HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİ DERGİSİ
OCAK 2010 CİLT 4 SAYI 3 (47-55)

TÜRKÇE METİNDEN KONUŞMA SENTEZLEMEDE YAŞANAN SIKINTILAR VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Hv.Mu.Ütğm.Ş.Murat CANAL*

Hava Teknik Okullar K.lığı
Uzaktan Eğitim Merkezi K.lığı
35410, Gaziemir, İzmir
muratcanal@gmail.com

Yrd.Doç.Dr.Hv.Müh.Alb.Sefer KURNAZ

Hava Harp Okulu
Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü
34149, Yeşilyurt, İstanbul
skurnaz@hho.edu.tr

Yrd.Doç.Dr.A.Egemen YILMAZ

Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Elektronik Mühendisliği Bölümü
06100, Tandoğan, Ankara
aeyilmaz@eng.ankara.edu.tr

Geliş Tarihi: *25 Ağustos 2009,* ***Kabul Tarihi:*** *30 Ocak 2010*

ÖZET

"Metinden Konuşma Sentezleme (MKS)" üzerine birçok dilde çeşitli çalışmalar yapılmış olmasına rağmen, Türkçe gibi sondan eklemeli diller için çok fazla çalışma yapılmamıştır. Türkçenin sondan eklemeli bir dil oluşu, bir sözcük kökünden çok sayıda sözcük ve sözcük grubu üretilmesine, buna bağlı olarak farklı ses değişimlerinin oluşmasına ve dolayısıyla Türkçe metinden konuşma sentezleme sürecinde sıkıntılara neden olmaktadır.

Bu çalışmada Türkçe için "Ünlüden-Ünlüye" ses sentezleme yöntemini kullanan bir metin seslendirme sistemi anlatılmıştır. Sistem, girdi olarak yazılı metni almakta, standartlaştırmakta ve çıktı olarak bu metne karşılık gelen Türkçe sesleri üretmektedir. Geliştirilen uygulama, metni sadece seslendirmekle kalmayıp anlamsal olarak da incelemekte ve metnin Türkçedeki doğru okunuşunu belirleyebilmektedir. Sonuç olarak, Türkçe metinden konuşma sentezleme konusunda yaşanan sıkıntılar belirlenmiş, bu sıkıntılardan noktalama işaretleri, kısaltmalar, nümerik ifadeler ve ses değişimleri konularında çeşitli çözüm yöntemleri geliştirilmiş ve insan sesine yakın bir metinden konuşma sentezleme sistemi geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler*: Türkçe, Metinden Konuşma Sentezleme (MKS), Metin Seslendirme, Ünlüden-Ünlüye.*

DIFFICULTIES AND SOLUTIONS OF TURKISH TEXT TO SPEECH SYNTHESIS

ABSTRACT

Even though numerous research studies have so far been conducted on "text-to-speech (TTS)" systems for different languages, the number of studies regarding agglutinative languages such as Turkish is relatively few. A feature of agglutinative languages is that many words and phrases can be built up from one etymon, various ablauts can be observed and therefore some problems may exist in Turkish TTS synthesis process.

This study explains the development of a TTS system for the Turkish language, which uses a "Vowel-to-Vowel" phoneme method. According to this method, the system takes written text as input, makes the normalization of the text and produces Turkish sounds equivalent to given text. The implementation does not only vocalize the text, but examines it semantically and identifies its Turkish pronunciation. As a result, the difficulties with the application of Turkish TTS synthesis system were determined. Various solution methods for these problems dealing with punctuation marks, abbreviations, numeric expressions and sound alteration were generated, and hence a special Turkish TTS synthesis system which is close to human voice was developed.

Keywords: *Turkish, Text-to-Speech Synthesis (TTS), Speech Synthesis, Vowel-to-Vowel.*

1. GİRİŞ

Konuşma sentezleme bilgisayar tarafından bir metnin ses sinyallerine dönüştürülmesi ve insan konuşmasının yapay olarak üretilmesi işlemidir. Bu amaçla kullanılan bir bilgisayar sistemine "konuşma sentezleyici" adı verilmekte ve işlem bilgisayar yazılım ya da donanımında uygulanabilmektedir.

*Sorumlu Yazar

Dijital ortamda bulunan bütün yazıların sesli olarak okutulması mümkün olmaktadır [1].

