

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİLGİSAYAR VE ÖĞRETİM TEKNOLOJİLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**GÖRME ENGELLİLER İÇİN BASILI DOKÜMAN YORUMLAMA VE
SESLENDİRME SİSTEMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre UZUN

TEMMUZ 2007

TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİLGİSAYAR VE ÖĞRETİM TEKNOLOJİLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**GÖRME ENGELLİLER İÇİN BASILI DOKÜMAN YORUMLAMA VE
SESLENDİRME SİSTEMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

Emre UZUN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Yüksek Lisans (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08.06.2007

Tezin Savunma Tarihi : 13.07.2007

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Hasan KARAL

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Adnan BAKİ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Rifat YAZICI

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

Trabzon 2007

ÖNSÖZ

Bilgisayar teknolojileri günümüzde birçok alanda insanoğluna kolaylık ve fayda sağlayan özellikleriyle gelişimini hızla sürdürmektedir. Günden güne bilgi birikiminin artarak devam ettiği bilgisayar bilimi ve teknolojinin, gelinen noktada insan yaşamı için sağladığı yenilikler, önemini zaman geçtikçe arttırmaktadır. Teknoloji ve bilimin geldiği bu noktada, gerçekleştirilen bir çalışma ile, sayıları yadsınamayacak düzeyde olan görme engelli bireylerin yazılı doküman okuma, grafik ve tablo yorumlama problemlerine yönelik bilgisayar destekli bir sistem geliştirilmiştir. Farklı yaş gruplarında ve özellikle olan görme engelli bireyler tarafından test edilen sistem, alınan yorumlar ve geri dönütler üzerinden değerlendirilmiştir. Amaç teknolojik imkanları verimli bir şekilde kullanarak, görme engelli bireylerin eğitim ve günlük yaşamlarını bilgiye erişim noktasında kolaylaştırmaktır. Sonuç yorum ve önerileri göz önünde bulundurulduğunda, araştırma bu amaca erişmek yolunda ülkemizde geliştirilen önemli bir çalışma olmuştur.

Danışmanlığımı üstlenerek çalışmayı sabırla yönlendiren değerli Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Hasan KARAL'a, bu sistemin geliştirilmesi sürecinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Adnan BAKİ'ye ve çalışma arkadaşlarım Mehmet GÖK, Arş. Grv. Muhammet BERİĞEL, Arş. Grv. Alper ŞİMŞEK'e teşekkür ederim.

Ayrıca, her zaman yanımda olan ve beni sabırla destekleyen aileme, yürekten teşekkürlerimi sunarım.

Emre UZUN

Trabzon, 2007

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	X
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Görme Engelli Bireyler	2
1.2.1. Gözün Yapısı ve İşleyişi	2
1.2.2. Görme Engellilerin Eğitimi	3
1.2.3. Öğretim Süreçlerinde Uyarlamalar	4
1.2.4. Kabartılmış Altı Nokta: Braille	5
1.3. Görme Engelli Bireyler İçin Geliştirilen Yardımcı Araçlar	6
1.3.1. Türkçe Konuşan Tansiyon Ölçme Aleti	6
1.3.2. Türkçe Konuşan Şerit Metre	6
1.3.3. Türkçe Konuşan Renk Tanıma Cihazı	7
1.3.4. Braille Yazıcılar	8
1.3.5. Braille Monitörler	8
1.3.6. Lazer Baston	9
1.4. Görme Engelli Bireyler İçin Bilgisayar Destekli Eğitim Çalışmaları	10
1.4.1. Bilgisayar Destekli Eğitim (BDE)	13
1.4.2. Görme Engelli Bireyler İçin Bilgisayar Destekli Eğitim	12
1.4.3. Görme Engelli Bireyler İçin Bilgisayarlı Eğitim Sistemi Modeli	25
1.4.4. Geliştirilen Sisteminin Benzer Yazılımlar İle Karşılaştırılması	27
1.5. Araştırmanın Problemi	29
1.6. Araştırmanın Amacı ve Önemi	31
1.7. Araştırmanın Sınırlılıkları	32

2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	33
2.1.	Giriş	33
2.2.	Doküman Görüntüsü Analizi ve Seslendirilmesi	34
2.3.	Sayısal Görüntü İşleme ve Doküman Görüntüsü Analizi	36
2.3.1.	Sayısal Görüntü ve Özellikleri	36
2.3.2.	Sayısal Görüntü İşleme ve Uygulama Alanları	38
2.3.3.	Doğrusal Metin İçeren Doküman Görüntülerinin Analizi	38
2.3.4.	Değersiz (Verisiz) Eğri Grafiklerinin Analizi	40
2.3.5.	Değerli (Verili) Doğru Grafiklerinin Analizi	49
2.3.6.	Çizgi ve Hücre Biçimli Tablo Analizleri	53
2.3.7.	Karmaşık ve Eğimli Metin Analizleri	58
2.4.	Yapay Sinir Ağları ve Karakter Tanıma	67
2.4.1.	Yapay Sinir Ağları (YSA)	67
2.4.2.	Karakter Tanıma	68
2.4.3.	Karakterlerin Alt Matrislere Ayrılması veya Bölünmesi ile Sinir Ağının ve Eğitim İşleminin Yeniden Düzenlenmesi	70
2.4.4.	Karakterler Üzerinde Yatay, Düşey ve Diyagonal Olmak Üzere Üç Açılı İzdüşüm Alma Yöntemleri ile Özellik Modelleri Oluşturmak	75
2.4.5.	Geliştirilen Özellik Çıkartma Yaklaşımlarının Birleştirilmesi Sonucu Oluşturulan Yeni Model	80
2.4.6.	Doküman Görüntülerindeki Metinler İçin Yeni Tanıma Algoritması	81
2.5.	Türkçe Metinleri Bilgisayar Ortamında Seslendirme	82
2.5.1.	Giriş	82
2.5.2.	Türkçe Metni Seslendirme	83
2.6.	Geliştirilen Sistem İçin Kullanıcı Uygulamalarının Gerçekleştirilmesi	87
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	91
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	96
5.	KAYNAKLAR	98
6.	EKLER	106
	ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Günümüzde görme engelli bireyler, dünya ve hemen her ülke nüfusunun sayıca dikkate alınması gereken bir parçasını oluşturmaktadır. Bu bireylerin eğitim ve günlük yaşamlarında, karşı karşıya oldukları bilgiye erişim ve kaynak problemleri, karşılaşılan imkansızlıklar nedeniyle, kendileri için büyük bir problem olarak gözükmektedir. Özel olarak hazırlanan sesli kaynakların veya kabartma (Braille) biçiminde hazırlanan kaynakların, sayılarının ve çeşitliliğinin az olması ve konuda yeterli eğitime sahip kişi olmaması ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Bu amaçla yapılan çalışmada, görme engelli bireyler için bir yazılı doküman tanıma ve seslendirme sistemi teknik düzeyde geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Yazılı doküman tanıma ve yorumlama sistemlerinin günümüzde oldukça ihtiyaç duyulan ve kullanılan teknolojiler arasında yer alması, çalışmada bu teknolojilerden faydalanılarak geliştirilen sistemin güncel bir teknolojik çözüm olmasını sağlamaktadır. Geliştirilen sistem ile, metin, grafik ve tablo görüntüleri içeren yazılı dokümanlar, analiz-yorumlama-tanıtma aşamalarının ardından, görme engeli veya zayıflığı olan bireyler için seslendirilmiştir. Karmaşıklık düzeyi üst seviyede olmayan metinler ve grafik verileri geliştirilen belirleme ve açısal analiz adımlarıyla yorumlanarak, seslendirilmiştir. Metin, grafik ve tablo bilgileri analiz edilerek, geliştirilen karakter tanıma algoritmaları yardımıyla, yüksek doğrulukta tanınmaları sağlanmıştır. Yorumlanan görüntülerden elde edilen bilgiler bilgisayar ortamında geliştirilen algoritmalar ve sentezleme teknikleri yardımıyla seslendirilmiştir. Geliştirilen sistemin, uygulama çalışmalarında alınan kullanıcı yorum ve önerileri değerlendirildiğinde, görme engelli bireylerin eğitim ve günlük yaşamları sırasında karşı karşıya kaldıkları yazılı bilgiye erişim problemlerine bir çözüm oluşturabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Görme Engelli Bireyler, Doküman Görüntüsü İşleme, Yapay Sinir Ağları İle Karakter Tanıtma, Grafik ve Tablo Tanıtma, Türkçe Metin Seslendirme.

SUMMARY

IMPLEMENTATION OF WRITTEN DOCUMENT INTERPRETING AND VOCALIZATION SYSTEM FOR VISUALLY HANDICAPPED PEOPLE

Nowadays, visually handicapped people compose a considerable part of society all around the world. Problems of visually handicapped people for accessing the information and resources are big problems for them because of the impossibility. Reason of having limited resources for vocalized system and embossment materials composes serious problem for education of visually handicapped people. In this study written character recognition system for visually handicapped people with the property of vocalization was developed technically and implemented. Recognizing technology of written documents is commonly used method nowadays and using these technologies in this study shows relations of developed systems with current technologies. With the developed system, texts, graphics and table appearances on written documents are vocalized for visually handicapped people later the processes of analyze-interpreting-recognition. For more complex texts and graphics, angular analyze steps developed for system are interpreted and vocalized. Analyzing texts, graphics and table information, high level of recognition is obtained using character recognition algorithms. Information obtained from interpreted images is vocalized using developed algorithms and synthesis techniques. Results of study made after implementing system on visually showed that, developed system can be an alternative for problems visually handicapped people that they meet in their education and daily life.

Keywords: Visually Handicapped People, Document Image Processing, Character Recognition With Artificial Neural Network, Graphic and Table Recognition, Turkish Text-To-Speech.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Gözün yapısı	3
Şekil 1.2. Braille harf örnekleri	5
Şekil 1.3. Braille sayı örnekleri	6
Şekil 1.4. Türkçe konuşan tansiyon ölçme aleti	7
Şekil 1.5. Türkçe konuşan metre	7
Şekil 1.6. Türkçe konuşan renk tanıma cihazı	7
Şekil 1.7. Braille yazıcılar	8
Şekil 1.8. Braille monitörler	9
Şekil 1.9. Üç boyutlu cisimleri tanıyan özel eldiven	13
Şekil 1.10. Görme engelli bireyler için tanıma işlemi gerçekleştirilen şekiller	14
Şekil 1.11. Görme engelliler için geliştirilen kameralı başlık	15
Şekil 1.12. Üzerinde gizli kamera bulunan gözlük modeli	15
Şekil 1.13. Basit olarak bir web kamera ile geliştirilen bilgisayarlı görme sistemi	16
Şekil 1.14. Tactile Graphics Display- Kabartma Dokunmatik Grafik Ekran (120x60 pin)	17
Şekil 1.15. Gerçek nesne görüntülerinin kabartma ekranda gösterilmesi	17
Şekil 1.16. Web sayfalarının dokunmatik grafik ekranda gösterimi	19
Şekil 1.17. Çubuk grafiklerin kabartma grafik ekran için işlenmesi ve gösterilmesi	21
Şekil 1.18. Görme engelliler için hareket asistanı cihazı	23
Şekil 1.19. Yer-hedef yol algoritması ve yönlendirme	24
Şekil 1.20. Görme engelli bir bireyler için oluşturulacak bilgisayarlı sistem	26
Şekil 2.1. Doğrusal metin içeren doküman görüntülerinin cümle (satır), kelime ve karakter analizi	39
Şekil 2.2. Grafik şekilleri ve üzerinde dağınık olan metin kısımları	40
Şekil 2.3. Temel görüntü analizi ve genişletme filtresi işlemleri sonucunda grafik ve metin içeren doküman görüntüsü	41
Şekil 2.4. Yakalanan eğri grafiği için belirleme yaklaşımı	41

Şekil 2.5.	Grafik ve metin şekilleri için üretilen düşey izdüşüm özellik modelleri	42
Şekil 2.6.	Eğimli metin satırları için düşey izdüşüm özellik modeli	42
Şekil 2.7.	Eğimli satır görüntüsü içeren doküman resmi	43
Şekil 2.8.	Temel görüntü analizi ve genişletme işlemlerinden sonra doküman görüntüsü	43
Şekil 2.9.	Eğimli satır ve değersiz grafik içeren doküman görüntüsü analizi	44
Şekil 2.10.	Analiz ve yorumlama işlemlerinden sonra oluşturulan yeni doküman görüntüsü	45
Şekil 2.11.	Tarayıcı ile alınan orijinal doküman görüntüsü	46
Şekil 2.12.	Grafik ve metin içeren bir doküman görüntüsünün analizi	46
Şekil 2.13.	Grafiklerden arındırılan ve okunmak üzere oluşturulan yeni doküman görüntüsü	48
Şekil 2.14.	Açısal analizden sonra doküman görüntüleri	49
Şekil 2.15.	Değerli doğru grafiği örneği	50
Şekil 2.16.	Grafiği oluşturan bileşen görüntülerinin ayrılması	51
Şekil 2.17.	Metin analizine hazır olarak oluşturulan yeni doküman görüntüsü	53
Şekil 2.18.	Çizgi ve hücre biçimli tablo doküman görüntüleri	54
Şekil 2.19.	Çizgi tablonun analizi ve metnin tespit edilmesi	55
Şekil 2.20.	Çizgi tablonun izdüşüm yöntemi ile ızgaralardan temizlenmesi	56
Şekil 2.21.	Hücre tablonun izdüşüm yöntemi ile ızgaralardan temizlenmesi	57
Şekil 2.22.	Sadece eğimli, karmaşık ve eğimli doküman görüntüleri	59
Şekil 2.23.	Genişletme işlemi sonrasında karmaşık metin satırlarının görsel olarak ayrılması	61
Şekil 2.24.	Tespit edilecek satır şekli koordinat analizi başlangıcı	62
Şekil 2.25.	Tespit edilecek satır şeklinin eğim noktası koordinat analizi	64
Şekil 2.26.	Koordinatı genişletilmiş satır görüntülerinden tespit edilen ve orijinal doküman resminden satır biçiminde alınan ilk satır resmi (Açısal analizden önce)	65
Şekil 2.27.	Her satır için kayıtlı liste boyunca uygulanacak açısal satır analizi işleminden sonra satır görüntüsü	66
Şekil 2.28.	Şekil 2.22 (b) ve (c)'deki karmaşık ve eğimli metin içeren doküman görüntülerinin belirleme ve açısal analiz işlemleri	66
Şekil 2.29.	Şekil 2.22 (a)'daki eğimli doküman görüntüsünün açısal analizi	67
Şekil 2.30.	Türkçe doküman tanıma ve seslendirme sistemi blok diyagramı	69
Şekil 2.31.	Karakter matrisi ve siyah/beyaz (1/0) veri düzeni	69
Şekil 2.32.	Alt matrislere ayrılmış karakter deseni yapısı	71

Şekil 2.33 (a) Benzer bölümlerin belirlenmesi ve eğitimin düzenlenmesi	
(b) Bölümlendirilen karakter görüntülerinin farklı sinir ağları ile tanınması...	72
Şekil 2.34 (a) Karakter görüntülerinin düşey izdüşüm özellikleri	
(b) Karakter görüntülerinin yatay izdüşüm özellikleri	
(c) Karakter görüntülerinin diyagonal izdüşüm özellikleri	75
Şekil 2.35. İzdüşüm özelliklerinin sinir ağına uygulanması ve karakterin tanınması	79
Şekil 2.36. Birleştirilmiş karakter özellik çıkartma ve tanıma mekanizması	81
Şekil 2.37 Sayı tabanlı heceleme algoritmasının çalışması	83
Şekil 2.38. Görüntü analizinden sonra metin dönüşümü ve seslendirme için hece analizi	84
Şekil 2.39. Hece sesinin başındaki ve sonundaki gereksiz kısımlar	85
Şekil 2.40. Kesmeden sonra kalan hece sesi	86
Şekil 2.41. Dinamik olarak birbirine eklenmiş hece sesleri	86
Şekil 2.42. Hece seslerinin geçiş verisi ile birlikte eklenmesi	87

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Yapay sinir ağının eğitimi için hedef çıkış değerleri	73

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünyada görme yeteneğini kaybetmiş birçok insan yaşamaktadır. Bu insanların büyük bir bölümü gelişmekte olan ülkelerde yaşamakla beraber, ülkemizde de görme engelli bireyler oldukça fazladır. Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre Türkiye'deki görme engelli birey sayısının genel nüfusa olan oranı %0,2'dir. Görme engelli bireyler çevrelerine ve derslerine ilişkin bilgileri büyük ölçüde kabartma yazıda olduğu gibi dokunarak ya da dinleyerek kazanırlar. Dinlemenin, görme engelli bireylerin öğrenme niteliğini artırması nedeniyle, öğretim süreçlerinde ses ağırlıklı materyallerin yer aldığı düzenlemelere çokça yer verilmektedir. Kaset, CD gibi ortamlara okunan kitap veya diğer yazılı materyallerin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Görme engelli bireyler için eğitim sunan okullardaki derslerde bu tür sesli dokümanlardan yararlanılmaktadır. Kabartma yazı ve büyütülmüş harflerle okuma hızı düşüktür. Bu sınırlılığı gidermek için sesli kitaplardan sıkça yararlanılmaktadır. Görme engelli bireyler için, dinleme becerilerini geliştirmek ve bu becerilerinden en üst düzeyde yararlanmak bir zorunluluktur. Fakat bu yolla günlük yaşamlarında ihtiyaç duydukları bilgileri mevcut kitap ve dokümanlardan edinmeleri bir hayli zordur. Yaşanılan bu eksikliği gidermek amacıyla hazırlanmış kabartmalı kitaplar, kasetler, CD'ler, elektronik ses kayıtları gibi birçok materyal mevcuttur. Bu yöntemlerin en önemlisi mevcut doküman ya da kitapların seslendirilerek kasete veya CD'ye aktarılması yöntemidir. Görme engelli bireyler için halen kullanılmakta olan en popüler materyal dokümanların seslendirilmiş kasetleri olarak gözükmektedir. Fakat yazılı ya da Internet ortamındaki her dokümanın seslendirilerek kayıtlı hale getirilmesi çok büyük maliyetler oluşturacaktır. Belirtilen bilgiye erişim yöntemlerinin olumsuzlukları göz önünde bulundurulduğunda, bilgisayar ortamında gerçekleştirilecek bir doküman tanıma ve seslendirme sistemi ile yazılı dokümanlar veya kitaplar görme engelli bireyler için kısa bir süre içinde seslendirilebilecektir. Bu çalışmada, görme engelli bireylerin eğitim ve günlük yaşamlarında karşılaştıkları, yazılı dokümanları okuma problemine yönelik bir bilgisayar destekli eğitim sistemi geliştirilmiş ve uygulanmıştır.

1.2. Görme Engelli Bireyler

Görme engelliler körler ve az görenler olarak sınıflanır. Görme engellinin yaygın kabul gören iki farklı tanımı vardır. Bunlardan biri yasal, diğeri eğitsel tanımdır. Yasal tanım tıp alanında çalışanlarca ve sosyal güvenlik kurumlarınca benimsenirken, eğitsel tanım görme engelliler için öğretim düzenlemelerinin planlanması sırasında kullanılır. Yasal tanım nesneldir. Eğitsel tanım ise öznelidir.

Yasal tanıma göre kör, tüm düzeltmelerle birlikte olağan görme gücünün 1/10'ine yani 20/200'lik görme keskinliğine ya da daha azına sahip olan ya da görme alanı yirmi derecelik açıyı aşmayan kişilere denir.

Eğitsel tanıma göre ise, görme keskinliği kaybında ağır derecede etkilenmiş olup, öğretimini dokunarak okuduğu kabartma yazıyla (Braille) ve konuşan kitaplardan dinleyerek sürdürmeye gereksinimi olan bireyler görme engellilerdir.

Az gören ise, büyüteçlerle normal puntolu ve büyük puntolu yazılı materyali okuyabilen görme engellilerdir.”

Eğitsel tanımın özneliği, öğretim değişkenlerinden öğrenme kanalları olan görme, işitme ve dokunmaya ölçüt almasındandır. Milli Eğitim Bakanlığının Özel Eğitim Okulları Yönetmeliğinde körlüğün ve az görmenin tanımları şöyledir:

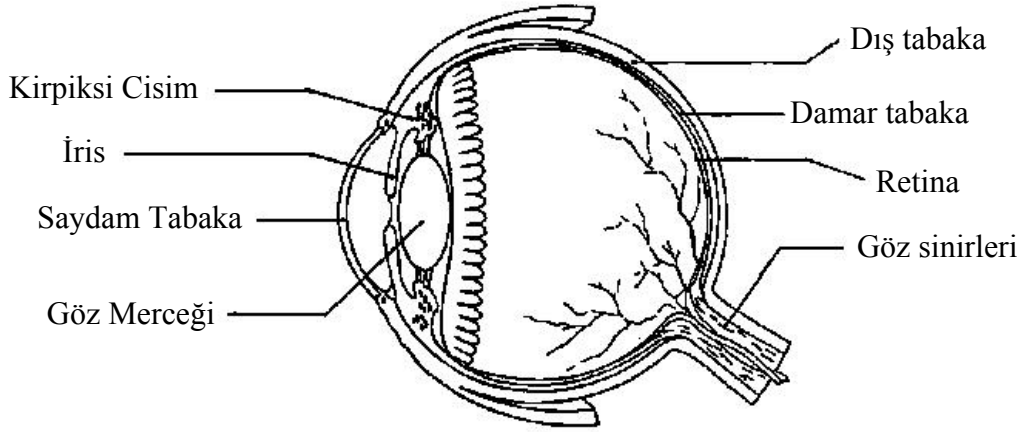
“Kör, bütün düzeltmelere rağmen iki gözle görmesi 1/10'dan aşağı olan, eğitim, öğretim çalışmalarında görmesinden yararlanması mümkün olmayandır.”

“Az gören, bütün düzeltmelere rağmen iki gözle görmesi 1/10 ile 3/10 arasında olan ve özel bir takım araç ve yöntemler kullanmadan eğitim, öğretim çalışmalarında görme gücünden yararlanması mümkün olmayanlardır.” [1].

1.2.1. Gözün Yapısı ve İşleyişi

Gözler, burnun iki yanında kemiklerle çevrili göz çukurlarında ve göz kapakçıklarıyla örtülüdür. Göz üç tabakadan oluşmaktadır. Dış tabaka; arkada bağ dokusu, arkadan öne doğru kılıf gibi saran göz akı ve önde saydam tabaka bulunur. Orta tabaka; gözün damarlı ve pigmentli tabakasıdır. İris, kirpiksi cisim ve damar tabakadan oluşmaktadır. İç tabaka (retina); görme sinirleri, ağ tabakanın en duyarlı bölümü olan sarı nokta koni ve çevresel retina çomak şeklindeki hücrelerden oluşmaktadır.

Göz merceği irisin arkasındadır. Göz tabakaları ışığın kırılmasını ve miktarını ayarlayarak, nesnenin ağ tabaka üzerinde net görüntü vermesini sağlar. Saydam tabaka, yakınsak mercek rolünü üstlenerek ışığı kırar. Saydam tabakadan kırılarak geçen ışık demeti göz sıvısından geçerken de kırılır, irisin ortasından göz bebeğinden geçer. İris ve göz bebeği, açılarak ve kapanarak geçecek ışık miktarını ayarlar. Nesne görüntüsü ağ tabaka üzerinde odaklaşacak şekilde inceltilmiş ışık demeti göz merceğinden geçer. Ağ tabakası üzerine düşen nesnenin ışıksal görüntüsü (fotonlar) ağ tabakadaki koni ve çomak hücrelerinde kimyasal süreci başlatır. Bu sürecin sonucunda oluşan kimyasal olaylar elektrik olaylarıyla sonuçlanır. Elektrik olayları görme sinirleri yardımıyla, beyne taşınarak görme olayı gerçekleşir. Gözün yapısında ve işleyişindeki bozukluklar, çeşitli görme yetersizliklerine neden olur [2] (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Gözün yapısı

1.2.2. Görme Engellilerin Eğitimi

Ülke nüfusunun %0,2'si görme engelli olduğuna göre, yaklaşık olarak 150.000 görme engelli vatandaş Türkiye'de yaşamını sürdürmektedir. Bu veriler resmi rakamlar olmakla birlikte, bunun dışında kayıtlara geçmeyen birçok görme engelli birey de vardır. Görme engelliler, ilköğrenimlerini, görme engelliler için açılmış olan gündüzlü ve yatılı özel eğitim okullarında, normal veya açık ilköğretim okullarında sürdürmektedirler. 1997-1998 öğretim yılında görme engelliler için 10 özel eğitim okulu bulunmaktayken, bu sayı 2006-2007 öğretim yılında 16'ya yükselmiştir. Bu okullarda toplam 1420 öğrenci, öğrenimine devam etmektedir. İdareciler dahil toplam görevli öğretmen sayısı 395'tir.

Bu okullarda öğrenimini tamamlayan öğrenciler, görenlerin devam ettiği orta öğretim kurumlarında öğrenimlerini sürdürebilmektedir. 2003-2004 öğretim yılı için, orta öğretimde okuyan görme engelli öğrenci sayısı 355'tir. Bu sayının 258'i görme engelli ilköğretim okulunu, 95'i normal ilköğretim okulunu ve 2'si açık ilköğretim okulunu bitirmiştir. Günümüzde ABD ve Avrupa ülkelerinde, görme engelliler destek hizmeti olarak ve sınıf içi düzenlemelere yer verilerek normal sınıflarda eğitimlerini sürdürmektedirler. Normal çocuklar için uygulanan ilköğretim programı görme engelliler için genelde uygun olmakla birlikte, program ve öğretim süreçlerinde uyarlamalar yapılması gerekmektedir [1,3,4].

1.2.3. Öğretim Süreçlerinde Uyarlamalar

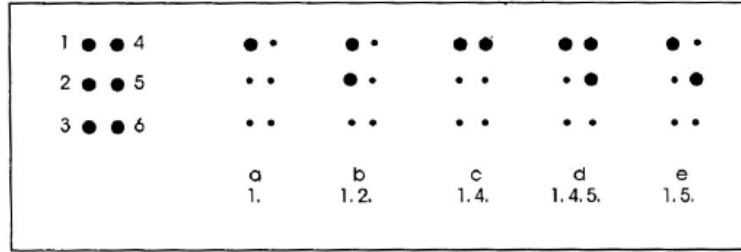
Görme engellilerin derslerin amaçlarını gerçekleştirebilmeleri, içerikte değişiklik yapmaktan çok, öğretim sunusu ve araç gereçleri kapsayan öğretim süreçlerinde değişiklikler yapmayı gerektirmektedir. Bu değişikliklerden en önemlileri, Braille (Kabarma yazı), büyük puntolu yazı ve işitmeye dayalı öğretim materyal kaynaklarının genişletilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılmasıdır. Böylelikle görme engelli öğrenciler, daha fazla bilgiye, kendi şartlarına uygun biçimde erişebileceklerdir. Bu durumun kısıtlı imkanlarla sağlanmasının güç olduğu düşünüldüğünde, bu çalışmada geliştirilene benzer bir sistemin, günümüzde hemen her yerde bulunabilecek bilgisayarlar üzerinde çalıştırılabilmesi ve maliyet olarak diğer imkanlara göre daha düşük ve erişilebilir olması, çalışmanın önemini ve hizmet değerini arttırmaktadır. Her öğrenci veya bireyin kendi bilgisayarına sahip olması da, sistemin kullanımı açısından kesinlikle gerekli olan bir durum değildir.

İl veya ilçe merkezlerinde bulunan halk kütüphanelerinde veya Altı Nokta Körler Derneği il şubelerinde bu gibi sistemlerin ihtiyaca göre yeterli sayıda temin edilmesi ile, donanım problemi ve maliyeti de ortadan kalkmış olur. Görme engelli bireyler, kendileri için uygun olan zamanlarda kütüphanelere gelmek yoluyla sisteme kolaylıkla erişebilecek ve uzman gözetiminde daha rahat kullanabileceklerdir. Beraberlerinde okumak istedikleri kitap, gazete, yazılı kağıt, belge gibi materyalleri getirecekler ve okuyabileceklerdir. Ayrıca, görme engelli bireylerin ilk ve orta öğretim seviyesinde görsel yeteneklere ihtiyaç duyulması kaçınılmaz olan ders veya çalışmalardan muaf tutulmaları, kendileri için eğitim imkanını daha kolaylaştıran bir durum olacaktır.

Sayısal içerikli derslerde veya fen dersleri gibi görsel/uygulamalı konular ve kaynakların, kabartma dilde ifadesi çok zor ve karmaşık olduğundan ya da uygulamada gözlem önemli bir yer tuttuğundan, bu dersler yerine daha kolay anlaşılabilir olan sözel içerikli derslerin geliştirilmesi, görme engelli öğrenciler için daha faydalı olacaktır.

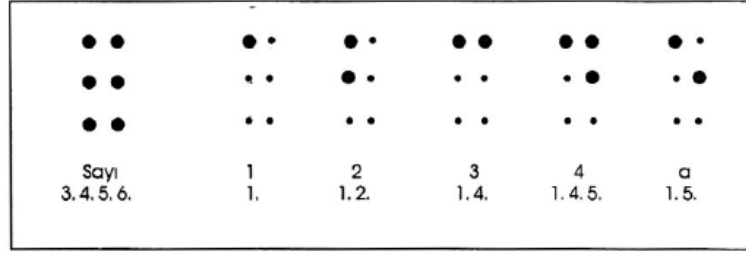
1.2.4. Kabartılmış Altı Nokta: Braille

19. Yüzyılda kendisi de kör olan Louis Braille, günümüzde, körlerin okuma ve yazmada kullandığı sistemi oluşturmuştur. Kabartılmış altı nokta-Braille sistemi, yazılı materyali okuyamayacak kadar göremeyen kişiler için dokunarak okuma sistemidir. Parmak ucuyla duyulanacak kabarıklıkta altı nokta soldan sağa iki ve yukarıdan aşağıya üç noktanın oluşturduğu bir dikdörtgen biçimindedir (Şekil 1.2). Karakterleri betimlemede kolaylık sağlamak amacıyla kabartılmış noktalar soldan aşağıya doğru 1., 2., 3. nokta ve sağdan aşağıya doğru 4., 5., 6. nokta olarak sıralanır. Örneğin 1. noktanın, yani soldan 1. noktanın kabartılmış olması “a” harfini, 1. ve 2. noktaların kabartılmış olması “b” harfini, 1. ve 4. noktalar “c” harfini, 1., 4. ve 5. noktalar “d” harfini gösterir.



Şekil 1.2. Braille harf örnekleri

Braille yazıda, rakamlar için ayrı semboller yoktur. 3., 4., 5., 6. noktaların kabartılmasından oluşan rakam işareti ara vermeden alfabedeki harf sembollerinin başına konursa rakamlar yazılmış olur. Örneğin, rakam işareti olarak 3., 4., 5., 6. noktalar kabartılır ve “a”nın sembolü olan birinci nokta ara vermeden yazılacak olursa “1” sayısı, “b” harfinin sembolü olan 1. ve 2. noktalar ara vermeden yazılacak olursa “2” sayısı olur (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Braille sayı örnekleri

Braille sisteminde sözcükler harf harf yazılır ve sözcükler arasında boşluk bırakılır. Örneğin, “bal al.” cümlesinde, 1., 2. - 1. - 1., 2., 3. noktalar ara vermeden kabartılarak “bal” yazılır. Boşluk bıraktından sonra 1. - 1., 2., 3. kabartılarak “al” yazılır ve boşluk bırakmadan nokta işareti olan 2., 5., 6. noktalar kabartılarak cümle tamamlanmış olur. Altı noktanın oluşturduğu her dikdörtgenin (hücrenin) içinde altmış üç değişik karakter oluşturulabilir. Her harf ve noktalama işareti için bir hücre kullanılması nedeniyle, bir sayfaya sınırlı sayıda cümle yazılır, kitapların hacimleri artar ve çok yer kaplar. Bu nedenle her harfin yazılmasını gerektirmeyen sözcük kısaltmalarına gidilmiştir. Kısaltmasız yazı sistemi alfabe, noktalama ve kompozisyon işaretlerinden oluşur. Kısaltmalı yazı sistemi ise dilimizde yaygın olarak kullanılan ve takıların kısaltılmasından oluşmaktadır. Örneğin, kısaltmalı sistemde “a”, yani 1. nokta “aynı” anlamına gelir [1,4,5].

1.3. Görme Engelli Bireyler İçin Geliştirilen Yardımcı Araçlar

1.3.1. Türkçe Konuşan Tansiyon Ölçme Aleti

Dört adet kalem pil ve aynı zamanda istenildiğinde adaptörü ile elektrikle çalışır. Start düğmesine basıldığında otomatik şişirir ve büyük tansiyon, küçük tansiyon ve nabız atış sayısını sesli olarak verir. Hafızası sayesinde değerler gözlenebilir [6] (Şekil 1.4).

1.3.2. Türkçe Konuşan Şerit Metre

Ölçüm birimi, metrik birimler olup 1 mm. hassasiyetindedir. En fazla 5 m. uzunluğunda ölçüm yapmaktadır. Bir adet 1,5 voltluk kalem pil ile çalışır ve piller dahil 238 gr. ağırlığındadır [6] (Şekil 1.5).



Şekil 1.4. Türkçe konuşan tansiyon ölçme aleti



Şekil 1.5. Türkçe konuşan metre

1.3.3. Türkçe Konuşan Renk Tanıma Cihazı

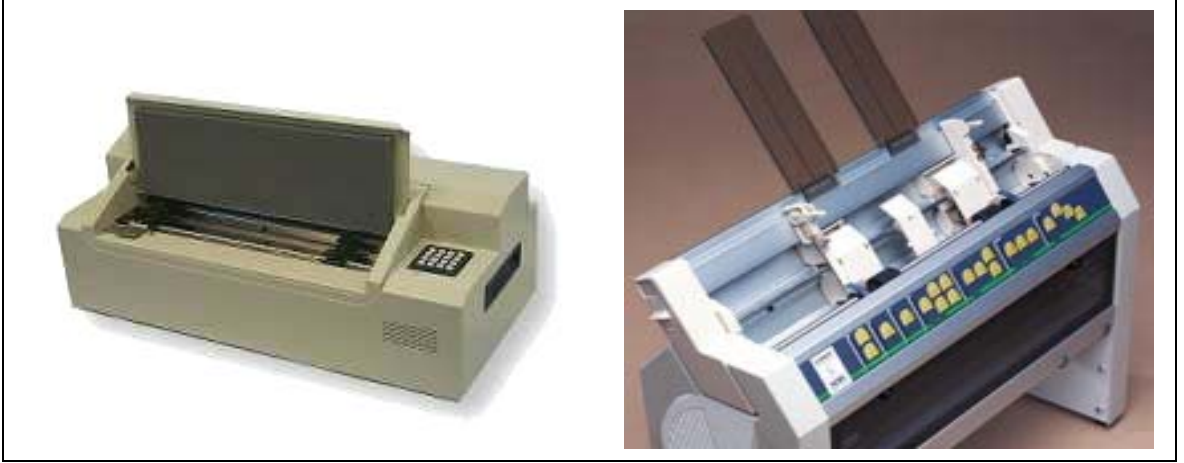
Bu ürün 100'ün üzerinde renk tanıma kapasitesine sahiptir. 10.000 farklı tonda ışık şiddeti bildirmektedir. Üç farklı kademedede ses ayarı, kulaklık ile kullanım olanağı sunmaktadır. İki adet 1,5 voltluk pil ile çalışmakta ve piller dahil 85 gr. ağırlığındadır [6] (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Türkçe konuşan renk tanıma cihazı

1.3.4. Braille Yazıcılar

Braille yazı kabartma yazı anlamına gelmektedir. Altı noktanın değişik konfigürasyonlarda dizilimiyle harfler oluşturulmuştur. Her dilde Braille yazı kısaltma sistemi kullanır. Türkçe kısaltma sistemi de vardır. Braille yazı makinelerinde Türkçe sorunları ve kısaltmalı kısaltmasız yazı yazdırma sorunu ek programlarla ortadan kalkmıştır. Bu yazıcılar bilgisayar dili olan ASCII metinleri bir tercüme programı yardımıyla Braille alfabesiyle basmaktadır. Öyle ki, bugünkü teknoloji ile hiç kabartma yazı bilmeyen bir kimse, görmeyenler için okuma materyali basabilir. Bu durum, günümüzde herkes için yararlı olan bilgisayar kullanımını görme özürlüler için bir zorunluluk haline getirmektedir. Şekil 1.7’de farklı fiyat ve özellikleri bulunan kabartma yazı yazıcılarından iki tanesi görülmektedir [6].



Şekil 1.7. Braille yazıcılar

1.3.5. Braille Monitörler

Bilgisayar ekranındaki yazıları Braille alfabe olarak kullanıcıya gösterir. Görmeyen ekrandaki yazıları parmaklarıyla takip edebilir. Sistem, ekran okuma programıyla uyumlu olarak çalışarak, sesle dinlenen yazıların aynı anda kabartma olarak elinin altından geçmesini sağlar. Özellikle sesli çözümlerle birlikte kullanıldığında bilgisayara son derece verimli bir hakimiyet sağlar [6] (Şekil 1.8).



Şekil 1.8. Braille monitörler

1.3.6. Lazer Baston

Güvenli yolculuk için açık yolun önceden tanınmasını sağlar. Önde bulunan engelleri araştırır ve bulur. Posta kutuları, ağaçlar, durak işaretleri gibi bilinen arazi işaretlerinin ve diğer sabit konumlu objeleri lokalize eder. Yanlardaki ve doğru ilerideki mesafeleri tahmin eder. Diğer yayalarla çarpışmaların önlenmesini sağlar. Kullanıcıya seyahatlerinde güven ve bağımsızlık duygusu sağlar. Kullanılmadığı zaman korunmak üzere ikiye katlanabilir. Çevrenin sert yapıları ve tahribatına karşı direnecek biçimde tasarlanmıştır. Lazer baston AA boyutu yeniden doldurulabilir veya doldurulamaz iki kalem pil batarya ile çalışır. Akım devresi kapalı olduğu taktirde geleneksel beyaz baston gibi kullanılabilir.

Kullanıcı, lazer bastonu gövdesinin merkezinden yaklaşık olarak 50 derece bir açı ile yere doğru yönelterek engeller önündeki doğru yolu araştırarak bulmak veya bilinen arazi işaretlerini sınırlandırmak için soldan sağa ve sağdan sola doğru tarayarak ilerler. Lazer baston, kullanıcıyı, sesli tonlar ve işaret parmağı altındaki titreşen uyarıcılarla yaklaşan engellerin varlığından haberdar ettiğinden kullanıcı, sesli tonları kapatmak ve yalnızca titreşen uyarıcılara güvenerek hareketini ayarlamak seçimine sahiptir.

Büyük kentlerin iş merkezi caddelerinde, metrolarda, tren garlarında, alışveriş merkezlerinde, stadyumlarda, hava alanlarında ve uçaklarda, kapalı ve açık mekanlarda kullanılmaktadır [6].

1.4. Görme Engelli Bireyler İçin Bilgisayar Destekli Eğitim Çalışmaları

1.4.1. Bilgisayar Destekli Eğitim (BDE)

Çağımızda bilim ve teknolojideki hızlı gelişmeler ekonomik sistemi olduğu kadar eğitimsel ve sosyal sistemleri de etkilemektedir. 1980'li yıllardan bu yana bilgisayar, eğitim alanında etkinliğini her gün daha fazla hissettirmektedir. Bilgisayarın eğitim alanında yerini almasıyla, bilgisayar destekli eğitim, bilgisayar eğitimi ve bilgisayarlı eğitim alanlarıyla ilgili olarak eğitim alanındaki etkinliği sorgulanmaya başlanmıştır. Birçok çalışma bilgisayar destekli eğitimi, eğitimin hemen hemen bütün alanlarında yardımcı ve destekleyici olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Özellikle fen ve matematik eğitimi ile ilgili olarak, öğrencilerin anlamakta ve uygulamakta güçlük çektikleri bazı kavramlarda, işlemlerde, deneylerde ve gözlemlerde, bilgisayar destekli eğitimin öğrencilerin öğrenme ve kavrama düzeylerinde etkili olduğu görülmüştür. Fen ve matematik bilimlerinin birçok alanında ve farklı okul seviyelerinde bilgisayar destekli eğitime rastlamak mümkündür. Bu çalışmaları kendi arasında sınıflandırılırsa en başta gelenlerden birisi simülasyon (benzeşim) yazılımları ve bu yazılımların öğrencilerin başarıları üzerindeki artırıcı etkileridir. Bir diğer grup ise web tabanlı programların bilgisayar destekli eğitim amacıyla kullanılmasıdır. Web tabanlı yazılımların diğerlerine göre en önemli farklı kullanıcının yazılımı internet ortamında kullanma zorunluluğudur. Bir diğer grup ise daha çok çoklu ortam (multimedia) ve etkileşimli (interactive) yazılımlardır. Son yıllarda genelde en çok rastlanan yazılım türleri bu türdendir ve bu yazılımların etkisi üzerine birçok çalışmaya rastlanabilmektedir. Bilgisayar destekli eğitimde uygulamalar beş başlık altında toplanabilir [7].

