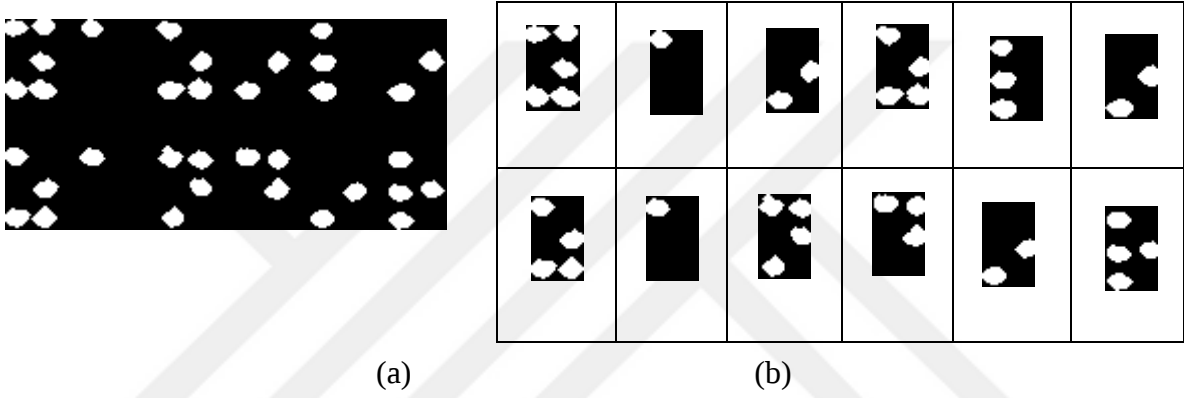
- **Morfolojik İşlemler:** Morfolojik işlemler, eşikleme ile elde edilen binary (ikili) görüntülere uygulanmıştır. Görüntü işlemede farklı morfolojik işlemler mevcuttur [36]. Fakat burada eşikleme ile elde edilen Braille karakterlerin daha belirgin hale getirilmesi için morfolojik dilasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için 3X3 boyutunda dairesel bir pencereleme elemanı kullanılmıştır [37]. Dairesel bir pencereleme fonksiyonun seçilmiş olması, Braille karakterlerini oluşturan sembollerin dairesel şekillerden oluşması gerçeğine dayanmaktadır. Aşağıdaki şekilde 3X3 boyutunda dairesel pencereleme elemanı kullanılarak yapılan morfolojik dilasyon işlemi sonucu verilmiştir. Bu sonuçlar, kullanılan pencereleme fonksiyonun dairesel olması gerektiğini bir kez daha göstermektedir. Şekil 5.5 (a)'da eşiklenmiş görüntü ve Şekil 5.5 (b)'de Morfolojik dilasyon ile elde edilen görüntü verilmektedir.



Şekil 5.6. (a) Eşiklenmiş görüntü (b) Morfolojik dilasyon ile elde edilen görüntü

- **Karakter Eşleştirme:** Braille karakter tanıma sisteminin, karakter tanıma işlemi bu bölümde gerçekleştirilmektedir. Bu işlemlerin ilkinin, standart bir Braille karakterin boyutlarının piksel bazında belirlenmesi ve karakterler arasındaki boşlukların da

ayrıca piksel bazında bulunması işlemi oluşturmaktadır. Ayrıca okunacak olan Braille sayfasının boyutları da piksel olarak bilinmelidir. Yapılan deneysel çalışmalarda Braille karakterlerinin 42X26 piksel boyutunda olduğu ve bir karakterden öteki karaktere geçişte ise 21 piksellik bir boşluk olduğu görülmüştür. Yine bir alt satıra geçişte ise 12 piksellik bir boşluk olduğu görülmüştür. Bütün bu değerler ile Braille sayfasındaki Braille karakterlerini okuyabilecek bir kayan pencere fonksiyonu oluşturulmuştur. Örnek bir Braille satırı ve okunan karakterler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Şekil 5.6.(a)'da eşiklenmiş görüntü ve Şekil5.6.(b) pencereleme sonucu elde edilmiş görüntü verilmektedir.