Bir MKS sistemi, normal dildeki bir metni konuşmaya dönüştürmektedir. Bir veri tabanında saklanan kayıtlı konuşma bölümlerinin birbirlerine bağlanması, yaygın olarak kullanılmakta olan bir konuşma sentezleme tekniğidir [2].

Bir konuşma sentezleyicisinin kalitesi, konuşmanın insan sesine benzerliği ve anlaşılabilirliği ile değerlendirilmektedir. Konuşma sentezleme sistemlerinin günümüzde çok yaygın kullanım alanları bulunmakta olup, söz konusu uygulama alanları gün geçtikçe artmaktadır. [1].

Metinden konuşma sentezleme yönteminin başlıca kullanım alanlarına örnek olarak engelli insanlara yardım sistemleri, çoklu ortam cihazları, navigasyon uygulamaları, tüketici elektronik ürünleri, telekomünikasyon sistemleri vb. verilebilir.

Bu çalışmada anlamsal olarak metin inceleme, okuma alışkanlıklarına göre standartartlaştırma ve istisnalara çözüm yöntemleri konuları incelenmiş olup vurgu ve tonlama konuları ele alınmamıştır..

2. TÜRKÇENİN DİL AİLESİ VE ÖZELLİKLERİ

Türkçe, diğer Türk dilleriyle birlikte Altay dil ailesinin bir kolunu oluşturmaktadır. Bu ailenin diğer üyeleri Moğolca, Mançu-Tunguzca ve Korecedir. Türkçe, diğer Altay dilleri gibi eklemeli, yani sözcüklerin eklerle yapıldığı ve çekildiği, sondan eklemeli bir dildir.

Dilde özleşme çabaları 19. yüzyılın ikinci yarısında Tanzimat dönemi ile başlamıştır. Aydınların Türkçe sözcük kullanma ve Arap alfabesinde yenilik çabalarıyla geçen bir hazırlık döneminden sonra Cumhuriyetle birlikte çağdaş Türkçenin temelleri atılmıştır. Atatürk'ün özel ilgi ve çabalarıyla Latin alfabesine geçilmiş; tarama, derleme ve türetme yoluyla dildeki Türkçe sözcük oranı kısa sürede büyük oranlara ulaşmıştır [3].

Türkçe dili morfolojik olarak eklemeli bir dil olduğundan, bir sözcükten onlarca sözcük türetilebilmektedir. Bu sebeple dildeki sözcük sayısı kolaylıkla artırılabilmektedir. Örneğin; Fener, Fenerbahçe, Fenerbahçeli, Fenerbahçelilik, Fenerbahçelileşmek vb.

2.1. Harf-Ses İlişkisi

Türk alfabesindeki harfler, gösterdikleri seslerin ağızdan çıkışına göre ünlü ve ünsüz olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bunlar ağızdan çıkış durumlarına göre Kalın-İnce, Düz-Yuvarlak ve Geniş-Dar olarak Tablo 1'de gösterildiği şekilde 3 gruba ayrılmaktadır.

Ses, bir dilde anlamlar arasında farklılık yaratan konuşmaların en küçük birimleridir. Türk alfabesi 8'i sesli (a, e, ı, i, o, ö, u, ü) ve 21'i sessiz (b, c, ç, d, f, g, ğ, h, j, k, l, m, n, p, r, s, ş, t, v, y, z) olmak üzere 29 harften oluşmaktadır. Ancak Türkçe imla Türkçedeki tüm sesleri gösterememektedir.

Tablo 1. Ünlü harflerin gruplandırması

	Ön Sesliler		Arka Sesliler	
	Dar	Geniş	Dar	Geniş
İnce	i	ü	ı	ü
Kalın	e	ö	a	o

Bir Türkçe sözlüğü yaklaşık olarak telaffuzları ile birlikte 3500 kelime kökü içermektedir. Sözlükteki birçok kelimenin sesli uzatmalarından veya damaksıllaşmadan dolayı doğru telaffuzu mümkün olmamaktadır ve bu kelimelerin çoğu Arapça ve Farsça kökenlidir. Örneğin "fedakârlık" kelimesi; /f e d aa k ea r ll ı kk/ şeklinde telaffuz edilmekte, kelimenin 4. ve 6. sırasında standart /a/ sesinin yerine sırasıyla /aa/ ve /ea/ sesleri kullanılmaktadır [4].