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

Öğretim amaçlı uygulamalar: Bilgisayarlar bu uygulamada belirli ders içeriğini öğrenciye sunmakta kullanılmaktadır. Bu uygulama bir anlamda özenle oluşturulmuş ders kitaplarına benzer. Amaç yeni bir bilgiyi öğrencilere sunmaktır.

Tekrar ve alıştırma amaçlı uygulamalar: Bilgisayar destekli eğitimde en yaygın kullanımı olan uygulamalar alıştırma ve tekrar amaçlı olanlardır. Bu uygulamada bilgisayara belirli bir konuda alıştırmalar programlanmıştır. Öğrenciye bir alıştırma verilir yanıtlaması istenir, yanıt değerlendirilir ve bir diğer araştırmaya geçmeden dönüt sağlanır.

Benzeşim amaçlı uygulamalar: Üstünde incelemeler yapılarak öğrenilmesi gereken olgu, olay ve varlıkların benzeşimi bilgisayar aracılığı ile gerçekleştirilebilir. Tehlikeli ve karmaşık fizik, kimya deneyleri, mühendislik alanlarına ilişkin konular gerçeğe son derece yakın biçimde bilgisayarla şematize edilebilir.

Oyun amaçlı uygulamalar: Bilgisayar oyunları çocukların olgu ve olayları algılama, kritik durumlara ilişkin karar alma ve etkinlikte bulunma bilgi ve becerilerinin kazanılmasına katkı sağlamaktadır. Bu nitelikler, üzerinde önemle durulan konulardır. Bazı bilgisayar oyunlarının çocukları şiddete özendirilebileceği tartışma konusu olabilmektedir. Bu konuda eğitsel oyunları hazırlayan ve bunlar arasında seçim yapma durumunda olan programcı, öğretmen ve eğitimcilerin daha dikkatli olmaları ile sorun önlenir.

Başvuru kaynağı amaçlı uygulamalar: Gelişen teknolojiler sayesinde bilgisayar bir ansiklopedi hatta kütüphane konumuna gelmiştir. Yeni yazılımlar ve çoklu ortamlar teknolojisi sayesinde görüntü zenginliği, hareket ve ses özellikleri nedeniyle bilgisayarlardan başvuru kaynağı olarak yararlanmak olasıdır. Örneğin Kurtuluş Savaşı CD'si aracılığıyla Kurtuluş Savaşı'nda yer alan askerlerin kıyafetleri, kullandıkları silah türleri bilgileri alınabilir. Okulların tüm yapacağı uygun donanım ve yazılımları sağlamak ve böylece öğrencilere bir başvuru merkezi oluşturmaktır [7,8].

Bilgisayar destekli eğitim için açıklanan bilgiler ışığında, çalışmada geliştirilen bilgisayar destekli eğitim sisteminin uygulama alanları; öğretim, tekrar ve başvuru kaynağı olarak sıralanabilir. Fakat her alanın kendi içerisindeki geniş kapsamı tamamen söz konusu değildir. Sistemin öğretim boyutu için, öğrenilen bilginin, yazılım tarafından kontrolü yapılamamaktadır. Sadece yazılı doküman üzerindeki bilgi içeriği öğrenciye aktarılmaktadır. Tekrar boyutu için, sistem geri dönüşsüz yani kullanıcı (öğrenci) etkileşimi olmadan çalışması nedeniyle, hazırlanan yazılı dokümanların birçok defa dinlenmesi yoluyla tekrar yapılabilirken, sistem kullanıcıya soru veya yorum yöneltmez. Sadece bilgi içeriğinin tekrar seslendirilmesi suretiyle, konu tekrarı yapılır. Başvuru kaynağı boyutunda ise, geliştirilen sistem için hazırlanan ders notları, grafik veya tablo şekilleri içeren yazılı dokümanlar, zamanla bir araya geldikçe, gelecek kullanıma hizmet edebilecek ve tekrar hazırlanması için zamana ihtiyaç duyulmayacak bir başvuru kaynağı haline almaktadır.

1.4.2. Görme Engelli Bireyler İçin Bilgisayar Destekli Eğitim

Fen ve matematik alanında sıklıkla kullanılan bilgisayar destekli eğitim yazılımlarının büyük çoğunluğunda karmaşık kavram veya deney durumları için görsel şekil ve grafiklerden oluşan animasyonlar mevcuttur. Bu nedenle, bilgisayar destekli eğitim ile görme engelli bireyleri bir araya getirmek, üzerinde yoğun bir şekilde çalışılması gereken kapsamlı bir konudur. Bu çalışmada, dünya çapında iki farklı firma tarafından geliştirilen iki farklı üst düzey yazılıma benzer fakat her ikisinde de bulunmayan bazı özelliklerle üretilen bir bilgisayar destekli eğitim sistemi, görme engelli bireyler için tanımlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında, görme engelli bireyler ve bilgisayar destekli eğitimi bir araya getirebilen farklı akademik çalışmalar da yapılmaktadır.

Görme engelli bireyler için, matematik eğitimlerini kolaylaştırmak amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada, matematikteki operatörler, işlem yapıları ve fonksiyon gösterimleri gibi ifadeler işlemlerin karmaşıklık düzeyine göre Braille alfabesinde ifade edilmektedir. Böylelikle bu matematiksel-braille notasyonuna dönüştürülen ifade, öğrenci tarafından anlaşılabilir [9]. Bu çalışmanın uygulanabilirliği, matematik kitaplarının Braille dilinde de basılması gereğini ortaya çıkaracaktır. Yüksek karmaşıklık düzeyindeki ifadeler göz ardı edilirse veya çalışma o yönde geliştirilirse faydalı olabilir.

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 notasyonlara dönüştürülmüştür. Bir program kodu işleme yapısı gibi, kaynak ifade kodları üzerinden seslendirmeye uygun yeni ifadeler üretilmiş ve gerçek ifade son gelen notasyon biçimi üzerinden kısımlandırılarak gerçek işaret ve terim isimleriyle seslendirilmiştir [10].

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 [11]. Fakat ses ile yazılımı kullanmaya yardımcı olsa da, öğrencilere bilgisayar kullanımı ihtiyacı ortaya çıkarması nedeniyle kullanılabilirlik ihtimali azalmaktadır.

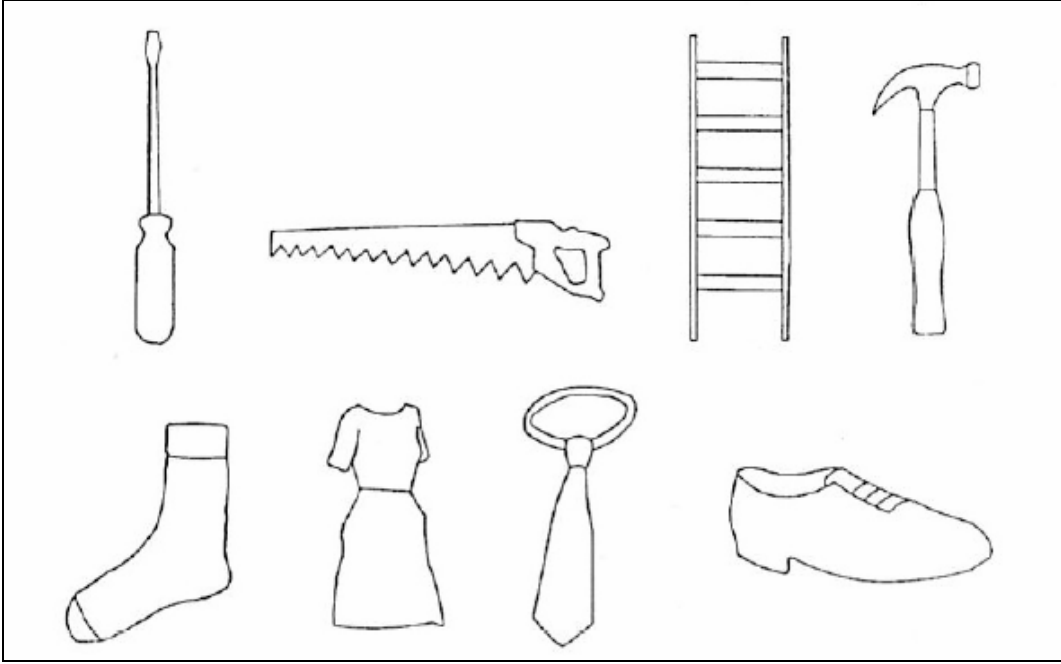
Bilgisayarlar, görme engelli bireyler için, eğitim çalışmalarında kullanılabilmesinin yanı sıra, birçok farklı teknik çalışmalarda da kullanılmaktadır. Tespit edilen bir çalışmada, geliştirilen özel bir eldiven yardımıyla, görme engelli bireyler dokundukları üç boyutlu cisimleri tanıyıp, sesli olarak uyarıcı bir yardımcı araca sahip olmuşlardır [12].

Diğer bir çalışmada ise, iki boyutlu resim veya şekil görüntülerinin görme engelli bireyler için tanınması işlemi üzerinde durulmuş ve farklı yöntemler geliştirilmiştir. Örnek iki boyutlu görüntüler, Şekil 1.10'da gösterilmiştir [13].

Bilgisayarla görme (Computer Vision) alanında yapılan çalışmalardan çok ilginç ve faydalı olanlarından birinde, görme engelli bireyler için bir başlık geliştirilmiştir. 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. Kameradan gelen görüntü bilgileri birimin bağlı olduğu bir taşınabilir bilgisayarda yorumlanmakta ve kulaklıklar vasıtasıyla kullanıcıya aktarılmaktadır [14] (Şekil 1.11).



Şekil 1.9. Üç boyutlu cisimleri tanıyan özel eldiven



Şekil 1.10. Görme engelli bireyler için tanıma işlemi gerçekleştirilen şekiller

Sistemin geliştirilmesi sonucu, gözlük camı yerine veya gözlük üzerine takılan gizli bir kamera ile dış ortamdan alınan görüntü bilgisi özel taşınabilir bilgisayar yazılımında işledikten sonra, görüntü özel ses sinyallerine dönüştürülür. Ses ile görme adı verilen bu yöntemde, beyindeki özel bir nokta kulaklarla kendisine aktarılan özel ses sinyallerini, sağlıklı gözden gelen görüntü bilgisine benzer şekilde yorumlayarak kullanıcısının zihninde baktığı görüntünün kısmen oluşmasını sağlar. Böylelikle görme engelli birey, özel bir donanım yardımıyla görme yetisini az da olsa kazanmış olur.

Bu çalışma test aşamasında olmakla birlikte, şu ana kadar gerçekleştirilen uygulamalarda başarılı sonuçlar alınmıştır. Geliştirilen sistemin farklı birim görüntüleri Şekil 1.12 ve Şekil 1.13'te gösterilmiştir [15].



Şekil 1.11. Görme engelliler için geliştirilen kameralı başlık

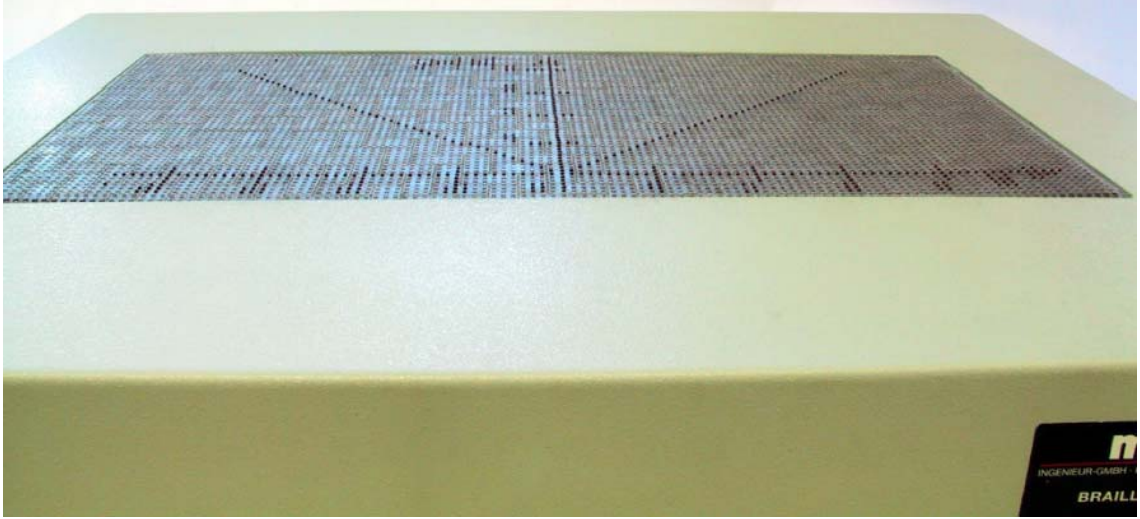


Şekil 1.12. Üzerinde gizli kamera bulunan gözlük modeli



Şekil 1.13. Basit olarak bir web kamera ile geliştirilen bilgisayarlı görme sistemi

Görme engelliler için geliştirilen bir diğer çalışmada da, kabartma dokunmatik bir grafik ekran tasarlanmıştır. Bu ekran belirli çözünürlüğe sahip kabartma bir ekrandır. Üç boyutlu nesne görüntüleri bu kabartma özellikteki grafik ekranda görme engellilere sunulabilmektedir. Ayrıca aynı ekranın farklı çalışmalara uyumlandırılmasıyla, web sayfaları üzerindeki grafik ve metin bilgileri, bilgisayar üzerindeki çubuk grafikler görme engelli bireyler için kabartma biçiminde hazırlanabilmektedir. Şekil 1.14, “Tactile Graphics Display” “Kabartma Dokunmatik Grafik Ekran” adı verilen bu donanımı göstermiştir [16,17,18].



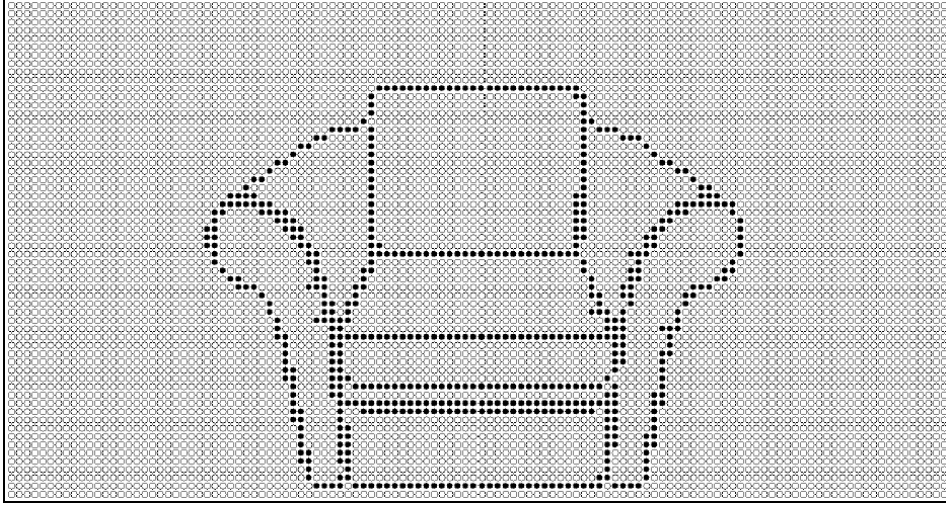
Şekil 1.14. Tactile Graphics Display- Kabartma Dokunmatik Grafik Ekran (120x60 pin)

Üç boyutlu nesne görüntüleri renkliden gri dönüşümü ve kenar belirleme algoritmaları ile çizgisel görüntüler haline dönüştürülerek, bu kabartma dokunmatik ekranda görme engelli kullanıcılara sunulmaktadır [16]. Şekil 1.15, bir koltuk ve çaydanlık için kabartma grafik ekran görünümünü ve oluşturulması için uygulanan işlemler gösterilmiştir.

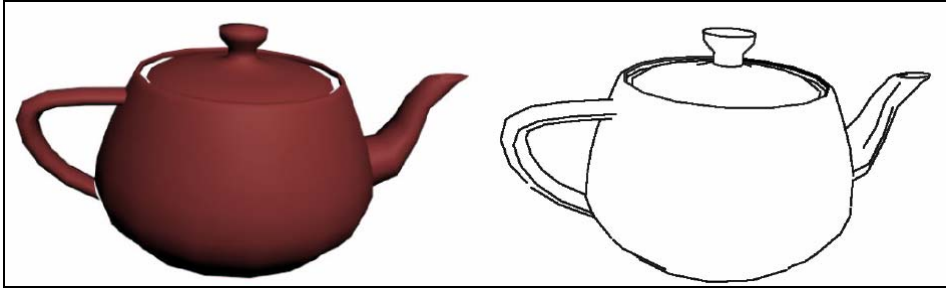


Şekil 1.15. Gerçek nesne görüntülerinin kabartma ekranda gösterilmesi

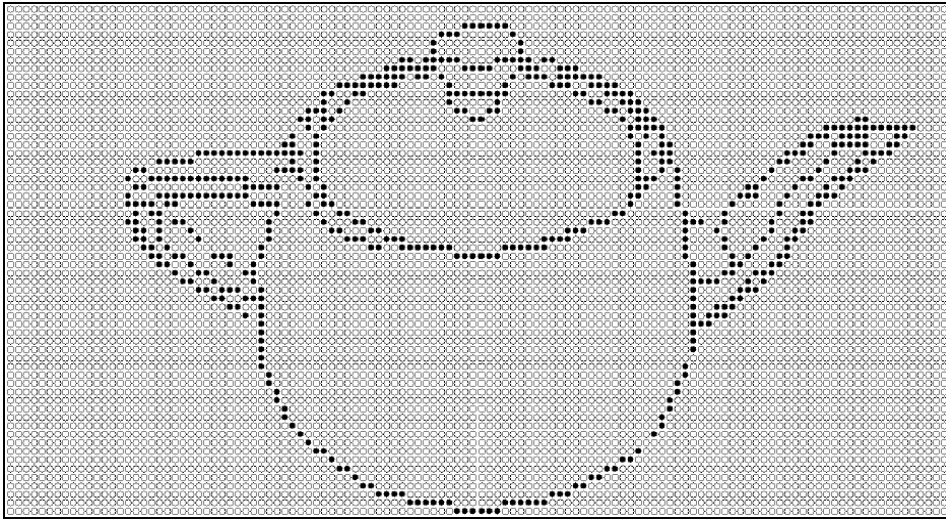
Şekil 1.15'in devamı



(b) 120x60 pin çözünürlüğünde, pinlerin yukarı ya da aşağı durumuyla oluşturulan kabartma koltuk görünümü

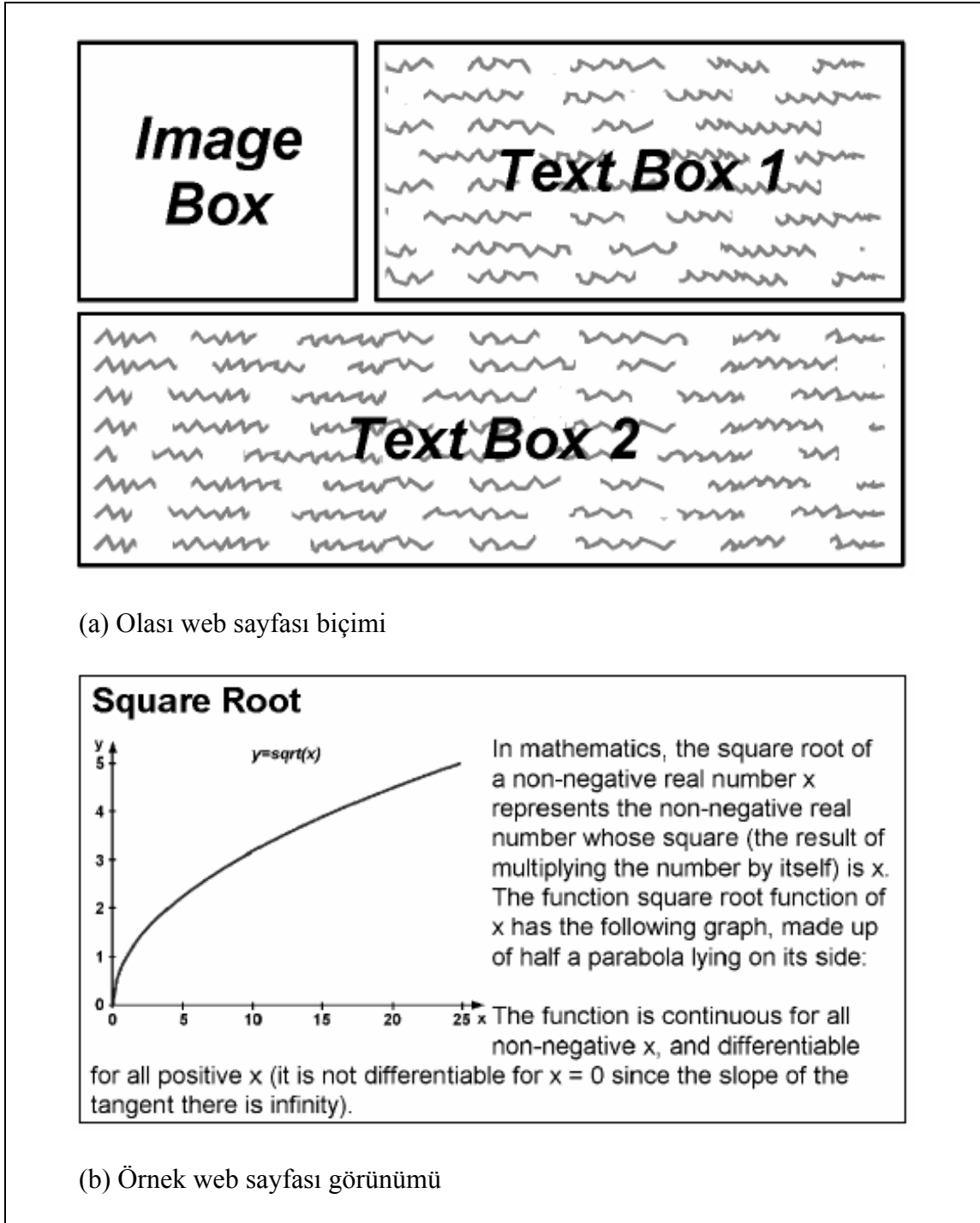


(c) Gerçek nesne görüntüsünün gri dönüşümü ve kenarlarının belirlenmesi



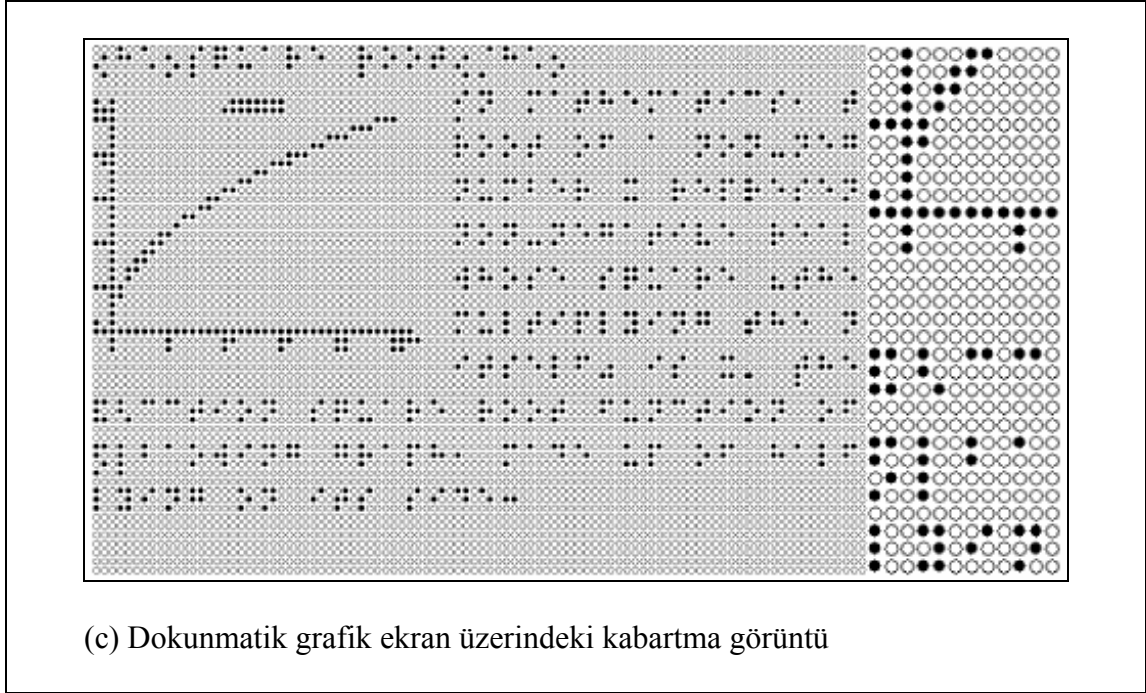
(d) 120x60 pin çözünürlüğünde, pinlerin yukarı ya da aşağı durumuyla oluşturulan kabartma koltuk görünümü

Ayrıca özel biçimlerde hazırlanmış web sayfaları üzerindeki çok karmaşık olmayan grafik ve metin kısımları yine bu ekran üzerinden görme engelli kullanıcılar için kabartmalı hale getirilebilmektedir [17] (Şekil 1.16).



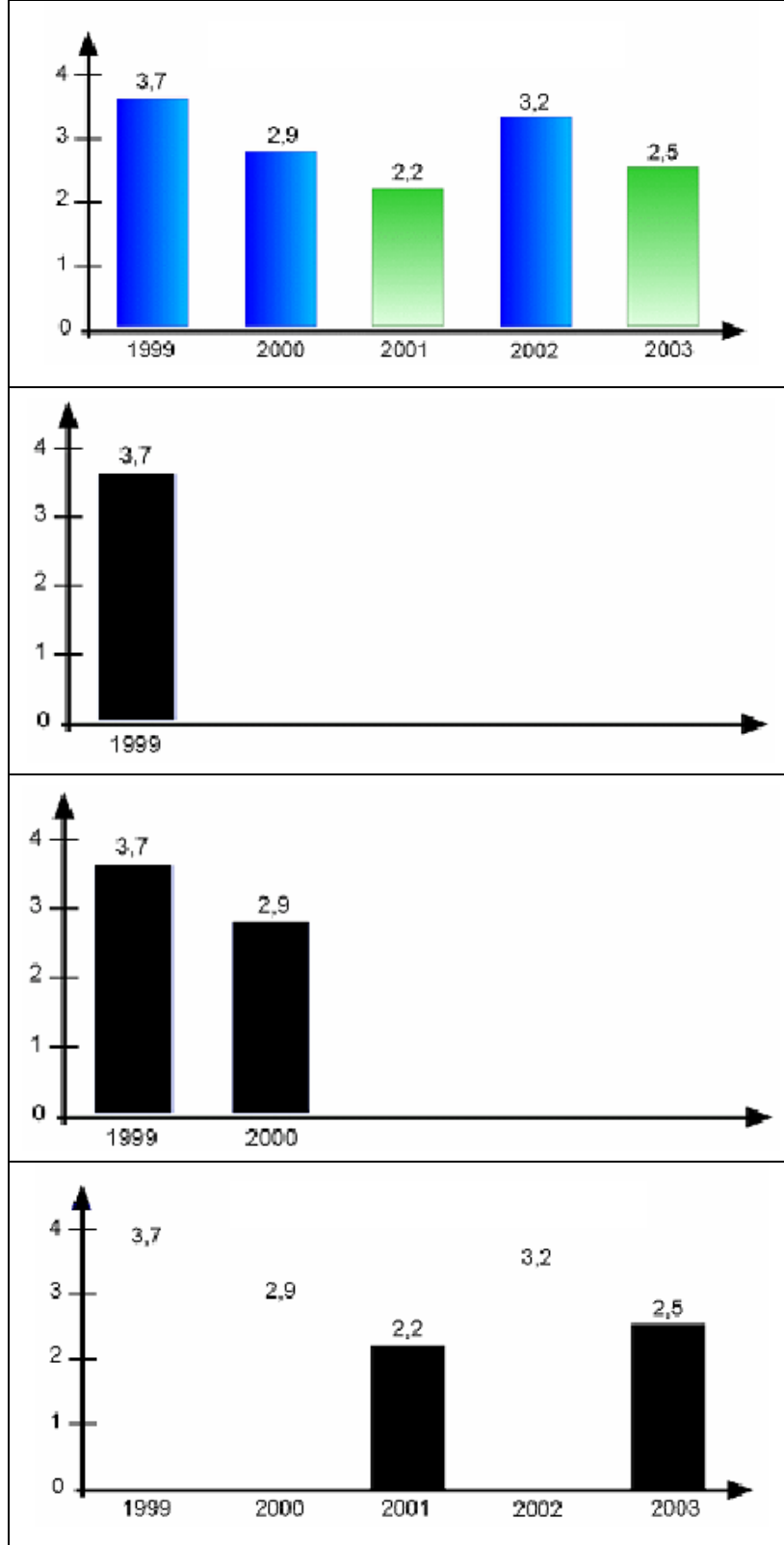
Şekil 1.16. Web sayfalarının dokunmatik grafik ekranda gösterimi

Şekil 1.16'nın devamı



Benzer şekilde, bilgisayar üzerine hazırlanan veya kayıtlı olan çubuk biçimindeki grafik görüntüleri de bu ekran yardımıyla görme engelli bireylere sunulabilmektedir [18] (Şekil 1.17). Kabartma olarak oluşturulan her görüntü, Braille benzeri bir mantıkla modellendiğinden, görme engelli bireyler tüm çalışmalar için görüntü içeriğine ulaşabilmektedirler.

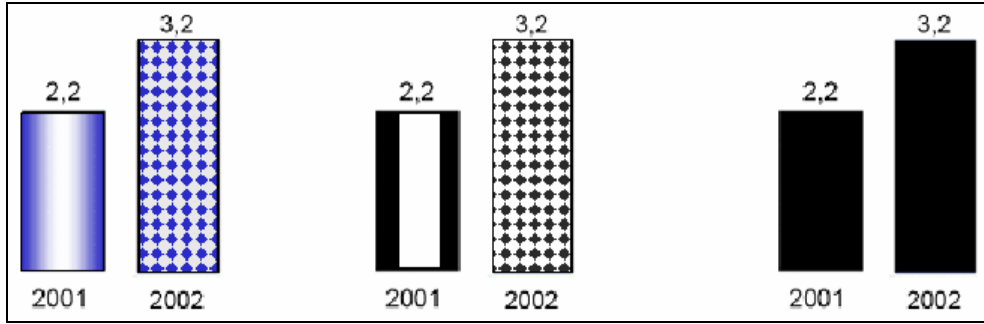
Çubuk grafik renkleri farklı olabileceğinden, siyah/beyaz dönüşümü farklı filtreler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu yüzden her işlem sonucunda grafiğin bir kısmı oluşturulmuştur. Daha sonra bu kısımlar birleştirilerek, grafiğin tümü için siyah/beyaz görüntü elde edilmiştir.



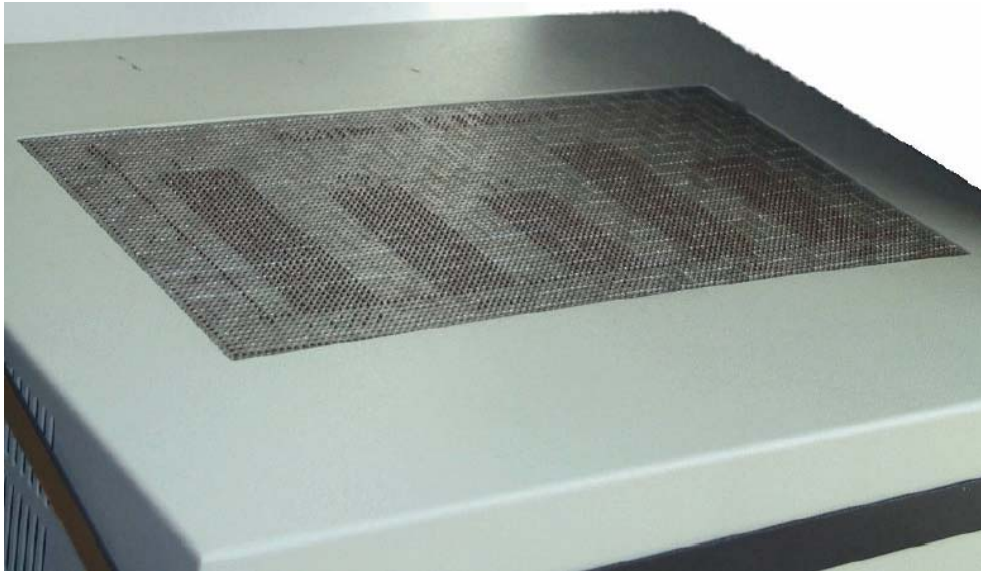
(a) Renkli grafiğin siyah/beyaz biçime dönüştürülmesi

Şekil 1.17. Çubuk grafiklerin kabartma grafik ekran için işlenmesi ve gösterilmesi

Şekil 1.17'nin devamı



(b) Desenli grafikler için siyah beyaz dönüşüm işlemi

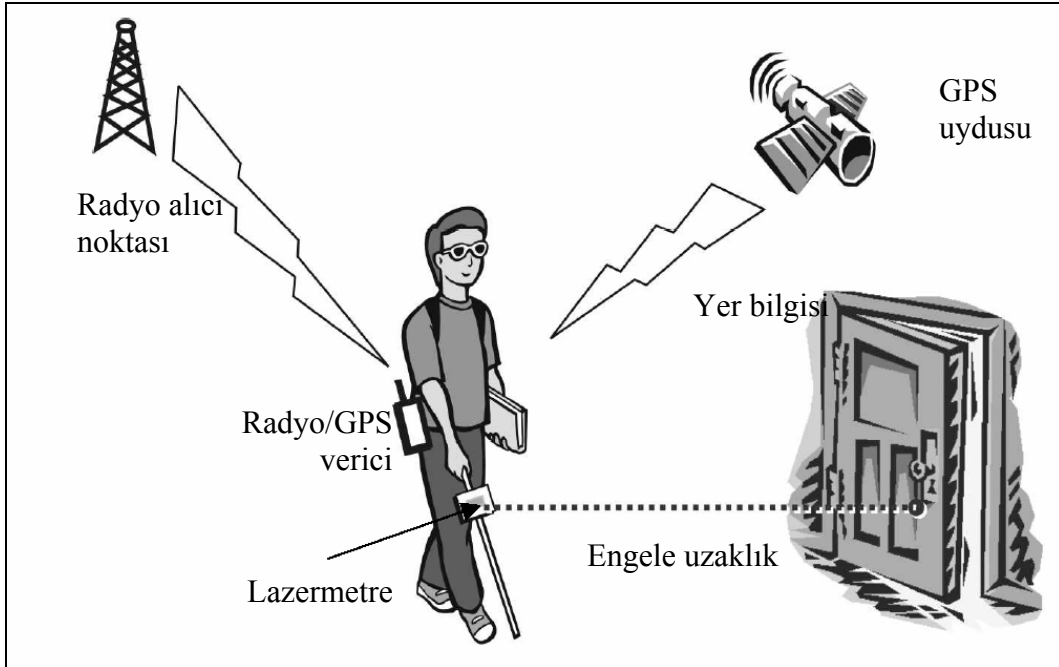


(c) Kabartma dokunmatik grafik ekran görünümü

Geliştirilen diğer bir çalışmada da, görme engelli bireyler için tasarlanmış olan özel bir yardımcı cihaz ile uydu bağlantılı GPS (Global Positioning System) veri tabanları üzerinden, bireyin bulunduğu nokta, yakındaki engellere olan uzaklık gibi bilgiler daha önceden belirlenen biçimlerde sesli olarak sunulmaktadır. Bu yolla görme engelli birey, etrafındaki engellere çarpma riski olmadan rahatlıkla ilerleyebilmektedir. Bu sistem, özellikle üniversite kampüsü gibi yerleşimin belirli olduğu yerlerde rahatlıkla uygulanabilmektedir. Şekil 1.18, bu sisteme ait çalışma elemanlarını göstermiştir.



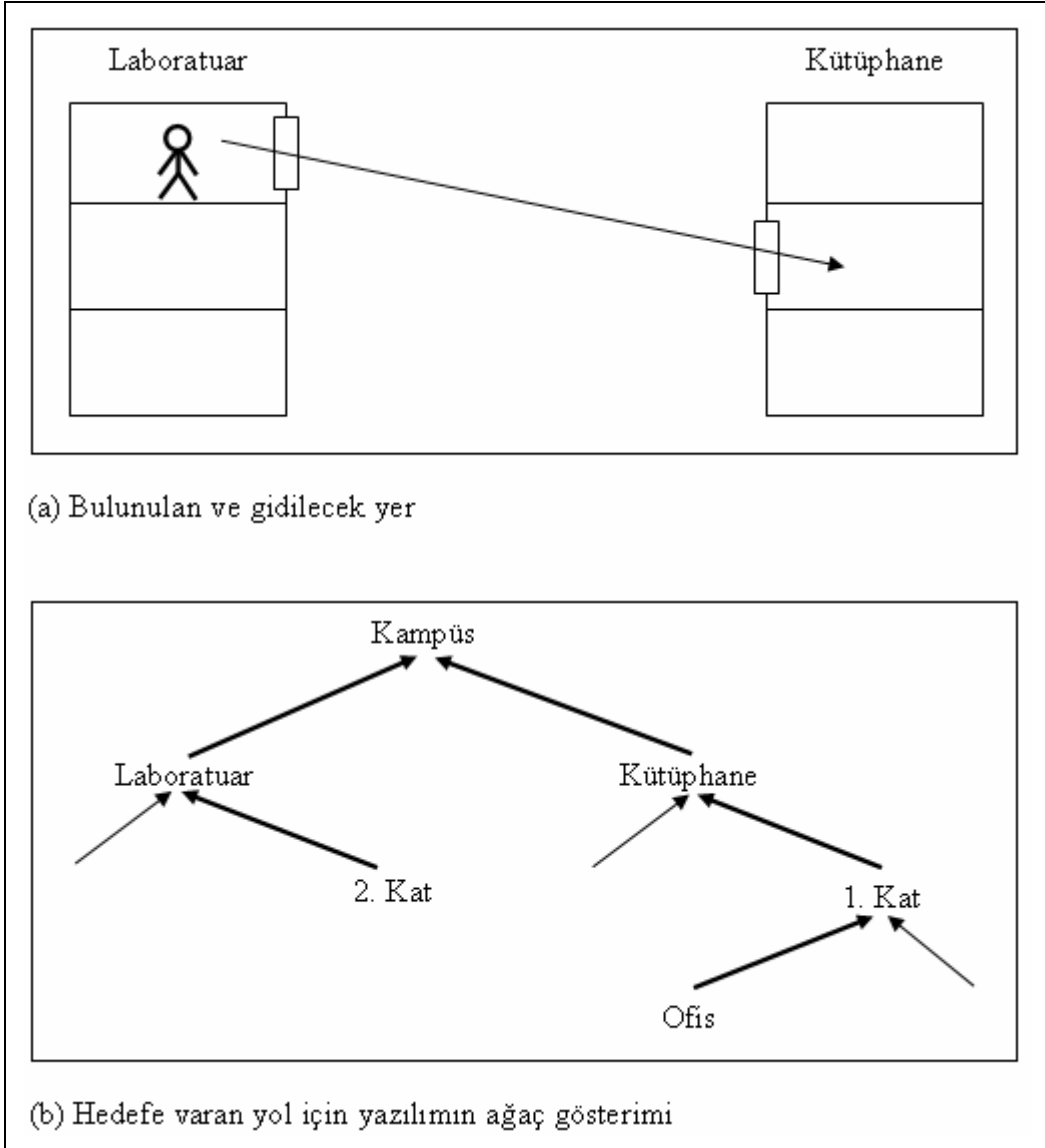
(a) Görme engelli bireyin etrafındaki engellere olan uzaklığını belirleyen cihaz



(b) Sistem görünümü

Şekil 1.18. Görme engelliler için hareket asistanı cihazı

Bu sistem için geliştirilen yazılım, görme engelli bireylerin bir yerden başka bir yere gitmelerini sağlamak amacıyla, yol belirleme algoritmaları üzerinden, sesli yardım almalarını sağlamaktadır. Bulunulan bir noktadan, gidilecek olan noktaya olan yol belirlenir. Her aşamada bulunulan yer GPS ile tespit edilir ve yönlendirme hedefe varıncaya kadar devam eder [19]. Şekil 1.19, yol bulmada kullanılan ağaç algoritmasını göstermiştir.



Şekil 1.19. Yer-hedef yol algoritması ve yönlendirme

Başka bir çalışmada, bilgisayar ekranı üzerinde bulunan şekil ve çubuk grafikler, bilgisayarı kullanan görme engelli kullanıcının klavyeden verdiği bir komutla işlenerek, özel olarak üretilen bir kabartma yazıcıya gönderilmektedir. Bilgisayar ekranı üzerinde bulunan şekil veya grafiğin belirlenmesini ve kağıt üzerine kabartma olarak aktarılmasını sağlayan özel bir yazılım geliştirilmiştir [20].