Şekil 5.7. (a) Eşiklenmiş görüntü (b) Pencereleme sonucu elde edilmiş görüntü

Okunan her bir karakter daha sonra veri tabanında bulunan karakterler ile karşılaştırılarak en uygun eşleştirme yapılmıştır. Eşleştirme işlemi için Öklit metriği kullanılarak, minimum eşleştirme hatası ile sonuçlanan karakter okunan karakter olarak bulunmaktadır. Eşleştirme hatası aşağıda verilen denklem ile hesaplanmaktadır;

$$E_k = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x(i, j) - h_k(i, j))^2 \quad (5.1)$$

Burada, M ve N eşleştirilecek resim boyutlarını göstermektedir. $x(i,j)$ okunan karakteri oluşturan görüntü ve $h_k(i,j)$ ise veri tabanındaki k. Braille karakterini göstermektedir. Böylece minimum hata ile eşleştirme sağlanmaktadır.

Braille karakter okuma sisteminin başarımlı değerlendirilmesi için klasik bir değerlendirme testi kullanılmıştır. Bu teste göre başarımlı, doğru okunan harf sayısının okunan toplam harf sayısına oranı şeklinde ifade edilmiştir. Örnek birkaç uygulama Tablo 5.1’de gösterilmiştir. Bu tablo, taranmış görüntüden okunan her bir karakterin, veri tabanında bulunan karakterler eşleştirilmesi sonucunda oluşan minimum hata oranıdır.

Tablo 5.1. Eşleştirme sonucu oluşan minimum hata oranı

					
0.5781	0.1765	0.5027	0.4396	0.4247	0.4499
					
0.4427	0.2344	0.3934	0.4193	0.4717	0.2030
					
0.4851	0.3980	0.4258	0.2903	0.2344	
					

Tabloda karakterlerin veri tabanı ile karşılaştırılmasında Öklit metriği kullanılarak, minimum eşleştirme hatasına sahip olan karakter bulunmaktadır. En az hataya sahip karakterin karşılığı olan, Türkçe karakter ekrana yazdırılmaktadır. Tanıma işlemi gerçekleştirilmeden önceki en önemli adım minimum eşleştirme hatasının bulunmasıdır.

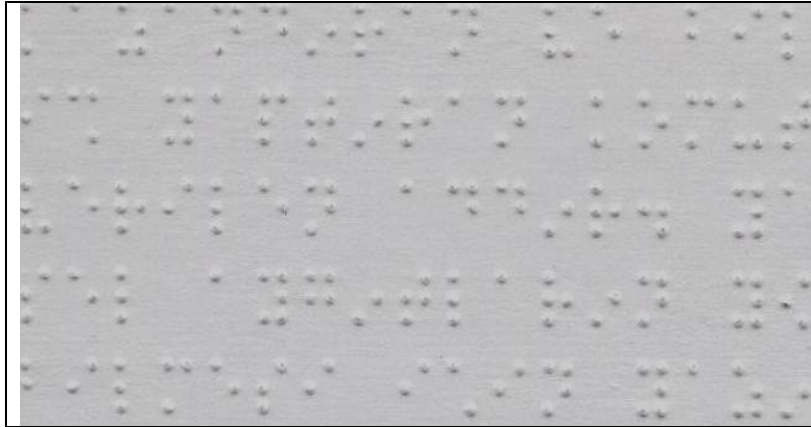
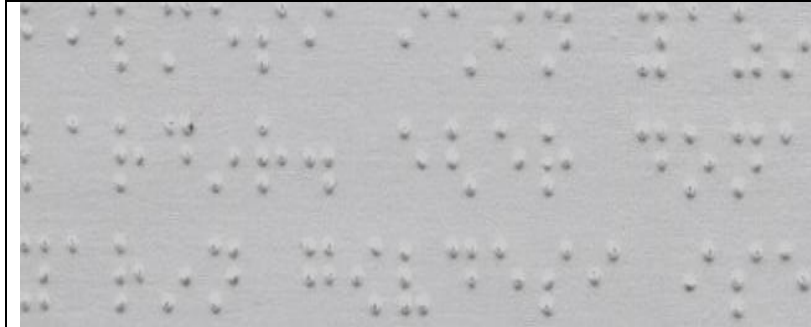
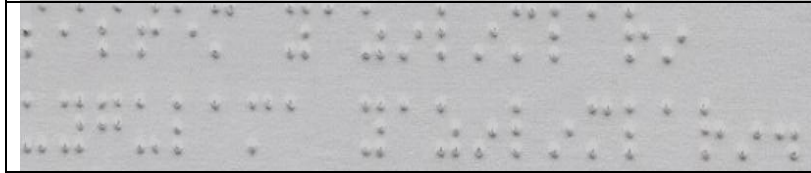
5.3.1. Yorumlama ve Değerlendirme