Türkçede 8 sesli harf olmasına karşın, bu harflerin 8 normal ve 15 farklı (uzun, ince, yumuşak, vb.) okunuşu mevcuttur. Okunuşlarına göre farklılık arz eden harfler Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Sesli harflerin okunuşları

Okunuşlar	Harfler							
Normal	A a	E e	I ı	İ i	O o	Ö ö	U u	Ü ü
Uzun	Â â	Ê ê	-	Î î	Ô ô	-	Û û	ß ÿ
İnce	Á á	-	-	-	Ó ó	-	Ú ú	-
Uzun-İnce	Ã ã	-	-	-	-	-	Ý ý	-
Yumuşak	À à	-	-	-	Ò ò	-	Ù ù	-
Geniş	-	Ë ë	-	-	-	-	-	-

3. GERÇEĞE YAKIN SES ÜRETİMİNDE YAŞANAN ZORLUKLAR

MKS sisteminin ön ucu metin normalizasyonunu, ölçü tahminini, gramatik ve anlamsal analizini ve kelime telaffuzunu gerçekleştirebilen bölümüdür. Bu analizlerin amacı, insan ifadeleriyle uyumlu olması için ne söylenmesi ve nasıl söylenmesi gerektiğinin tahmin edilmesidir. Süreçten elde edilen, her biri ayarlı süre ya da vurgulu seslerle gösterilen girdi metindir. Metin standartlaştırma süreci, ölçü birimleri, para birimleri, zaman ve tarih gibi unsurlar için metnin yazılı simgelere (*token)* dönüştürülmesi ve

kısaltmaların genişletilmelerini kapsamaktadır. Genelde metin standartlaştırması konuya duyarlı, dile ve uygulamaya özgü olduğu için sorunlar yaşatabilmektedir [5].

3.1. Metin Standartlaştırma (Normalizasyon)

Metinler çok sayıda harfdeş kelime, sayı ve kısaltma içerdiğinden dolayı, metin standartlaştırma nadiren net anlaşılır bir süreçtir. Konunun içeriğine bağlı olarak bile kelimelerin telaffuzları değişebilmektedir. Birçok MKS sisteminde girilen metnin anlamsal ifadesi oluşturulamamaktadır. Çünkü bunu yapan süreçler güvenilir, anlaşılır ve verimli değildir. Sonuçta harfdeş sözcükleri belirlemek ve ayırt etmek için, komşu kelimelerle çalışma ve oluşma sıklığı hakkında istatistikî veriler kullanma gibi birçok sezgisel teknikten yararlanılmaktadır.

Bir sayıyı kelimelere çevirme basit bir programlama işidir. Ancak MKS sistemlerinin yüzleşmek zorunda olduğu asıl problem sayı kombinasyonlarının nasıl okutulacağına karar verme sorunudur. Bir MKS sistemi sıklıkla sayıların çevresindeki kelimelere, diğer sayılara ve noktalama işaretlerine göre nasıl seslendirilebileceğini gösterebilmekte ve belirsizliğin fazla olduğu durumlarda da metnin içeriğinin belirlenmesini sağlayabilmelidir [6].

3.1.1. Kısaltmalar ve kelimeleşmiş kısaltmalar

Kısaltma; bir kelime, terim veya özel adın, içerdiği harflerden biri veya birkaçı ile daha kısa olarak ifade edilmesi ve simgeleştirilmesidir.

Örneğin; İngilizcede “inç” kelimesi için kullanılan “in” kısaltması ile “in” kelimesi, ya da "12 St John St." adresindeki aynı kısaltmalara sahip “Saint” ve “Street” kelimeleri ayırt edilebilmelidir. Türkçede örneğin “PTT” kısaltması ise ya “Pe Te Te” ya da “Posta Telefon Telgraf” olarak açılmaktadır [7].

Anlaşılır ön uca sahip MKS sistemleri belirgin olmayan kısaltmalar için mantıklı tahminler yapabilmekte ancak diğerleri anlamsız hatta bazı durumlarda komik sonuçlara neden olabilmektedir [6].