Bilgisayar üzerinde üretilen üç boyutlu ses ortamları yardımıyla, görme engelli çocuklara çevreye uyum sağlama ve hareket kabiliyeti geliştirme becerileri sağlanabilmektedir. Geliştirilen bir yazılımın, sanal gerçeklik kütüphanesinde ürettiği üç boyutlu sesler ile çocuklar gerçek canlı veya makine nesnelere tanıyabilmekte, sese göre hareket edebilmekte ve bulunulan ortama uyum sağlayabilmektedirler [21].

1.4.3. Görme Engelli Bireyler İçin Bilgisayarlı Eğitim Sistemi Modeli

Günümüzde görme engelli bireylerin, eğitimlerini sürdürebilmek amacıyla bilgisayar destekli eğitim sistemlerine ihtiyaç duymaları, görme engelli olmayan bireylerin ihtiyacından farklı biçimde yorumlanmaktadır. Gören öğrenciler bir kavram ya da konuyu görsel bileşenlerle desteklenmiş bilgisayar destekli eğitim materyalleri sayesinde daha iyi öğrenebilmek için bilgisayara ihtiyaç duyarlar. Görme zayıflığı veya engeli olan öğrenciler ise, en iyi öğrenme kaynakları olan sesi, etkili ve esnek bir şekilde sağlayabilmesi nedeniyle bilgisayara ve dolayısıyla bilgisayarı kullanmalarına yardımcı olan yazılımlara ihtiyaç duyarlar. Bu gibi yazılımların ülkemizde de geliştirilen ticari türevleri mevcuttur. Ekran okuyucu programlar adı verilen bu yazılımlar görme engelli bireylerin bilgisayarı sesli uyarılar yoluyla kullanmalarını sağlarlar. Belirli bir düzeyden sonra, sadece bilgisayar kullanımı yeterli olmayacaktır. Çünkü tek bilgi kaynağı bilgisayar değildir ve her kaynağında bilgisayar kullanımı yoluyla elde edilebileceği düşünülemez. Bu amaçla bilgisayar kullanımının yanı sıra, bu çalışmada da geliştirilen sistem veya benzeri sistemlerin bilgisayarlar üzerinde desteklenmesi kaçınılmaz olmaktadır. Bu sistemlerin çalışmak için bilgisayarlara ve bazı ek donanımlara ihtiyaç duyması da, öğrencilerin bilgisayar destekli eğitim gereksinimlerini zorunlu kılmaktadır.

Görmeyen birey ekran okuyucu bir sistemin ve bu çalışmada geliştirilen veya ona benzer bir doküman tanıma ve seslendirme sisteminin birlikte kullanımı üzerine yeterli bilgisayar destekli eğitim imkanına sahip olursa, bu teknoloji yardımıyla bir başkasına gerek duymadan kitaplarını, gazetesini okuyabilir, notlarını hazırlayabilir, Internet'ten yararlanabilir. Bu durum bilgisayar destekli eğitimin gerçek bir eksiği güçlü bir şekilde doldurabildiğinin göstergesidir. Görmeyen bireylerin toplumla iç içe yaşaması, herkes gibi eşit şartlarda eğitim alabilmesi, kendine bu güne kadar hayal olan çok değişik alanlarda istihdam yaratabilmesi için bu teknolojilere sahip ve hakim olması gerekmektedir. Bu şartlar ışığında görme engelli bireyler için oluşturulabilecek bilgisayarlı bir yardımcı sistem için örnek görüntü Şekil 1.20'de gösterilmiştir [6]. Bu çalışmada geliştirilen sistem de donanımsal olarak benzer bir görünüme sahiptir.



Şekil 1.20. Görme engelli bireyler için oluşturulacak bilgisayarlı sistem

Görme engellilerin bilgisayar destekli eğitimin temelinde, bilgisayarı kendileri için faydalı ve gerekli bir araç durumuna getirmeleri için gerekli olan sistemde olması gereken en önemli bileşen kuşkusuz “Ekran Okuma” sistemidir. Görmeyenlerin bilgisayarı Türkçe sesli uyarılar yardımı ile kullanabilmeleri için Türkçe dilinde okuma sistemi; ekran okuma programlarının Türkçe ses sentezleyicilerle birlikte kullanılmasından oluşmaktadır.

Bu programlar bilgisayar açıldığı anda devreye girer ve bilgisayarın kapatıldığı ana kadar görmeyene tüm ekranı okur, onlara detaylı bilgiler verir. Bilgisayarın her ortamında çalışarak görmeyen bireylerin bilgisayara tam hakim olmalarını sağlar. Klavyedeki tüm tuşlar ve faaliyetler seslendirilir. Görmeyenler bilgisayarı klavyeden kullanırlar. Görmeyenlerin Internet’in geniş olanaklarından yararlanmalarına imkan sağlar.

Bu program sayesinde görmeyen bireyler tüm bilgisayar faaliyetlerinde bulunabilirler. Türkçe için bu tür hizmetleri sağlayan yardımcı yazılımlar bulunmaktadır. Bir adet kabartma (Braille) yazıcı, görmeyenlerin dokümanlarını kabartma yazı biçiminde almalarına olanak sağlaması açısından önemlidir. Böylece görme engelli bilgisayar kullanıcıları, çalışmalarını ve kitaplarını okuyabilecekleri şekle dönüştürmüş olacaklardır. Bunun dışında sistemde görmeyenlerin normal yazılı doküman oluşturabilmelerini sağlayacak bir yazıcının da bulunması, onların görenlerle olabilecek yazılı ilişkilerinin sağlanması açısından önem teşkil etmektedir.

Tam bir okuma sisteminin sağlanması için tarayıcı cihazına ihtiyaç vardır. Tarayıcıyla kitap ve diğer yazılı dokümanlar bilgisayar ortamına alınarak, görme engelli kullanıcılar için okunabilme imkanı sağlanmaktadır. Bilgisayar bir okuma makinesine dönüştürebilmektedir. Yukarıda sunulan özellikler sayesinde bir görme engelli birey, normal bilgisayar eğitimini yapabilecek, günlük işlerini bilgisayara aktarabilecek, Internet'ten eksiksiz olarak faydalanabilecek, kitaplarını ve yazılarını tarayıcıyla bilgisayar ortamına aktarıp okutabilecek, dokümanlarını hem normal insanlar için hem de kendisi için yazdırabilecektir.

Bu çalışmada, yukarıda kapsamı belirtilen bilgisayarlı yardımcı sistem benzeri, tarayıcı ile bilgisayar ortamına aktarılan yazılı dokümanları görme engelli bireyler için seslendiren bir yazılım geliştirilmiş ve uygulanmıştır.

1.4.4. Geliştirilen Sistemin Benzer Yazılımlar ile Karşılaştırılması

Geliştirilen yazılı doküman okuma sistemine yaklaşık olarak benzemekle birlikte, tam olarak aynı özellikte hizmet edebilen bir yazılım Türkçe için henüz geliştirilmemiştir. Fakat benzer işlemleri yerine getiren dünya genelinde yapılmış iki farklı sistem tespit edilmiştir. Bu sistemler, kısmen Türkçe dili ile uyumlu olarak çalışabilmektedirler. Fakat bu sistemlerin ticari amaçla özel şirketler tarafından geliştirilmesi, maliyet olarak kullanım ihtimallerini azaltmaktadır.

1. Kurzweil. Görme engelli kişiler için, dokümanları tarayıp okumalarına yardımcı olmak üzere tasarlanmış bir yazılımdır [22,23].
2. Open Book. Az gören veya görme engeli olan kişilerin, yazılı dokümanları elektronik formata dönüştürmelerine imkan sağlar. Ayrıca kullanıcıların dokümanların bilgisayar ekranındaki görüntüsünü değiştirmesine yardımcı olur.

Ek olarak, metni sese dönüştürmeye yarayan bir ses sentezleme yazılımı içermektedir. Fakat bu ses sentezleme yazılımı Türkçe olmadığı için, Open Book sistemi, Türkçe ses sentezleme yazılımlarına ayrıca ihtiyaç duyar [22,24].

Adı geçen bu yazılımlar yüksek maliyeti beraberinde getirmektedirler. Aynı zamanda her iki yazılımda da dikkat edilmeyen bazı yetenekler, bu çalışmada tasarlanan sistemde desteklenmektedir. Bu yazılımlar, metin (kitap, gazete) tanıma ve okuma konusunda çok gelişmiş olmakla birlikte, eğri veya doğru grafikleri, çizgi ya da hücre tablo gibi şekil içeren doküman görüntülerinde sınırlı kalmaktadırlar.

Geliştirilen sistem, tasarlanan algoritmalar sonucunda bu gibi doküman biçimlerine rahatlıkla cevap verebilmektedir. Ayrıca, bilgisayar üzerinde hazır metinleri görme engelli kullanıcılar için seslendiren, sesli metin editörleri, İnternet sayfası gezinti hizmetleri ve elektronik posta erişim hizmetleri sunan “Ekran Okuma” yazılımları mevcuttur. Bu yazılımlara ek olarak, yukarıda açıklanan sistemler ile görme zayıflığı veya engeli yaşayan insanlar için, yazılı dokümanları bilgisayar ortamında seslendirebilmekte ve kendi Türkçe ses sentezleme sistemleriyle uyumlu olarak çalışmaktadırlar. Türkçe üzerinde örnek alınarak, çalışmanın geliştirilmesine yön veren birkaç yazılım aşağıda belirtilmiştir.

1. GVZ Ses Teknolojileri A.Ş. tarafından geliştirilen “NetOKUR” programı. NetOKUR görme engellilerin bilgisayarı Türkçe konuşma yardımıyla kullanmasına olanak sağlayan bir programdır. Aslında görme engelli olmayıp bilgisayardan dinleyerek faydalanmak isteyen kişiler de bu programdan yararlanabilmektedir. NetOKUR her türlü elektronik metnin, insan sesi doğallığında dijital ses formatına dönüştürülüp saklanmasını olanaklı kılmaktadır. Okuduğu metne kelime ve cümle bazında vurgu verebilecek “Ses Sentezleme Teknolojisi”ne sahiptir. Türkçe için geliştirilmiş olan bir okuyucu seçeneği başka bir dildeki kelimeleri de duyulması gerektiği gibi seslendirebilir [22,25].
2. Bilkent Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü tarafından geliştirilen “OKU” programı. Oku, Türkçe bilen görme engelliler için geliştirilmiş bir programdır. Ücretsiz bir programdır ve İnternet’ten ücretsiz olarak indirilip kullanılabilir. Son sürümü OKU 4.0’dır. Program Microsoft Windows işletim sistemi ortamında çalışır. Üç ana kısımdan oluşmaktadır.
 - I. Dosya Editörü: Görme engelliler .TXT veya .RTF tipindeki dosyaları okuyabilirler. Bu program tarafından yazılan dosyalar .TXT tipindedir. Görme engelliler yazdıkları dosyaların yazıcıdan çıktısını alabilirler.
Bu program çalışırken zamanı (takvim ve saat) öğrenebilirler ve dört işlem yapan hesap makinesini kullanabilirler.
 - II. İnternet gezgini: Görme engelliler İnternet sayfalarına girerek içeriğini dinleyebilir, linkleri takip edebilirler. Linkleri takip ederken bir önceki ve bir sonraki linke dönebilirler. Ayrıca sık ziyaret edilen sayfaları sık kullanılanlar listesine ekleyerek, daha sonra hızlı bir şekilde erişebilirler.
 - III. E-posta gönderme ve alma: Görme engelliler sunucu ve mesaj ayarlarını girdikten sonra, hesaplarındaki mesajları dinleyebilirler [22,26].

3. “Teknoses TTS” Türkçe Konuşma Sentezleme yazılımı. Görme engelli kişinin bilgisayarda o anda bulunduğu ekrandaki bilgileri sanki yanında bir yardımcı varmış gibi insan sesi ile okuyarak geçerli durum hakkında bilgilendirmektedir. Kullanıcı herhangi bir Internet sayfası açtığı anda, sayfadaki bilgileri, linkleri ve bu linkler için klavye kısayollarını sesli olarak okumaktadır. Böylece görme engelli bir kişi mevcut durumu sesli olarak dinledikten sonra Teknoses TTS programının söylemiş olduğu kısayollara tıklayarak gezintisine devam edebilmektedir. Aynı şekilde görme engelli bir kişi yazı yazmak istediğinde, klavyede bastığı her tuşu sesli olarak dinleyebilmekte, yazmış olduğu kelimeler ve cümleler arasında kısayol tuşlarını kullanarak tekrar sesli olarak dinleyebilmektedir [27].

Her üç yazılım da Türkçe dil desteği sağlayabilen kendi ses sentezleme sistemlerine sahiptirler. Fakat yazılımlarda yazılı dokümanların görme engelli bireyler için seslendirilmesi özelliği yoktur.

Benzer olmakla birlikte sağladığı hizmet nedeniyle dünya genelinde görme engelliler tarafından büyük oranda kullanılan bir diğer ekran okuma sistemi de “Jaws” yazılımıdır. Ek olarak yüklenen bir Türkçe ses sentezleyici gerektirmekle birlikte, teknik yeterlilik ve kullanım yetenekleri açısından en iyi düzeyde olan ekran okuyucu yazılımdır [28]. Ticari amaçla üretilmesi ve yüksek maliyette olması, erişim ve kullanım imkanını azaltmakla birlikte, ülkemizde üretilen ve daha düşük maliyetli olan ekran okuma sistemleri bu yazılımın yerini almak yolunda hızla ilerlemektedirler.

1.5. Araştırmanın Problemi

Tam veya belli bir oranda görme engelli olan bireylerin eğitim veya günlük yaşamlarında karşılaştıkları kitap, gazete, belge gibi herhangi bir yazılı bir doküman üzerindeki bilgiye erişimleri günümüz şartlarında ancak üç yolla mümkün olmaktadır. İlk yöntem, yardımcı bir okuyucu tarafından kendilerine seslendirilmesidir. Bu yöntemin sınırlı tarafı; her zaman için böyle bir yardımcı bulmak mümkün değildir. Aynı zamanda her zaman için bir başkasına muhtaç durumda olduğunu hissetmek olayın psikolojik boyutunu oluşturmaktadır. İkinci yöntem, belirli dokümanlar için daha önceden hazırlanmış olan kaset veya CD gibi ses kayıtları biçimindeki materyallerin kullanılmasıdır.

Fakat bu sesli materyaller, daha önceden belirlenen ve sayıları sınırlı olan dokümanlar için hazırlanabilmektedir. Bu nedenle her dokümanın önceden bu şekilde hazırlanması mümkün olmamaktadır. Üçüncü yöntem ise, yazılı dokümanların kabartma yazı (Braille) biçiminde hazırlanmasıdır. Benzer sınırlılıklar bu yöntem için de geçerlidir. Önceden belirlenen dokümanların kabartma biçiminde hazırlanması mümkün olmaktadır. Günlük gazete, yeni çıkan roman gibi yazılı dokümanların ikinci yöntemde olduğu gibi önceden belirlenmesi veya eşzamanlı olarak ayrıca kabartma biçimde de hazırlanması günümüz şartlarında oldukça fazla maliyet gerektirmektedir. Türkiye’de kabartma kitap basımı için kullanıma sunulmuş sınırlı sayıda Braille yazıcı ve baskı makinesi olduğu göz önünde bulundurulduğunda, bu yöntemin işlerliğinin mümkün olamayacağı ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda görme engelli bireyler, üzerinde grafik veya tablo şekilleri olan yazılı dokümanlar karşısında kabartma yazı kitaplardan faydalanamamaktadırlar. İlk veya orta öğretim seviyesinde eğitimlerine devam edenler, sayısal bilgilerin (fen ve matematik) görsel yeteneği ön plana çıkartma ihtiyacından dolayı, bu derslerden muaf olabilmektedirler. Dolayısıyla daha çok kabartma yazı üzerinden okuma yoluyla sözel içerikli dersleri takip edebilmektedirler.

Türkiye şartlarında görme engelli bireylerin eğitim veya günlük yaşamları sırasında, bilgiye erişimde ihtiyaç duydukları yöntemler ve karşı karşıya oldukları problemler belirtilmiştir. Ayrıca, görme engelli bireyler için eğitim ve günlük yaşamları sırasında kolaylık sağlaması amacıyla geliştirilen farklı çalışmalar da, önceki kısımlarda belirtilmiştir. İfade edilen olumsuzluklar paralelinde çalışmanın ana problemi, görme engelli bireylerin eğitim ve sosyal problemlerine çözüm olabilecek bilgisayar destekli bir sistem geliştirmek ve bu sistemin kullanılabilirliğini, görme engelli bireylerin karşılaştıkları mevcut problemleri çözmeye etkilerini belirlemektir. Gerçekleştirilen çalışmanın alt problemlerinde ise aşağıdaki kısımlar yer almaktadır.

1. Metin bilgisi içeren yazılı dokümanların yorumlanması.
2. Grafik ve tablo bilgisi içeren yazılı dokümanların yorumlanması.
3. Resim bilgisi içeren yazılı dokümanların yorumlanması.
4. Eğimli ve karmaşık metin bilgisi içeren yazılı dokümanların yorumlanması.
5. Yorumlama ve tanıma işlemlerinin ardından, elektronik metinlerin seslendirilmesi.
6. Bu kapsamda geliştirilen bir sistemin, görme engelli bireylerin mevcut problemlerini çözmeye etkisinin kullanıcı yorumları üzerinden değerlendirilmesi.

1.6. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmada, görme engelli bireyler için eğitim ve günlük yaşamlarında karşılaştıkları kitap, gazete, belge, ders notu gibi yazılı dokümanları, yardımcı okuyucuya, sesli kitaba veya kabartma baskıya ihtiyaç duymadan, kendileri için seslendirebilecek bir bilgisayar destekli yardımcı eğitim sistemi geliştirmek temel amaçtır. Bu özellikte bir sistemin tüm yönleriyle tasarlanması, çalışmanın probleminde ifade edilen birçok olumsuzluğu ortadan kaldıracak ve görme engelli bireylere eğitim veya günlük yaşamlarında birçok faydalar sağlayacaktır. Grafik veya tablo şekilleri içeren doküman biçimleri de dahil olmak üzere, hemen her tür yazılı dokümanı kendileri için seslendirebilecek bir yardımcı araca sahip olacaklardır.

Aynı zamanda bu işlemi kimseye ihtiyaç duymadan gerçekleştirebilecek ve bilgiye kaynağından hızlı bir şekilde erişebileceklerdir. Görme engelli bireyler, yeni çıkan bir kitap, günlük gazeteler gibi yazılı materyallere yardımcı okuyucu, ses kaseti veya kabartma baskı gibi ek işlemlere gerek olmadan erişebileceklerdir. Öğrenimlerine devam eden görme engelli bireyler için, ders kitapları veya öğretmen tarafından hazırlanmış özel ders notları seslendirilebilecektir. Kısaca görme engelli bireyler her tür yazılı kaynağa rahatlıkla erişebileceklerdir.

Gören bir insan sesi doğallığına mümkün olduğunca yaklaşan makine seslendirmeleri ile kağıt üzerindeki yazı, grafik, tablo gibi bileşenler kendileri için seslendirilebilecektir. Sağlanabilecek bu faydaların tamamı zaman içerisinde çalışmanın daha da geliştirilmesiyle işlerlik ve kullanılabilirlik kazanacaktır.

Yaşadıkları problemleri belirlemek amacıyla mülakat gerçekleştirilen görme engelli bireyler, sistemin çok faydalı olduğunu, özellikle maliyeti yüksek ve sınırlı olan benzerlerine göre daha kullanışlı olduğunu belirtmişlerdir.

Özellikle satın alınan herhangi bir kitabın, kağıttaki bir yazının veya günlük bir gazetenin kendileri için bu kolaylıkta, hızda ve anlaşılır bir şekilde seslendirilebileceği, çok ilgi çekici bulunmuştur. Hali hazırda bu iş için kullanmakta oldukları yazılımların benzeri olan bir sistemin, kendi yaşadıkları şehirde bir çalışma biçiminde ortaya çıkması, ayrıca kendilerini memnun etmiş ve çalışmanın geliştirilmesinin kendileri için çok iyi sonuçlar oluşturacağını belirtmişlerdir.

1.7. Araştırmanın Sınırlılıkları

Gelinen noktada, yakın karakter baskısı özelliğine sahip kitaplar ve gazete gibi karmaşıklık düzeyi yüksek yazılı dokümanların analizlerinde sorunlarla karşılaşılmaktadır. Daha önceden hazırlanmış ve herhangi bir yazıcıdan çıktı alınmış yazılı dokümanlar, yine herhangi bir tarayıcı ile tanınabilmekte ve seslendirilebilmektedir.

Bir bilgisayar ve bir tarayıcıya ihtiyaç duyan sistem için, bu iki birimin özel şartlarda birleştirilmesiyle, geliştirilen yazılımı, sahip olduğu özel bir kameralı donanım üzerinde Türkçe desteği ile çalıştırabilen ve böylelikle daha kolay kullanılabilir bir çözüm sunan tasarımlar henüz geliştirilememiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Bu çalışmada, görme engelli bireylerin yazılı dokümanları okuma problemine yönelik bir çözüm üretilmiş ve uygulanmıştır. Yazılı dokümanlar üzerindeki metin, grafik ve tablo gibi görsel bileşenlerin ifade ettiği bilgiye erişmede karşılaşılan güçlükler, geliştirilen sistemin alt algoritmaları ile çözümlenmiştir. Bu kısımda, daha önceki kısımlarda detaylı olarak açıklanmış olan görme engelli bireylerin yazılı doküman okuma problemine yönelik geliştirilen sistem için teknik ayrıntılar ve yazılım-çözüm yöntemleri üzerinde durulmuştur. Sistemin geliştirilmesinin ardından gerçekleştirilen kullanıcı uygulamalarının planlanması gerçekleştirilmiş ve uygulama çalışması yapılan kurum ve bireyler belirtilmiştir.

Yazılı dokümanların bilgisayar ortamında analiz edilmesi ve içeriğindeki metin bilgisinin elde edilmesi oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu amaçla kullanılan yazılım yöntemleri, her türden yazılı dokümana uygulanabilirlik açısından sınırlılıklar taşımaktadır. Başlıca sorun, doküman resmi üzerindeki metin olarak yorumlanacak kısımların uygun biçimde tespit edilememesinden, metnin orijinalde karmaşık olmasından veya metin içerisindeki grafik ve tablo kısımlarının doğru biçimde belirlenememesinden kaynaklanır. Geliştirilen algoritmalar kullanılarak, tarayıcı yardımı ile alınan doküman görüntüleri, üzerindeki metnin karmaşık olması, grafik veya tablo içermesi durumlarında bile doğru şekilde analiz edilebilmiş, metin biçimine dönüştürülmüş ve Türkçe metin seslendirme yaklaşımları ile görme engelli bireyler için okunmuştur. Uygulanan işlemler, gerekli bilgilerle birlikte açıklanmış ve örnek program görüntüleri verilmiştir. Geliştirilen yöntem ve algoritmaların tamamı C++ Builder yazılım geliştirme ortamı üzerinde uygulanmıştır.

2.2. Doküman Görüntüsü Analizi ve Seslendirilmesi

Günümüzde gelişen teknoloji sayesinde, uygun koşullarda kağıt üzerine basılmış metinsel dokümanların, bilgisayar gibi sayısal sistemlerin anlayabileceği karakterler dizileri biçimine dönüştürülmeleri kolaylaşmıştır. Bu işlemlerin bütününe “Doküman Tanıma” adı verilmektedir [29,30,31].

Yazılı dokümanın görüntüsü tarayıcı ile resim biçimine dönüştürülerek bilgisayar ortamına alınmıştır. Doküman görüntüsündeki metin (yazı) olan kısım bölümlenme, analiz ve tanıma adımlarından sonra elde edilmiştir. Elde edilen bu metin resmi üzerinde, görüntü işleme teknikleri kullanılarak satır, karakter bölümlendirme ve kelime analizi gerçekleştirilmiştir. İlk olarak resim siyah-beyaz biçime dönüştürülmüş ve eşikleme işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem, resmi daha kolay yorumlamak amacıyla yapılmıştır. Çünkü böylelikle resim tamamen sayısallaştırılmıştır. Renkli veya üzerinde metinden başka kısımlar olan görüntüler üzerinde çalışmak birçok ek işlem gerektireceğinden sistem yavaşlayacaktır [32,33,34]. Çalışmada sadece metin bilgisine sahip dokümanların yanı sıra grafik ve tablo görüntüleri içeren dokümanlar da analiz edilerek seslendirilebilmektedir. Metin, tablo veya grafiğin yorumlanmasının ardından, metin analizi ve bölümlendirme işlemi başlar. Daha sonra resim satırları kendi içinde bir karakter analizinden geçirilir. Satırlar dikey olarak taranır. Her karakterin satır resmi üzerindeki başlangıç ve bitiş koordinatları tespit edilir [35,36]. Gerçekleştirilen satır ve karakter analizine ek olarak, metin resmi üzerindeki karakterler arasında kalan boşluk miktarları üzerinde birtakım istatistiki hesaplamalar gerçekleştirilir, kelimelerin başlangıç ve bitişleri de tespit edilir. Artık her karakter resim biçiminde elde edilmiş, tanıma ve dönüştürme işlemine uygun hale getirilmiştir. Ayrıca grafik veya tablodan alınan metin bilgisinin ya da sade metin bilgisinin karmaşık ve eğimli bir yapıya sahip olması durumları da göz önünde bulundurulmuş, bu işlem için algoritmalar geliştirilmiştir. Böylelikle metin bilgileri doğrusal ve düzenli bir şekilde yeniden oluşturulmak suretiyle, tanıma işlemi için daha uygun hale getirilmiştir.

Daha sonra sıra her karakter resmini, şekilsel olarak ifade ettiği gerçek karaktere dönüştürme işlemindedir. Bu işlem için en yaygın olarak kullanılan teknoloji Yapay Sinir Ağları (YSA)’dır [37,38,39]. Çünkü YSA gerçek dünyaya ait şekilsel ifadeleri insan beyninin öğrenme ve tanıma mantığı ile sanal uygulamalara en iyi şekilde aktarabilmektedir [40,41].

Resimden alınması muhtemel karakter biçimleri üzerinde önceden eğitilmiş bir YSA, kendisine sunulan veriler üzerinde meydana gelen bozulmaları paralel bilgi işleme yapısı nedeniyle göz ardı eder ve uygulanan yapıya, aldığı eğitim neticesinde en çok benzeyen karakter cevabını verir. YSA ile karakter tanıma üzerine geliştirilen birçok yöntem mevcuttur [38,42]. Çalışmada farklı özellik çıkartma metotları ve karakter tanıma yaklaşımları geliştirilmiş ve test edilmiştir. Sunulan 100 karakterlik bir metin resminden yaklaşık 98 karakter cümle ve kelime yapılarıyla birlikte doğru olarak tanınmıştır. Hatalı kısımlar daha çok basılı materyalin taranması sırasındaki görüntü bozulmalarından kaynaklanmıştır. Bu nedenle YSA ya da geliştirilen diğer karakter tanıma algoritmaları karakteri tanıyamamıştır. Özellik çıkartma metodunun veya diğer tanıma algoritmalarının daha da iyileştirilmesiyle bu sorun ortadan kalkacaktır. Sonuç olarak, resimdeki metin, üzerinde kopyalama, kesme gibi düzenleme işlemleri gerçekleştirilebildiği elektronik metin duruma getirilmiştir.

Bilgisayar üzerindeki metinleri seslendirme işlemi temel olarak, insanların okuma yaklaşımları ile aynı biçimde çalışır. Cümleler kelimeler, kelimeler de harfler veya heceleri yardımıyla okunur. Bilgisayar üzerindeki işlemde aynı biçimde gerçekleşir. Bu işlemi gerçekleştiren programlara genel olarak “Metinden Ses Sentezleme (Text-To-Speech)” sistemleri adı verilir. Burada kullanılan iki yöntem mevcuttur.

Birincisi, “Ses Kodlama” adı verilen yöntemdir. Kelimeyi oluşturan ses, bilgisayar ortamında sinyal işleme yöntemleri ile oluşturulur ve okunur. Bu işlem yapısı gereği biraz karmaşık ve zordur. Fakat dijital olarak istem üzerine kodlanan ses daha parametrik olduğundan vurgu, uzatmalar ve inceltmeler daha başarılı bir şekilde yapılabilmektedir.

Daha kolay olan ikinci yöntem ise, kelimeyi oluşturan ses, hecelerini oluşturan sesler birleştirilerek elde edilir. Bu yöntemle üretilen ses daha gerçekçidir. Bu yöntem için, kullanılması muhtemel hece sesleri çalışma sırasında erişilebilir bir veri tabanında kayıtlı olmalıdır. Okuma işlemi gerçekleştirilecek dil Türkçe olduğunda, bu iki yöntem çözüm üretebilir. Diğer diller için geliştirilen farklı ve özel okuma yaklaşımları, yapısı gereği dilimize uygun değildir [43,44].

Bu çalışmada bir bilgisayar destekli yazılı doküman okuma sistemi hece temelli okuma yöntemi ile geliştirilmiştir. Kelimeler, kendilerini oluşturan hecelerine ait daha önceden kayıtlı olan ses dosyalarının dinamik olarak birleştirilmesi yoluyla okunmuştur. Heceyi oluşturan sesler daha önceden kayıtlı hale getirilse de, birleştirme sırasında ara geçişlerde kopukluklar oluşmuştur.

Bu hece geçişi ne derece iyi sağlanırsa, tam okuma o düzeyde gerçekleştirilmiş olacaktır. Geliştirilen yazılımda hece geçişleri mümkün olduğunca iyileştirilmeye çalışılmış fakat akıcı bir konuşma biçimine getirilememiştir. En basit anlamdaki okuma, kayıtlı hece seslerinin veri tabanından alınarak ard arda seslendirilmesi ile gerçekleşir. Fakat kaydedilen hece seslerindeki gereksiz ve bozuk kısımlar okuma kalitesini etkiler. Bu nedenle işlem hece seslerini kaydettikten sonra, onları düzenlemekle başlamıştır. Daha sonra ses dosyaları özelliklerine göre dinamik olarak birleştirilir ve okuma sağlanmış olur. Metin okumada birinci adım; doğru bir şekilde elde edilen metnin, hecelerine ayrılmasıdır. Daha sonra hece seslerinin gerekli işlemlerden geçirilerek birleştirilmesi ve okunması işlemine geçilmiştir. Çalışmada, iki farklı heceleme yöntemi geliştirilmiş olup, yapılan çalışmalarda Türkçe kelimeler üzerinde %100'lk başarı elde edilmiştir. Metin okuma için, ilerleyen aşamalarda hece temelli okuma yönteminin yeterli seviyede iyileştirilememesi nedeniyle, harici bir ses sentezleme modülü sisteme dahil edilmiş, bu sayede daha net ve anlaşılır bir seslendirme sağlanmıştır.

2.3. Sayısal Görüntü İşleme ve Doküman Görüntüsü Analizi

2.3.1. Sayısal Görüntü ve zellikleri

Sayısal görüntüler, analog görüntülerin çeşitli yollarla ve farklı biçimlerde bilgisayar ortamına ya da uyumlu sayısal cihazlara aktarılmış halidir. Sayısal görüntü işleme çok çeşitli amaçlar için görüntü üzerinde belli matematiksel işlemlerin yapılması ve sonuçların değerlendirilmesi işlemidir. Günümüzde sayısal görüntü işleme teknikleri birçok alanda kullanılmaktadır. Örneğin görüntü tanıma için girdi olarak kullanılan görüntünün gürültülerden arındırılması için filtreleme işlemine tabi tutulması görüntü işleme tekniklerinin kullanıldığı birçok yerden sadece bir tanesidir [45,46].

Diğer bir örnek olarak, herhangi bir görsel araç (tarayıcı, kamera) yardımı ile bilgisayar ortamına alınan kitap ya da yazılı doküman görüntülerinin, değerlendirilmesi ve görme engelli bireyler için seslendirilmesi türünden sistemlerde de kullanılmaktadır. Görüntü, görme ve görünüm ile ilgili bir kavramdır. Nesnelerin, yüzeyine çarpıp yansıyan veya içinden geçen işınların algılanmasına ‘‘Görme’’, söz konusu nesnelerin bu yoldan algılanabilen içeriğine de ‘‘Görünüm’’ adı verilir. Görünümün herhangi bir biçimde sağlanmış iki boyutlu çizgesi (ifadesi) ise ‘‘Görüntü’’ dr [47,48,49].

Görüntü, üç boyutlu görünümün iki boyut üzerindeki haritası olarak da tanımlanabilir. Genel olarak I görüntü fonksiyonu, $I=I(x,y,t,\lambda)$ şeklinde dört değişkenin bir fonksiyonudur. Burada x, y iki boyutlu düzlemdeki noktanın koordinatları, t zamanı, λ ise dalga boyunu gösterir. Renkli resimler için λ değişkeni kırmızı, yeşil ve mavi renklerine karşılık gelen üç değişik kanalda değişen sayısal değerler alır [50,51]. Bu fonksiyon, görüntünün herhangi bir (x,y) noktasında bir gri seviye değerine karşılık gelir. Bu değerler tamsayıdır, negatif olamaz ve bir pikseli 8-bit ile temsil edilen sayısal bir görüntü için en fazla 255, en az 0 değerine sahiptir [52,53]. Piksel 8-bit ile temsil edildiği için bu kanaldaki renk değerleri [0,255] aralığındaki tamsayı olabilir. Bu sayısal ifadelerin her birine gri ölçekte bir renk karşılık düşmektedir [54,55]. Analog görüntülerin (fotoğraf içindeki bir resim gibi) bilgisayar ortamında işlenebilmesi için sayısallaştırılmaları gerekir. Bunu gerçekleştirmek için analog görüntü örneklenir [56,57]. Bu işlemden sonra görüntü fonksiyonu ikili sayılarla kodlanarak bilgisayarda işlenebilir hale gelir [58,59]. Bu işlemlerin tümü fotoğraf gibi analog görüntülerin tarayıcıda taranmasıyla veya çevreden dijital kamera ile resimlerin çekilmesiyle gerçekleştirilebilir. Dijital kameradan belli formatlarda elde edilen görüntüler sayısaldir ve bilgisayar ortamında işlenebilir bir haldedir [60,61]. Örneklemeden sonra elde edilen sayısal görüntü, tamsayı değerlerinin dikdörtgen şeklindeki ızgaralardan (grid) oluşmuş bir dizisidir. Sayısal görüntüyü oluşturan bu yapının en küçük parçasına “Piksel” adı verilir. Gri tonlamalı bir resimde, bir pikselin değeri onun gri seviyesini verir. Buradaki gri seviyeden kasıt “Parlaklık” tır [62,63]. Renkli resimlerde ise pikselin içinde üç ana rengin (kırmızı, mavi ve yeşil) parlaklık değerinin kombinasyonunu ifade eden bir değer bulunur. [64,65].

Resmi oluşturan piksellerin sayısı ne kadar fazla olursa görüntü o kadar gerçeğe yaklaşır. Alan hassaslığı “Çözünürlük” olarak da ifade edilir [66,67]. Tarayıcıdan taranan resimde çözünürlük ölçüsü “dpi” (dots per inch) iken bilgisayar monitörü ve dijital kameralardaki resimler dikey ve yataydaki piksel sayısı (640x480, 800x600 gibi) ile ifade edilir. Parlaklık hassaslığı, pikselin içinde yer alan rengin sayısal ifadesidir. Günümüz uygulamalarında 32-bit’e kadar çıkmaktadır. Bu şekilde yüksek hassasiyet özellikle oyunlarda modellerin kaplanmasında kullanılır. Gri ölçekli bir resmin bilgisayarda sayısal olarak ifade edilebilmesi için 8-bit yeterlidir [68,69]. Yani, gri ölçek (siyah-beyaz) görüntüleri için gri ölçek aralığı minimum 0 (sıfır), maksimum 255 gri seviye değerine sahiptir. Bu tip görüntülerde 0 (sıfır) gri seviyesi siyah parlaklığına, 255 gri seviyesi de beyaz parlaklığına karşılık gelmektedir [70,71].

Bu çalışmada, doküman görüntüsü işleme uygulamaları gri ölçekli ve siyah/beyaz resimler üzerinde gerçekleştirildiği için, bu temel bilgiler ilerleyen kısımlardaki yazılım tekniklerinin daha iyi anlaşılması amacıyla sunulmuştur.

2.3.2. Sayısal Görüntü İşleme ve Uygulama Alanları

Çeşitli yollarla elde edilen (kamera, tarayıcı, fotoğraf makinesi) bir görüntüden belirli işlemler sonucunda yeni bir görüntünün elde edilmesi işlemi “Sayısal Görüntü İşleme” olarak adlandırılır [72,73].

Sayısal bir görüntü, [Görüntü genişliği x Görüntü yüksekliği] boyutlu bir matris gibi düşünülebilir. Bu matris üzerindeki her bir eleman görüntü içerisindeki bir pikseli ve onun sahip olduğu gri seviye değerini temsil etmektedir. Görüntü işlemede yapılan işlemlerin tümü görüntüyü oluşturan pikseller üzerinde yani bu piksellerin ifade ettiği gri seviye değerleri üzerinde olmaktadır [74,75].

Görüntü işleme, bilgisayarla görme sistemlerinin tasarımında kullanılmakta olup uygulama alanları hızlı bir şekilde gelişmektedir. Görüntü işleme yöntemleri, görüntülerin bilgisayar tarafından algılanmasını kolaylaştırmak ve aynı mantıkla elde edilen görüntülerin insan tarafından yorumlanmasını kolaylaştırmak amacıyla kullanılır. Görüntü işleme yöntemlerini kullanarak pratiğe dönük birçok işlem, daha kolay ve yerine göre daha güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Güvenlik, görüntü tanıma ve yorumlama özelliği taşıyan sistemlerde, görüntü işleme teknikleri geniş bir kullanıma sahiptir. [76,77]

2.3.3. Doğrusal Metin İçeren Doküman Görüntülerinin Analizi

Görme engelli bireylerin yazılı doküman okuma problemlerinde en çok karşılaşılan, doküman biçimi olan metin içerikli yazıların önemi göz ardı edilemez. Gerçekleştirilen yazılım yöntemleri sonucu, bu özellikteki dokümanlar aşağıda anlatıldığı biçimde analiz edilerek, tanınmaktadır. Hemen hemen tüm yazılı doküman biçimlerinin temelini oluşturan bu analiz tekniği, birçok kaynakta da üzerinde durulduğu üzere basit bir yapıdadır. Satırlar yatay olarak birbirinden ayrıldıktan sonra, her satır kendi içinde düşey kelime ve karakter analizine tabi tutulur. Görüntüdeki kelimeler, aralarındaki boşluklar üzerinde gerçekleştirilen istatistikî hesaplamalar yardımıyla tespit edilmiş ve karakter görüntüsü listeleri oluşturulmuştur.

Tanıma işlemi sırasında karışıklığı önlemek için, bu kelime başlangıç ve bitiş koordinatları kullanılmıştır. Şekil 2.1, doküman görüntüleri üzerinde gerçekleştirilmiş olan cümle (satır), kelime ve karakter analizlerinden sonra tanıma işlemine hazır hale getirilmesini göstermiştir.



Şekil 2.1. Doğrusal metin içeren doküman görüntülerinin cümle (satır), kelime ve karakter analizi

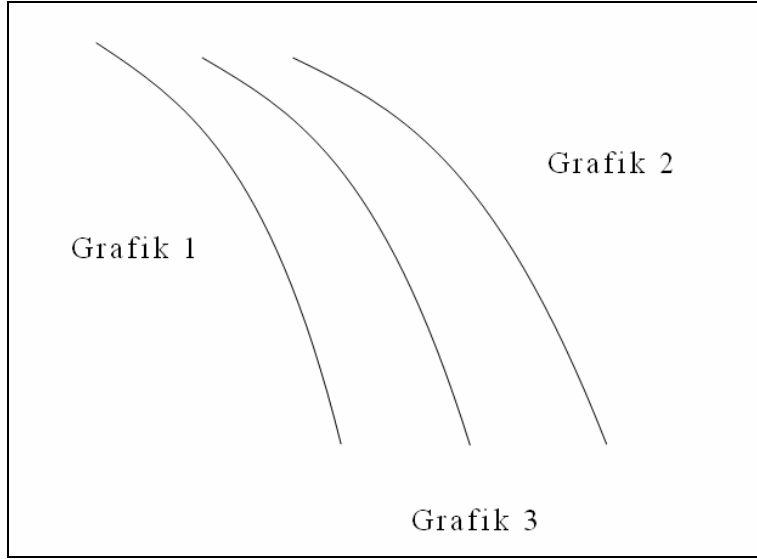
Doküman görüntüsünden karakter analizi neticesinde elde edilen karakter görüntüleri, YSA veya diğer algoritmaların işletilmesi sonucu tanınabilir. Fakat karşılaşılan doküman biçimleri her zaman bu kadar kolay analiz edilemez. Özellikler grafik veya tablo içerdiğinde ya da görüntüdeki metin satırlarının eğimli veya karmaşık olduğu durumlarda bu gibi basit analizler sonuç vermez. Bu nedenle çalışmada, karmaşık yapıdaki farklı tür bileşenler içeren doküman görüntülerinin analizi ve tanınması için çeşitli yöntem ve algoritmalar geliştirilmiştir. Bunlardan ilki değersiz (verisiz) eğri grafiklerinin analizidir. Daha sonra yorumlu değerler içeren doğru grafikleri, içerisinde metin bilgisi bulunan çizgi ve hücre tablolar gelmektedir. Bu doküman türlerinin tamamı, çalışmada başarılı bir şekilde analiz edilebilmiş ve metin bilgisi elde edilerek tanıma işleminden sonra seslendirilmiştir.