Bu aşamada gürültüsüz dikey, binary görüntü elde edilmektedir. Tablo 5.2’de sayısal ortama aktarılmış Braille görüntülerinin tanıma yüzdeleri verilmiştir. Bu oranlar harflerin doğruluk oranları hesaplanarak belirlenmiştir. Doğru olması gereken metinle tanınan metnin oranlanması sonucu her görüntü için bir doğruluk oranı bulunmuştur. Braille sayfalarının gürültü oranlarına göre değişiklik gösterebilmekle beraber bu yüzdelerin ortalaması alınarak Braille alfabesini bilgisayarlı tanıma çalışması %86 oranında başarıyla çalışmıştır.

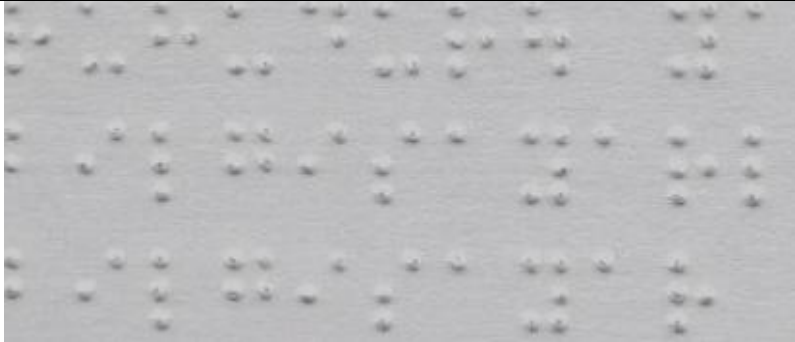
Tablo 5.2. Braille görüntülerinin tanıma oranları

Braille Görüntü	Tanınan Kelime	Oran
	yarın gruhudur	%100
	yazılımlar	%100
	uygulama	%100
	ların yönl	%100
	bilgisaya	%100
	bilgisayarçeşitti rha	%90

Tablo 5.2'nin Devamı

	kazandıran ve bikiş yaptıran kkmktverilen addırh masel aygıtların msbilcesi içie yakk	%83
	bilmesi için yazılardırü eğer comayarın gövdesi ise	%91
	yazılım donanıca	%93
	kazandıran ve bik	%93
	sistem yazırımpcn uygulama yczırıccü	%67
	yarlar bir işe yaraçazğyar yazılımları iks a	%92
	verilensel ayg	%100
	verilen adsel aygıtl	%100

Tablo 5.2'nin Devamı

		ruhudurü yabilgisayarlbil gisayar	%100
		yazılım	%100
		kaicvesebibaşav atl	%61
		kazı	%75
		lardırü	%85
		donanımına iclerli	%93