Tüm kısaltmaların ve kısa adların sözlük tabanlı olarak işlenmesi oldukça zor olmakla beraber, kural tabanlı vb. alternatif bir çözümü bulunmamaktadır. Türk Dil Kurumu’na göre bugün itibariyle kullanılan kısaltmalar 578 adettir. Her geçen gün yeni kısaltmaların üretilme ihtimali, ciddi bir sıkıntı olarak varlığını sürdürmektedir. [12]

3.1.2. Nümerik ifadeler

Farklı sayı kombinasyonları, okunurken farklı söylenmektedir. Telefon numarası söylenirken, genel kullanım olarak 1-3-3-2-2 kombinasyonu kullanılmaktadır. Örneğin; 11 haneli cep telefonu numarası 05327449241 : 0 (sıfır) – 532 (Beşyüz otuziki) – 744 (yediyüz kırkdört) – 92 (doksaniki) – 41 (kırkbir)

TC Kimlik Numarası okunurken ise 3-3-3-2 kombinasyonu kullanılmaktadır. Örneğin; 11 haneli TC Kimlik numarası 46105908217 : 461 (Dörtyüz altmışbir) – 059 (sıfır ellidokuz) – 082 (sıfır seksen iki) – 17 (onyedi)

Para gibi sayısal değeri olan ifadeler ise tamsayı olarak okunmaktadır ve bir kombinasyonu yoktur. Örneğin; 11 haneli büyük ikramiye 10000000000 TL : on milyar Türk Lirası.

11 haneli sayı grubunun sadece rakamlarla okunması durumu da söz konudur. Örneğin; 19283746501 (bir dokuz iki sekiz üç yedi dört altı beş sıfır bir).

3.1.3. Noktalama işaretleri ve özel işaretler

Noktalama işaretleri metnin telaffuzunda, vurgu ve tonlama açısından etkilidir. Özel işaretlerin ise belirli okunuşları vardır. Fakat farklı okundukları durumlar da görülmektedir. Örneğin; genelde “artı” ve “eksi” şeklinde okunan “+” ve “-” işaretleri, kan grubu ifade edilirken “pozitif” ve “negatif” olarak okunmaktadır.

Örneğin; Türkçede “3/5” şeklindeki bir yazım, adres satırında kullanıldığında “3 taksim 5” şeklinde okunurken, matematiksel bir ifade taşıdığında “3 bölü 5” olarak okunmaktadır. Bu tür noktalama işaretleri ve özel işaretler incelendiğinde bu örnekler artırılabilir. İşaretlerin, cümle içerisinde kullanıldığı yere göre anlamsal olarak algılanmasının ve ihtiyaca göre seslendirilmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir.

3.2. Metinden Sese Dönüşüm

MKS sistemleri, yazımları esas alınarak sözcüklerin telaffuzlarını belirlemede kural-tabanlı ve sözlük-tabanlı olmak üzere iki temel yaklaşım kullanmakta, bu sürece metinden sese ya da simgeden sese dönüşüm adı verilmektedir. Her bir yaklaşımın avantaj ve dezavantajları bulunmakta, bu sebeple hemen hemen bütün sentez sistemleri bu iki yaklaşımı birlikte kullanmaktadır. İspanyolca gibi düzenli yazı sistemi olan ve kelime telaffuzları yazımlarına bağlı olan diller çok başarılı olmaktadır. Bu diller için konuşma sentez sistemleri genelde kural-tabanlı metodu kullanmaktadır ve telaffuzları yazımlarına göre rahatlıkla yapılamayacak yabancı isimler ya da alıntılar gibi bazı kelimeler için sözlüğe başvurmaktadır. Diğer yandan, İngilizce gibi çok düzensiz yazı sistemleri olan dillerin konuşma sentez sistemleri sözlüklere daha fazla bağımlı kalmakta ve sadece sözlükte olmayan kelimeler için kural-tabanlı metotları kullanmaktadır [6].

Türkçe de İngilizceye benzer şekilde düzensiz bir dildir. Bölüm 3.1’de belirtilen istisnalar sebebiyle, Türkçede çoğunlukla “Sözlük Tabanlı Dönüşüm”

kısmen "Kural Tabanlı Dönüşüm" ile sentezlenme yönteminin kullanılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

3.2.1. Sözlük tabanlı dönüşüm

En temel metin-ses dönüşüm yaklaşımı, dilin tüm kelimelerinin ve bir program ile onların doğru telaffuzlarının saklandığı büyük sözlük tabanlı yaklaşımdır. Her kelimenin doğru telaffuzunun belirlenmesi, her kelimenin sözlükten bulunması ve sözlükte belirtilmiş telaffuzları ile yazımlarının yer değiştirilmesi ile mümkün olmaktadır. Bir harfin okunma süresi ya da sıklığı, önünde geldiği ya da takip ettiği bölümler, kelimedeki yeri, vurgulanıp vurgulanmadığı gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir [8]

Örneğin; "avize" ve "vize" kelimeleri her ne kadar benzer de olsa, "avize" kelimesindeki "i" harfi uzun okunmaktadır. Aynı şekilde "kanun" ve "kanuni" kelimeleri de benzerdir ancak "u" harfi "kanuni" kelimesinde uzun okunmaktadır.