Son olarak adı geçen doküman biçimlerinin tamamı için, eğimli veya karmaşık yapıda metin bilgisi içermeleri durumu göz önünde bulundurularak, bu problemi çözen yeni bir algoritma geliştirilmiştir. Ayrıca üzerinde durulan bu yöntem ile metin satırları yön ve açıdan bağımsız bir şekilde doğrusal hale dönüştürülmüştür.

2.3.4. Değersiz (Verisiz) Eğri Grafiklerinin Analizi

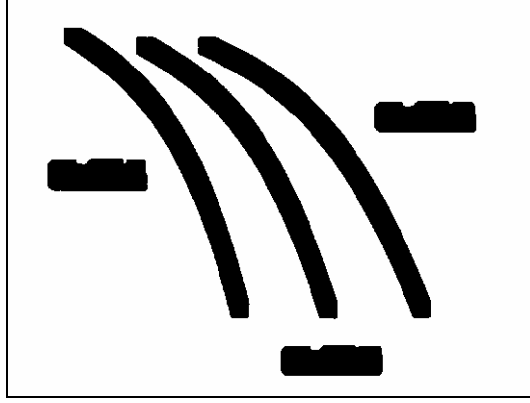
Görme engelli bireylerin metin içerikli dokümanların analizinin ardından ihtiyaç duyabileceği diğer bir yorumlama tekniği de, yazılı materyaller üzerinde bulunan, yorumlanacak veri içeren veya içermeyen biçimde olabilen eğri ya da doğru grafikleridir. Bu çalışmada geliştirilen yorumlama teknikleriyle, grafik şekilleri sayısal görüntüler üzerinde belirlenmiş, yorumlanmış ve tanınmıştır.

Çalışmada geliştirilen değersiz (verisiz) eğri grafik analizi yöntemlerinin üzerinde test edildiği doküman görüntüsü Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Herhangi bir biçimde oluşturulan grafikler ve grafikler üzerinde de açıklama metinleri yer almaktadır. Amaç, eğri grafiklerini belirlemek ve sistemde gereken biçimde kullanmak veya göz ardı etmek, açıklama metinlerini belirlemek ve dönüşüm işlemine hazır hale getirerek bir sonraki adımda metni seslendirmektir.

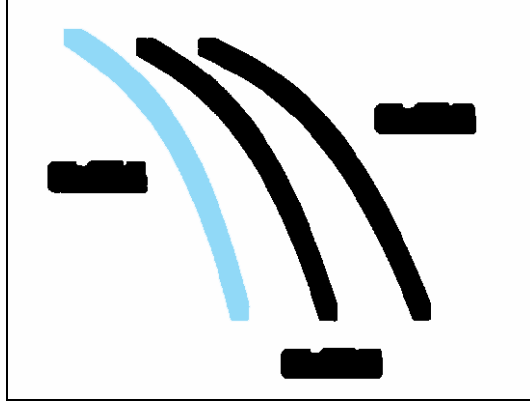


Şekil 2.2. Grafik şekilleri ve üzerinde dağınık olan metin kısımları

Gri dönüşümü, eşikleme ve gürültü filtrelerinin uygulanması işlemlerinin ardından, görüntü üzerindeki metin ve grafik olan iki farklı bileşenin şekilsel olarak birbirinden ayrılması için genişletme filtresi uygulanmıştır (Şekil 2.3). Daha sonra yatay ve dikey siyah piksel taramaları başlatılmıştır. Belirlenen her siyah piksel bir bileşenin parçasıdır ve yukarı en yakın noktasıdır. Bu bileşen bütün noktalarıyla farklı bir renkte işaretlenmiştir (Şekil 2.4).

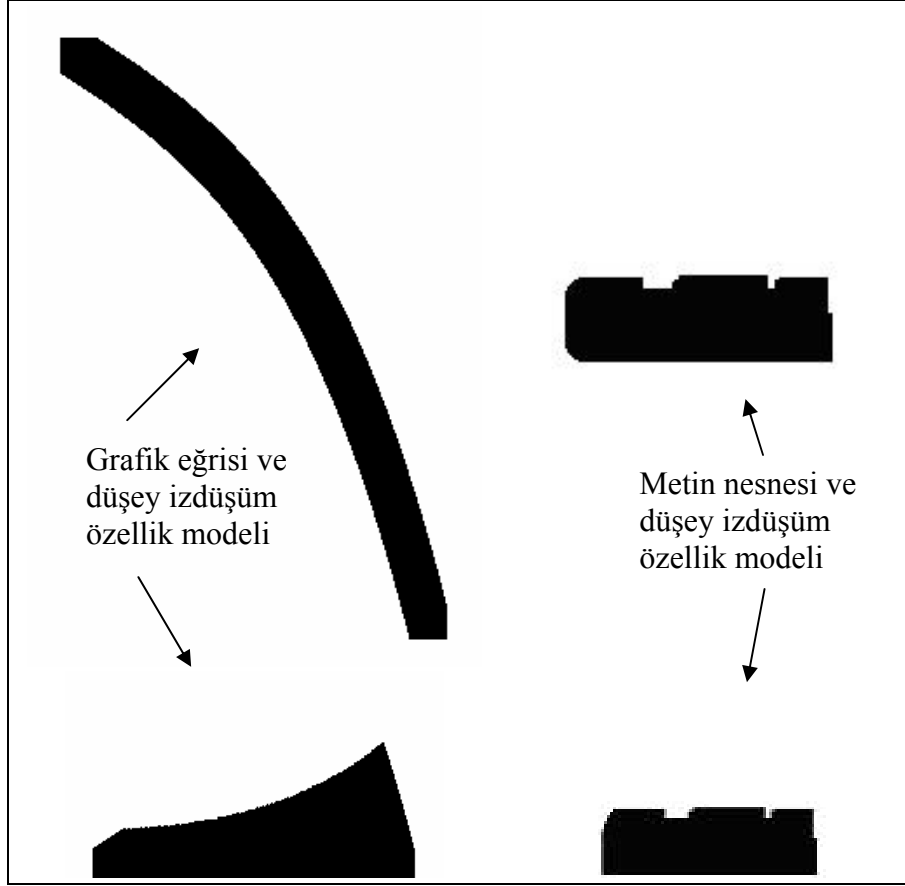


Şekil 2.3. Temel görüntü analizi ve genişletme filtresi işlemleri sonucunda grafik ve metin içeren doküman görüntüsü

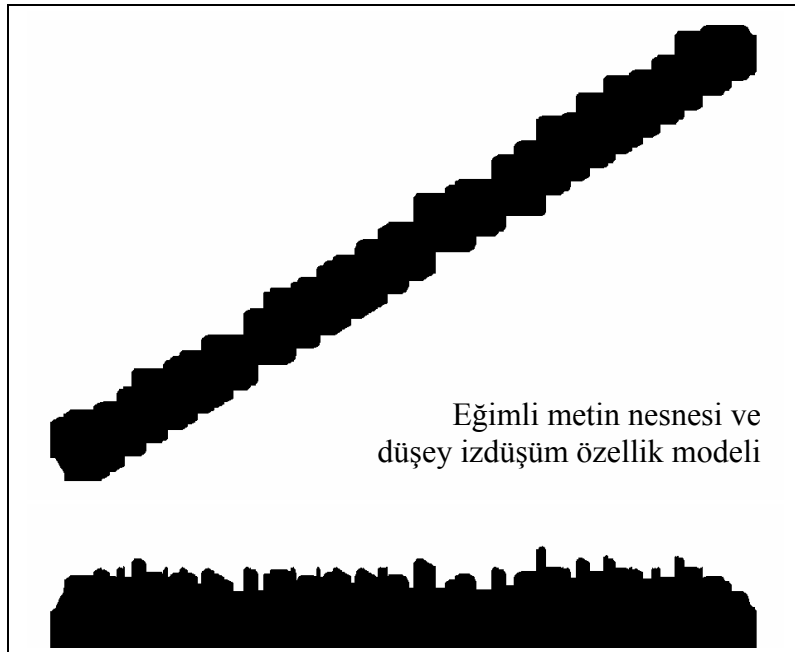


Şekil 2.4. Yakalanan eğri grafiği için belirleme yaklaşımı

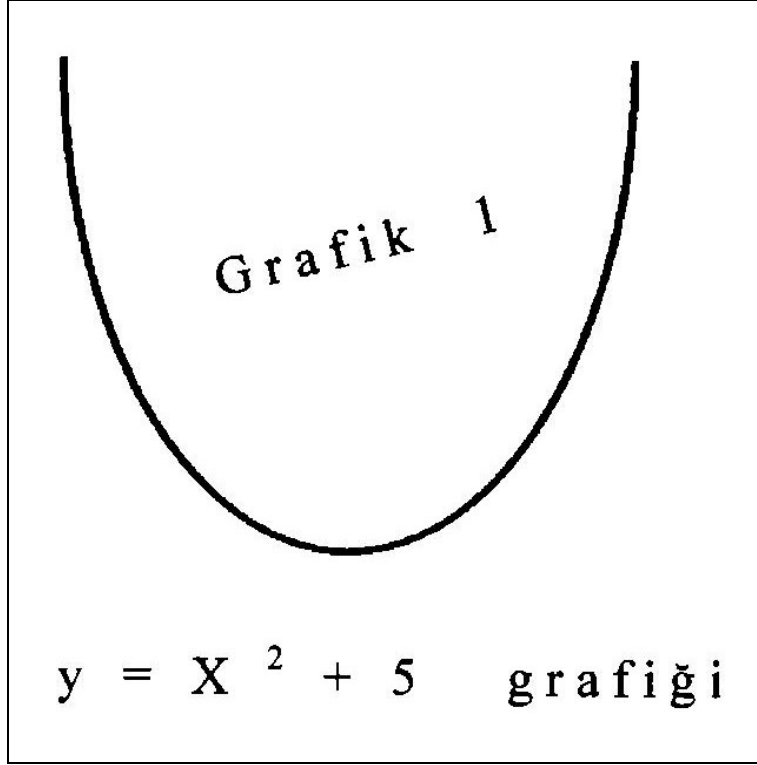
Eğrinin doğrultusu da analiz işlemi sırasında belirlenmiştir. Burada karşılaşılan problem bilgisayar mantığında yaklaşık olarak aynı anlama gelen ve temel olarak siyah pikseller bütünü olan doküman resmi üzerindeki metin ve grafik şekillerinin birbirinden nasıl ayrılacağıdır. Satır şekilleri ve grafik şekilleri göz önünde bulundurulduğunda tespit edilen grafik veya satır nesnelere için düşey izdüşüm alma yöntemi geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Her nesne için örnek özellik modelleri Şekil 2.5'deki gibi oluşmuştur. Aynı tespit edilen nesnelere arasındaki izdüşüm özellik modellerinin farklı olması, nesnelere şekil ve yazı olarak birbirinden rahatlıkla ayrılmasını sağlamıştır. Metin satırlarının eğimli olması durumunda bile, düşey izdüşüm özellik modeli yöntemi, Şekil 2.6'da gösterildiği gibi metin nesnelere için ortalama değerleri belirleyebilmiş ve satırları tespit edebilmiştir. Eğimli metin satır(ları) içeren bir doküman görüntüsü Şekil 2.7'de gösterilmiştir. Temel görüntü analizi, genişletme filtresi işlemlerinden sonra şekilsel olarak ayrılan doküman görüntüsü bileşenleri Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



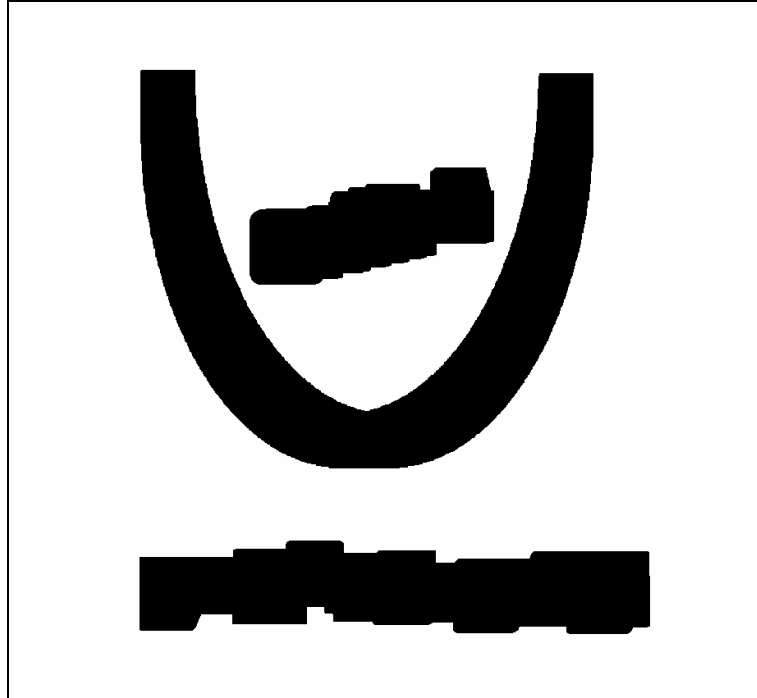
Şekil 2.5. Grafik ve metin şekilleri için üretilen düşey izdüşüm özellik modelleri




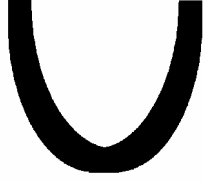


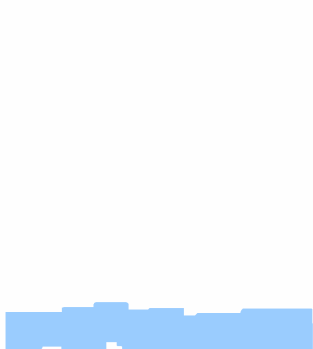


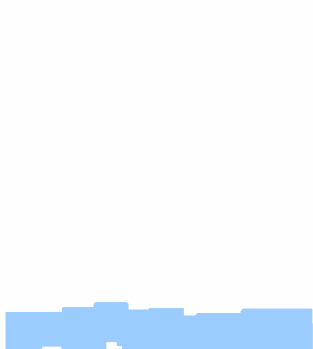



Şekil 2.6. Eğimli metin satırları için düşey izdüşüm özellik modeli



Şekil 2.7. Eğimli satır görüntüsü içeren doküman resmi

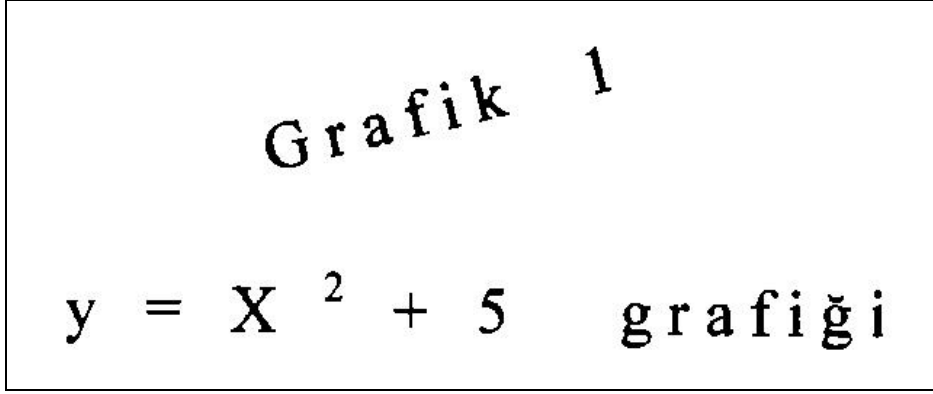


Şekil 2.8. Temel görüntü analizi ve genişletme işlemlerinden sonra doküman görüntüsü

	
Tespit edilen ilk nesnenin yeri	Tespit edilen ilk nesne
	
Tespit edilen ikinci nesnenin yeri	Nesnenin düşey izdüşüm özellik modeli (Grafik eğrisi)
	
Tespit edilen üçüncü nesnenin yeri	Tespit edilen ikinci nesne
Tespit edilen ikinci nesnenin yeri	
	Nesnenin düşey izdüşüm özellik modeli (Metin)
Tespit edilen üçüncü nesnenin yeri	
	Tespit edilen üçüncü nesne
Tespit edilen üçüncü nesnenin yeri	
Tespit edilen üçüncü nesnenin yeri	Nesnenin düşey izdüşüm özellik modeli (Metin)

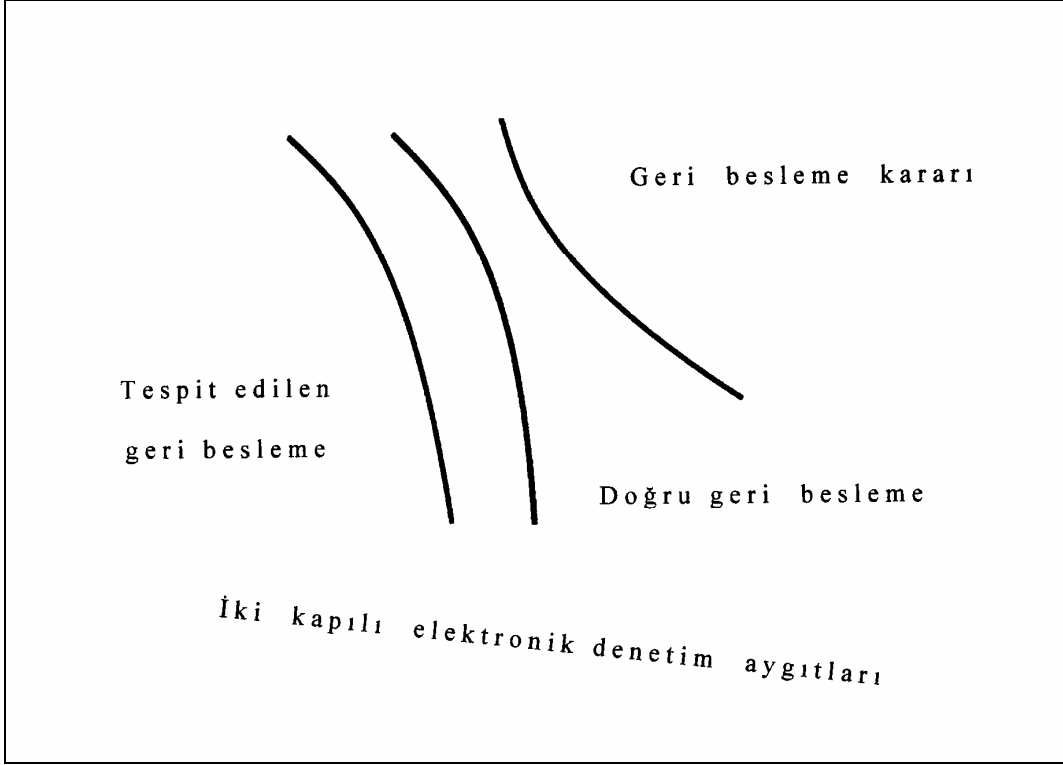
Şekil 2.9. Eğimli satır ve değersiz grafik içeren doküman görüntüsü analizi

Doküman görüntüsü üzerindeki nesnelerin şekilsel olarak birbirinden ayrılmasından sonra, bu nesnelerin tespit edilmesi ve özellik olarak birbirinden ayrılması gerekmektedir. Şekil 2.9’da doküman görüntüsü üzerindeki nesnelerin ayrı ayrı elde edilmesinden sonra düşey izdüşüm özellik modellerinin belirlenerek birbirinden ayrılmasını göstermiştir. Grafik kısımları göz ardı edilerek, sadece metin bilgisinden oluşan yeni doküman görüntüsü Şekil 2.10’da gösterilmiştir.

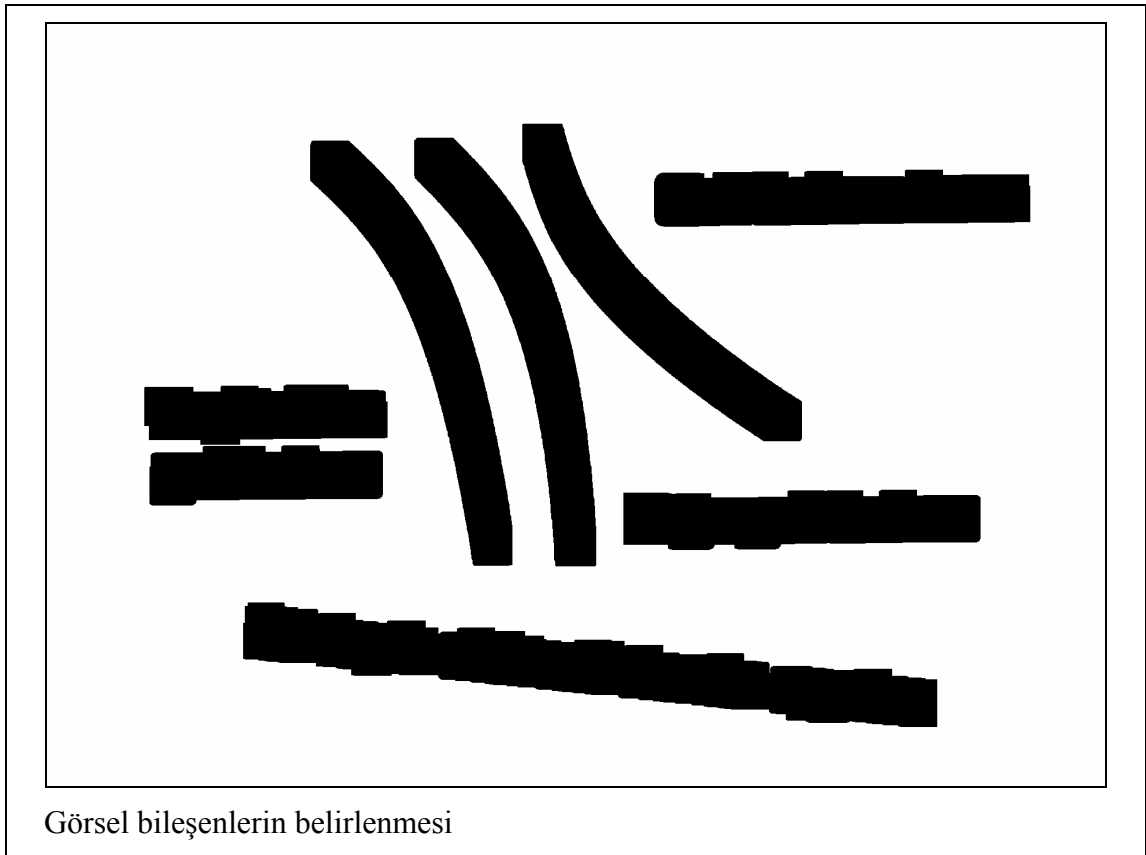


Şekil 2.10. Analiz ve yorumlama işlemlerinden sonra oluşturulan yeni doküman görüntüsü

Sonuç olarak analiz edilmek istenen doküman resmi üzerindeki, grafik ve metin kısımları geliştirilen yöntemler ile doğru bir şekilde elde edilmiştir. Şekil 2.11’de tarayıcı ile alınmış, grafik ve metin kısımları içeren bir doküman resmi gösterilmiştir. Şekil 2.12’de verilen görüntülerde ise, Şekil 2.11’deki doküman resminin geliştirilen yazılım tarafından işlenmesi neticesinde, görme engelli bireylere okunabilecek metin kısımlarının grafiklerden arındırılarak elde edilmesi ve doküman resminin bu şekilde yeniden oluşturulması gösterilmiştir.






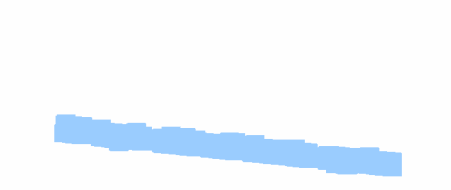


Şekil 2.11. Tarayıcı ile alınan orijinal doküman görüntüsü

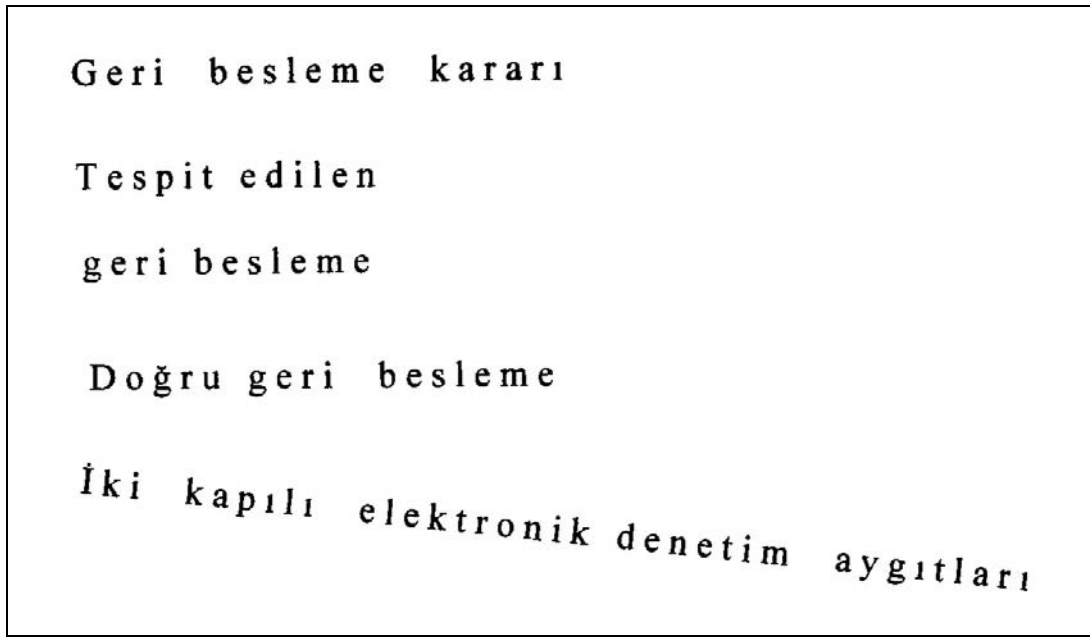


Şekil 2.12. Grafik ve metin içeren bir doküman görüntüsünün analizi

Şekil 2.12'nin devamı

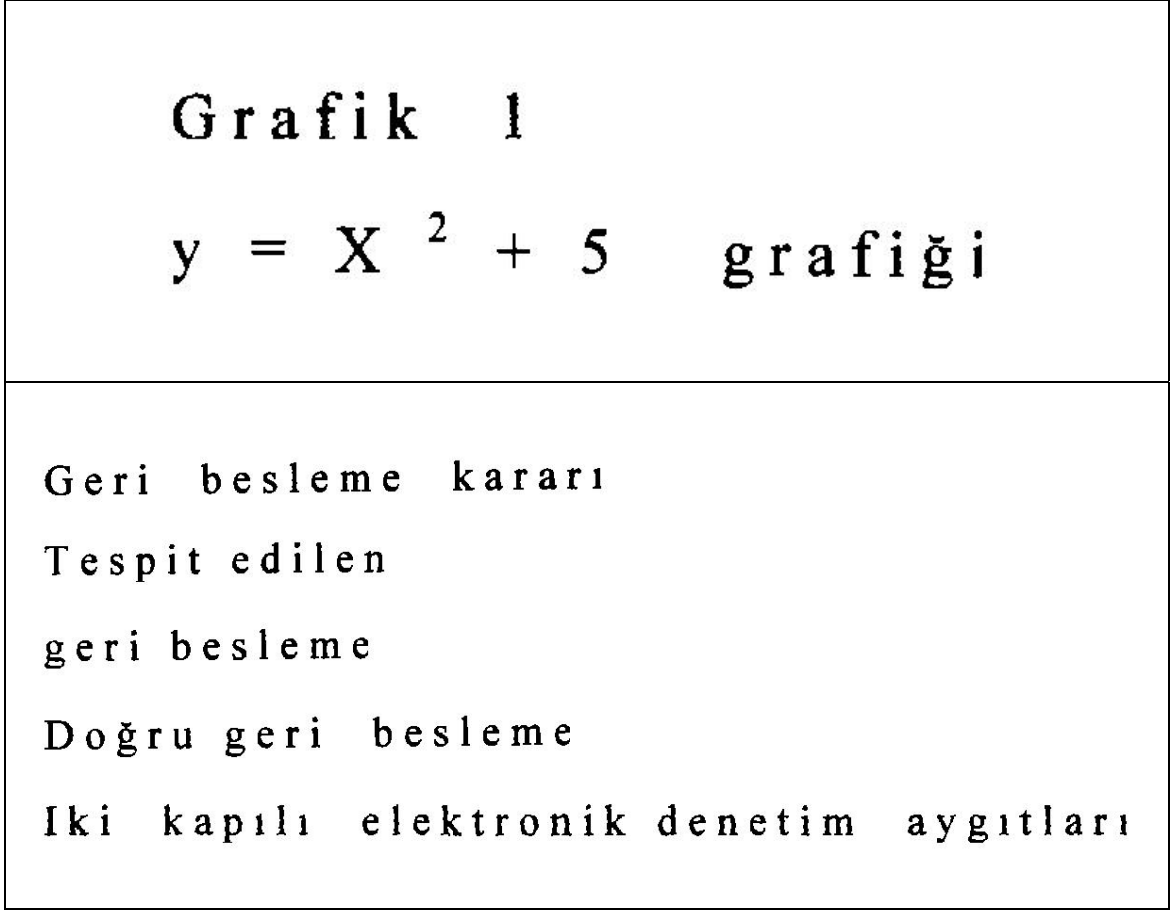
	
Tespit edilen ilk nesnenin yeri (Grafik eğrisi)	Tespit edilen ikinci nesnenin yeri (Grafik eğrisi)
	
Tespit edilen üçüncü nesnenin yeri (Grafik eğrisi)	Tespit edilen dördüncü nesnenin yeri (Metin)
	
Tespit edilen beşinci nesnenin yeri (Metin)	Tespit edilen son nesnenin yeri (Metin)

Genişletilmiş nesne görüntüsü elde edilmiş ve bu görüntüden nesnenin düşey izdüşüm modeli çıkarılmıştır. Tespit edilen her nesne için oluşturulan düşey izdüşüm özelik modeli, bulunan nesnenin metin veya grafik olduğuna karar vermek amacıyla kullanılmıştır. Eğer düşey izdüşüm modeli metin biçimine uygun ise, nesne yukarıda anlatılan metin satırlarının tespit edilmesi ve orijinal görüntüden alınması işlemine tabi tutulmuştur. Eğer düşey izdüşüm modeli, ortalama bir değer oluşturmayan ve bazı kısımlarda kısmen ya da belirgin bir şekilde yoğunluk gösteren grafik biçimine uygun ise, şekil orijinal görüntüden alınır fakat tanınmak üzere yeni doküman görüntüsüne eklenmez. Geliştirilen bu yöntemler ile doküman görüntüsü sadece metin bilgisi içeren yapıya dnştrlebilmifitir. şekil 2.13, şekil 2.11'deki grafik içeriği göz ardı edilerek oluşturulan yeni metin görüntüsünü göstermiştir.



şekil 2.13. Grafiklerden arındırılan ve okunmak üzere oluşturulan yeni doküman görüntüsü

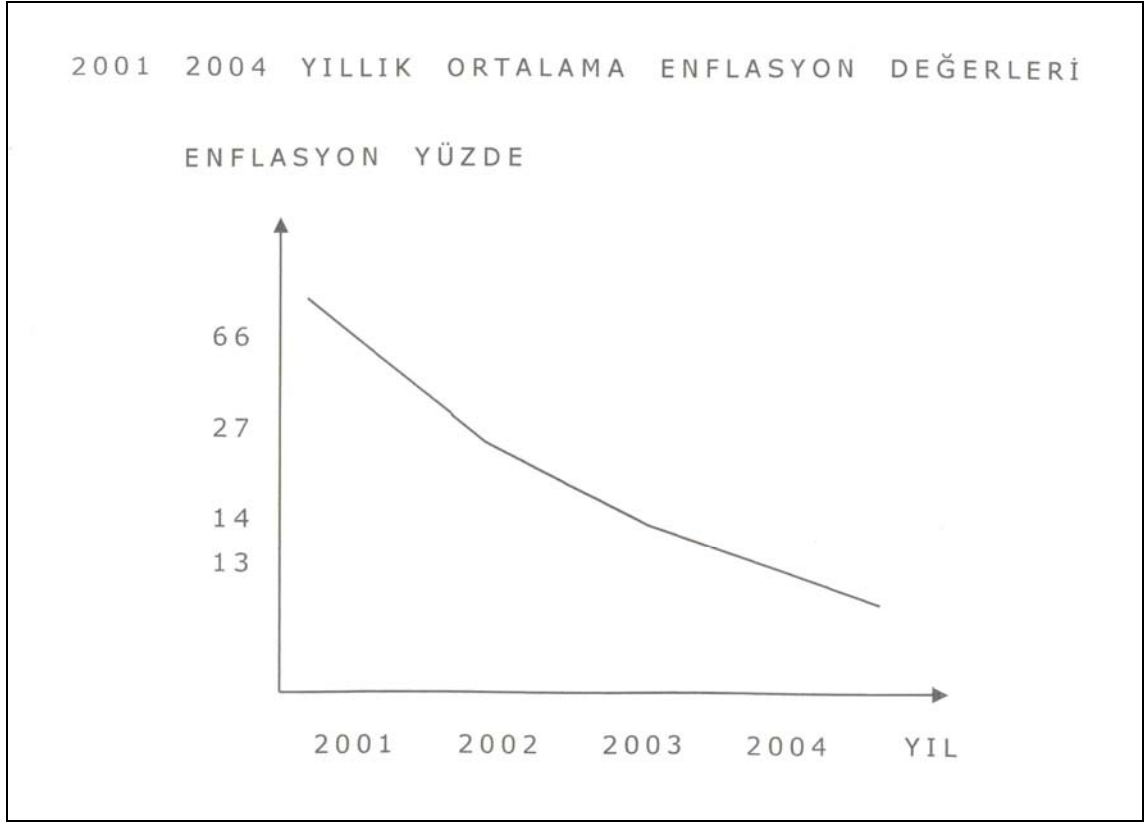
Eğri grafiklerinin doküman görüntüsünden alınmasının ardından, şekil 2.10 ve şekil 2.13'deki yeni doküman görüntüleri oluşturulmuştur. Bu görüntülerdeki eğimli metin satırları, bu işlem için geliştirilen yardımcı bir algoritma ile doğrusal hale getirilerek, tanıma ve seslendirme işlemine hazırlanmıştır. şekil 2.14, açısal analizden sonraki doküman görüntülerini göstermiştir. Açısal satır analizi işleminin ayrıntıları ileriki kısımlarda açıklanmıştır.



Şekil 2.14. Açısız analizden sonra doküman görüntüleri

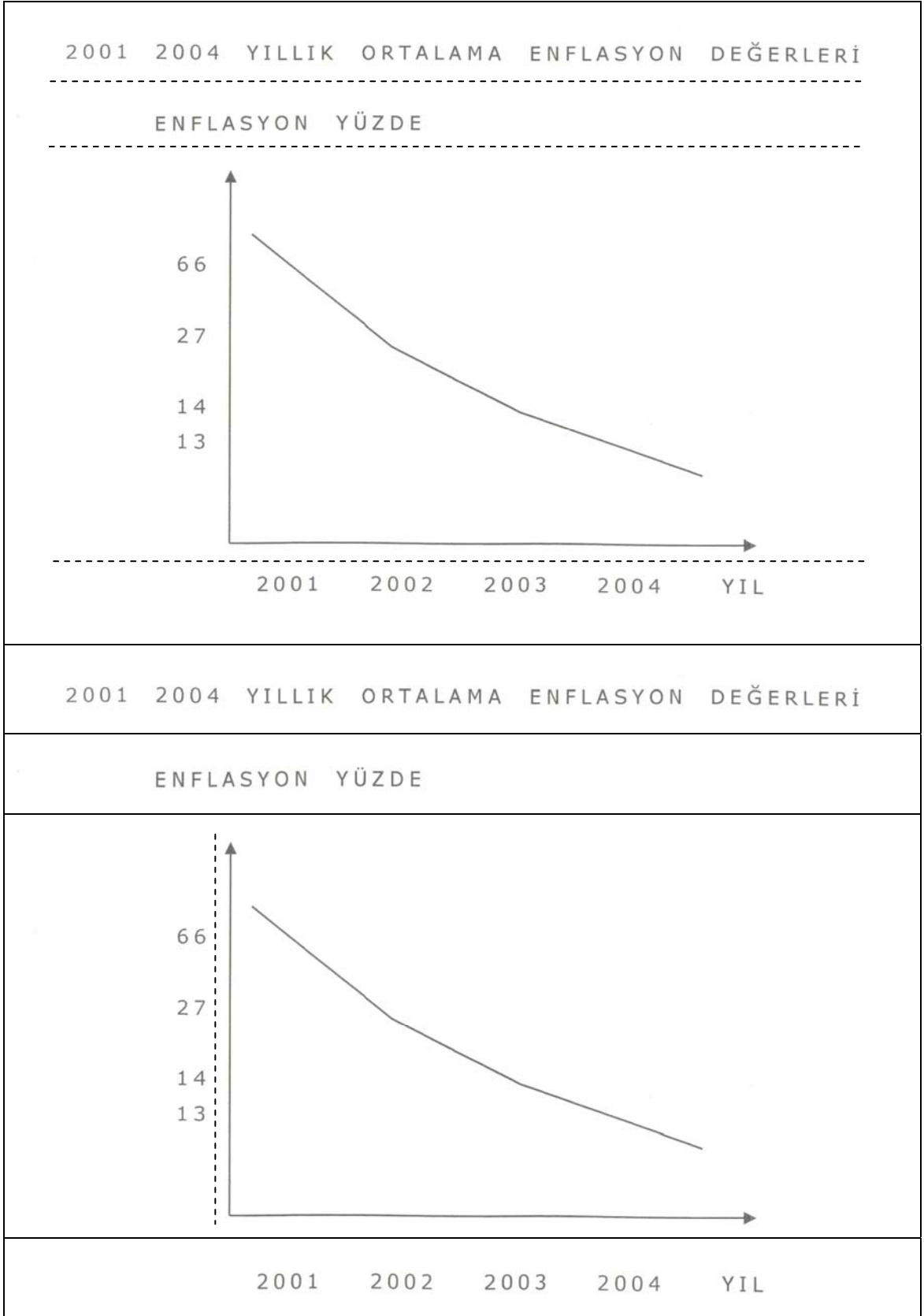
2.3.5. Değerli (Verili) Doğru Grafiklerinin Analizi

Yorumlanacak herhangi bir değer içermeyen açıklamalı eğri grafiklerinden farklı olarak, grafik başlığı, eksen etiketleri ve yorumlanacak eksen değerleri içeren doğru grafikleri de geliştirilen algoritmalar yardımıyla başarılı bir şekilde analiz edilebilmektedir. Şekil 2.15, örnek bir değerli doğru grafik içeren doküman görüntüsünü göstermiştir. Burada dikkat edilmesi gereken iki nokta vardır. Birincisi; görsel olarak grafik bileşenlerinin hali hazırda birbirinden ayrılır durumda olması ve bu yüzden genişletme filtresine ve izdüşüm modeline ihtiyaç duyulmaması nedeniyle zaman kaybının daha az olacaktır. İkincisi ise; bu grafik biçiminin en detay gerektiren kısmı olan, x ve y eksen değerlerinin birbiriyle ilişkilendirilmesi ve bu şekilde yeni metin doküman görüntüsünün oluşturulmasıdır.



Şekil 2.15. Değerli doğru grafiği örneği

Algoritmanın çalışması aşağıdaki gibidir. Temel görüntü analizi ve gürültü filtrelerinin ardından uygulanan yatay taramalarla, metin analizi benzeri bir satır analizi gerçekleştirilmiştir. Satır analizi sonucunda, grafik dört bileşene ayrılır. Grafik başlığı, y eksen etiketi, y değerleri ile grafiğin kendisi (eksen çizgileri ile birlikte), x eksen değerleri ile x eksen etiketi. Şekil 2.16, bu analiz sonucunda oluşan bileşen görüntülerini göstermiştir. İlk tespit edilen bileşen her zaman için grafik başlığı, ikinci bileşen y eksen etiketi, üçüncü bileşen eksen ile birlikte grafik ve y eksen değerleri, dördüncü bileşen ise x eksen değerleri ile x eksen etiketidir. Bu kısımlar sabittir ve yeni doküman görüntüsünde kullanılmak üzere orijinal doküman görüntüsünden alınır. Sıra grafiğin kendisinin değer ilişkisi analizindedir. Üçüncü bileşen için sütun analizi yapıldığında iki kısım elde edilir. Y eksen değerleri I. kısım, grafiğin kendisi II. kısım olur. Üçüncü bileşen, I. kısımda tekrar gerçekleştirilen bir satır analizi ile tespit edilen her satır grafik için y eksen değerleridir. Verilerin kendisi ve sayıları tespit edilmiştir. Üçüncü bileşen II. kısım bekletilir. Dördüncü bileşen de sütun analizi işlemine tabi tutulur. Tespit edilen sütunlardan sonuncusu her zaman X eksen etiketidir.