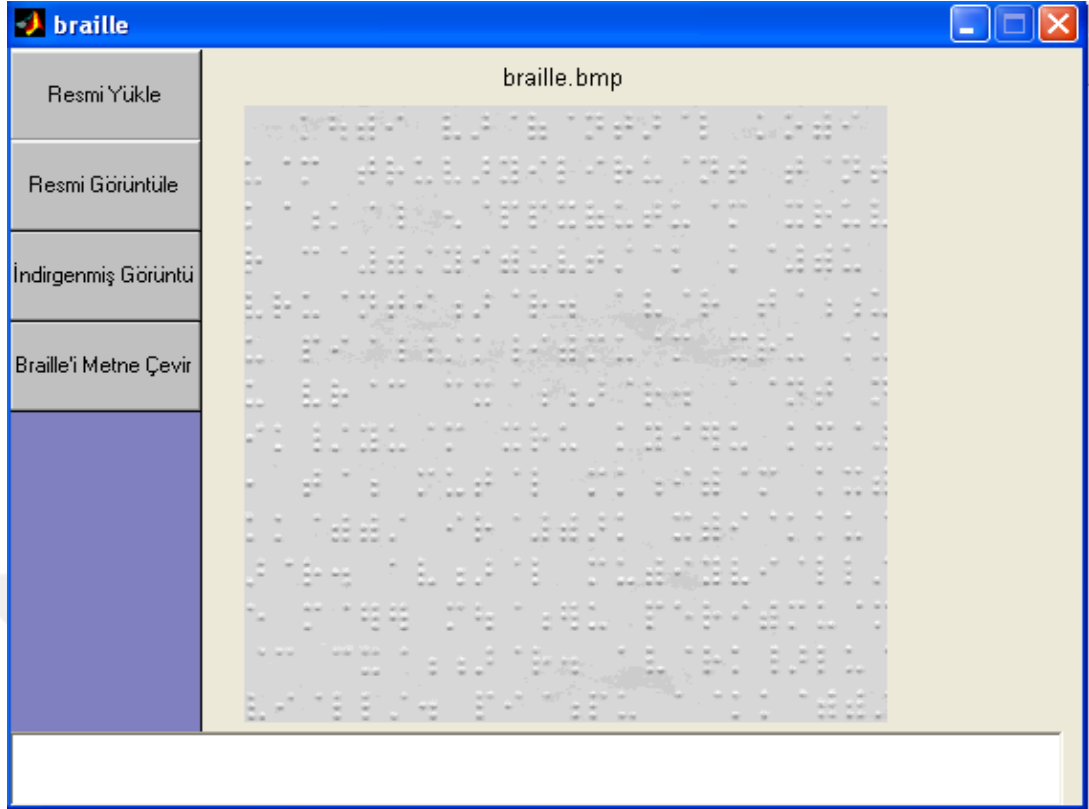
Tablo 5.2'nin Devamı

	keşi gdirçşb ue ged bcseşi	%32
	kazandıran ve biki ccaş	%80
	verjycö i bbibi yazılım d	%48
	yarın gövde	%100