Şekil 2.16. Grafiği oluşturan bileşen görüntülerinin ayrılması

Dördüncü bileşen “DB” notasyonu ile ifade edilirse ve dördüncü bileşenden N adet sütun elde edilirse, her bir X eksen değeri için DB[0], DB[1], ..., DB[N-2] ve X eksen etiketi için DB[N-1] biçiminde bir eleman gösterimi oluşturulabilir. Aynı şekilde üçüncü bileşen “UB” notasyonu ile gösterilirse, UB[0] sütunu Y eksen değerleridir. UB[1] sütunu ilişki analizi yapılacak grafiğin kendisi olur. UB[0]’daki satır analizinden sonra oluşan eleman sayısının M olması durumunda, UB[0][0], UB[0][1], ..., UB[0][M-1] biçiminde Y eksen değerleri gösterimi oluşturulabilir.

Son olarak grafik yani UB[1] için ilişki analizi başlar. Eksenler yerleri tespit edilerek, görüntüden alınır. DB[0] elemanının orta noktasından eksen kestiği yerin, Y eksen değerlerinden hangisine karşılık geldiği ya da en yakın olduğu tespit edilir. Bu şekilde, $n=0$ ’dan $n=N-2$ ’ye kadar bütün X değerlerinin ilişkili olduğu Y değerleri eleman indisleri ile birlikte tespit edilerek dinamik listelerde kaydedilir. İlişki analizi sonucunda her X değerine (elemanına), hangi Y değerinin (elemanının) karşılık geldiği tespit edilmiştir ve indis numaraları kayıt edilmiştir. Yeni oluşturulacak doküman görüntüsüne sırası ile eklenecek birim görüntüler için algoritma aşağıdaki biçimdedir. Oluşan yeni doküman görüntüsü Şekil 2.17’de gösterilmiştir.

Birinci Bileşen : Grafik başlığı (Başlık/BB)

İkinci Bileşen : Y eksen etiketi (Y Etiket/IB)

Her “n” indisi ile gösterilen X değeri için ilişkili bir “m” Y değeri indisi ve elemanı olduğu varsayılmaktadır. “M” sayısı, Y eksen eleman sayısıdır.

1. Başla
2. Grafik başlığını (BB) yeni doküman görüntüsüne ekle
3. $n=0$ ’dan $n=N-2$ ’ye kadar, (N=M için)
 - a. DB[N-1] görüntüsünü ekle
 - b. DB[n] görüntüsünü ekle
 - c. Y eksen etiketi (IB) görüntüsünü ekle
 - d. UB[0][m] görüntüsünü ekle
4. Bitir

2001 2004 YILLIK ORTALAMA ENFLASYON DEĞERLERİ	
YIL	
2001	
	ENFLASYON YÜZDE
	66
YIL	
2002	
	ENFLASYON YÜZDE
	27
YIL	
2003	
	ENFLASYON YÜZDE
	14
YIL	
2004	
	ENFLASYON YÜZDE
	13

Şekil 2.17. Metin analizine hazır olarak oluşturulan yeni doküman görüntüsü

2.3.6. Çizgi ve Hücre Biçimli Tablo Analizleri

Geliştirilen sistem ile görme engelli bireylerin kullanımına sunulan bir diğer doküman biçimi ise, çizgi ve hücre biçimli tablolar içeren yazılı materyallerdir. Gerçekleştirilen yazılım yöntemleri ile, bu özellikteki görsel bileşenler, görme engelli kullanıcılar için yorumlanmış ve seslendirilmiştir. Böylece, içeriğindeki bilgiye erişim sağlanmıştır. Metin ve grafik analizlerinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesinin ardından, çalışmada geliştirilen diğer bir algoritma ile çizgi veya hücre biçimindeki veri tablosu görüntüleri analiz edilmiş ve içeriğindeki bilgiler tespit edilebilmiştir. Tablo türü doküman biçimleri üzerinde yorumlama imkanı sağlayan bu algoritma ile, Şekil 2.18 (a) ve (b)'de gösterilen farklı görüntülerdeki tablolar, içeriğindeki veriyi elde edecek biçimde analiz edilmiştir.

A	1 2	2 4	3 6	4 8	6 0
B	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5

(a) Çizgi tablo

PAZARTESİ	ALİ YILDIZ
SALI	METİN DERELİ
ÇARŞAMBA	AHMET METE
PERŞEMBE	MEHMET CAN
CUMA	FUAT TEKİN

(b) Hücre tablo

Şekil 2.18. Çizgi ve hücre biçimli tablo doküman görüntüleri

Şekil 2.18 (a)'daki çizgi tablo için analiz işlemi iki yolla sağlanabilir. Birinci yol; temel görüntü analizinden sonra, üst satır ve sol sütun taramalarıyla çizgilerin başlangıç noktaları tespit edilir. Buldukları yerlerden alındıklarında, doküman görüntüsü üzerinde sadece metin bilgileri kalır ve Şekil 2.19'daki yeni doküman görüntüsü oluşur.

A	1 2	2 4	3 6	4 8	6 0
B	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5

A	1 2	2 4	3 6	4 8	6 0
B	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5

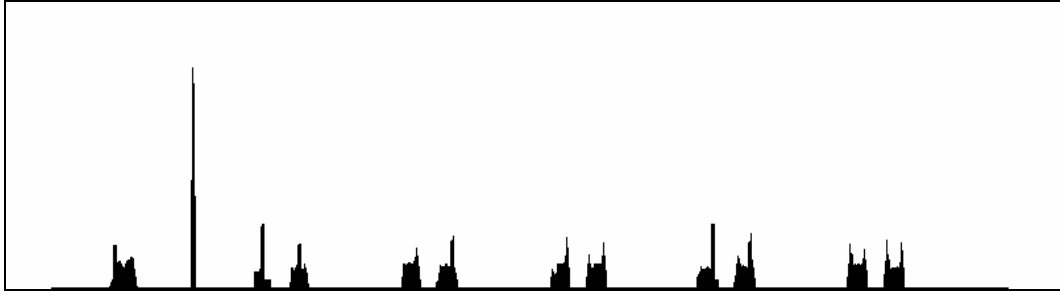
A	1 2	2 4	3 6	4 8	6 0
B	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5

Şekil 2.19. Çizgi tablonun analizi ve metnin tespit edilmesi

Şimdi, yeni doküman metin analizi ve tanıma için hazır durumdadır. Çizgi tablo analizi için ikinci yol ise, hücre tablo analizinde kullanılan yöntem ile aynı biçimde çalışır. Tablo görüntüsünün düşey ve yatay izdüşümü alınır ve her zaman için ızgara çizgileri, oluşan izdüşümde net biçimde belirlenebilir. Şekil 2.20, çizgi tablo için yatay ve düşey izdüşüm görüntülerindeki ızgaraların tespiti işlemini göstermiştir.

A	1 2	2 4	3 6	4 8	6 0
B	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5

(a) Çizgi tablo görüntüsü



(b) Düşey izdüşümdeki ızgara çizgisi



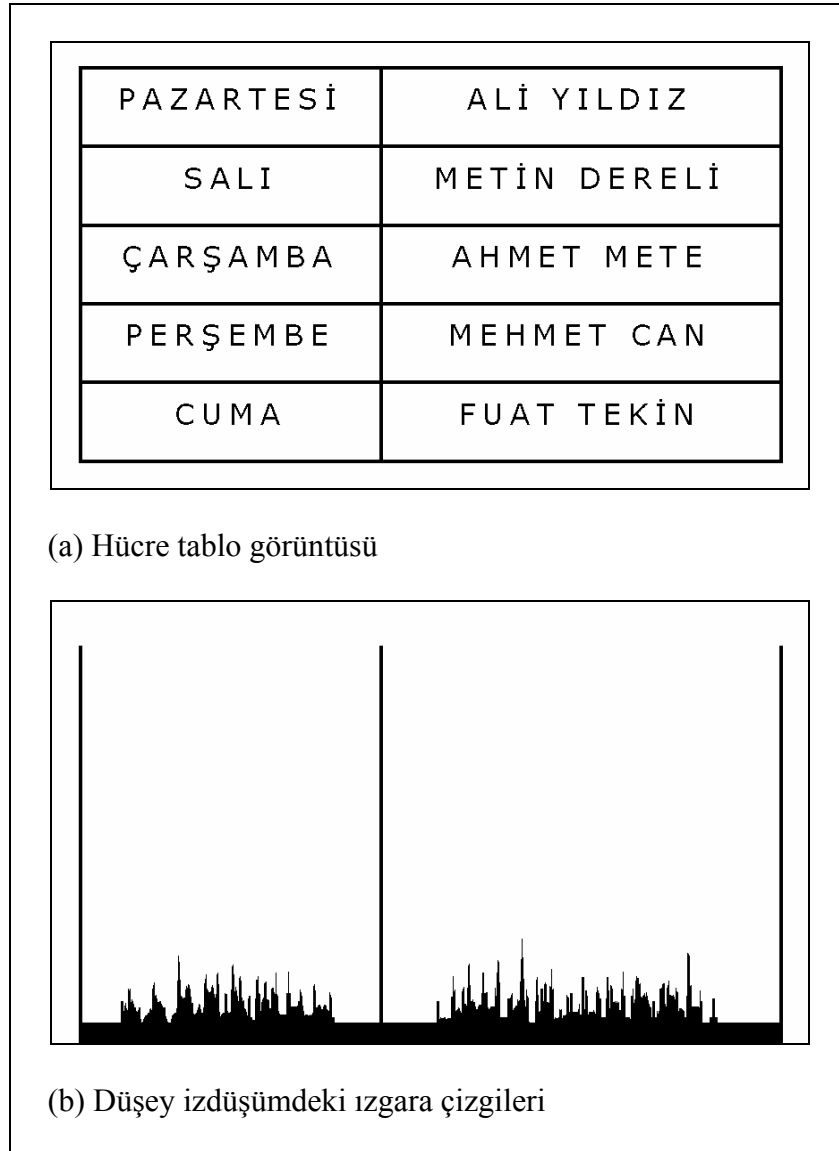
(c) Yatay izdüşümdeki ızgara çizgisi

A	1 2	2 4	3 6	4 8	6 0
B	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5

(d) Iızgara içermeyen çizgi tablo metin bilgisi

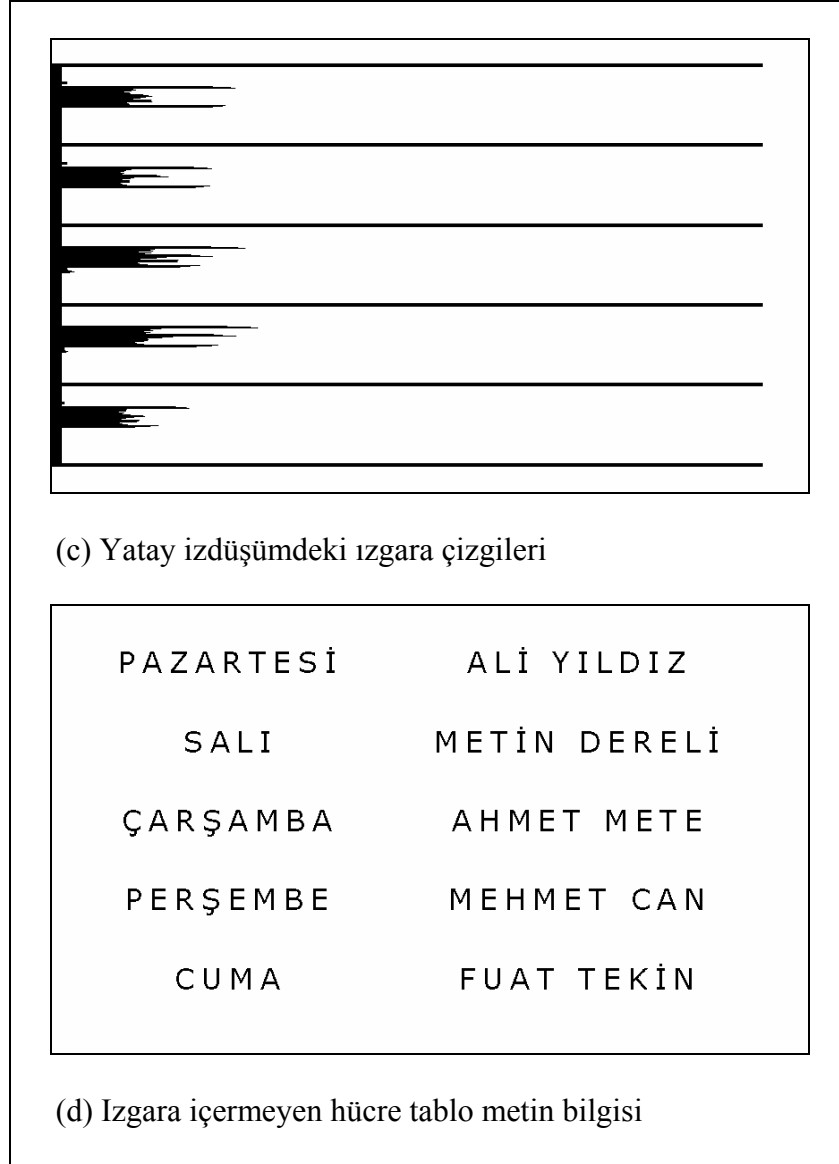
Şekil 2.20. Çizgi tablonun izdüşüm yöntemi ile ızgaralardan temizlenmesi

İzdüşümleri oluşturan veriler üzerinde yapılan ortalama ve tolerans hesabıyla ızgara çizgilerinin bulunduğu kısımlar belirlenebilmiş ve doküman görüntüsünden alınmak suretiyle, sadece metin bilgisi içeren yeni doküman görüntüsü oluşturulmuştur. Aynı şekilde, izdüşüm yöntemi kullanılarak, hücre biçimli tablo görüntüleri de, ızgaralardan bağımsızlaştırılabilmektedir. Böylece, sadece tablo içerisindeki metin bilgisi, metin analizi ve tanıma işlemi için oluşturulan yeni doküman görüntüsünde kalır. Şekil 2.21, bu işlemi göstermiştir.



Şekil 2.21. Hücre tablonun izdüşüm yöntemi ile ızgaralardan temizlenmesi

Şekil 2.21'in devamı

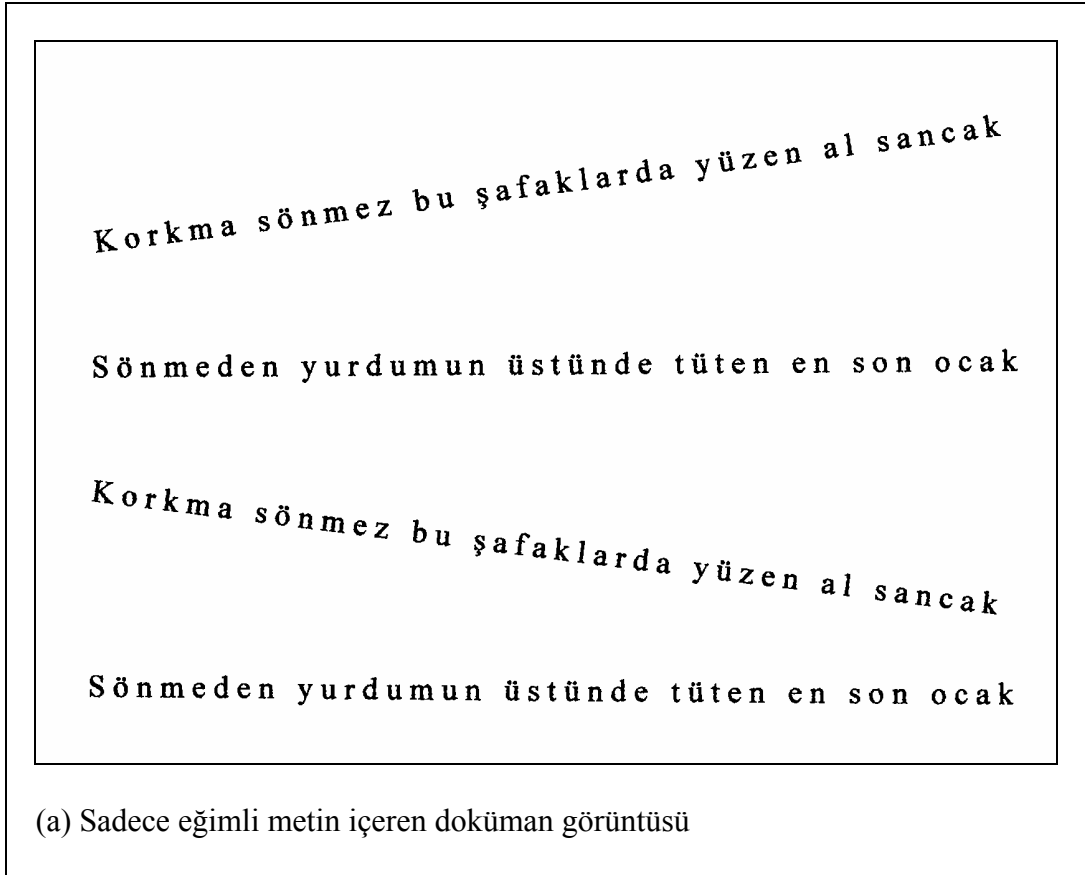


Gelinen noktada, geliştirilen bilgisayar destekli yazılı doküman seslendirme sistemi, metin içeren doküman görüntülerinin yanında, grafik ve tablo türleri görüntüleri de başarılı bir şekilde yorumlamakta ve tanıma işleminin ardından seslendirebilecek duruma getirebilmektedir.

2.3.7. Karmaşık ve Eğimli Metin Analizleri

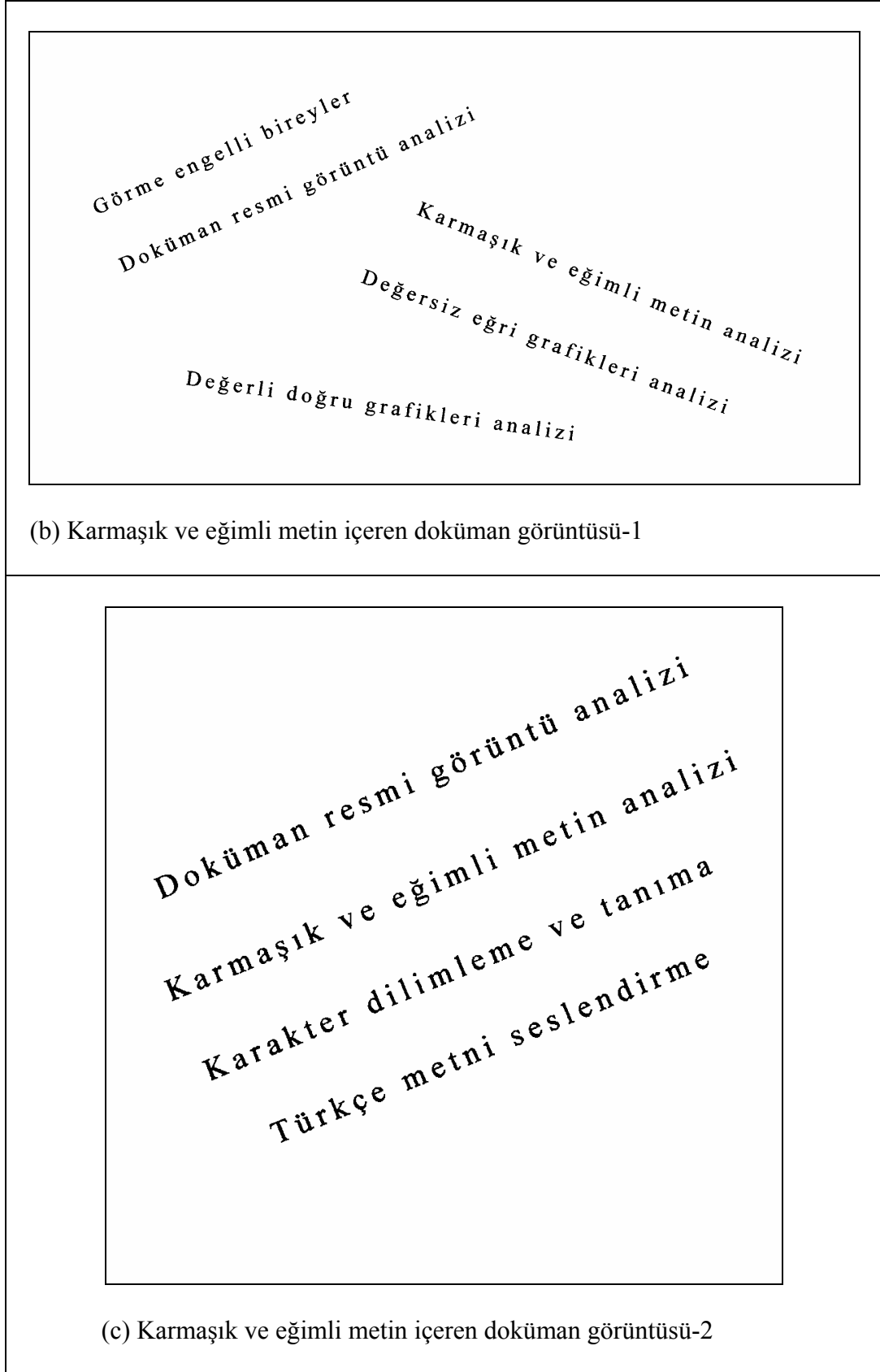
Çalışmada geliştirilen doküman görüntüsü analiz çeşitlerinin yanı sıra, görüntü içerisindeki metnin doğrusal olmadığı durumlar için üretilen açısız satır analizi algoritması da gerçekleştirilen yöntemler arasındadır. Bu işlem için iki durum söz konusudur.

Birincisi, metin satırlarının sadece eğimli olması ve yatay doğrultuda birbirinden ayrılabilmesiyle sadece açısız analiz işlemidir. İkinci durum ise, metin satırlarının eğimli ve aynı zamanda karmaşık olması halinde belirleme analizinden sonra açısız analize izin veren işlemler bütünüdür. Her iki durum içinde örnek doküman görüntüleri Şekil 2.22’de gösterilmiştir.



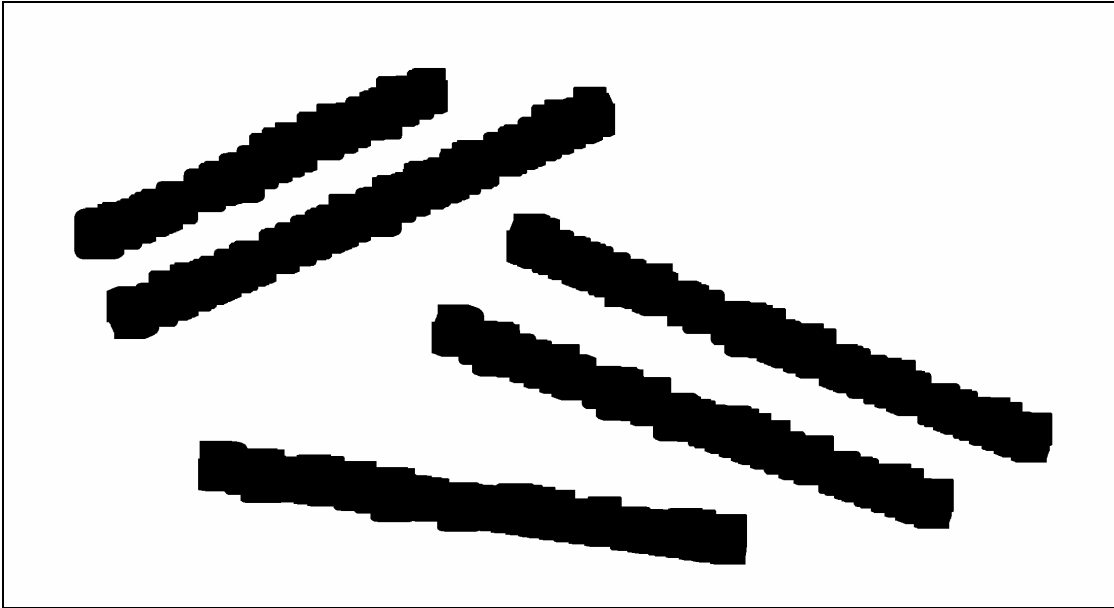
Şekil 2.22. Sadece eğimli, karmaşık ve eğimli doküman görüntüleri

Şekil 2.22'nin devamı



Yukarıda da belirtildiği gibi, sadece eğimli metinler içeren dokümanlar ile karmaşık ve eğimli metinler içeren dokümanların analiz işlemleri birbirinden farklı olarak geliştirilmiştir. Karmaşık metin satırları ilk olarak belirlenme algoritmasına tabi tutulur ve daha sonra açısız satır analizi ile doğrusal hale dönüştürülür. Sadece eğimli satırlar ise, açısız analiz işlemine tabi tutularak, daha az karmaşık bir işlem neticesinde doğrusal hale dönüştürülür. Karmaşık satırların belirlenmesi ile sonrasında gerçekleştirilen ve her iki metin biçimi için ortak olan açısız analiz işleminin ayrıntıları aşağıdaki gibidir.

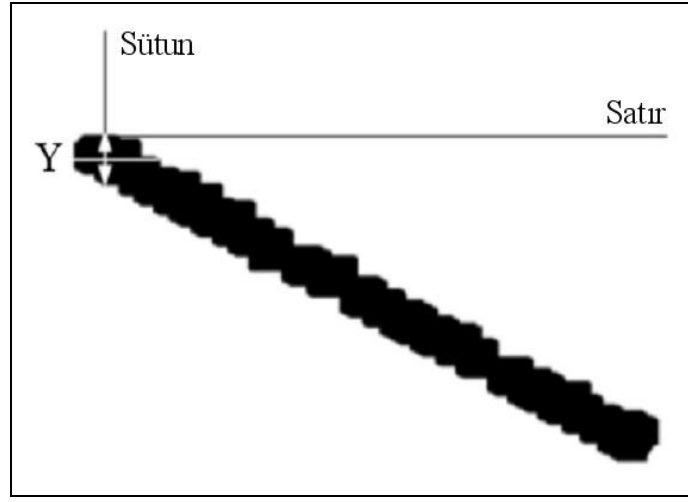
Şekil 2.22 (b) ve (c) için, satır görüntülerinin ayrı ayrı birbirine karışmadan tespit edilmesi ve her satırın kendi başına bir şekil oluşturması yaklaşımından başlamak şartıyla, satırlar yine görüntü işleme algoritmaları yardımı ile genişletilir. Gerçekleştirilen belirli bir orandaki genişletme işleminden sonra Şekil 2.23’de görüldüğü gibi, artık satırlar bilgisayar mantığına uygun şekilde karışmadan birbirinden görsel olarak ayrılmışlardır. Uygulanan filtreler yardımıyla gri dönüşümü ve genişletme işlemleri sonucunda oluşabilen bozulma ve gürültüler de temizlenmiştir.



Şekil 2.23. Genişletme işlemi sonrasında karmaşık metin satırlarının görsel olarak ayrılması

Sıra görüntü üzerindeki bu nesnelerin başlangıç ve bitiş koordinat aralıklarının tespit edilmesi ve bellekte hazır halde olan Şekil 2.22 (b) ve (c)’deki görüntülerden bu koordinat aralıklarının satır görüntüsü olarak elde edilmesi işlemlerindedir. Şekil 2.24’deki doküman görüntüleri üzerindeki satır tespit yaklaşımı şu şekilde çalışmaktadır.

Yukarıdan aşağı ve soldan sağa olmak üzere resim üzerindeki siyah pikseller taranır. Anlamsız lekeler daha önceden temizlendiği için yazılımın tespit sırasında yanılması en aza indirilmiştir. İlk siyah piksel bulunduğu anda, aynı zamanda ilk satırda tespit edilmiş demektir. Bir noktadan yakalanan herhangi bir satır, tamamen siyah piksellerden oluştuğu için eğim açısı, eğim yönü, sol, sağ, üst ve alt sınır koordinatları bu çalışmada geliştirilen bir yöntemle başarılı bir şekilde tespit edilmiştir. Şekil 2.24, genişletme filtresi uygulanmış eğimli bir satır görüntüsünün yakalanması ile ardından gerçekleştirilen belirleme, koordinat ve açısal analiz işlemlerini göstermektedir.



Şekil 2.24. Tespit edilecek satır şekli koordinat analizi başlangıcı

Yukarıdan aşağıya ve soldan sağa tarama neticesinde en üst noktadan yakalanan bir satır şekli ile ilgili analiz ve karar mantığı şu şekildedir. $y = Y / 2 + \text{Satır}$ ve Sütun değerlerinden sağa ve sola son beyaz bölgeye kadar çizilen dikmeler kullanılarak ilk orta noktanın bu dikmelere olan uzaklıkları Sağ Mesafe ve Sol Mesafe adları ile saklanır. Şekilden de anlaşılacağı gibi satır şekli görüntüsü sağa eğiktir. Bu nedenle Sağ Mesafe olarak hesaplanan değer Sol Mesafe değerinden daha büyük olacaktır. Geliştirilen bu yaklaşım ile satır görüntüsünün hangi yöne eğimli olduğu belirlenmiştir.

Şekildeki gibi sağa eğik bir satır görüntüsünün, doküman resmi üzerindeki sol sınır koordinatı;

$$\text{Sol Sınır Satır Değeri} = \text{Satır} + y$$

$$\text{Sol Sınır Sütun Değeri} = \text{Sütun} - \text{Sol Mesafe} \quad (2.1)$$

Sol sınır orta noktası bu yöntemle hesaplanır. Fakat Sol üst ve sol alt nokta koordinatları da yaklaşık olarak aşağıdaki formüller yardımıyla tespit edilir.

Sol üst nokta sınır koordinatı (~):

$$\text{Sol Sınır Satır Değeri}-(y+20), \text{Sol Sınır Sütun Değeri}-10 \quad (2.2)$$

Sol alt nokta sınır koordinatı (~):

$$\text{Sol Sınır Satır Değeri}+(y+20), \text{Sol Sınır Sütun Değeri}-10 \quad (2.3)$$

Sol sınır nokta koordinatları belirlendikten sonra, eğimin sağa olduğu bilgisinden yola çıkılarak, şekil sağ tarafa doğru bu çalışmada geliştirilen tarama yöntemi ile kontrol edilir. Bulunan ilk orta noktadan sonra her döngü değeri için y kadar aşağı ve beyaz piksel bulana kadar sağa gitmek gerekir. Her defasında gidilen sağ mesafe, ilk bulunan Sağ Mesafe değerinin yarısından küçük olduğunda son kez sağa gittik anlamına gelir ve son geldiğimiz sağ alt orta nokta sınır koordinatı olarak bulunur. Sağ alt ve sağ üst sınır koordinatları da yaklaşık olarak aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanır.

Sağ üst nokta sınır koordinatı (~):

$$\text{Sağ Sınır Satır Değeri}-(y+20), \text{Sağ Sınır Sütun Değeri}+10 \quad (2.4)$$

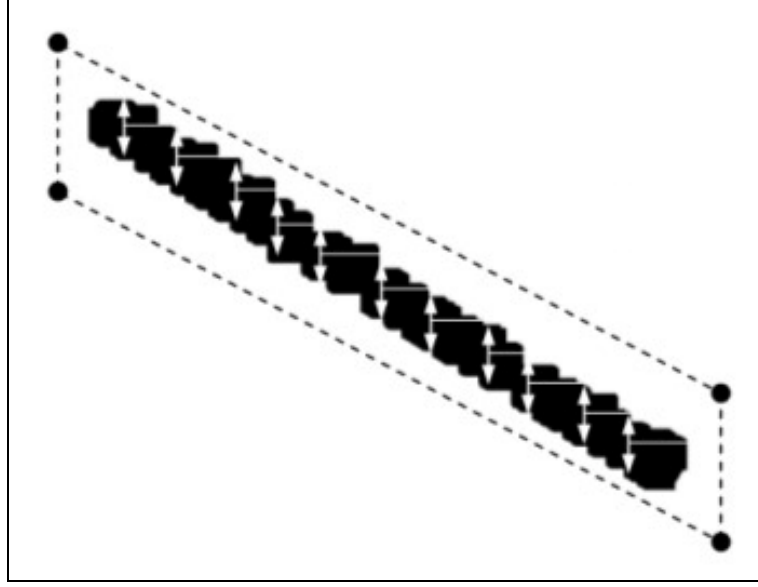
Sağ alt nokta sınır koordinatı (~):

$$\text{Sağ Sınır Satır Değeri}+(y+20), \text{Sağ Sınır Sütun Değeri}+10 \quad (2.5)$$

Çalışmada geliştirilen bu yaklaşım sayesinde, dört koordinat olarak belirlenen satır görüntüsü, orijinal satırların bellekte tutulduğu doküman görüntüsünden alınır. Üzerinde çalışılan genişletilmiş satır şekil görüntülerinin bulunduğu resim üzerinden, koordinatları tespit edilen satır, orijinal görüntüsü elde edildikten sonra silinir.

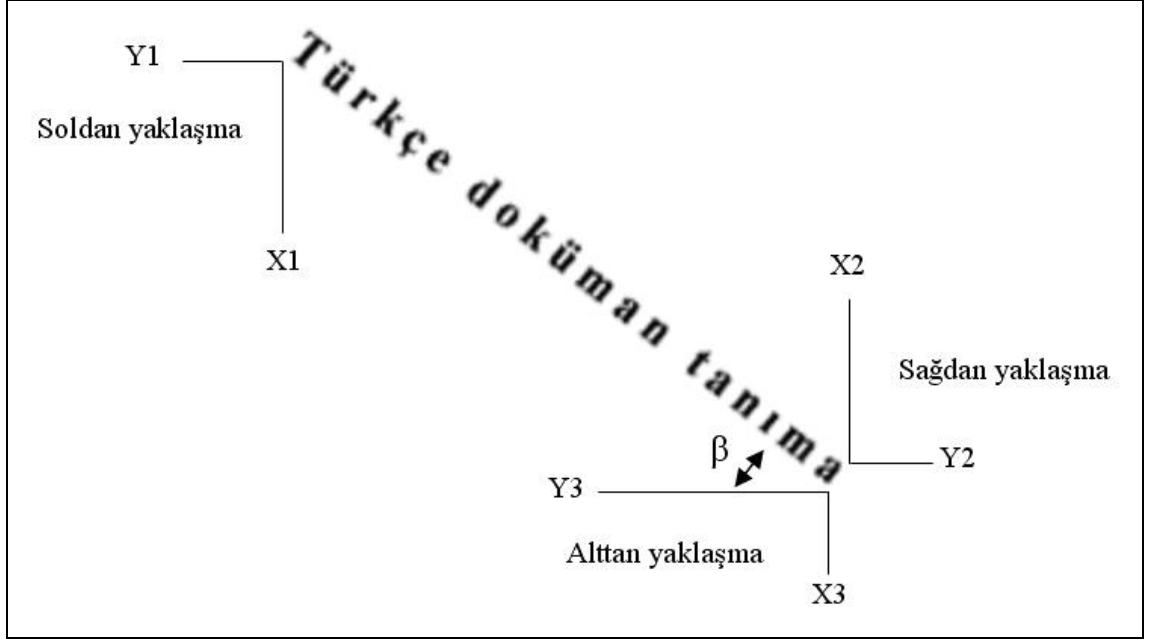
Soldan sağa ve yukarıdan aşağıya siyah piksel tarama yaklaşımı ile diğer satır koordinatları tespit edilir ve işlem satırlar bitene kadar devam eder. Eğim yönü sol olduğu durumda ise algoritma benzer birkaç değişiklik ile işlemi sağlıklı bir şekilde yerine getirecek biçime dönüştürülmüştür. Bu yaklaşım ve yöntemler kullanılarak oluşturulan dinamik listeye, koordinatı tespit edildikten sonra orijinal doküman resminden alınan her satır görüntüsünün eklenmesi ile açısız satır analizi işlemi için gerekli hazırlık yapılmış olur.

Şekil 2.25, sağa eğimli bir satır görüntüsü için sınır koordinatının tespit edilme yöntemini göstermiştir.



Şekil 2.25. Tespit edilecek satır şeklinin eğim noktası koordinat analizi

Bu çalışmada geliştirilen açısal satır analizi yöntemi ise şu şekilde çalışmaktadır. Her satır resmi için, alttan yukarı, soldan sağa ve sağan sola tarama ve siyah piksel bulma mantığı işletilir. Alttan yaklaşımda, satırın alt ilk temas noktası denge merkezi olarak kabul edilir (X_3, Y_3). Sol ve sağ yaklaşımlardan sonra matematiksel olarak tespit edilen eğim yönü ve eğim açısı yardımı ile satır görüntüsü eğim açısı kadar saat yönünde veya tersi yönde görüntü döndürme yöntemleri kullanılarak düzgün hale getirilir. Şekil 2.26, bu yaklaşımı göstermiştir.



Şekil 2.26. Koordinatı genişletilmiş satır görüntülerinden tespit edilen ve orijinal doküman resminden alınan satır resmi (Açısal analizden önce)

Satırın açısal analizi işlem mantığı, eğim açısı ve eğim yönü tespiti aşağıdaki biçimde açıklanabilir. Eğer X3 sütun koordinatı, X1'e X2'den daha yakın ise satır sola eğimlidir denir ve dönme açısı β saat yönünde,

$$\beta = \text{ArcTan}((Y3 - Y2) / (X2 - X3)) \quad (2.6)$$

formülü ile hesaplanır. Eğer tabandan yaklaşan X3 sütun koordinatı, Şekil 2.26'daki gibi X2'ye X1'den daha yakın ise satır sağa eğimlidir denir ve dönme açısı β saat yönünün tersi yönde,

$$\beta = \text{ArcTan}((Y3 - Y1) / (X3 - X1)) \quad (2.7)$$

formülü ile hesaplanır. Açısal satır analizinden sonra, doküman satırı görüntüsü Şekil 2.27'deki gibi olur. Sonuç olarak karmaşık satırlardan oluşan Şekil 2.22 (b) ve (c)'deki doküman görüntülerindeki metinler, açısal analiz işleminin ardından Şekil 2.28'deki biçime dönüştürülmüştür.

Türkçe doküman tanıma

Şekil 2.27. Her satır için kayıtlı liste boyunca uygulanacak açısız satır analizi işleminden sonra satır görüntüsü

Görme engelli bireyler

Doküman resmi görüntü analizi

Karmaşık ve eğimli metin analizi

Değersiz eğri grafikleri analizi

Değerli doğru grafikleri analizi

Doküman resmi görüntü analizi

Karmaşık ve eğimli metin analizi

Karakter dilimleme ve tanıma

Türkçe metni seslendirme

Şekil 2.28. Şekil 2.22 (b) ve (c)'deki karmaşık ve eğimli metin içeren doküman görüntülerinin belirleme ve açısız analiz işlemleri

Sadece eğimli fakat karmaşık olmayan metin satırları içeren doküman görüntülerinde ise işlem daha basittir. Herhangi bir belirleme algoritmasına ihtiyaç duymadan, alınan eğimli satırlar sadece açısız analiz işleminin ardından yeni doküman görüntüsünü oluşturmak üzere birleştirilir. Şekil 2.26 ve sonrasında anlatılan işlemler, karmaşık olmayan eğimli satırların analizi için yeterlidir. Şekil 2.29, Şekil 2.22 (a)'daki karmaşık olmayan ve sadece eğimli metin içeren doküman görüntülerinin açısız analiz işlemi sonucunda oluşan yeni doküman görüntüsünü göstermiştir.

Korkma sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak
Korkma sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak

Şekil 2.29. Şekil 2.22 (a)'daki eğimli doküman görüntüsünün açısız analizi

2.4. Yapay Sinir Ağları ve Karakter Tanıma

2.4.1. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay sinir ağları, insan beyninin çalışma ilkelerinden ilham alınarak geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar denilen tek yönlü iletişim kanalları vasıtası ile birbirleriyle haberleşen, her biri kendi hafızasına sahip birçok işlem elemanından (sinir, nöron) oluşan paralel ve dağıtık bilgi işleme yapılarıdır. YSA'lar gerçek dünyaya ait ilişkileri tanıyabilir. Sınıflandırma, kestirim (tahmin) ve fonksiyon uydurma gibi görevleri yerine getirebilirler. Bunların genel ilişkilerle, ayırık örnekler arasındaki boşluğu birbirlerine bir köprü gibi bağlandığını söylemek yanlış olmaz. YSA'ların, ani değişken değerlerde örnekler alarak, doğrudan doğruya örneklerin birbirleri arasındaki benzer ilişkileri öğrenme yetenekleri vardır [78,79,80]. YSA'lar bir konuda veya olaydaki verilerden hareketle önceki bilgileri bilmeseyse bile sonuç çıkarma yetenekleri de vardır. Çünkü YSA'lar klasik programlama ile çalışmazlar. Bir YSA'nın geliştirilmesi, bilinen yazılım geliştirmeye benzemez [81,82].