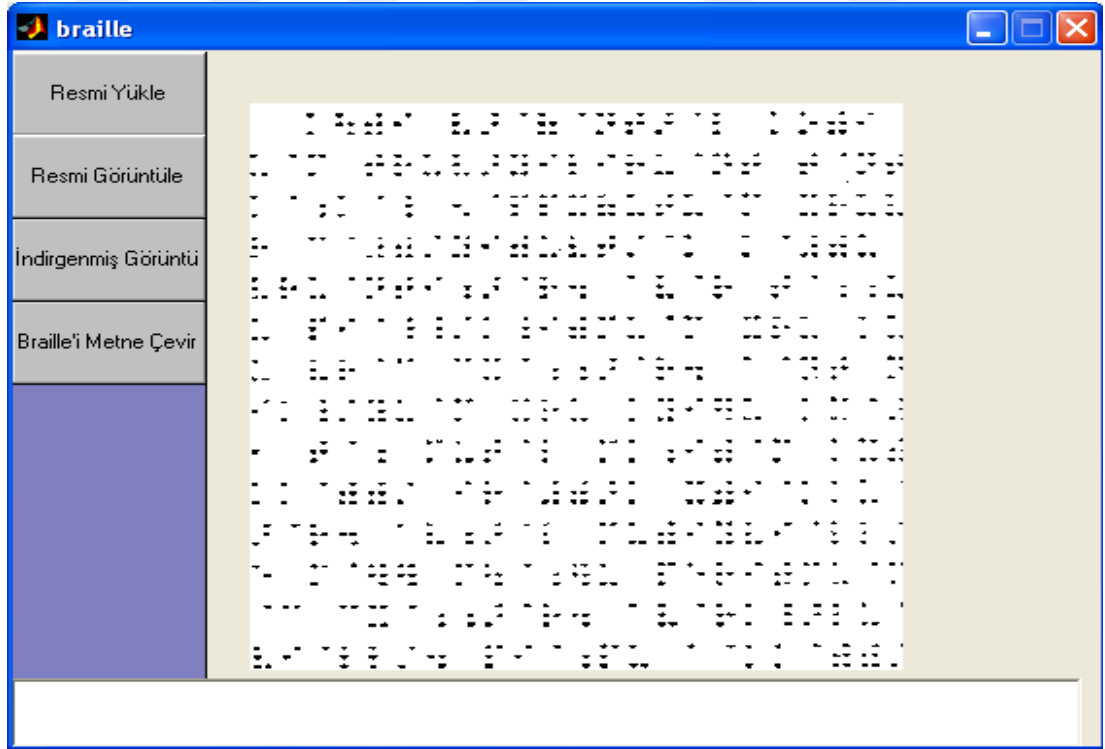
Veri tabanında alınmış görüntülerin tanınması sonucu oluşan metinler harf harf incelenerek tanımada sırasında oluşan hata oranı belirlenmiştir. Tanıma işleminde yazımdan kaynaklanan kayma ve deformasyon veya pencerenin kayması sonucunda hatalı harflerde ortaya çıkmaktadır. Tanıma işleminde kullanılacak metinler özellikle farklı boyutlarda seçilmiştir.

5.3.2. Görme Engelliler İçin Hazırlanan Arayüz

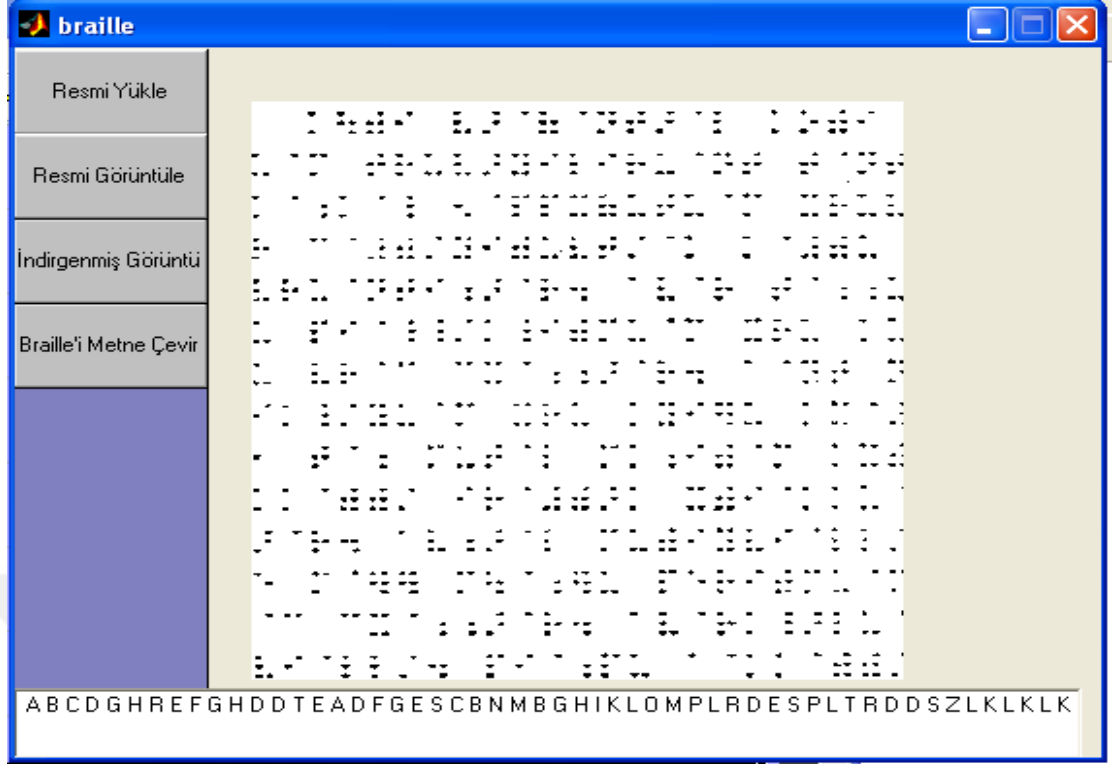
Geliştirilen yazılım aracılığıyla Şekil 5.10.'da görülen arayüz oluşturulmuştur. Yazılım arayüzü Matlab programı ile hazırlanmıştır. Matlab programının resim işleme toolbox'ından yararlanılarak Türkçe metin haline dönüştürülmek istenen Braille metinler, resim olarak programa dahil edilmiştir. Arayüz yardımıyla hazırlanan resimler programa resmi yükle düğmesi yardımıyla açılan pencereden seçilerek dahil edilmektedir. Çeşitli analiz yöntemleri kullanılarak elde edilen resimlerden özellikler çıkartılmaktadır. Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'de arayüzün kullanımı ve indirgenmiş görüntünün okunmadan önceki görünümü ile ilgili görüntüler verilmektedir. Programa Braille veri tabanından seçilerek eklenen resimler Braille'i metne çevir seçeneğiyle Türkçe karakterlere dönüştürülmektedir.