Zaten aralarındaki en büyük fark, ağların bir işi yapmaları için eğitime gereksinim duymalarıdır. Bilindiği gibi klasik programlama böyle değildir. Bir ağ gerekli ilişkileri oluştururken, ağı geliştiren kişi bunun farkına bile varmaz. Ağ bu ilişkileri bulup yapar ve eğer bir örnek sonuç çıkaracaksa bunu da bulup ortaya çıkarır [83,84,85].

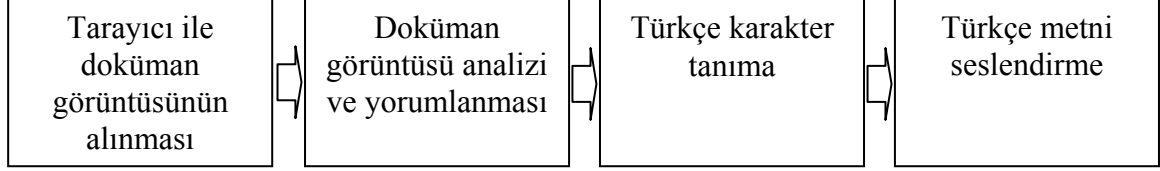
Günümüzde yapay sinir ağları üzerine araştırmalar ve kullanıldığı alanlar özet olarak şu şekilde sıralanabilir. Denetim, sistem modelleme, ses tanıma, el yazısı tanıma, parmak izi tanıma, elektrik işareti tanıma, karakter tanıma, meteorolojik yorumlama, otomatik araç denetimi, fizyolojik işaretleri (kalp) izleme, tanıma ve yorumlama, vb. Bu başlıklara ilave olarak, yapay sinir ağları, her türlü bilgiyi işlemek ya da analiz etmek amacıyla kullanılırlar. İş hayatı, finans, endüstri, eğitim ve karışık problemler bilim alanlarında, bulanık veya var olanları basit yöntemlerle çözülemeyen problemlerin çözümünde, doğrusal olmayan sistemlerde başarıyla uygulanmaktadır [86,87,88].

Yapay sinir ağlarının başlıca uygulama alanları, sınıflandırma, tahmin ve modelleme olarak ele alınabilir. Sınıflandırma, müşteri/pazar profilleri, tıbbi teşhis, imza tetkikleri, borçlanma/risk değerlendirmeleri, ses tanıma, şekil tanıma, spektrum tanımlaması, hücre tiplerinin sınıflandırılması gibi işlemler gerçekleştirilebilir [89,90].

2.4.2. Karakter Tanıma

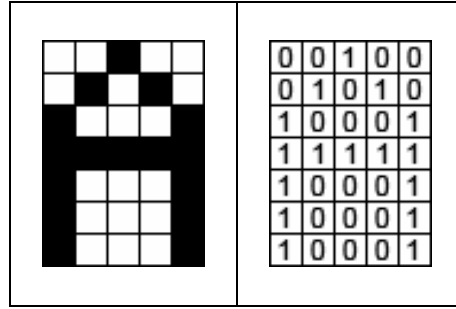
Bu kısımda, görme engelli bireylerin eğitimine yardımcı olmak amacıyla geliştirilen, YSA teknolojilerini kullanan ve karakter tanıma temeline dayanan doküman tanıma ve seslendirme sisteminde ihtiyaç duyulan, model karakter görüntülerinden özellik çıkartma metotları üzerinde durulmuştur. Olası kullanılabilir sinir ağları ve çalışmada gerçekleştirilen farklı yapıdaki karakter özellik verileri için oluşturulan yeni YSA modelleri üzerinden uygulamalar geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılımlar ile karakter eğitim kümeleri üzerinde farklı özellik çıkartma metotları ve farklı sinir ağı yapıları test edilmiştir. Öncelikle kullanılmakta olan yöntemler üzerinde durulmuş daha sonra çalışmada geliştirilen yenilikler gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar, sinir ağı yapısı ve karakter özellik verisi çıkartma metodu üzerinden analiz edilerek değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada, geliştirilen özellik çıkartma metotları ile birlikte, bu metotlara uygun olarak tasarlanan sinir ağı modelleri üzerinde durulmuştur. Yeni sinir ağı modelleri oluşturulmuş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çalışmada üzerinde durulan karakter tanıma kısmı Şekil 2.32’de gösterilen görme engelli bireyler için Türkçe doküman tanıma ve seslendirme sistemi blok diyagramının üçüncü bölümünü oluşturmaktadır.



Şekil 2.30. Türkçe doküman tanıma ve seslendirme sistemi blok diyagramı

Bilgisayar üzerinde oluşturulmuş olan her resim görüntüsü sayısal olarak kodlanmış bir yapıya sahiptir. Her sayısal veri bütünü modellemenin ve kolayca kullanmanın en iyi yolu veri dizisi veya matris biçimine ifade edilmesini sağlamaktır. Karakter görüntüleri de bilgisayar üzerinde bir resim görüntüsünün renkli veya siyah/beyaz birer parçası olduğuna göre, matris biçiminde kodlanmış bir yapıya sahiptirler. Örnek olarak Şekil 2.31, doğrusal matris yapısında oluşturulmuş bir karakteri ve bu karakterin siyah/beyaz (1/0) biçiminde modellenmiş veri düzenini göstermiştir [38,91,92].



Şekil 2.31. Karakter matrisi ve siyah/beyaz (1/0) veri düzeni

Karakter tanıma işlemi klasik matris yapısı üzerinden karşılaştırmalı bilgisayar mantığı ile de yapılabilir. Bu tür bir yaklaşımın hızlı ve kolay bir metod olmasına karşın gerçek sistemlerde uygulanabilirliği yoktur. Çünkü gerçek hayattaki verilerde sürekli olarak gürültü ve bozucu etkiler mevcuttur. Böyle bir ortamda aynı ‘A’ karakterinin tanınması gerektiğini varsayalım. Gürültü ve dış etkiler sebebiyle meydana gelebilecek değişimler bu metodun işlevliğini ortadan kaldıracaktır.

Çünkü bu metot giriş verisi ile çıkış verisi arasındaki uyumun tam olmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla sistem gürültülü bir ortamda yanlış bir sonuç üretecektir [93,94]. Fakat YSA yönteminin karakter tanıma işleminde klasik metotlara göre avantajlı yanları çok daha fazladır. Bu tür sorunlardan kurtulabilmenin yolu, görüntüdeki bütün pikselleri paralel olarak inceleyebilecek ve gürültüleri ihmal edebilecek yeni bir veri işleme sistemidir. Bu sistem, bilinen karakterlere benzeyen fakat gürültü nedeniyle bozuk olan şekilleri önceden öğrendiği şekillerden birinin özelliğine benzetebilmeli ve gürültüyü tamamen ihmal edebilmelidir. Bu özelliklerin gerçekleştirilebileceği sistemler de YSA'lardır [95,96].

Doğrusal özellik çıkarma yaklaşımında, sinir ağına öğretilen karakter görüntüleri üzerinden yapılan testlerde başarı oranının, karakterlerin normalize çözünürlüğü arttıkça düştüğü görülmüştür. Aynı zamanda, sinir ağının eğitim-işlem zamanının arttığı, dolayısıyla sinir ağı tanıma performansının düştüğü sonuçları elde edilmiştir. Yapılan testler, bu yöntemde ve diğer yöntemlerde 30x30 ve 50x50 karakter görüntüleri üzerinde gerçekleştirilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

2.4.3. Karakterlerin Alt Matrislere Ayrılması veya Bölünmesi ile Sinir Ağının ve Eğitim İşleminin Yeniden Düzenlenmesi

Karakterlerin çözünürlükleri arttıkça, bilgisayar üzerindeki görüntüleri daha da iyileşeceğinden kendi özelliklerini daha iyi belirtirler. Fakat bu durum doğrusal özellik çıkartma yaklaşımı üzerinde olumsuz bir etki yapar. En ideal karakter boyutları, görünüm ve özellik belirleme açısından düşünüldüğünde yaklaşık 50x50 boyutudur. Bu normalde, karakterler en az bozulma yaşarlar ve daha sağlıklı görüntüler elde edilir. Fakat sinir ağı tarafında ise farklı bir problem ortaya çıkar. $50 \times 50 = 2500$ giriş verisi üzerinden eğitim, sinir ağının büyümesine ve dolayısıyla daha geç cevap vermesine neden olur. Karakterlerin özelliğini koruması, uygun sinir ağı yapısının belirlenmesi ve özellik veri modeli çıkartma yaklaşımları üzerinde bu gibi sorunları ortadan kaldırmak için çalışılmaktadır [38,84].

Bu çalışmada, alt matrislere ayırma ve belirlenen eğitim özelliğine uygun bir sinir ağı yapısı oluşturmada farklı iki model geliştirilmiş ve test edilmiştir. İlk model için temel çalışma prensibi Şekil 2.32'te gösterilmiştir.

A															
0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

1	1
1	0

$11\ 10 = 0x2^0 + 1x2^1 + 1x2^2 + 1x2^3 = 14$
 $14/15 = 0.93333333333333$

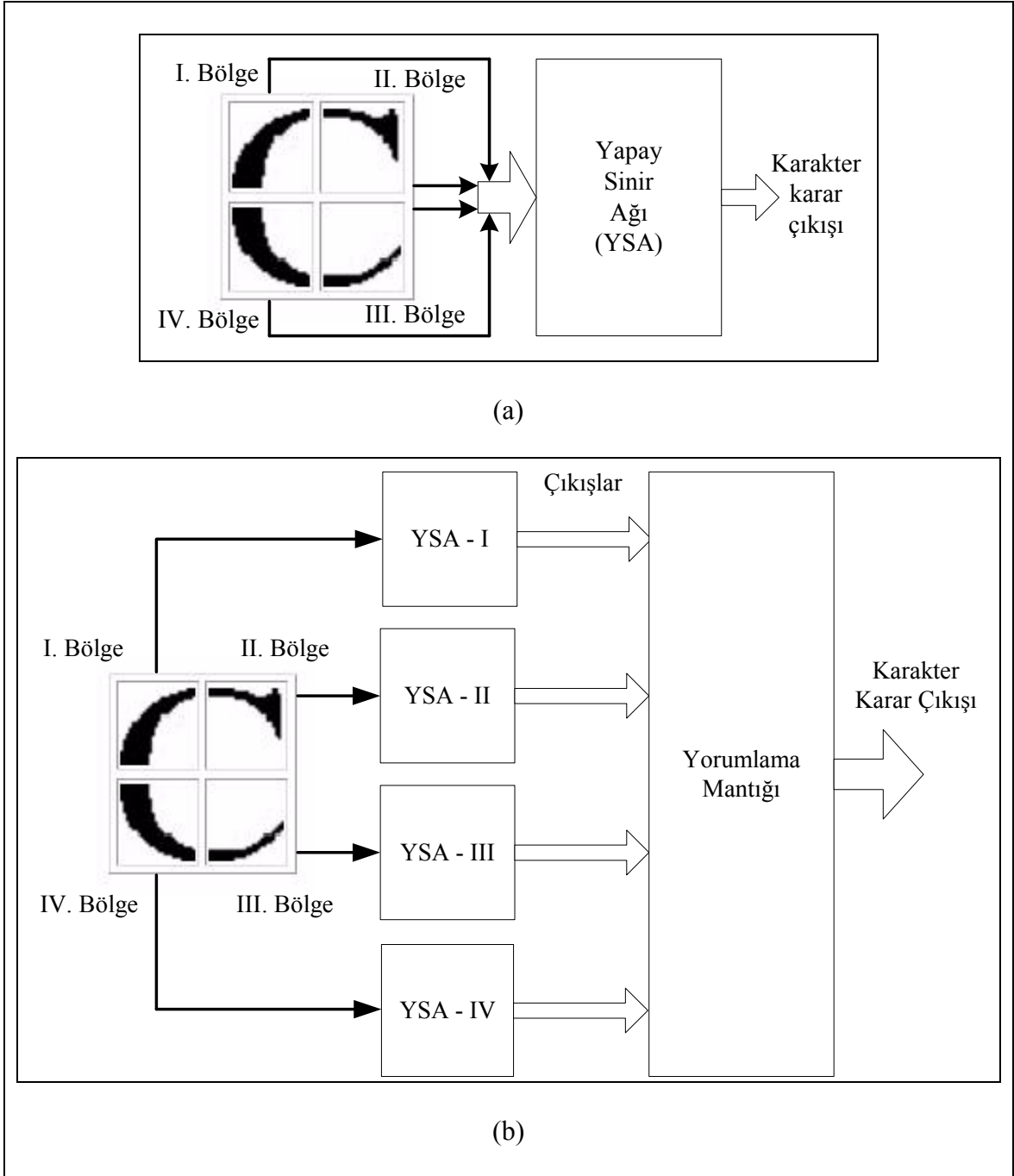
1	1
1	1

$11\ 11 = 1x2^0 + 1x2^1 + 1x2^2 + 1x2^3 = 15$
 $15/15 = 1$

Şekil 2.32. Alt matrislere ayrılmış karakter deseni yapısı

30x30 Türkçe karakterler üzerinde gerçekleştirilen testler neticesinde, sinir ağı tanıma performansının karakter sayısı ile ters orantılı olduğu sonucuna varılmıştır. Sinir ağına öğretilen karakterlerin sayısı arttıkça, tanıma yeteneği düşmektedir.

Çalışmada geliştirilen ikinci modelde ise, karakterler merkeze komşu dört adet dörtgene ayrılmıştır. Bu dörtgenlerin her biri, karakterin bir parçasıdır. Burada bir eğitim yöntemi geliştirilmiş ve böylelikle daha küçük sinir ağına daha az desen öğretilerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Her karakter dört parçaya ayrıldığında farklı karakterlerin, farklı parçaları arasında benzerlikler göze çarpar. Örneğin ‘O’ ve ‘Ö’ harfleri normalize edilmiş, ardından parçalara ayrılmış ve alt iki parçanın birbirinin yaklaşık aynısı olduğu görülmüştür. Bu nedenle geliştirilen eğitim karar algoritması sayesinde bu parçalar sinir ağına tekrar öğretilmemiştir. Aynı zamanda, 52x52 boyutlarındaki karakterleri doğrusal özellik çıkartma yöntemi ile sinir ağına uygulamak verimli olmadığı halde, bu yöntemle karakterlerin $\frac{1}{4}$ parçası doğrusal ya da alt matrislere kodlanarak sinir ağına sunulmuş ve kabul edilebilir oranda doğru sonuçlar elde edilmiştir. Parçalı modelleme yaklaşımında, normalde dörde bölünen 29 karakter için sinir ağına öğretilmesi gereken $29 \times 4 = 116$ adet karakter parça deseni varken, benzer parçaların aynı sonuçları pekiştirecek biçimde düzenlenmesi ve öğretilmesi sonucu farklı desen sayısı 80’e kadar düşmüştür. Şekil 2.33 (a)’da karakterlerin bölünmesi ve benzer parçaların belirlenmesinin ardından oluşturulan YSA eğitim yaklaşımının uygulanmasını göstermiştir [42].



Şekil 2.33 (a) Benzer bölümlerin belirlenmesi ve eğitimin düzenlenmesi
 (b) Bölümlendirilen karakter görüntülerinin farklı sinir ağları ile tanınması

Bu yöntemde kullanılacak farklı bir eğitim yaklaşımı ise, parçalara ayrılmış karakterlerin doğrusal ya da kodlanmış olarak toplam yaklaşık 80 parça deseni üzerinden, bir tek sinir ağı yapısına değil, dört farklı sinir ağına öğretilerek sonuçların yorumlanmasıdır.

Karakterlerin, I., II., III. IV. biçiminde isimlendirilen bölgelere ayrılması ve her bölgenin kendi sinir ağına öğretilmesi sonucunda, ağ büyüklüklerinde değişim olmamakla birlikte, her sinir ağına öğretilecek farklı desen sayısı ortalama $\frac{1}{4}$ oranında azalma göstermiştir. Böylelikle sinir ağlarının öğrenme ve hatırlama özellikleri daha etkili çalışmıştır. Şekil 2.33 (b)'deki model, dört karakter bölümünün farklı sinir ağlarına uygulanmasını ve sonuçların karaktere karar vermek üzere yorumlanmasını göstermiştir. Burada dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan bir tanesi de, eğitilmekte olan sinir ağlarının, karakterleri tanımak üzere nasıl bir çıkış durumu üzerinden doğrulanacağıdır. Geliştirilen uygulama programlarının çalışma biçimine göre değişme göstermekle birlikte, son olarak üzerinde durulan parçalı sinir ağı modeli dışındaki tekniklerde, ağ yapıları çıkış olarak, Türkçe karakterlerin de içerisinde bulunduğu 9 bitlik özel bir kod yapısı üzerinden eğitilmiştir. Böylelikle ASCII (American Standart Code for Information Interchange) kod tablosunda olmayan Türkçe karakterler, özel olarak tespit edilmiştir. Normal karakterler ise kendi ASCII kodları üzerinden eğitilmiştir. Tablo 2.1, Türkçe karakterleri de içeren özel sinir ağı çıkış eğitim durumlarını göstermiştir [38,84].

Tablo 2.1. Yapay sinir ağının eğitimi için hedef çıkış değerleri

Büyük harfler		Küçük harfler	
001000001-A	001001101-M	001100001-a	001101101-m
001000010-B	001001110-N	001100010-b	001101110-n
001000011-C	001001111-O	001100011-c	001101111-o
100000001-Ç (257)	100000100-Ö (260)	100000111-ç (263)	100001010-ö (266)
001000100-D	001010000-P	001100100-d	001110000-p
001000101-E	001010010-R	001100101-e	001110010-r
001000110-F	001010011-S	001100110-f	001110011-s
001000111-G	100000101-Ş (261)	001100111-g	100001011-ş (267)
100000010-Ğ (258)	001010100-T	100001000-ğ (264)	001110100-t
001001000-H	001010101-U	001101000-h	001110101-u
001001001-I	100000110-Ü (262)	001101001-i	100001100-ü (268)
100000011-İ (259)	001010110-V	100001001-ı (265)	001110110-v
001001010-J	001011001-Y	001101010-j	001111001-y
001001011-K	001011010-Z	001101011-k	001111010-z
001001100-L		001101100-l	

Görüldüğü gibi ASCII kod karşılığı olan karakterler, bu kodlar üzerinden sinir ağına öğretilmiş, fakat ASCII kod karşılığı olmayan Türkçe karakterler bu yapıya uygun üretilen ve yazılım sırasında da kontrol edilecek özel kodlarla eğitim işleminde kullanılmıştır. Parçalı sinir ağı modelinde ise, karakterler, yorumlama mantığında, önceden veri tabanına kayıt edilen sinir ağı çıkışı kod yapıları üzerinden karşılaştırma yapılması yolu ile tanınmıştır. Karakterlerin birden fazla sinir ağı üzerinden ürettiği sonuçların değerlendirildiği son yöntem de ise, çıkış karakter verileri daha farklı bir yapıya sahiptir.

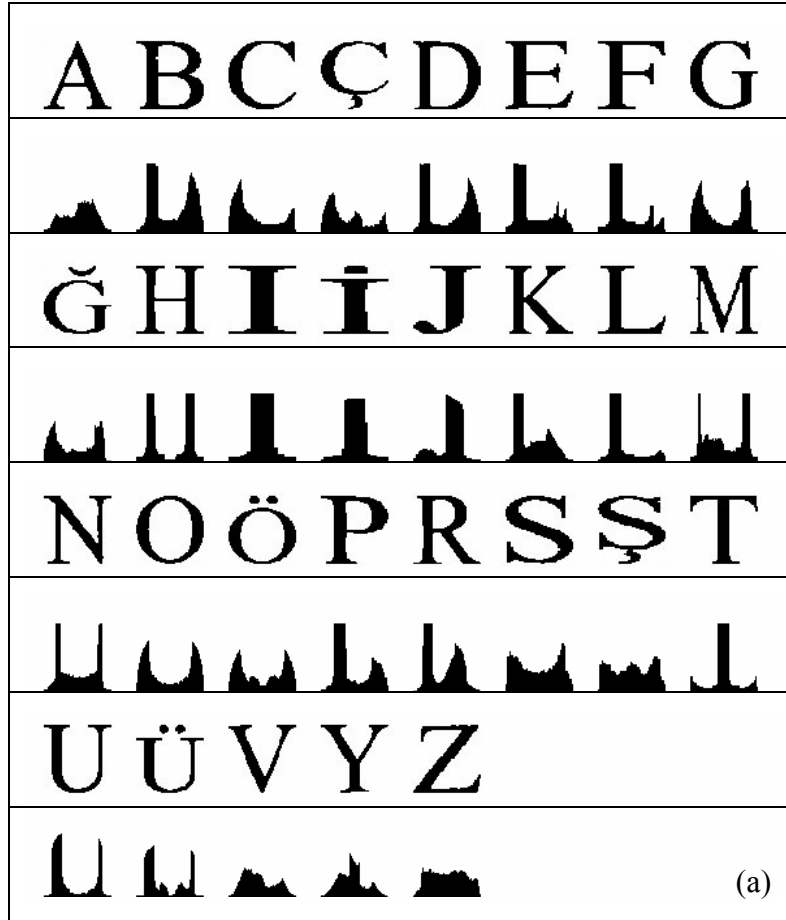
Öncelikle her karakterin bölümlendirilmesinden sonra, I., II., III. ve IV. bölgelere düşen farklı karakter parça görüntüsünün toplam sayısı hesaplanır. Bu sayı yaklaşık olarak 80'dir. Her bölgeye öğretilecek desen modelinin çıkış değerine 80 sayısını sağlayabilecek, farklı desen numarasına bağlı olan ikili temelde 7 bitlik kod yapıları atanır.

'C' harfi için;	'Ç' harfi için;
I. Bölge çıkış değeri : 0001000, II. Bölge çıkış değeri : 0001001, III. Bölge çıkış değeri : 0001010 ve IV. Bölge çıkış değeri : 0001011 dir.	I. Bölge çıkış değeri : 0001000, II. Bölge çıkış değeri : 0001001, III. Bölge çıkış değeri : 0001100 ve IV. Bölge çıkış değeri : 0001101 olur.

Buradan da görüldüğü gibi, 'C' ve 'Ç' harflerinin I. ve II. bölge çıkış değerleri aynıdır. Çünkü karakter parçaları yaklaşık olarak aynı biçimdedir. Bu nedenle de farklı bir desenmiş gibi YSA-I ve YSA-II yapılarına tekrar öğretilmezler. Böylelikle sinir ağlarının yükü hafifletilmiş olur. Son durum olan Karakter Karar Yorumlama Mantığı işleminde ise, sırası ile hangi karakterin YSA yapılarından hangi çıkışları vereceği önceden belirlendiği için, doğrusal karşılaştırma ile karakterin hangisi olduğuna rahatlıkla karar verilebilmiştir. İşlem yoğunluğu olarak daha karmaşık bir yapıya sahip olması, bu yöntemin daha az etkin olabileceğini düşündürse de, yapılan testlerde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu yaklaşımda, karakter görüntüleri üzerinde yapılan testlerde tanıma başarısı, karakter sayısına bağlı olarak değişme göstermekle birlikte, düşük karakter sayılarında büyük oranda doğru sonuçlar üretilmiştir.

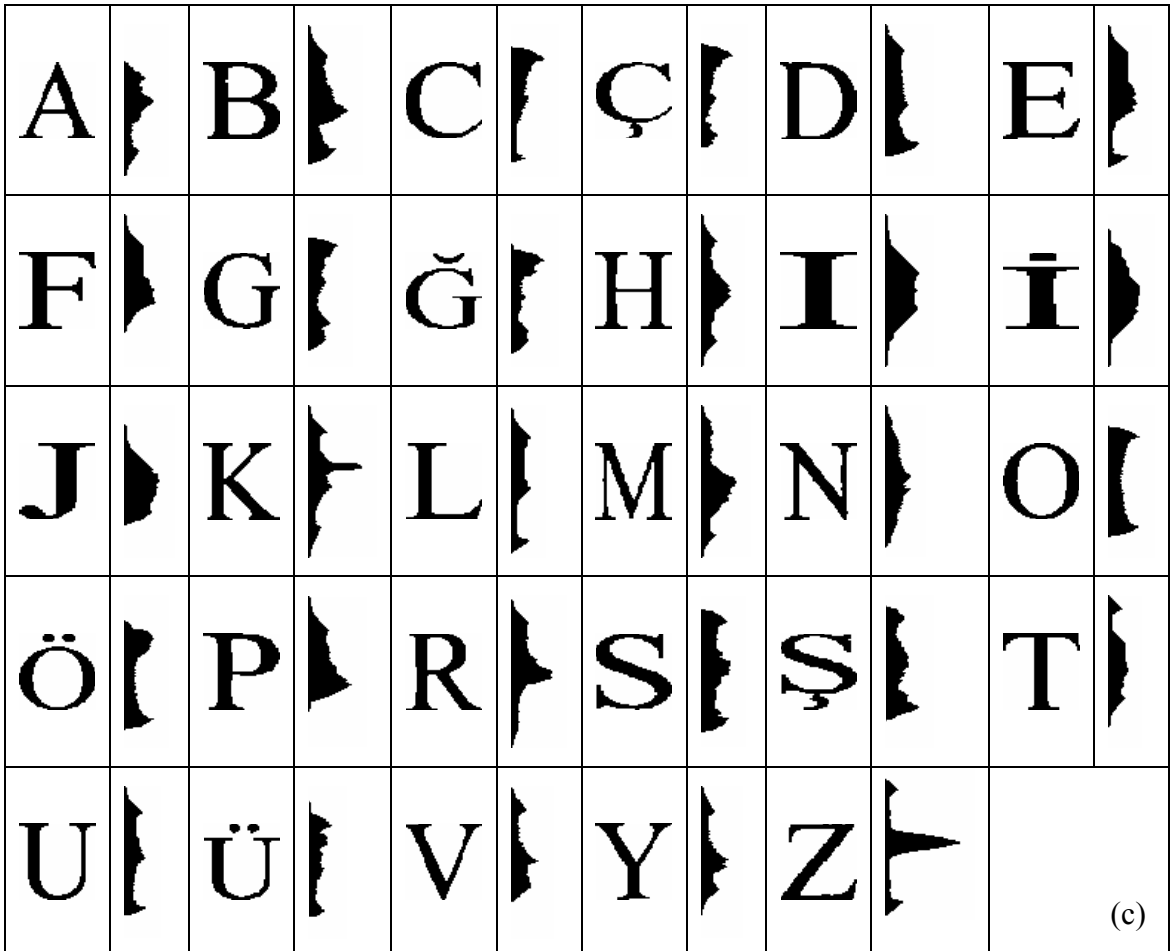
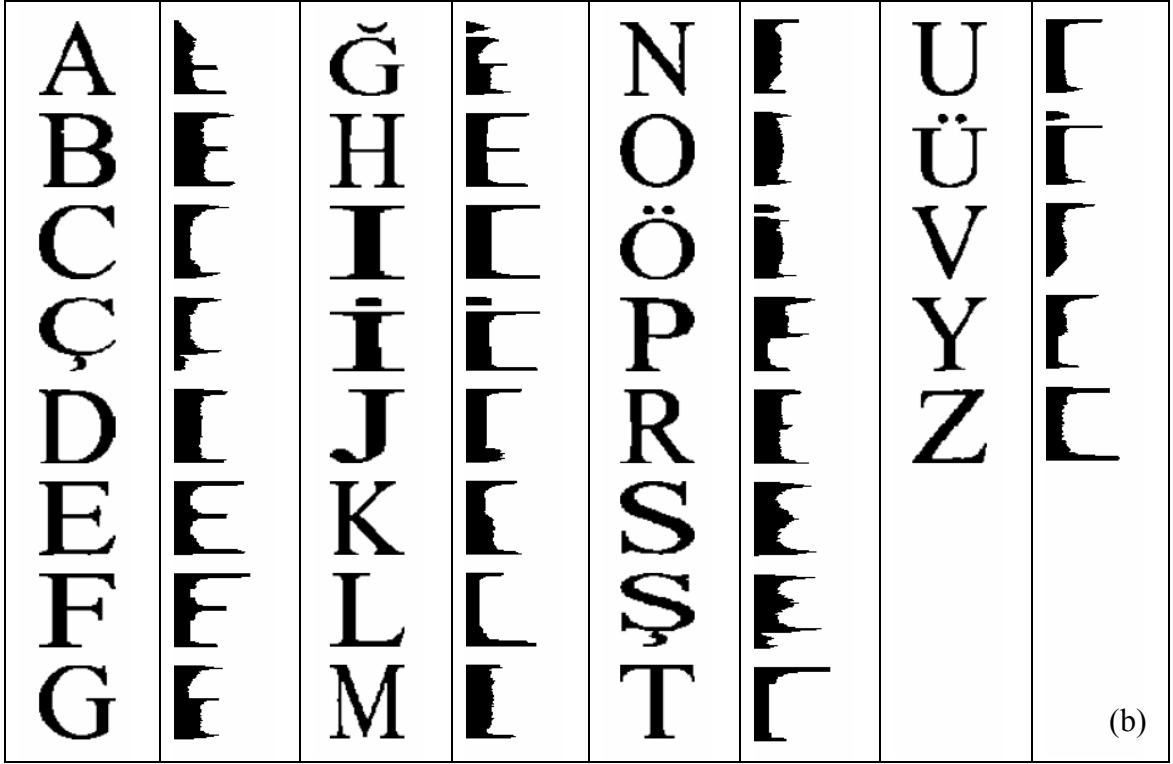
2.4.4. Karakterler Üzerinde Yatay, Düşey ve Diyagonal Olmak Üzere Üç Açılı İzdüşüm Alma Yöntemleri ile Özellik Modelleri Oluşturmak

Karakter tanıma uygulamaları için çalışmada geliştirilen ve sonuçları değerlendirilen diğer bir yaklaşım da, karakterler görüntüleri üzerinde yatay ve/veya düşey biçimde izdüşümlerin alınması yoluyla elde edilen özellik veri dizileri oluşturma yöntemidir. Bu yöntemle, karakterlerin, kullanıcı tarafı yorumlamalara cevap verebilecek düzeyde birbirinden ayırt edilmeleri mümkün olmuştur [97,98,99]. Uygulanan görüntü işleme filtreleri sonucunda, bozulmalardan ayıklanan karakter görüntüsü ilk olarak düşey izdüşüm program bloğunda işlenir. Bu işlemler sonucunda oluşturulan veri dizileri görsel olarak ifade edilebilir biçimde düzenlendiğinde, Şekil 2.34 (a)'daki kullanıcı tarafında ayırt edici özellik olarak yorumlanabilen görüntüler ortaya çıkmıştır.



Şekil 2.34 (a) Karakter görüntülerinin düşey izdüşüm özellikleri
 (b) Karakter görüntülerinin yatay izdüşüm özellikleri
 (c) Karakter görüntülerinin diyagonal izdüşüm özellikleri

Şekil 2.34'ün devamı



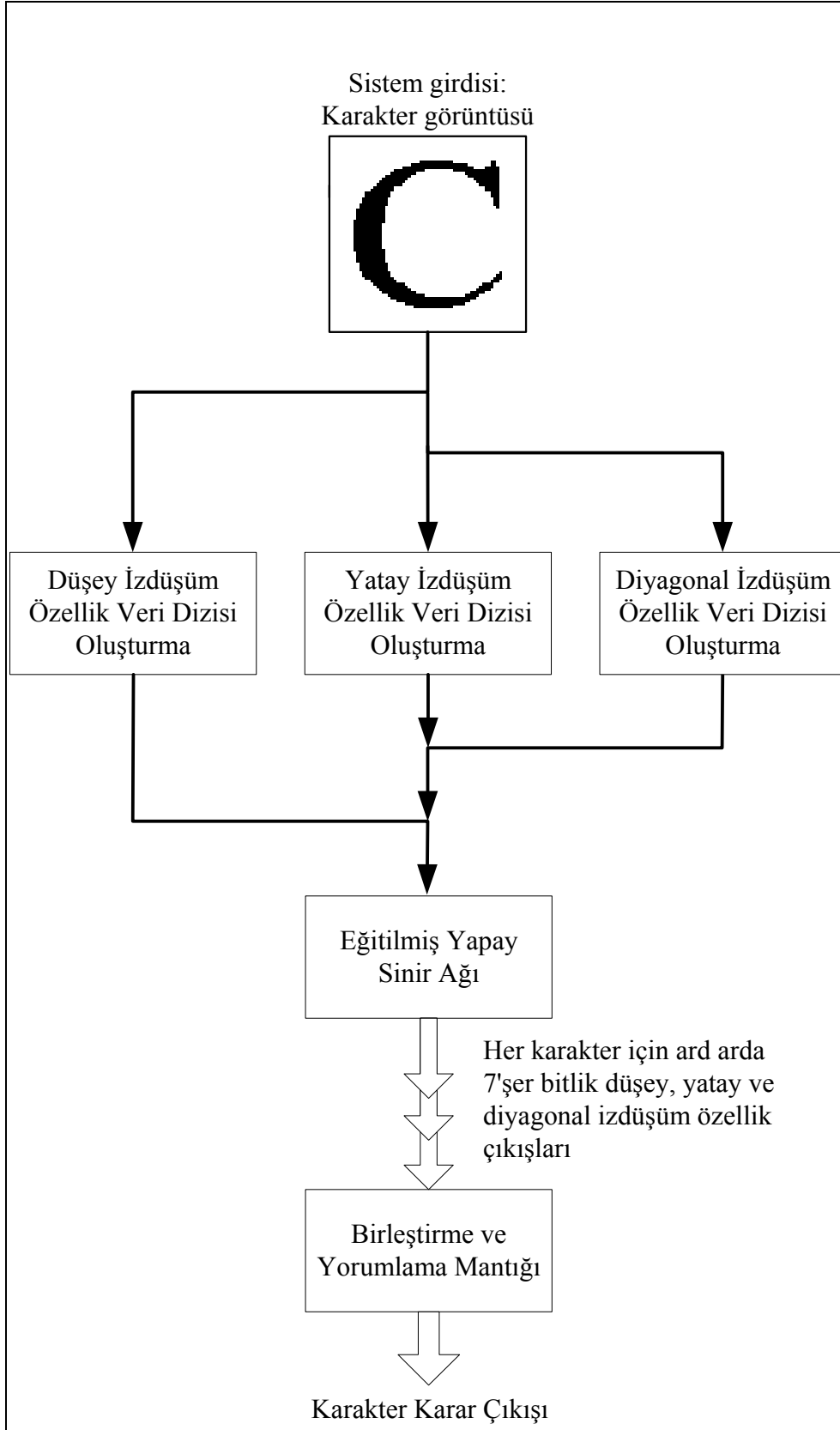
Görüldüğü gibi birçok karakter sadece bu yaklaşım neticesinde birbirinden ayırt edilebilecek görsel şekillerle ifade edilebilir duruma getirilememiştir. Bu yöntemle birlikte kullanılan yatay ve diyagonal izdüşüm özellik çıkartma yaklaşımları, karakter görüntüleri üzerinde daha sağlıklı ayırt edici özellikler elde edilmesini sağlamıştır. Şekil 2.34 (b)'de gösterilmiş olan aynı karakter görüntüleri için yatay ve Şekil 2.34 (c)'deki 45 derecelik diyagonal izdüşüm özellik görüntüleri, Şekil 2.34 (a)'daki görüntüler ile bir araya getirildiğinde, birbirinin aynısı olan özellik görüntü kombinasyonuna sahip karakter kalmamıştır. Böylelikle karakterler daha sağlıklı bir şekilde birbirinden ayırt edilebilmiş ve bu durum uygulama geliştiricilere görsel olarak ifade edilebilmiştir.

Örnek olarak Şekil 2.34 (a)'da 'E' ve 'F' harflerinin düşey izdüşüm özellik görüntüleri yaklaşık aynı çıkmışken, karakterler Şekil 2.34 (b)'deki yatay ve Şekil 2.34 (c)'deki diyagonal özellik modellerinin eklenmesi yoluyla değerlendirildiğinde farklı oldukları görülmüştür. Çalışmada geliştirilen bu özellik çıkartma yaklaşımları neticesinde karakterler birbirinden ayırt edilebilecek özellik veri dizilerine dönüştürülmüştür.

YSA'nın eğitimi işlemi için gereken giriş vektörleri, bu yöntemde düşey ve yatay izdüşümler için ayrı ayrı olmak üzere 52×52 boyutlarına normalize edilmiş karakter görüntüleri için, tek boyutlu 52 elemanlı birer dizidir. Diyagonal izdüşüm veri dizisi ise 52×52 boyutlarına normalize edilmiş karakterler için tek boyutlu ve 103 elemanlıdır. Burada özellik çıkartma işleminin ardından dikkat edilmesi gereken ikinci önemli nokta, eğitim kümesinin belirlenmesidir. Şekil 2.34'deki düşey, yatay ve diyagonal izdüşüm özelliklerinin hangileri, hangi çıkışın eğitimde kullanılacaktır. Her karakterin izdüşüm özelliğine, 7 bitlik bir çıkış kodu atanır. Benzer izdüşüm özellikleri aynı çıkış üzerinden eğitilir.

Anahtar nokta, bir karakterin düşey, yatay ve diyagonal izdüşüm özellikleri sinir ağına ard arda uygulandıktan sonra, elde edilen üç kodun birleşiminin hangi karakteri işaret ettiğinin belirlenmesidir. Böylelikle karakterin hangisi olduğu tespit edilmiş olur. Sinir ağı eğitimi için gereken, eğitim kümesi ise farklı bir yolla belirlenir. Düşey, yatay ve diyagonal izdüşüm özelliklerinden farklı olanlar için farklı, benzer olanlar için ise aynı çıkış hedef değerleri üzerinden gruplanan giriş vektörleri ile eğitilen YSA, benzer desenlerin tekrar öğretilmemesi sonucunda daha sağlıklı ve tutarlı cevaplar vermiştir.

Düsey izdüşüm özelliği birbirine benzeyen ‘E’ ve ‘F’ karakterlerinin bu özellikleri aynı hedef çıkışı pekiştirecek biçimde sinir ağının eğitiminde kullanılır. Aralarındaki farkı belirleyen, ikinci özellikleri olan yatay izdüşümleridir. Çünkü yatay izdüşümler farklı çıkış kodları üzerinden sinir ağına öğretilmiştir. Bütün uygulamalarda olduğu gibi, geliştirilen bu yöntem de ileri beslemeli geri yayılımlı YSA üzerinde test edilmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. YSA çıkışlarının karakteri belirlemesi ise, parçalı sinir ağı modelindeki yorumlama mantığı ile sağlanır. Şekil 2.35, karakter izdüşüm özellik veri modellerinin elde edilmesi ve sinir ağına uygulanarak karakterin tanınması işlemlerinin gerçekleşme yapısını göstermiştir. Karakterlerin üç açılı izdüşüm yönteminde, birbirinden ayrılabilirdiği fakat, sisteme öğretilen toplam desen sayısının artması nedeniyle sinir ağının tanımada hatalar yaptığı sonucuna varılmıştır. Düşük sayıda karakter desenleri için kullanılabilir bir yöntemdir.

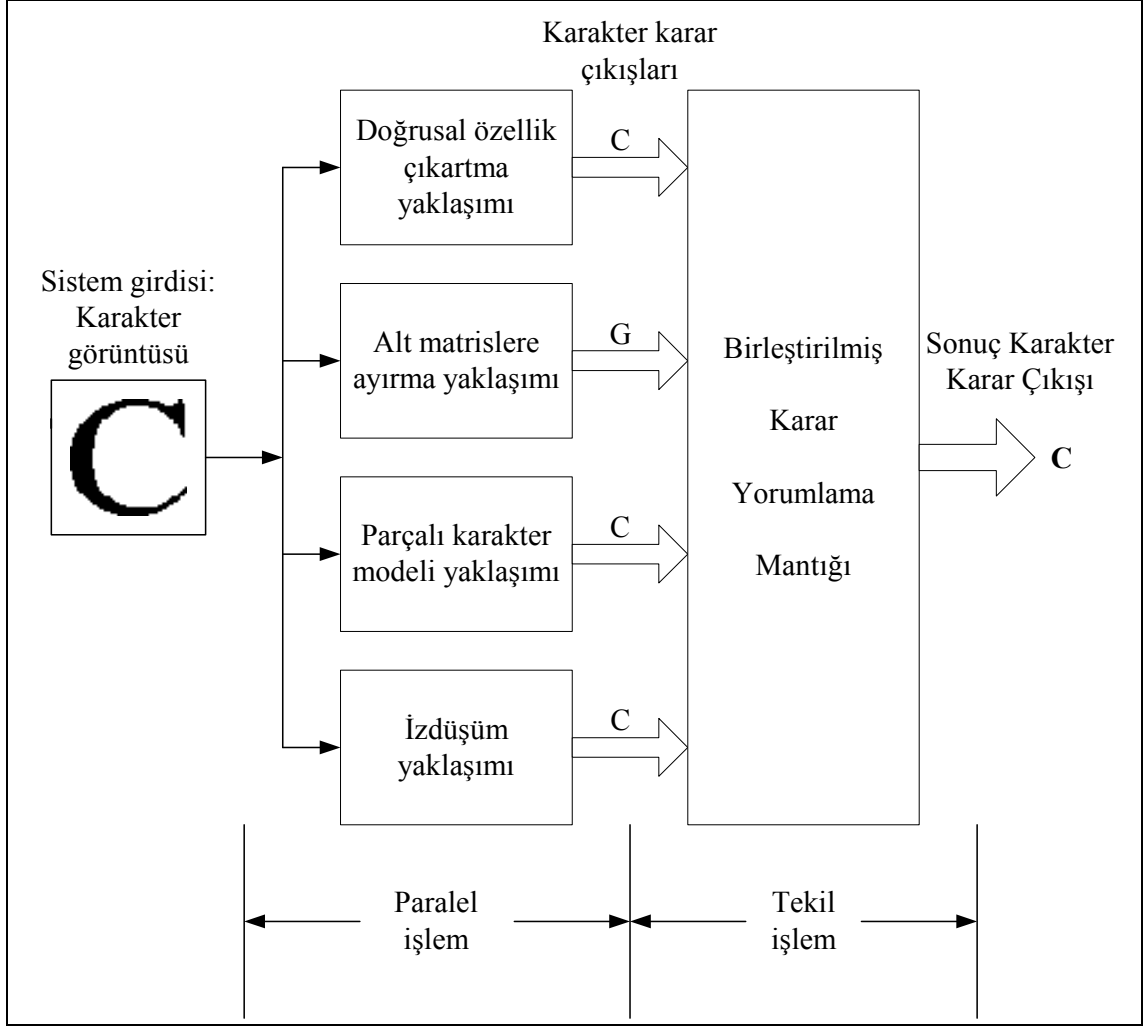


Şekil 2.35. İzdüşüm özelliklerinin sinir ağına uygulanması ve karakterin tanınması

2.4.5. Geliştirilen Özellik Çıkartma Yaklaşımlarının Birleştirilmesi Sonucu Oluşturulan Yeni Model

Karakter tanıma uygulamalarında kullanılmak üzere çalışmada geliştirilen özellik çıkartma yöntem ve teknikleri bağımsız olarak kullanıldıklarında büyük oranda doğru sonuçlar vermekle birlikte, yine çalışmada test edilen diğer bir yaklaşım ile işlem yoğunluğu artsa da bu yöntemlerin bir arada kullanılmasını içermektedir. Geliştirilen yeni modele göre, karakter görüntüleri doğrusal, alt matris, parçalı karakter yapısı ve izdüşüm yöntemlerine paralel olarak sunulur. Her sistem kendi içerisinde yukarıda anlatıldığı gibi çalışır, fakat ek olarak geliştirilen bir karar mekanizması ile dört sistemin karakter için verdiği çıkış durumları birleştirilir ve çoğunluk teorisi yoluyla karakter daha doğru bir şekilde tanınır. Bu sayede yukarıda adı geçen ve çalışmada ayrıca geliştirilen yöntemlerin tek olarak sağlayabileceği doğruluk oranı, birleştirilmeleri yoluyla çok daha fazla miktarda artar. Yapılan testler sonucunda, karakter kararları verilen görüntülerde, belirli desen sayısı üzerinden eğitilen sistem için, başarı oranı yüksektir. Karakter görüntülerinden, tanıma işlemini gerçekleştiren birleşik özellik metodu için geliştirilen sistemin yapısı Şekil 2.36'da gösterilmiştir. Sistem, bir merkezi işlem birimine sahip bilgisayarlar üzerinde gerçek zamanlı çalışmalara uygun bir çözüm sunamadığından, sınırlı bir yöntemdir.

Günümüzde standart bilgisayar karakterlerini tanımak, el yazması karakterlere göre daha kolay iken, el yazması ile yazılan karakterlerin binlerce çeşit olabilmesinden dolayı, tanımak zor ve kısıtlıdır. Yazılımda geliştirilen doğrusal, alt matris, parçalı karakter yapısı ve izdüşüm yöntemlerinde bilgisayar karakterleri üzerinden tanıma gerçekleştirilmiştir. Tüm özellik çıkartma yöntemlerinde kullanılan ileri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağı yapısında, gizli katmandaki sinir miktarı ağıın hatırlaması ve hızı üzerinde çok etkilidir. Gizli katmanlardaki sinir sayısının fazlalığı eğitim işleminin fazla zaman almasına neden olurken ağıın hatırlama kabiliyetini aynı oranda artırmaktadır. Ancak, iyi bir eğitim sonrasında da gizli katmandaki sinir sayısının az olması ağıın hatırlama kabiliyeti üzerinde fazla etkili olmamaktadır.



Şekil 2.36. Birleştirilmiş karakter özellik çıkartma ve tanıma mekanizması

2.4.6. Doküman Görüntülerindeki Metinler İçin Yeni Tanıma Algoritması

Bu çalışmada yapay sinir ağı tekniği kullanılarak geliştirilen karakter tanıma, özellik çıkartma yaklaşımları ve özel sinir ağı modelleri, programlama ortamında, karakter görüntüleri üzerinde test edilmiş ve elde edilen sonuçlar üzerinden, geliştirilen algoritmanın geçerliliği değerlendirilmiştir. Karşılaşılan en önemli sorun, YSA üzerine inşa edilen yöntemlerin tamamında, öğretilen ve sorgulanan karakter desen sayılarının artış göstermesinin, sinir ağı performansını olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Bu nedenle, geliştirilen yöntemler test aşamasından ileriye gidememiştir. Sonuç olarak bu yöntemlerin dışında, bilgisayar ortamına alınan görüntüler üzerinde %100'e yakın sonuçlar üretebilen farklı bir tanıma algoritması geliştirilmiştir.

Bu tanıma algoritması, temel olarak sinir ağı tekniğine benzer bir mantıkla çalışmakla birlikte, daha önceden sinir ağına bağlantı ağırlıklarının güncellenmesi yoluyla öğretilen ve sorgulanan karakter desenleri, bu yöntemde bir veri tabanı üzerinde saklanmakta ve dinamik olarak sorgulanmaktadır. Karakter görüntülerinin tanınması işlemi, veri tabanında bulunan karakter görüntüleriyle benzerliklerinin araştırılması temeli vardır. Doküman görüntülerinden elde edilen ve 30x30 boyutlarına normalize edilen karakter görüntüleri, daha önceden benzer şekilde aynı boyutlarla veri tabanına kayıt edilen karakter görüntüleriyle karşılaştırılmaktadır. Bu işlemde, karakter tanıma doğruluk performansı, kayıtlı olan karakter fontu için en düşük benzerlik yüzdesiyle tanımlanır. Örnek olarak, farklı doküman görüntülerinin, farklı tarama işlemi ile bilgisayar ortamına aktarılması sonucu elde edilen ve 30x30 boyutlarına normalize edilen 'A' gibi bir karakterin iki örneği için; karakter görüntülerinin örtüştürülmesi sonucu, piksel bazında yapılan karşılaştırma ile belirli bir yazı fontunda toplam 900 özellik noktası belirlenir ve en düşük benzerlik oranı yaklaşık olarak %85, en yüksek benzerlik oranı ise yaklaşık %98 olarak tespit edilmektedir. Veri tabanında kayıtlı olan bir veya daha fazla yazı fontuna sahip örnek karakter modellerinin sayısında meydana gelen artış (sinir ağındaki eğitim desen sayısındaki artışa benzer durum), karşılaştırmada çok düşük düzeyde zaman kaybına neden olsa da, bu karşılaştırmaların bellekte dinamik olarak yapılması ve günümüz işlemci teknolojisinin işlem yoğunluğu açısından sınırlılık ortaya çıkarmaması, bu yöntemin kullanılabilirliğini olumlu yönde etkilemektedir. Böylece, bu çalışmada geliştirilen bu yöntem ile karakter tanıma işlemi daha verimli bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

2.5. Türkçe Metinleri Bilgisayar Ortamında Seslendirme

2.5.1. Giriş

Türkçe metinler üzerinde kullanılmakta olan iki tür seslendirme yaklaşımı mevcuttur. Birincisi, Ses Kodlama adı verilen yöntemdir. Kelimeyi oluşturan ses, bilgisayar ortamında sinyal işleme yöntemleri ile geliştirilir ve okunur. Bu işlem yapısı gereği biraz karmaşık ve zordur. Fakat dijital olarak istem üzerine kodlanan ses daha parametrik olduğundan vurgu, uzatmalar ve inceltmeler daha başarılı bir şekilde yapılabilmektedir. Daha kolay olan ikinci yöntem ise, kelimeyi oluşturan ses, hecelerini oluşturan sesler birleştirilerek elde edilir. Bu yöntemde üretilen ses daha gerçekçidir.

Bu yöntem için, kullanılması muhtemel hece sesleri çalışma sırasında erişilebilir bir veri tabanında kayıtlı olmalıdır. Okuma işlemi gerçekleştirilecek dil Türkçe olduğunda, bu iki yöntem çözüm üretebilir. Diğer diller için (İngilizce gibi) geliştirilen okuma yaklaşımları, yapısı gereği dilimize uygun değildir. Bu çalışmada hece temelli okuma yöntemi kullanılmıştır ve geliştirilmiştir. Kelimeler, kendilerini oluşturan hecelerin daha önceden kayıtlı olan ses dosyalarının birleştirilmesi yoluyla okunmuştur. İlerleyen kısımlarda hece temelli seslendirme yaklaşımı yazılımlar geliştirebilmek için gerekli olan temel bilgiler üzerinde durulmuştur [100]. Yazılımın geldiği son aşamada, daha iyi bir okuma için Türkçe ses sentezleme modülü hece tabanlı seslendirme tekniği yerine kullanılmıştır.

2.5.2. Türkçe Metni Seslendirme

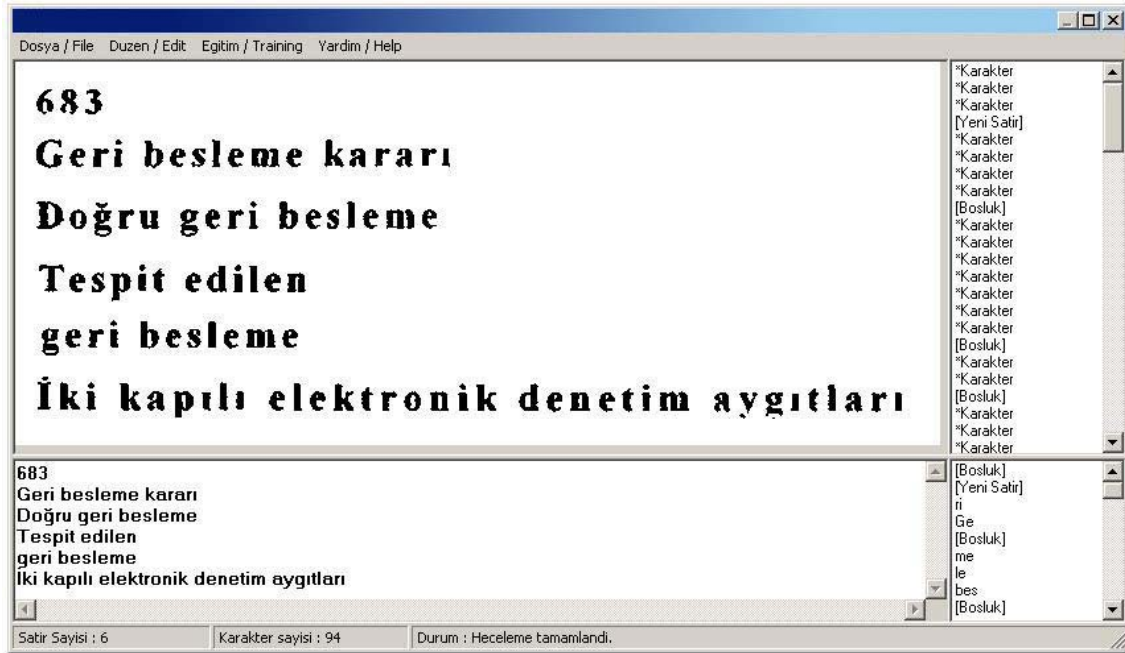
Karakter tanıma işleminin ardından oluşturulan hazır-metinler, seslendirilme amacıyla, geliştirilen hece tabanlı okuma yaklaşımına uyum sağlaması açısından cümleleri oluşturan kelimeler üzerinden hecelenir. Bu çalışmada iki farklı Türkçe kelime heceleme yaklaşımı geliştirilmiştir. İlk heceleme algoritması aşağıdaki biçimde çalışır. Hecelenecek kelime, “Mimari” olsun. Önce kelimenin her harfine sıfırdan başlayarak numaralar verilmiştir. Daha sonra ilk sesli harften başlanarak sesli harfin sağındaki iki ve solundaki bir sessiz harfle birlikte bölümlendirilmiştir. (012 – 234 – 45) İki bölüm arasında, eğer önceki bölümün sonunda ve sonraki bölümün başında var olan aynı karakter varsa önceki bölümdeki karakter silinmiştir. Kelime doğru bir şekilde hecelerine ayrılmıştır. Türkçe kelimeler üzerinde ~%100'lük bir başarı elde edilmiştir. Şekil 2.37, sayı tabanlı heceleme yönteminin özellikleri gösterilmiştir.

M i m a r i	0 1 – 2 3 – 4 5
0 1 2 3 4 5	M i - m a - r i

Şekil 2.37. Sayı tabanlı heceleme algoritmasının çalışması

İkinci heceleme yöntemi ise daha farklı çalışır. Hecelenecek kelimenin, sondan başlanarak elde edilen her hecesinin kelimedeki alınması temeline dayanır. Son sesli harf sağındaki tüm sessizleri almıştır. Solundaki diğer sesliye kadar bir sessiz varsa bir sessizi, iki sessiz varsa ve üçüncü de sesiz ise iki sessizi, üçüncü sesli ise bir sessizi almıştır. Alınan her kısım kelimedeki de alınmıştır. Aşağıdaki örnek heceleme algoritmasını açıklamıştır. Hecelenecek kelime, “Mimari” olsun. Son sessiz: i, Alınan hece: *ri*; Kalan kelime: Mima; Son sessiz: a, Alınan hece: *ma*; Kalan kelime: Mi, Alınan hece: *Mi*. Kelime doğru olarak hecelenmiştir. Yapılan testlerde, ~%100’lük bir başarı elde edilmiştir ve bu yöntem daha hızlı çalışmıştır.

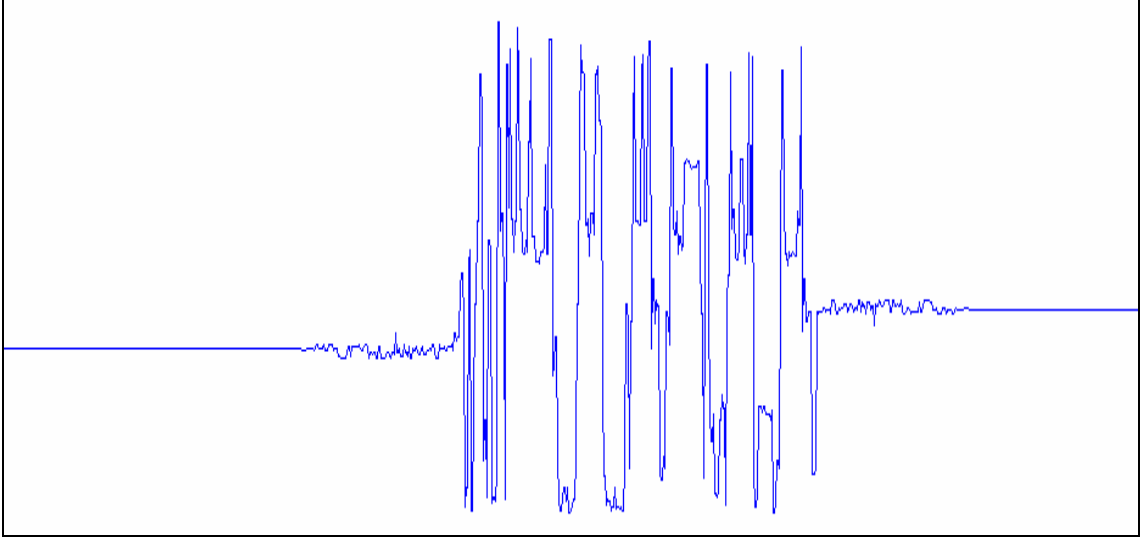
Metin dönüşümü ve heceleme işlemlerinin ardından doküman resmi metin biçiminde seslendirilme işlemine hazır hale gelmiştir. Okunacak metin cümle, kelime ve hece analizinden sonra liste biçiminde saklanmıştır. Metinde karakter olmayan her yer, programda boşluk olarak değerlendirilmiştir. Noktalama işaretleri de buna dahildir. Açıklama ekleriyle ([Boşluk], [Yeni Satır] gibi) metnin hece listesi okuma işleminde kullanılmak üzere elde edilmiştir. Okuma işlemi bu liste üzerinden gerçekleşmiştir. Görüntü, metin ve hece analizi işlemlerinden sonra, bu işlemlerin üzerinde gerçekleştiği doküman resmi ve yazılımın ekran görüntüsü Şekil 2.38’de gösterilmiştir.



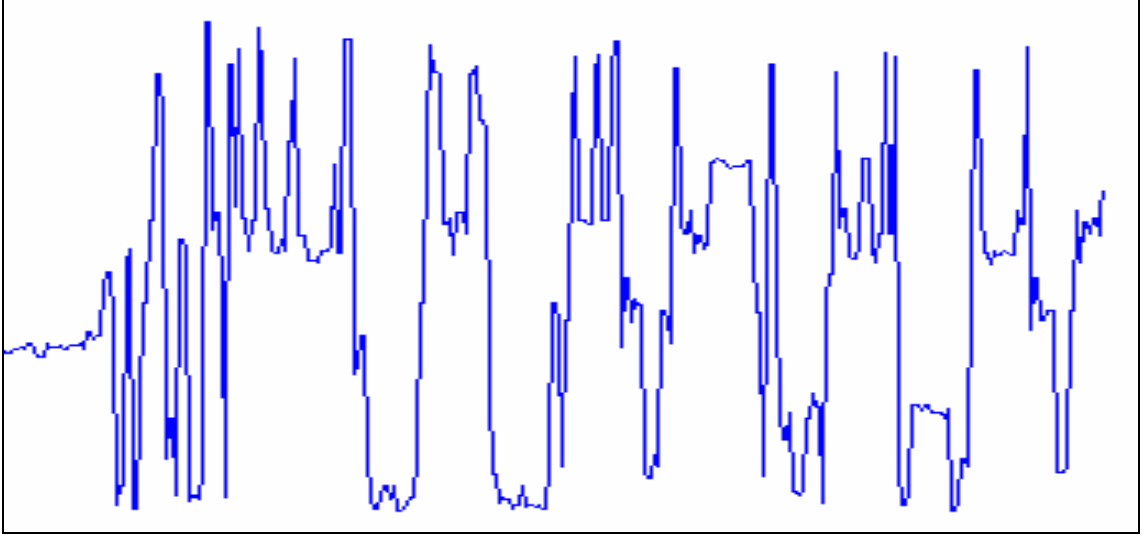
Şekil 2.38. Görüntü analizinden sonra metin dönüşümü ve seslendirme için hece analizi

Hazır metni okumak için kullanılacak yöntem daha önce belirtilmişti. Ancak bu yöntem kullanılırken dikkat edilecek bazı hususlar vardır. Örneğin en basit anlamdaki okuma, kayıtlı hece seslerinin veri tabanından alınarak ard arda seslendirilmesi ile gerçekleşir. Fakat kaydedilen hece seslerindeki gereksiz ve bozuk kısımlar okuma kalitesini etkiler. Bu nedenle işlem hece seslerini kaydettikten sonra, onları düzenlemekle başlamıştır. Şekil 2.39, bir ses yapısının başta ve sonda sahip olduğu gereksiz kısımları göstermiştir. Şekil 2.40 ise bu kısımlar kesildikten sonraki durumunu göstermiştir.

Bu kesme işlemi program çalışırken dinamik olarak bir algoritma vasıtası ile yapılabilir. Burada programın ayrıca zaman harcamasını engellemek amacıyla, kesme işlemi hece sesleri kaydedilirken yapılmıştır. Kaydedilen her hece sesi veri tabanından çağrılmış, kelimeyi oluşturan sesler dinamik olarak ard arda eklenerek okunmuştur. Artık daha kaliteli bir okuma elde edilmiştir. Şekil 2.41, dinamik olarak birbirine eklenmiş hece seslerini göstermiştir.

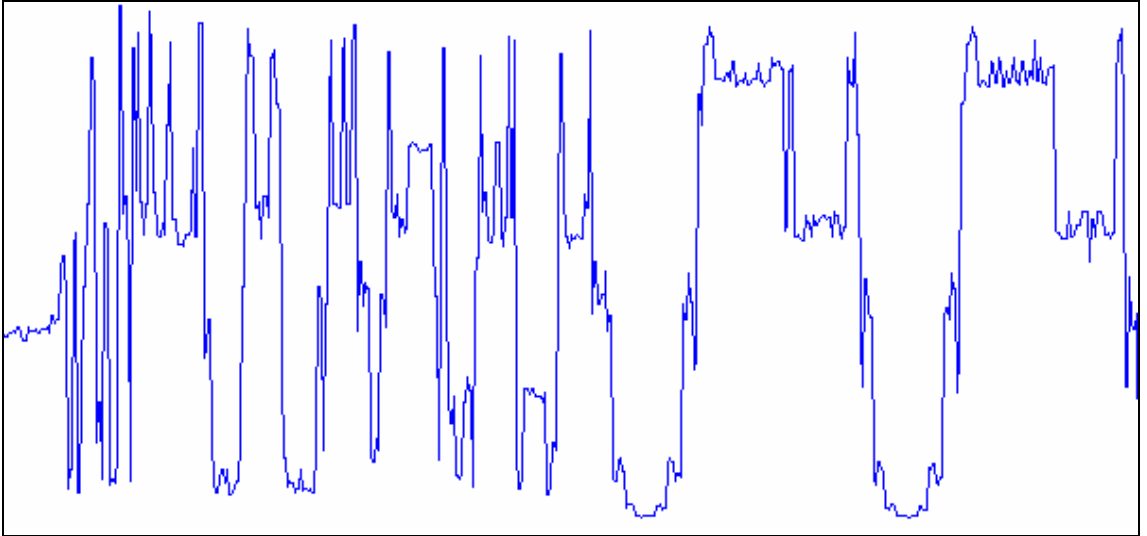


Şekil 2.39. Hece sesinin başındaki ve sonundaki gereksiz kısımlar

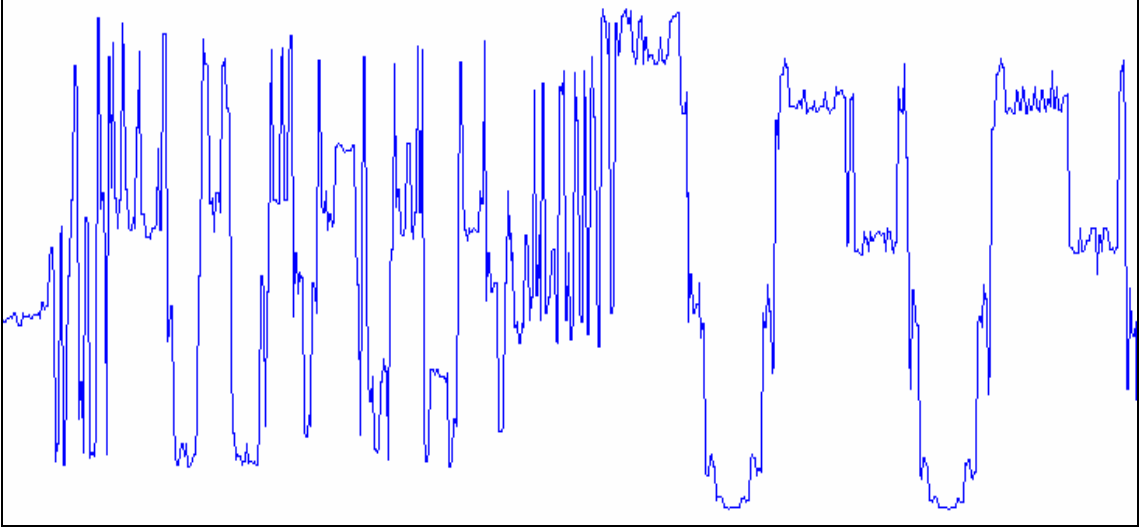


Şekil 2.40. Kesmeden sonra kalan hece sesi

Hece geçişlerinde kopmalalar vardır. Bunu gidermenin yolu hece eklemelerinde araya geçiş verileri koymaktır. Çalışmamızda hece sesi geçiş yöntemi olarak; kopukluğu daha az belirginleştirmek üzere sabit bir veri bloğu kullanılmıştır. Böylelikle daha kabul edilebilir bir geçişle okuma gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.42).



Şekil 2.41. Dinamik olarak birbirine eklenmiş hece sesleri



Şekil 2.42. Hece seslerinin geçiş verisi ile birlikte eklenmesi

2.6. Geliştirilen Sistem İçin Kullanıcı Uygulamalarının Gerçekleştirilmesi

Bu çalışmanın eğitimsel boyutunda geliştirilen sistemin görme engelli bireyler tarafından kullanılabilirliğini ve gelişim düzeyini tespit etmek amacıyla aşağıda detaylandırılmış olan farklı grup ve özelliklerdeki görme engelli bireylerle ihtiyaç belirleme ve uygulama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar, sistemi hazırlanan çalışma konuları dokümanları ile kullanmıştır. Gözlem ve mülakat yöntemleri kullanılarak, görme engelli bireylerin problemleri, çalışma hakkındaki görüş ve önerileri belirlenmiştir.

Bu yöntemlerinin tercih edilmesindeki amaç, görme engelli olan bireylerin anket çalışmalarında görmeye dayalı yazılı cevaplama gerçekleştiremeyecek olmasıdır. Bu nedenle, problem belirleme, geliştirilen sistemin uygulanması ve yorumlanması aşamalarında soru-cevap üzerinden elde edilen veriler video biçiminde kaydedilmiştir. Bu veriler daha sonra araştırmacılar tarafından analiz edilmiş, değerlendirilmiş ve çalışmanın geçerliliği yorumlanmıştır.

İhtiyaç analizi (problem belirleme) ve uygulama çalışmaları sırasında katkıda bulunan görme engelli öğrencilerin görünümü ilköğretim seviyesinden, yüksek öğretim seviyesine kadar farklılık göstermektedir. Diğer görme engelli katılımcılar, çalışan veya iş arayan bireyler olmak üzere, ileri yaş gruplarında olan bireylerde yorumlarıyla ihtiyaç belirleme ve uygulama çalışmalarına katkıda bulunmuşlardır.

Ayrıca, görme engelli öğrencilerin öğrenim gördüğü bölge ilköğretim okulu öğretmenlerinin ve görme engelli öğrenci ailelerinin de öğrenci problemleri üzerine görüşleri ve geliştirilen sistem hakkındaki yorumları alınmıştır.

Geliştirilen sistem için, çalışmanın teknik düzeyde belirli bir miktar ilerleme kaydetmesinden sonra, Trabzon Altı Nokta Görme Engelliler Derneği'nde yukarıda görünümü belirtilen katılımcı grubunun orta ve yüksek öğretim seviyesi öğrenci, meslek sahibi, iş arayan ve ileri yaştaki görme engelli bireyleri içeren bir bölümü ile ihtiyaç belirleme anketi biçiminde bir mülakat çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu mülakattan elde edilen veriler, görme engelli bireylerin eğitim ve günlük yaşamlarında karşılaştıkları problemleri genel olarak ve özellikle çalışma ile ilgili olarak yazılı doküman okuma problemlerini belirlemiştir. Aynı zamanda, araştırmanın çözmeye çalıştığı temel problemi oluşturmuştur. İhtiyaç (problem) belirleme çalışmasından elde edilen veriler ilerleyen kısımlarda daha detaylı bir şekilde analiz edilmiş ve yorumlanmıştır.

Bu mülakat sırasında belirtilen özellikteki 20 görme engelli katılımcıyla birlikte bazılarının yanında bulunan ailelerine yöneltilen ve geliştirilen sistemin çözüm oluşturabileceği problemlere yönelik sorular şunlardır.

1. Eğitim ve günlük hayatınızda karşılaştığınız problemler nelerdir?
 - a) Teknik imkanlar, kaynak ve materyal temini ile ilgili problemler.
 - b) Müfredat ve işleyiş ile ilgili problemler.
2. Her tür yazılı kaynağa sesli kitap, kabartma baskı gibi imkanlarla erişebiliyor musunuz?
3. Yazılı kaynak erişimi konusunda yaşadığınız problemler ve nedenleri nelerdir?
4. Geliştirilecek bir bilgisayar destekli yazılı doküman ve kitap okuma sistemi, karşılaştığınız bu problemlere çözüm oluşturabilir mi?
5. Geliştirilecek bu sistemde görmek istediğiniz özellikler nelerdir?

Bu sorular üzerinden görme engelli bireylerin karşı karşıya oldukları eğitim problemleri ve bu problemlere çalışmanın çözüm oluşturup oluşturamayacağı noktalarında sonuçlar elde edilmiştir. Araştırmanın problem kısmında belirli bir düzeyde belirtilen bu bilgiler, verilerin değerlendirilmesi sırasında detaylı olarak açıklanmıştır. Bilgisayar destekli yazılı doküman seslendirme sisteminin, geliştirilmesi aşamasındaki ihtiyaçları ve görme engelli bireylerin karşı karşıya oldukları problemleri belirlemek amacıyla Trabzon Altı Nokta Görme Engelliler Derneği'nde gerçekleştirilen mülakat sonucu verilen cevaplar, sistemin uygulamaya hazırlanması sırasında göz önünde bulundurulmuştur.

İhtiyaç belirleme mülakatı sonrasında, tespit edilen ve önceki kısımlarda açıklanan teknik özelliklere sahip olan sistem geliştirilmiştir. Araştırmanın sonraki aşamasında, belirlenen problemleri çözmeye yönelik olarak geliştirilmeye çalışılan sistem için kullanıcı uygulamaları tanımlanmıştır. Böylece geliştirilen sistemin geçerli ve kullanılabilir bir araç olup olamayacağı tartışılmış, gelinen noktada sistemin hangi teknik unsurlardan yoksun olduğu belirlenerek gelişimine yön verecek yeni özellikler tespit edilmiştir. Bu amaçla, kullanıcılara sistem uygulama mülakatları sırasında aşağıdaki yorum soruları yöneltilmiştir.

1. Geliştirilen sistem hakkındaki görüşleriniz nelerdir?
2. Eğitim ve günlük yaşamınızda size yardımcı bir araç olabilir mi?
3. Hangi yönlerden geliştirilmesi daha faydalı bir araç olmasını sağlar?

İlk uygulama ve değerlendirme çalışması, Trabzon Altı Nokta Görme Engelliler Derneği'nde yukarıda belirtilen katılımcı görünümünden bir grup olan farklı yaş ve meslek özelliklerine sahip çeşitli derecelerde görme engelli olan sivil ve öğrenci toplam 20 birey ile gerçekleştirilmiştir. Orta öğretim, meslek yüksekokulu, lisans seviyesinde öğrenciler ve mezunlar ile farklı yaş gruplarındaki çalışan bireylerin oluşturduğu bu grup, geliştirilen sistemi hazırlanan örnek yazılı dokümanlar üzerinden kullanmak suretiyle test etmiştir. Uygulama sonucunda elde edilen kullanıcı yorumları, gelinen noktada sistemin gelişim düzeyi ve kullanılabilirliği adına yorumlanmıştır.

Ayrıca geliştirilen sistem, Ankara ili Göreneller Görme Engelliler İlköğretim Okulu ve Mitat Enç Görme Engelliler İlköğretim Okulu'nda toplam 20 görme engelli veya az gören ilköğretim ikinci kademe öğrencileri tarafından da kullanılmıştır. Öğrencilerden ve uygulamada bulunan öğretmenlerinden, kullanıcı olarak sistem hakkındaki görüşleri alınmıştır. Elde edilen yorum ve öneriler değerlendirilmiştir.

Aynı zamanda, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fatih Eğitim Fakültesi Sosyal Bilgiler Öğretmenliği Bölümü'nde lisans öğrenimine devam etmekte olan 2 öğrenci ile bireysel olarak uygulama ve mülakat çalışması gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen sistemi kullanmaları sağlandıktan sonra, yorumları ve sistemin kendi görüşlerince faydalı bir araç olup olamayacağı tartışılmıştır.

Son olarak, Trabzon Söğütlü İlköğretim Okulu 6. sınıf öğrencisi olan bir görme engelli öğrenci ve eğitiminde kendisine yardımcı olan görme engelli olmayan ablası ile problem belirleme ve sistemin uygulama çalışmaları sırasında mülakat ve değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Alınan sonuçlar yorumlanmış ve sunulmuştur.

Bu çalışmalara ek olarak, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fatih Eğitim Fakültesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü öğrencilerinin bulunduğu bir uygulama çalışması da gerçekleştirilmiştir. Bu sayede çalışmanın teknik yeterliliğinin ve kabul edilebilirlik düzeyinin, bilgisayar eğitimi alan kişiler tarafından değerlendirilmesi sağlanmaya çalışılmıştır.

Gerçekleştirilen uygulama çalışmaları sonucunda elde edilen kullanıcı yorumları, önerileri ve eleştirileri değerlendirilmiştir. Çalışmanın geçerliliği, kullanılabilirliği, hizmet amacının önemi ve teknik yeterliliği kullanıcılardan alınan bu geri bildirimler üzerinden yorumlanmış ve sunulmuştur.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada geliştirilen ve uygulanan bilgisayar destekli yazılı doküman seslendirme sistemi için gerçekleştirilen görme engelli kullanıcı ihtiyaç belirleme analizleri ve uygulamalarından elde edilen sonuçlar aşağıda açıklanmıştır. İhtiyaç belirleme mülakatı ve kullanıcı uygulamaları sırasında, alınan görüşleri öğrenmek amacıyla yöneltilen sorular ve ayrıca kullanıcıların eklemek istedikleri yorumlar değerlendirilmiştir.

Araştırmanın problem belirleme aşamasında kısaca üzerinde durulan ve görme engelli bireylerin eğitim ve günlük yaşamlarında karşı karşıya oldukları olumsuzlukların belirtildiği açıklamalar önceki kısımlarda yer almıştır. Bu kısımda problem belirleme mülakatlarında ve ihtiyaç analizlerinde elde edilen bilgi ve yorumların daha detaylı olarak değerlendirilmesi üzerinde durulacaktır.

Trabzon Altı Nokta Görme Engelliler Derneği'nde gerçekleştirilen ve önceki kısımlarda grup özellikleri belirtilen 20 görme engelli birey ile tanımlanan problem belirleme (ihtiyaç analizi) çalışmasından sonra alınan bilgiler şu şekildedir.

Görme engelli bireylerin eğitim ve günlük yaşamlarında karşılaştıkları sosyal ve psikolojik problemlerin yanı sıra, imkan yetersizlikleri ve öğretim programlarından kaynaklanan güçlükler varlığını her zaman hissettirmektedir. Eğitim ve bilgiye erişim konusunda karşılaşılan en büyük problem, kabartma kaynakların sınırlı sayıda olması ve büyük şehirler dışında çok yaygın olmayışıdır. Sesli kaynaklar (Kaset,CD) ise erişilebilirlik ve yaygınlık konusunda yine kabartma baskıdan çok ileri bir noktada değildir. Dolayısıyla kaynak paylaşımı ve bilgiye erişim konusunda görme engelli bireyler eğitim yaşamlarından büyük güçlüklerle karşı karşıya kalmaktadırlar. Var olan tek çözüm yolu ise yardımcı bir okuyucudur. Fakat bu her zaman geçerli ve mümkün olamamaktadır. Zira her kaynağı kendileri için okuyacak bir yardımcıya herbir görme engelli birey günümüz şartlarında sahip olamamaktadır. Ayrıca, özellikle ilköğretim seviyesinde ve azalarak üst düzeylerde devam etmekle birlikte, öğretim programlarından kaynaklanan ve görme engelli bireyleri dikkatlerden kaçıran uygulamalar söz konusudur.

Görme engelli ilköğretim seviyesi öğrencileri için bölge ilköğretim okulları eğitim vermektedir. Fakat çocuklarını bu okullara gönderemeyen aileler, buldukları bölgedeki gören öğrencilerin öğrenim gördüğü ilköğretim okullarını tercih etmek zorunda kalmaktadırlar. Orta ve yüksek öğretim seviyesindeki en büyük problem bilgiye erişim iken, özellikle görme engelli öğrencilerin gören öğrencilerin okullarında kaynaştırma eğitimi ile öğrenim görmesi, onların öğretim programının kendileri için sağladığı birçok imkansızlıklarla karşı karşıya kalmalarına sebep olmaktadır. Bu problem erken yaşlarda eğitim ve okul hayatından soğumaya neden olabilmektedir. Gerçekleştirilen mülakatlarda yorumları alınan Trabzon Söğütlü İlköğretim Okulu 6. sınıf öğrencisi bir görme engelli birey, bu noktaları açıkça ifade etmiştir. Aynı zamanda yeni ilköğretim seviyesi öğretim programlarında yerini alan proje tabanlı öğrenme, tamamen bu temel üzerine inşa edilen ilköğretim müfredatında, kaynaştırma eğitimi alan görme engelli bireyleri gerçekleştiremeyecekleri görsel faaliyetler içeren birçok yeni ödev ve çalışma ile karşı karşıya getirmektedir.

Öğretim programları etkisi olmasa da, öğrenci olmayan çalışan veya iş arayan görme engelli bireylerin yazılı dokümanlara kabartma ya da sesli kayıt olarak erişim imkanı yine çok sınırlıdır. Kabartma veya sesli kaynaklar olsa da, her tür kaynağı bu şekilde elde etmek günümüz koşullarında çok zordur. Ülkemizde kabartma baskı yapan matbaaların sayısı sınırlıdır. Her basılan kitap, gazete gibi kaynaklar sesli olarak eşzamanlı bir erişime sunulamamaktadır. Öğrencilere ek olarak sivil görme engelli bireylerinde dile getirdiği problemler temel olarak bu şekildedir.

İhtiyaç (problem) belirleme mülakatı sırasında, yazılı doküman okuma problemlerini ortadan kaldıracak ve dolayısıyla yazılı bilgi kaynaklarına rahat bir şekilde erişimlerini sağlayabilecek bu gibi bir sistemin geliştirilmesini içeren bir çalışmaya, görme engelli katılımcıların yanı sıra aileleri de konuya fayda sağlayabileceği düşüncesiyle bakmışlardır. Var olan problemlere kendi yeterliliğinde çözüm oluşturabileceği belirtilmiştir. Geliştirilecek bu özellikte bir sistemde, görme engelli kullanıcıların beklentileri arasında bazı teknik noktalar ön plana çıkmaktadır. Bunlar:

1. Kullanımının kolay olması,
2. Desteklenen yazılı doküman biçim çeşidinin mümkün olduğunca fazla olması,
3. Mümkün olduğunca anlaşılır bir seslendirme gerçekleştirilmesi,
4. Maliyetin mümkün olduğunca düşük olması, gibi özellikler olarak sıralanabilir.

Gerçekleştirilen problem belirleme ve ihtiyaç analizi çalışmalarından sonra, araştırmanın sonraki aşaması, görme engelli kullanıcıların belirttiği ihtiyaçlara yakın tasarlanmaya çalışılan sistemi test etmesi ve sistem hakkındaki görüşlerinin alınmasıdır. Bu amaçla yapılan planlama önceki kısımda belirtilmiştir. Bu plan doğrultusunda kullanıcı uygulaması gerçekleştirilen kurumlar için gereken izinler alınmış ve uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Alınan sonuçların yorumlanması ve değerlendirilmesi aşağıdaki gibidir.

Kullanıcı uygulamalarının tümünde, elde edilen ortak sonuçlardan ilki ve en önemlisi, bu çalışmanın çok faydalı bir araç olduğu yönündedir. Görme engelli bireyler, eğitim ve günlük yaşamlarında karşılaştıkları yazılı doküman okuma problemlerini bu ve benzeri sistemler yardımıyla rahatlıkla çözebilecekleri düşüncelerini dile getirmişlerdir. İleri düzeyde geliştirilmesi ile çok daha yararlı olabileceği görüşü belirtilmiştir. Her tür kitap, gazete gibi yazılı kaynağa uyumluluk taşımaması şu an için en büyük teknik eksikliklerdir. Geliştirmelerin bu yönde devam etmesiyle, daha geçerli ve kullanılabilir bir sistemin ortaya çıkacağı belirtilmiştir.