Şekil 5.8. Arayüz



Şekil 5.9. İndirgenmiş görüntü



Şekil 5.10. Tanıma işlemi

Tanıma işlemi sırasında tanımlanan metinler yine aynı ekrana yazdırılmaktadır. Böylelikle kullanıcıya anında geri dönüt verilmesi amaçlanmıştır. Arayüzün düzenlenmesinde sade bir kullanıma sahip olmasına ve az görenlerinde yararlanabilmesi için karışık renklerden oluşturulmamasına ve okunaklı olmasına özen gösterilmiştir.

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasının yapılmasındaki temel amaç, Braille metinlerini Türkçe metinlere dönüştürebilmektir. Bunun sonucunda görme engellilerin yazılı dokümanlarını çoğaltmaları mümkün olacaktır. Özellikle görme engellilerin eğitimlerinde çok önemli bir yer tutan Braille alfabesi, bu çalışma sayesinde bilgisayar ortamına aktarılabilir. Görme engelli bir birey için bu arayüz yardımıyla yazdığı metinleri bilgisayar ortamına aktarması ve çoğaltması mümkün olmaktadır. Bu çalışma Braille okumayı bilmeyen ve görme engelli fertleri olan ailelerin engelli bireyleriyle iletişimlerinin iyileştirilmesinde ve görme engelli bireyin de bu sayede hayata uyum sağlamasının artırılmasında da yararlı olacaktır. Braille alfabesi ile çalışmalarını hazırlayan bir görme engellinin de çalışmasının diğer insanlara aktarımında bağımsız biçimde hareket edebilmesini sağlaması amaçlanmıştır. Özellikle üniversitelerde birçok görme engelli birey için en büyük sıkıntı olan not alma alınan notları bilgisayar ortamında saklayamama gibi sorunlarda böylelikle ortadan kalkmış olacaktır. Bununla birlikte tabletler veya Braille yazıcılar aracılığıyla kolaylıkla Braille yazabilen görme engelli bireyler yazdıkları tüm dokümanları Türkçe karakterlere dönüştürebileceklerdir. Braille alfabesi ile çalışmalarını hazırlayan bir görme engellinin de çalışmasının diğer insanlara aktarımında bağımsız biçimde hareket edebilmesini sağlaması amaçlanmıştır.