Altı nokta görme engelliler derneğinde gerçekleştirilen uygulama sonrasındaki gözlem ve mülakatlarda; öğrenimine lise veya üniversite seviyesinde devam etmekte olan bireyler, sistemin eğitimleri sırasında bilgiye erişimlerinde kolaylık sağlayabileceğini ve geliştirilmesi ile herhangi bir yazılı dokümanı ya da kitabı seslendirebilmesinin kendileri için çok büyük bir fayda sağlayacağını belirtmişlerdir. Ayrıca kullanıcılar ek olarak daha özel durumlar için sistemin hizmet edip edemeyeceğini belirtmişlerdir. Örnek olarak, günlük çok fazla çeşitte ilaç kullanmak zorunda olan bir görme engelli birey, bu sistemin ilaç kutuları üzerindeki yazıyı okuması yoluyla, hangi ilacı kullandığını belirlemede kendisine yardımcı olup olamayacağını sormuştur. Diğer bir görme engelli birey ise, çalışmanın benzerlerine göre doküman çeşitlerinde sınırlı olmakla birlikte, ülkemizde ve hatta ilimizde bu gibi bir araştırmanın konu edilmesinden ve sistemin bu seviyede geliştirilmesinden duyduğu memnuniyeti dile getirmiştir. Fayda sağlayacağını kaçınılmaz olduğunu belirterek, kesinlikle imkanlar dahilinde geliştirilmesi ve teknik geçerliliğinin yükseltilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Sistemin çalışma düzeyinin yorumlanmasına ek olarak kullanım kolaylığının, kullanıcının bilgisayardan bağımsız olarak basit bir mekanizma ile karşı karşıya olması nedeniyle yüksek olduğu belirtilmiştir.

Bu uygulama sırasında, Sosyal Bilgiler Öğretmenliği Bölümü'nde öğrenim gören bir görme engelli birey, bu gibi bir sistemi satın alarak kullandığını fakat Türkçe uyum problemi nedeniyle tanıma ve seslendirmede çok sayıda hata oluştuğunu belirtmiştir. Bireysel görüşme sırasında, satın aldığı sistemdeki Türkçe seslendirmenin ve tanımadaki Türkçe kelime sözlüğünün yeterli düzeyde olmaması nedeniyle birçok hatalar verdiğini belirtmiştir. Aynı zamanda geliştirilen sistemin ek olarak grafik şekillerini ve tablo görüntülerini analiz edip seslendirebilmesi, kullanmakta olduğu sistemde var olmayan bir özellik olması nedeniyle faydalı olabileceğini dile getirmiştir. Derslerine çalışması sırasında karşılaştığı problemleri ortadan kaldırdığı düşüncesini belirtmiştir. Her zaman yardımcı bir okuyucu bulamadığını ve kaynakları kabartma olarak temin edemediğini belirtmiştir. Bu nedenle, bu gibi sistemlerin doküman çeşitliliğinin artırılması ve dolayısıyla geliştirilmelerinin devam etmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Sosyal Bilgiler Öğretmenliği Bölümü öğrencilerinden diğer bir görme engelli birey ise, farklı zamanlarda gerçekleştirilen uygulamalarda sınıf arkadaşı ile benzer düşünceleri paylaşmıştır. Sistemin faydalı bir araç olabileceğini fakat doküman tipi olarak zenginleştirilmesi gerektiğini ve dolayısıyla geliştirilmesi gerektiğini dile getirmiştir.

Ankara'daki görme engelliler bölge ilköğretim okullarında gerçekleştirilen ilköğretim öğrenci ve öğretmen kullanıcı uygulamalarında ise, benzer olarak sistemin çok faydalı bir araç olabileceği ve doküman biçim ve tiplerinin genişletilmesiyle daha büyük fayda sağlayabileceği belirtilmiştir. Kabartma kaynaklara erişim imkanları kısıtlı olmamakla birlikte, okulda görevli olan ve öğrencilerle birlikte uygulamaya katılan öğretmenler, kabartma kitapların gelecekte yerini alabilecek olan bu gibi sistemler üzerinde ülkemizde daha yoğun bir şekilde çalışmalar geliştirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Bu düşünce Trabzon Altı Nokta Görme Engelliler Derneği'nde de dile getirilmiştir. Okullarında benzer bir sistem olmadığını ve eğitime kabartma kaynak kitaplar üzerinden devam ettiklerini belirtmişlerdir.

Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü öğrencilerinin sistemin çalışması ve düzeyi üzerinde yaptıkları yorumlar öncekilerle benzerlik taşımakla birlikte ayrıca bazı teknik konularda eleştiride bulunmuşlardır. Sistemin görme engelli bireylerin eğitim ve günlük okuma problemlerine çözüm geliştirmek adına faydalı bir araç olduğunu belirtmişler ve doküman çeşitliliğinin artırılması gerektiği vurgulamışlardır.

Sistemin, gören bireylerin temin edebildiği ve okuyabildiği herhangi bir kitabı, görme engelli bireylerin erişimine sunabilmesi gerektiği ve bu amaçla geliştirilmesinin önemini vurgulamışlardır. Ayrıca sistemin seslendirme sırasında ürettiği sesin daha anlaşılır ve mekanik olmayan bir biçimde olması için gereken geliştirme çalışmalarının gerçekleştirilmesinin önemini dile getirmişlerdir. Fakat eksik yönlerinin gelişim sürecinin devam etmesi durumunda tamamlanabileceği göz önünde bulundurulduğunda, gelinen noktada sistemin iyi bir düzeye sahip olduğunu ve faydalı bir amaca hizmet edebileceğini belirtmişlerdir.

Farklı özellikteki kullanıcı uygulama gruplarının birçok merkezde ortak görüşleri ayrı zaman ve zeminlerde dile getirmeleri, çalışmanın gelişim sürecine yön verecek olan belirlemelere karar vermede çok fayda sağlamıştır. Kullanıcı görüşleri video ortamında kayıt altına alınmış ve daha sonra araştırmacılar tarafından analiz edilerek, uygulama sonuçları/kullanıcı yorum ve önerileri biçiminde değerlendirilerek sunulmuştur. Çalışmaya, gelinen noktada ve geliştirmeler sırasında yön verebilecek düşünce ve fikirler araştırmacılar tarafından dikkate alınmıştır.

Kullanıcıların sistem üzerindeki yorum ve önerilerinin yanı sıra, problem belirleme (ihtiyaç analizi) mülakatı sırasında, geliştirilecek sisteme yönelik beklentiler önceki kısımlarda belirtilmişti. Kullanım kolaylığı, desteklenen yazılı doküman biçim çeşidinin mümkün olduğunca fazla olması, mümkün olduğunca anlaşılır bir seslendirme gerçekleştirilmesi ve maliyetin mümkün olduğunca düşük olması gibi özellikler dikkate alındığında;

Kullanıcı, sistem üzerinde bilgisayardan bağımsız olarak sadece tarayıcı ile karşı karşıya kalmaktadır. Bilgisayar yazılımı otomatik olarak tarayıcı ile iletişim kurduğundan, kullanım kolaylığı diğer sistemlere göre çok daha fazladır.

Seslendirme için sisteme entegre edilen bileşenler ve geliştirilen algoritmalar, gelinen noktada anlaşılır bir okuma gerçekleştirebilirken, insan sesi doğallığına henüz ulaşamamıştır.

Maliyet noktasında ise, bir bilgisayar ve bir tarayıcı ile kullanıcılar desteklenen doküman türlerini seslendirebilmektedirler. Böylece sistem maliyeti mümkün olduğunca düşürülmüştür.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, doküman tanıma sistemlerinin temelini teşkil eden görüntü analizi, resim üzerindeki metin ve grafik kısımların tespit edilmesi, tanınması, seslendirilmek üzere hecelemesi ve dinamik hece sesi tabanlı seslendirilmesi konuları ele alınmıştır.

Doküman görüntüleri üzerinde geliştirilen yöntemler karmaşıklık düzeyi oldukça yüksek olan dokümanların görsel analizini gerçekleştirmiştir. Geliştirilen görüntü yorumlama teknikleri sonucunda yazılım, grafik, metin ve tablo bilgisini veya sadece karmaşık bir biçimde metin bilgisini içeren doküman görüntülerine uygulanabilirlik taşımaktadır. İşletilen algoritmalar, gerçek zamanlı işlem sırasında harcanan zaman açısından birtakım kısıtlamalara neden olsa da, geliştirmeler daha etkili işlem ve daha kısa zaman yönünde devam etmektedir. Grafiklerin tespit edilmesi ve üzerlerindeki metin kısımlarının algılanması işlemlerinde kullanılan yöntemler yapılan testlerde büyük oranda doğru sonuçlar üretmiştir. Uygulanan farklı algoritmalar ile metin görüntüleri doğru bir şekilde cümle, kelime ve karakter bileşenlerine ayrılmıştır.

Geliştirilen sistemi benzerlerinden ve özellikle aynı işlemi icra eden ticari yazılımlardan ayıran en büyük fark ise, doküman analizleri sırasında metin analizi ve tanımanın yanı sıra, eğri grafikleri, yorumlu doğru grafikleri, çizgi ve hücre tablolar yüksek başarı ile tanınabilmekte, gerekli ise yorumlanabilmekte ve kullanıcıya seslendirilebilmektedir. Yazılıma eklenen yapay sinir ağı sistemi ve farklı tanıma algoritmaları ile metin analizi ve tanıma sırasında, fonttan bağımsız bir sistem %98 başarı ile tanımlanmıştır. Farklı fontlar için ‘ı’, ‘1’, ‘O’ ve ‘0’ gibi karakterler, normalize edildiklerinde benzerlik gösterdiklerinden tanıma başarısını düşürmüşlerdir.

Metinlerin seslendirilmesi için gerekli olan heceleme işlemi, bu çalışmada geliştirilen iki farklı yöntemle %100 başarı ile gerçekleştirilmiştir. Dinamik hece sesi birleştirme sırasında, hece geçişi ne kadar iyi bir yaklaşımla gerçekleştirilirse, o derece kaliteli bir okuma elde edilir. Geliştirilen yazılımda bu geçiş mümkün olduğunca iyileştirilmiş ve okuma daha akıcı bir biçimde gerçekleştirilmiştir.

Sistemin geliştirilmesinin ardından oluşturulan teknik sonuç analizine ek olarak, kullanıcı uygulamalarından elde edilen sonuçlar ilerleyen kısımlarda belirtilmiştir.

Önceki kısımlarda detaylı bir şekilde yorumlanmakla birlikte, kullanıcıların özellikle üzerinde durduğu nokta, sistemin çok faydalı bir araç olabileceği konusudur. Şu anki yetenekleri dikkate alındığında bile, özel hazırlanmış fakat normal baskı ile kağıda aktarılmış olan kaynakları metin, grafik ve tablo özellikleriyle seslendirmesinin yeterli olduğu belirtilmiştir. Geliştirilmesi sonucu, ticari ve uluslar arası eşdeğerlerinde olduğu gibi herhangi bir kitap veya gazete gibi yazılı kaynakları da seslendirebilmesi ve dolayısıyla doküman biçiminden bağımsız olması, sistemi son derece faydalı olabileceği bir noktaya getirecektir. Fakat şu anki durumda, daha önce özellikleri belirtilen ticari yazılımlarda olmayan grafik ve tablo yorumlama becerilerinin sistemde olması, bazı noktalarda bu yazılımlardan daha yetenekli olduğu sonucunu oluşturur.

Gelecek geliştirmeleri için, sistemin bu özelliklerle genişletilmesi öngörülen ilk noktadır. Daha sonrasında ise yardımcı donanım sistemlerinin de tasarlanması ile kullanıcıdan bağımsız çalışan robot okuyucu bir mekanik sistemin avantajları kullanılarak, sistem yeni boyutlar kazanabilir. Kullanıcı sadece kitabı veya herhangi bir yazılı dokümanı, okuma platformuna yerleştirir. Eğer gerekiyorsa yani kitap gibi bir kaynak ise, sistem onu tanıyıp sayfalarını otomatik olarak çevirmek, istenen kısımları tekrarlamak gibi özellikleri de sağlayabilir. Gazete gibi bir kaynak ise, kullanıcının belirlediği kısımları yönden ve biçimden bağımsız olarak tanır ve seslendirir. Yazılı dokümanın hatalı veya ters yerleştirilmesi durumlarında sesli uyarı mesajlarıyla doğruya yönlendirir.

Açıklanan geliştirmeler gibi ileri seviyedeki uygulamalar, sistemin gelinek noktada temel teşkil etmesi üzerine zaman ve imkan temini ile gerçekleştirilebilecek çalışmalardır. Bu aşamada, geliştirilen sistem için gelinek nokta, kullanıcı değerlendirmeleri ve tasarlanabilecek yeni özellikler belirtilmiştir. Amaç, öğrenci veya değil görme engelli bireylere yaş ve meslek grubu ayrımı gözetmeksizin yararlı olabilecek bir sistemi belirli bir düzeyde geliştirmek, sonuçlarını değerlendirmek ve üzerinde çalışılması sonucu fayda sağlayabilecek bir alan olup olmadığını tespit etmektir. Gelinek noktada, bu amaca ulaşıldığı ve sistemin şimdiki seviyesi veya gelişmiş özelliklerinin de eklenmesi sonucunda çok faydalı bir araç olabileceği sonucuna varılmıştır.

Geliştirilen sistemin tanıma başarısının test edildiği örnek dokümanlar eklerde yer almaktadır.

5. KAYNAKLAR

1. Özyürek M., Görme Engelliler, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, 1998
2. Kılıç Y. A. ve Tanatmış M., Kontrol Sistemleri (Sinir, Endokrin) ve Duyu Organları, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, 1998
3. Özel Eğitim Rehberlik ve Danışma Hizmetleri Genel Müdürlüğü, <http://orgm.meb.gov.tr/>, 17/03/2007
4. Altınokta Körler Derneği, <http://www.altinokta.org.tr/>, 17/03/2007
5. Görme Engelliler ve Bilişim, <http://korler.bilkent.edu.tr/>, 17/03/2007
6. Braille Teknik Limited Şirketi, <http://www.brailleteknik.com/>, 18/03/2007
7. Odabaşı F., Bilgisayar Destekli Eğitim, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, 1998
8. Mutlu M. E., Bilgisayar Destekli Eğitim Uygulamalarının Geliştirilmesi Nedenleri ve Sonuçları, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, 1998
9. Schweikhardt W., Computer Based Communication on Mathematics by Blind and Sighted People, Universitat Stuttgart, Institut für Informatik, Stuttgart, 1999
10. 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
11. Sanchez J. H. ve Flores H. E., AudioMath: Blind Children Learning Mathematics Through Audio, Department of Computer Science, University of Chile, Santiago, 2002
12. Nikoladis G., Tzouvaras D. ve Strintzis G., Object Recognition for the Blind, Informatics and Telematics Institute, Centre for Research and Technology Hellas, Greece, 2002
13. Heler M. A., McCarthy M. ve Clark A., Pattern Perception and Pictures for the Blind, Eastern Illinois University, USA, 2005
14. Vision Technology for the Totally Blind, <http://www.seeingwithsound.com/>, 18/03/2007

15. Amedi A., Bermpohl F., Camprodon J., Fox S., Merabet L. Meijer P. ve Pascual-Leone A., Neural Correlates of Visual-to-Auditory Sensory Substitution in Proficient Blind Users, Center for Non-Invasive Magnetic Brain Stimulation, Dept. of Neurology, BIDMC, Harvard Medical School, U.S.A., 2003
16. Rotard M. ve Ertl T., Tactile 3D-Graphics for Blind People, Visualization and Interactive Systems Institute, University of Stuttgart, 2000
17. Rotard M., Knöder S. ve Ertl T., A Tactile Web Browser for the Visually Disabled, Visualization and Interactive Systems Institute, University of Stuttgart, 2002
18. Rotard M., Tactile Access to Scalable Vector Graphics for People with Visual Impairment, Researcher in Computer Graphics and Human Computer Interaction, University of Stuttgart, 2002
19. Jacquet C., Bourda Y. ve Bellik Y., A Context-Aware Locomotion Assistance Device for the Blind, 2004
20. Ina S., Computer Graphics for the Blind, Tsukuba College of Technology, 2000
21. Inman D. P., Loge K. ve Crain A., Teaching Orientation and Mobility Skills to Blind Children Using Computer Generated 3-D Sound Environments, Oregon Research Institute, Applied Computer Simulation Labs, USA, 2003
22. Yıldırım C. ve Acartürk Y. C., Görme Engelliler için Web Sayfalarında Erişilebilirliğin Sağlanması, Akademik Bilişim 2006, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 2006
23. Kurzweil 1000, Kurzweil Educational Systems,
<http://www.kurzweiledu.com/>, 24/03/2007
24. Open Book Scanning and Reading Software,
http://www.freedomscientific.com/fs_products/software_open.asp (24/03/2007)
25. NetOKUR, GVZ Ses Teknolojileri A.Ş.,
<http://www.gvz.com.tr/index.php?action=netokur>, 24/03/2007
26. OKU, Bilkent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
<http://www.cs.bilkent.edu.tr/~guvenir/Oku/>, 25/03/2007
27. Teknoses TTS, Türkçe Konuşma Sentezleme Yazılımı,
<http://www.teknoses.com/default.asp?sp=tts>, 25/03/2007
28. Jaws Screen Reader Software,
http://www.freedomscientific.com/fs_products/software_jaws.asp (25/03/2007)
29. Gök M., Görüntü İşleme Algoritmaları ve C++ Builder ile Kullanımı, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Bilgisayar Sistemleri Ana Bilim Dalı, 2004

30. Gonzales R. C. ve Woods R. E., Digital Image Processing, Second Edition, Prentice Hall, 2002
31. Fränti P., Digital Image Processing, University of Joensuu, Department of Computer Science, 2002
32. Starck J. L., Murtagh F., Candès E. J. ve Donoho D. L., Gray and Color Image Contrast Enhancement by the Curvelet Transform, IEEE Transactions on Image Processing, 2003
33. Antonini M., Barlaud M., Mathieu P. ve Daubechies I., Image Coding Using Wavelet Transform, IEEE Transactions on Image Processing, 1992
34. Pollak I., , Willsky A. S. ve Krim H., Image Segmentation and Edge Enhancement with Stabilized Inverse Diffusion Equations, IEEE Transactions On Image Processing, 2000
35. Lin C. Y., Wu M., Bloom J. A., Cox I. J., Miller M. L. ve Lui Y. M., Rotation, Scale and Translation Resilient Watermarking for Images, IEEE Transactions on Image Processing, 2001
36. Carson C., Belongie S., Greenspan H. ve Malik J., Image Segmentation Using Expectation-Maximization and Its Application to Image Querying, IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, 2002
37. Elmas Ç., Yapay Sinir Ağları, Seçkin Yayıncılık, 2003
38. Uzun E., Yapay Sinir Ağları ile Karakter Tanıma, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Bilgisayar Sistemleri Ana Bilim Dalı, Lisans Tezi, 2004
39. Bhatikar S. R., Artificial Neural Network-Based Pattern Recognition in Engineering and Life Sciences, University of Colorado, Department of Mechanical Engineering, 2003
40. Zhang D., Invariant Pattern Recognition and Neural Networks, Department of Electircal Engineering, University of Wisconsin-Madison, 1997
41. Chunk D., Robust Pattern Recognition Using Artificial Neural Networks, Department of Computer Engineering and Science, Case Western Reserve University, 1996
42. Karal, H., Kestirim Öğrenmeli Bulanık Denetimli Otonom Taşıtlar İçin Doku Benzersizliği Kullanılarak Stabilize Yol Belirleme, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2000
43. Vural E., A Prosodic Turkish Text-to-Speech Synthesizer, Master of Science, Sabancı University, 2003

44. Cahn J. E., Generating Expression in Synthesized Speech, Technical Report, Massachusetts Institute of Technology Media Laboratory, 1990
45. Kaya M., An Algorithm for Image Clustering and Compression, Turkish Journal Electrical Engineering, 2005
46. Panayi G. C., Bovik A. C. ve Rajashekar U., Image Processing For Everyone, Laboratory for Vision Systems, Department of Electrical and Computer Engineering, The University of Texas, Austin, USA, 1999
47. Mann S., Intelligent Image Processing, John Wiley Publication, 2002
48. Kasturi R., O’Gorman L. ve Govindaraju V., Document Image Analysis, Department of Computer Science & Engineering, The Pennsylvania State University, 2002
49. Thompson K. C. ve Nickolov R., A Clustering-Based Algorithm For Automatic Document Separation, Carnegie Mellon University, School of Computer Science, 1998
50. Gattani A., Mukerji M. ve Hareish G., A Fast Multifunctional Approach For Document Image Analysis, 7th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), 2003
51. Baird H. S., Digital Libraries and Document Image Analysis, 7th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), 2003
52. Chiang J. H. ve Gader P. D., Recognition of Handprinted Numerals in VISA® Card Application Forms, Machine Vision and Applications, 1997
53. Ye Q., Gao W. ve Huang Q., Automatic Text Segmentation From Complex Background, Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, 1998
54. Tompkins A. D. ve Kossentini F., A Fast Segmentation Algorithm for Bi-Level Image Compression using JBIG2, Department of Electrical and Computer Engineering University of British Columbia, 2000
55. Ishitani Y., Document Image Analysis with Cooperative Interaction Between Layout Analysis And Logical Structure Analysis, Toshiba Corporation, Kawasaki, Japan, 1997
56. Busch A., Boles W. W., Sridharan S. ve Chandran V., Detection of Unknown Forms from Document Images, Research Concentration in Speech, Audio and Video Technology, Queensland University of Technology, Brisbane, 2003
57. Chowdhury S. P., Mandal S. ve Das A. K., Automated Segmentation of Math-Zones from Document Images, 7th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), 2003

58. Wang, K. ve Kangas, J. A., Character Location In Scene Images From Digital Camera, The Journal of Pattern Recognition Society, 2003
59. Zheng Y. ve Li H., The Segmentation and Identification of Handwriting in Noisy Document Images, Laboratory for Language and Media Processing, Institute for Advanced Computer Studies, University of Maryland, 2004
60. Ford G. ve Thoma G. R., Ground Truth Data for Document Image Analysis, Lister Hill National Center for Biomedical Communications, National Library of Medicine, Bethesda, Maryland, 2004
61. Lu S. ve Tan C. L., The Restoration of Camera Documents Through Image Segmentation, School of Computing, National University of Singapore, 2002
62. Breuel T. M., Two Geometric Algorithms for Layout Analysis, Xerox Research Center, 2000
63. Sural S., Document Image Analysis System on Parallel Processor, Jadavpur University, Calcutta, India, 1999
64. Yin W., Downton A. C., Fleury M. ve He J., A Region-of-Interest Method For Texturally-Rich Document Image Coding, Department of Electronic Systems Engineering, University Of Essex, United Kingdom, 2003
65. Laven K., Leishman S. ve Roweis S., A Statistical Learning Approach To Document Image Analysis, Department of Computer Science, University of Toronto, 2004
66. Koivusaari M., Sauvola J. ve Pietikäinen M., Automated Document Content Characterization For A Multimedia Document Retrieval System, Machine Vision And Media Processing Group, University of Oulu, Finland, 2000
67. Kruatrachue B., Moongfangklang N. ve Siriboon K., Fast Document Segmentation Using Contour and X-Y Cut Technique, Transactions on Engineering, Computing and Technology, 2005
68. Shi Z. ve Govindaraju V., Historical Handwritten Document Image Segmentation Using Background Light Intensity Normalization, Center of Excellence for Document Analysis and Recognition (CEDAR), State University of New York at Buffalo, USA, 1998
69. Mitra A., Restoration of Noisy Document Images with an Efficient Bi-Level Adaptive Thresholding, International Journal of Computational Intelligence, 2005
70. Bush M. A., Speech and Text-Image Processing in Documents, Xerox Palo Alto Research Center, 1999

71. Ferreira S., Garin V. ve Gosselin B., A Text Detection Technique Applied in the Framework of a Mobile Camera-Based Application, Faculte Polytechnique de Mons, TCTS Labs, Belgium, 2002
72. Jain A. K. ve Bhattacharjee S. K., Address Block Location on Envelopes Using Gabor Filters: Supervised Method, Department of Computer Science, Michigan State University, 1992
73. Peng H., Long F. ve Chi Z., Document Image Recognition Based on Template Matching of Component Block Projections, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003
74. Hull J. J. ve Cullen J. F., Document Image Similarity and Equivalence Detection, 4th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), 1997
75. Cattoni R., Coianiz T., Messelodi S. ve Modena C. M., Geometric Layout Analysis Techniques for Document Image Understanding, ITC-IRST, Via Sommarive, Trento, Italy, 1998
76. Marcolino A., Ramos V., Ramalho M. ve Pinto J. C., Line and Word Matching in Old Documents, Technical University of Lisbon, Instituto Superior Técnico, Portugal, 1999
77. Brahma S. ve Huttenhower C., Text Extraction Using Shape Context Matching, Computer Vision Laboratory Technical Report, 2006
78. Lee C., A Neural Network Architecture for Pattern Recognition and Data Mining, Engineering Management, University of Missouri-Rolla, 2003
79. Akpınar H., Yapay Sinir Ağları ve Kredi Taleplerinin Değerlendirilmesinde Bir Uygulama Önerisi, İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, 1993
80. Nedeljkovic V., A Novel Multilayer Neural Networks Training Algorithm That Minimizes The Probability of Classification Error, University of Belgrade, Faculty of Electrical Engineering, Yugoslavia, 2002
81. Liu Z., Liu A., Wang C. ve Niu Z., Evolving Neural Network Using Real Coded Genetic Algorithm (GA) for Multispectral Image Classification, Future Generation Computer Systems, 2004
82. Schmidt W. F., Kraaijveld M. A. ve Duin R., Feedforward Neural Networks With Random Weights, Faculty of Applied Physics, Delft University of Technology, Netherlands, 2001
83. Taghi M., Baghmisheh V. ve Pavesic N., Training RBF Networks with Selective Backpropagation, Neurocomputing, 2003

84. Erdem O. A. ve Uzun E., Yapay Sinir Ağları İle Türkçe Times New Roman, Arial ve Elyazısı Karakterleri Tanıma, Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2005
85. Singh S. ve Amin A., Neural Network Recognition and Analysis of Handprinted Characters, IEEE World Congress on Computational Intelligence, 1998
86. Olszewski R. T., Generalized Feature Extraction for Structural Pattern Recognition in Time-Series Data, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, 2001
87. Otair M. A. ve Salameh W. A., Online Handwritten Character Recognition Using An Optical Backpropagation Neural Networks, International Research Conference on Innovations in Information Technology, 2004
88. Lampinen J. ve Oja E., Distortion Tolerant Pattern Recognition Based on Self-Organizing Feature Extraction, IEEE Transactions on Neural Networks, 1995
89. Zoican S., Digital Signal Processing System for Image Pattern Recognition, International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, 2001
90. Vogt R. C., LoPorto J. J., Trenkle J. M. ve Cavnar W. B., Adaptive Logic Networks for Machine-Printed Character Recognition, Environmental Research Institute of Michigan, 1998
91. Hara S., OCR for Japanese Classical Documents, National Institute of Japanese Literature, Tokyo, Japan, 1999
92. Hull J. J., Krishnan G., Palumbo P. ve Srihari S. N., Optical Character Recognition Techniques in Mail Sorting: A Review Of Algorithms, Department of Computer Science, University at Buffalo, State University of New York, USA, 1998
93. Perez E., Millan M. S. ve Chalasinska-Macukow K., Optical Pattern Recognition with Adjustable Sensitivity to Shape and Texture, Optics Communications, 2002
94. Srihari S., Huang C. ve Srinivasan H., A Search Engine for Handwritten Documents, Center of Excellence for Document Analysis and Recognition, University at Buffalo, State University of New York, USA, 1998
95. Bensafia A., Paquet T. ve Heuette L., Handwritten Document Analysis for Automatic Writer Recognition, Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis, 2005
96. Olszewski R. T., Generalized Feature Extraction for Structural Pattern Recognition in TimeSeries Data, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, 2001

97. Klassen T., Towards Neural Network Recognition of Handwritten Arabic Letters, Faculty of Computer Science, Dalhousie University, 2001
98. Tanomaru J. ve Inubushi A., A Compact Presentation of Binary Patterns of Invariant Recognition, University of Tokushima, Japan, 1995
99. Nabiyev V. V., Yapay Zeka, Seçkin Yayıncılık, 2003
100. Karal H. ve Uzun E., Görme Engelli Bireyler İçin Geliştirilen Kitap Okuma Uygulamasında Kullanılan Yazılım Yöntemleri ve Teknolojilerinin Değerlendirilmesi, International Educational Technology Conference (IETC), 2005

6. EKLER

TÜRKİYE NİN COĞRAFI KONUMU

TÜRKİYE KUZAY YARIM KÜREDE ASYA AVRUPA VE AFRİKA KITALARININ BİRBİRİNE ÇOK YAKLAŞTIĞI BİR YERDEDİR AVRUPA VE ASYA ARASINDA DOĞAL BİR KÖPRÜ GÖREVİNİ ÜSTLENEN TÜRKİYE ASYA DA YER ALAN GENİŞ TOPRAKLARINA ANADOLU AVRUPA DAKİ TOPRAKLARINA TRAKYA ADI VERİLİR ÜÇ TARAFTAN DENİZLERLE ÇEVİRİLİ OLAN TÜRKİYE NİN KUZAYİNDE KARADENİZ GÜNEYİNDE AKDENİZ BATISINDA EGE DENİZİ BULUNUR



ŞEKİL 1 TÜRKİYE NİN DÜNYA ÜZERİNDEKİ KONUMU

ŞEKİL 1 TÜRKİYE NİN DÜNYA ÜZERİNDEKİ KONUMUNU GÖSTERMİŞTİR TÜRKİYENİN KOMŞULARI İSE DOĞUDA GÜRCİSTAN ERMENİSTAN NAHÇIVAN AZERBAYCAN VE İRAN GÜNEYDE IRAK VE SURİYE KUZAYBATIDA YUNANİSTAN VE BULGARİSTANDIR TÜRKİYE 26 VE 45 DOĞU MERİDYENLERİ İLE 36 VE 42 KUZAY PARALELLERİ ARASINDA YER ALIR

Türkiye'nin Coğrafi Konumu

Türkiye, kuzey yarım kürede Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarının birbirine çok yaklaştığı bir yerdedir. Avrupa ve Asya arasında doğal bir köprü görevini üstlenen Türkiye'nin, Asya'da yer alan geniş topraklarına Anadolu, Avrupa'daki topraklarına Trakya adı verilir. Üç taraftan denizlerle çevrili olan Türkiye'nin kuzeyinde Karadeniz, güneyinde Akdeniz, batısında Ege denizi bulunur.



Şekil 1 Türkiye'nin dünya üzerindeki konumu

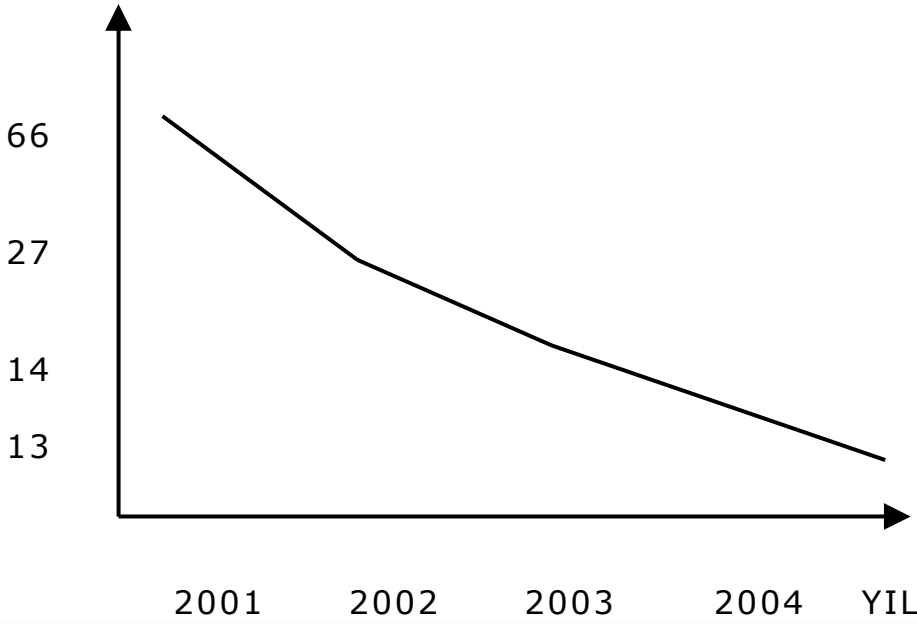
Şekil 1 Türkiye'nin dünya üzerindeki konumunu göstermiştir. Türkiye'nin komşuları ise doğuda Gürcistan, Ermenistan, Nahçıvan, Azerbaycan ve İran, güneyde Irak ve Suriye, kuzeybatıda Yunanistan ve Bulgaristandır. Türkiye 26 ve 45 doğu meridyenleri ile 36 ve 42 kuzey paralelleri arasında yer alır.

ENFLASYON

FİYATLARDAKİ GENEL VE ÖZEL SEVİYESİNDE GÖRÜLEN SÜREKLİ ARTIŞTIR TANIMDA İKİ DURUMDAN BAHSEDİLMEKTEDİR BİRİNCİ OLARAK TEK BİR FİYAT YA DA FİYAT GRUBU DEĞİL FİYATLAR GENEL SEVİYESİ GÖSTERGE ALINMAKTADIR İKİNCİ OLARAK ARTIŞIN BİR KEREYE YADA BİRKAÇ DEFAYA MAHSUS OLMADIĞI SÜREKLİ OLDUĞU VURGULANMAKTADIR FİYATLARIN GENEL SEVİYESİ EKONOMİDE SEÇİLEN BELLİ BİR MAL VE HİZMET KÜMESİNİN PARASAL KARŞILIĞIDIR GRAFİK 1 ÜLKEMİZDEKİ ENFLASYON DEĞİŞİMİNİ GÖSTERMEKTEDİR

2001 2004 YILLIK ORTALAMA ENFLASYON DEĞERLERİ

ENFLASYON YÜZDESİ



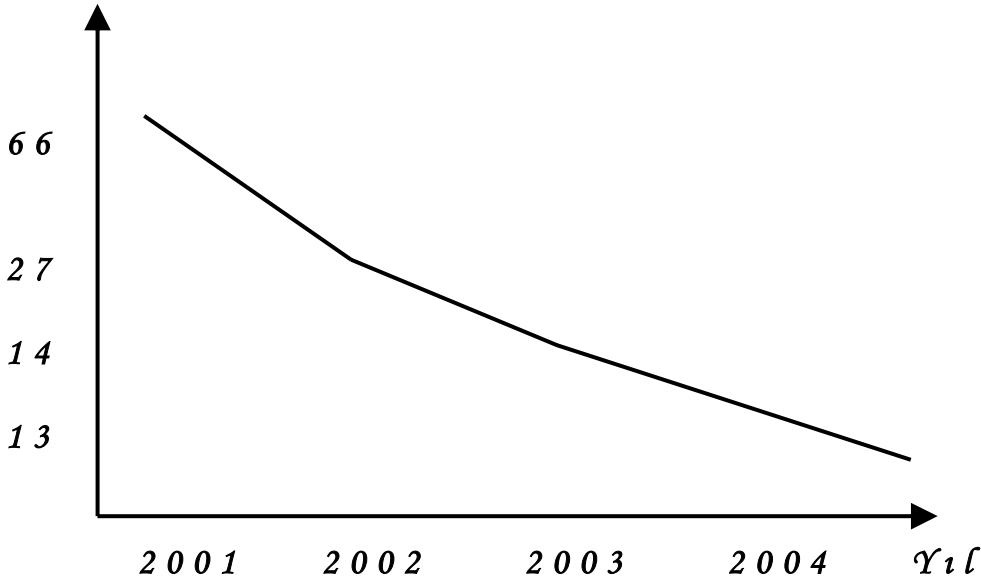
FİYATLAR MAL VE HİZMETLERLE DOLAŞIMDAKİ PARA MİKTARI ARASINDAKİ DENGeye GÖRE OLUŞUR PARA MİKTARINDAKİ ARTIŞ MAL VE HİZMET MİKTARINDAKİ ARTIŞ BÜYÜME İLE DENGELİ OLURSA FİYATLARIN GENEL SEVİYESİ DEĞİŞMEZ AMA BUNLARDAN BİRİ DİĞERİNDEN FAZLA ÜRETİLİRSE AZ ÜRETİLEN KIYMETLİ HALE GELİR NOMİNAL MİLLİ GELİRİN BU GELİRLE SATIN ALINAN MAL MİKTARINA GERÇEK MİLLİ GELİR NAZARAN ARTMASI YANİ ŞİŞMESİ DEMEKTİR

Enflasyon

Fiyatların genel ve özel seviyesinde görülen sürekli artıştır. Tanımda iki durumdan bahsedilmektedir. Birinci olarak tek bir fiyat ya da fiyat grubu değil fiyatların genel seviyesi gösterge alınmaktadır. İkinci olarak artışın bir kereye yada birkaç defaya mahsus olmadığı, sürekli olduğu vurgulanmaktadır. Fiyatların genel seviyesi ekonomide seçilen belli bir mal ve hizmet kümesinin parasal karşılığıdır. Grafik 1 ülkemizdeki enflasyon değişimini göstermektedir.

2001 2004 yıllık ortalama enflasyon değerleri

Enflasyon yüzdesi



Fiyatlar mal ve hizmetlerle dolaşımdaki para miktarı arasındaki dengeye göre oluşur. Para miktarındaki artış, mal ve hizmet miktarındaki artış büyüme ile dengeli olursa fiyatların genel seviyesi değişmez. Ama bunlardan biri diğerinden fazla üretilirse, az üretilen kıymetli hale gelir. Nominal milli gelirin, bu gelirle satın alınan mal miktarına (gerçek milli gelir) nazaran artması yani şişmesi demektir.

TABLO 1 TÜRKİYE DEKİ DEPREMLER

YER	TARİH	ŞİDDET	ÖLÜ
ÇANKIRI	6 HAZİRAN 2000	6	1
AFYON	3 ŞUBAT 2002	6	44
TUNCELİ	27 OCAK 2003	6	1
BİNGÖL	1 MAYIS 2003	6	176
ERZURUM	25 MART 2004	5	9
AĞRI	2 TEMMUZ 2004	5	17



ŞEKİL 1 TÜRKİYE NİN DÜNYA ÜZERİNDEKİ KONUMU

2001 2004 YILLIK ORTALAMA ENFLASYON DEĞERLERİ

ENFLASYON YÜZDESİ



Tablo 1 Türkiye'deki depremler

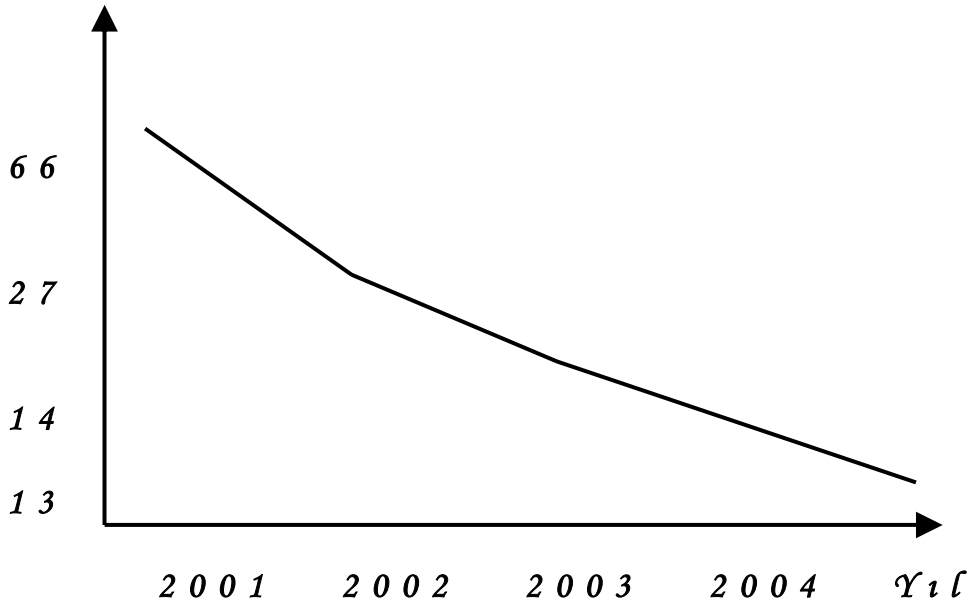
Yer	Tarih		Şiddet	Ölü	
Çankırı	6	Haziran	2000	6	1
Afyon	3	Şubat	2002	6	44
Tunceli	27	Ocak	2003	6	1
Bingöl	1	Mayıs	2003	6	176
Erzurum	25	Mart	2004	5	9
Ağrı	2	Temmuz	2004	5	17



Şekil 1 Türkiye'nin dünya üzerindeki konumu

2001 2004 yıllık ortalama enflasyon değerleri

Enflasyon yüzdesi



$$Y = \Sigma (3 A + 5) + \Pi (\Delta (5 B + 8)))$$

$$C = \text{€} (\infty (\Sigma (4 F + 6))))$$

$$T = \Pi (8 G + 3) + \infty (2 G + 2)$$

$$y = \Sigma (3 a + 5) + \Pi (\Delta (5 b + 8)))$$

$$c = \text{€} (\infty (\Sigma (4 f + 6))))$$

$$t = \Pi (8 g + 3) + \infty (2 g + 2)$$

ÖZGEÇMİŞ

Emre UZUN, 1982 yılında Trabzon'da doğdu. İlköğrenimini Trabzon'da tamamladı. 2000 yılında Trabzon Anadolu Teknik Lisesi, Bilgisayar Bölümü'nden birincilikle mezun oldu. 2004 yılında Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü'nü yüksek onurla bölüm birincisi olarak tamamladı. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Halen aynı bölümde eğitimine devam etmektedir.