Savaşların, hastalıkların ve genetik problemlerin sonucunda Türkiye nüfuzunun önemli bölümünü görme engellilerin oluşturduğu bilinmektedir. Bu nedenle görme engellilere yönelik bir çalışma yapma ihtiyacı doğmuştur. Çalışmada ilk olarak Braille-karakter dönüşümü yapılmıştır. Görme engelliler üzerinde deneyler sonucunda Türkçe kısaltmalar veri tabanının güçlendirilmesi sonucu bu Braille dönüşümü başarılarını daha da artacaktır. Braille görüntülerinden oluşan veri tabanındaki görüntülerin doğru tanıma oranları tespit edilmiş ve sonuçta oranların ortalması alınarak başarı yüzdesi bulunmuştur. Braille-karakter dönüşümünde %86 başarı elde edilmiştir.

6.1. Öneriler

- Braille tanıma sisteminde başarılı sonuçların elde edilmesi için tablette hazırlanmış Braille dokümanlar yerine Braille yazıcılardan elde edilmiş dokümanlar kullanılabilir.
- Metin Braille dönüşümü yapılarak çalışmanın etkinliği arttırılabilir.
- Bu çalışmanın devamı olarak Türkçe karakterler seslendirilerek hazırlanmış çalışmaların okutulması sağlanabilir

6.2. Yayınlar

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen uygulamalar iki adet ulusal yayın ile sonuçlandırılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] http://ozelegitim.psikolojikdanisma.net/gorme_engelliler.htm, Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Hizmetleri, 09 Kasım 2009.
- [2] T.C. Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı'nın ve T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü'nün Türkiye Özürlüler Araştırması, 2002, Devlet İstatistik Enstitüsü Matbaası, Ankara, 5–31
- [3] **Özyürek, M.**, Göme Engelliler , 129–151.
- [4] **Köseler,H.**, Braille yazının önemi ve tarihçesi, <http://korler.bilkent.edu.tr/korler/BrailleYazi.htm>, 09 Kasım 2009.
- [5] <http://www.6nokta.org.tr/altinokta/braillealfabesi.doc>, Altı Nokta Körler Derneği, 09 Haziran 2007.
- [6] <http://www.en.wikipedia.org/wiki/Braille>, 09 Kasım 2009.
- [7] <http://kpm.metu.edu.tr/engelsiz/default.asp?page=32>, 09 Kasım 2009.
- [8] **AbdulMalik A., Yosef A., Mohammed A., ve Abdullah A.**, 2007. An Arabic Optical Braille Recognition System, 81–87.
- [9] **Nabiyev, V.**, Automatic Recognition System for Turkish Braille Coding.
- [10] <http://www.tsd.org.tr/index.php?id=9>, Türkiye Sakatlar Derneği Resmi Web Sitesi, 09 Haziran 2008.
- [11] **Kopka, H. and Daly, P.**, 1995. A Guide to LaTeX", Addison Wesley, Massachusetts,USA.
- [12] <http://www.matbaaturk.org/index.php>, Türkçe Braille Yazı kısaltmaları, 17 Kasım 2009

- [13] http://www.beyazay.org.tr/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=171, Türkiye Beyazay Derneği, 07 Ekim 2007.
- [14] <http://www.engelsizerisim.com/yazilar.php?oku=1&bolum=21&id=188>, Engelsiz Erişim Grubu, 07 Ekim 2008.
- [15] **Uzun, E.**, 2007. Görme engelliler için basılı doküman yorumlama ve seslendirme sisteminin gerçekleştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [16] **Odabaşı F.**, 1998. Bilgisayar destekli eğitim, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.
- [17] **Mutlu M.**, 1998. Bilgisayar destekli eğitim uygulamalarının geliştirilmesi nedenleri ve sonuçları, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.
- [18] **Akgül, M. ve Vercan, R.**, 2007. Özürlülerin işgücü niteliklerinin arttırılması için eğitimlerinde bilgisayar teknolojilerinin kullanımı, 07.10.2007.
- [19] **Yücel Y., Acartürk C.**, 2006. Görme Engelliler için Web Sayfalarında Erişilebilirliğin Sağlanması, AB'06 9-11 Şubat , 28-98.
- [20] **Schweikhardt W.**, Computer based communication on mathematics by Blind and Sighted People, Universitat Stuttgart, Institut für Informatik, Stuttgart, 1999
- [21] **Karshmer A. I. ve Gharawi M.**, Computer speech for teaching mathematics to the blind, Computer Science & Computer Science and Engineering, University of South Florida, U.S.A., 2001
- [22] http://www.unbf.ca/altiustu/arsiv/2005/01/engelli_siteler.php, Engelli Siteler Kanada New Brunswick Üniversitesi Web servisleri grubu, 07 Haziran 2007.
- [23] Özürlüler ve Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun, 07.07.2005.
- [24] http://www.tbd.org.tr/index.php?module=content&page_id=327, TBD Görme Engelliler için Bilişim Çalışma Grubu, 07 Haziran 2007.

- [25] http://www.tr.net/gorme_engelliler/ , 09 Kasım 2009.
- [26] **Sanchez J. H. ve Flores H. E.**, 2002. AudioMath: Blind Children Learning Mathenatics Through Audio, Department of Computer Science, University of Chile, Santiago.
- [27] **Nikoladis G., Tzovaras D. ve Strintzis G.**, 2002. Object recognition for the blind, Informatics and Telematics Institute, Centre for Research and Technology Hellas, Greece.
- [28] **Heler M. A., McCarthy M. ve Clark A.**, 2005. Pattern perception and pictures for the blind, Eastern Illinois University, USA.
- [29] <http://www.seeingwithsound.com/>, Vision Technology for the Totally Blind, 09 Kasım 2009.
- [30] **Tosun, İ.**, 2007. Güç sistemleri eğitimi için Matlab GUI tabanlı bir yük akış simülatörü, *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
- [31] **Mutlu A., Yalcinoz T.**, Eğitim amacıyla kullanılmak üzere Matlab GUI’de geliştirilen yük akış programı’, *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, pp. 6-10 (Elektrik), ELECO'2004.*
- [32] **Pata A.M.**, 1997. An Object oriented graphical user interface for power System Analysis Applications , Ankara.
- [33] **Uzunoglu, M., Kızıl, A. ve Onar, Ç.**, 2002. Kolay Anlatımı ile İleri Düzeyde Matlab, Türkmen Kitabevi, İstanbul.
- [34] **Azemi, A. and Yaz,E.E.**, 1999. Using graphical user interface capabilities of MATLAB in Advanced Electrical Engineering Courses”, 359-363.
- [35] **Sulaiman, M. and Isa, Z.M.**, 2003. A GUI based per-unit representation of power system with symmetrical components: an e-learning approach, Research and Development, 257 – 261.

- [36] **C M Ng ve Vincent Ng, Y Lau**, 2006. Regular Feature Extraction for Recognition of Braille, 2409–2411.
- [37] **Namba, M. ve Zhang, Z.**, Cellular Neural Network for Associative Memory and Its Application to Braille Image Recognition, 2500-2610.
- [38] **Gonzalez, R. C., Woods, R. E.**, 2002. Digital image processing, Prentice Hall.
- [39] **Ay, S. ve Varol, A.**, 2008. Karakter tanıma için düzenli özellik çıkarma İşleminin İncelenmesi Ve Uygulanması, *Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu (BMYS 2008)*, 15–17 Ekim, Eskişehir, 1063-1070
- [40] **Ay, S. ve Varol, A.**, 2007. Görme engelliler için yeni bir arayüz tasarımı, *UMES 2007*, 20-22 Haziran, Kocaeli, 154-158