Sözlük-tabanlı yaklaşım hızlı ve kesin olmakla birlikte sözlükte olmayan bir kelime varlığında tamamen başarısız olmaktadır. Ne kadar geniş bir sözlük kullanılırsa sentez sisteminin gereksinim duyacağı bellek de o kadar büyümektedir [6].

3.2.2. Kural tabanlı dönüşüm

Kural tabanlı yaklaşım, telaffuz kurallarının kelimelerin yazımlarının temel alarak uygulandığı ve doğru telaffuzların belirlendiği bir yaklaşımdır. Bu, sentetik sesler ya da okumayı öğrenme yaklaşımına çok benzemektedir. Kural tabanlı yaklaşım herhangi bir girdi ile çalışmakta fakat sistem düzensiz yazı ya da telaffuzları hesaba kattığı takdirde kuralların karışıklığı eşzamanlı artmaktadır [6].

3.3. Doğallık

Sentezlenen konuşmanın doğallığı sistemin tonlama, vurgulama, ritim, ölçü tekniği gibi özelliklerine bağlıdır. Ayrıca harflerin okunma süreleri, kullanılma sayıları ve metnin karmaşıklığı gibi ölçütler de sentezlenen konuşmanın doğallığını etkilemektedir. Son zamanlarda doğallık konusu oldukça önem kazanmıştır. Ticari firmaların, rekabette en çok kullandığı özellik, en doğal konuşmayı elde ettiğini vurgulamaktır.

3.3.1. Vurgu ve tonlama

Konuşma cümlelerinde ses tonu orta bir seviyede başlamakta, cümle boyunca giderek düşmekte, bu düşüş sözcük grubu, yan cümle ya da cümle sonu gibi sentetik bir sınıra gelinceye kadar devam etmektedir. Robot gibi monoton bir konuşma sentezinin olmasını engellemek için üzerinde en çok çalışılan konulardan biri tonlama olup; cümlenin neresinde, hangi kelimede ve nasıl yapılacağı özellikle metnin konusuna göre değiştiğinden dolayı, üzerinde karar verilmesi gereken oldukça zor bir alandır [8].

3.3.2. Ses değişimleri

Türkçedeki ses değişimleri; ses yumuşaması, ses sertleşmesi, ses düşmesi, ses eklemesi ve ulamadır. Aşağıdaki örneklerde de görüleceği üzere, bu ses değişimlerinden bazıları, harf-ses dönüşümlerini bozarak yazı ve konuşma dilleri arasında farklılıklara yol açmaktadır.

Türkçe'de yazı dili ile konuşma dili arasındaki farklılıkların en önemli kaynaklarından biri, ulamalardaki sert sessiz yumuşamasıdır. Örneğin; "tat + almak" = "ta-dal-mak", "öç + almak" = "ö-cal-mak"

Öte yandan, bu kuralı süreksiz sert sessizle biten (k harfi hariç) bütün sözcükler için genellemek doğru değildir. Örneğin "yat almak", "kat almak" gibi kalıplarda yumuşama söz konusu olmamaktadır.

Türkçede bir ismi "etmek", "olmak", "eylemek" gibi fiillerle birlikte kullanarak bir eylem tanımlamak mümkündür. Örneğin, "nazar etmek", "yok olmak", "nasip eylemek".

Birleşmede, isim ile eylem arasında ses düşmesi olması durumunda (Örneğin, "hapis" + "etmek" = "hapsetmek") veya isim ile eylem arasında kaynaşma olması durumunda (Örneğin, "zan" + "etmek" = "zannetmek") harf-ses dönüşümünde, bir başka deyişle okuma esnasında herhangi bir sorunla karşılaşılmamaktadır.

Ancak isim ile eylemin ayrı yazılarak aynen kullanılması durumu için istisnai durumlar bulunmaktadır. Örneğin "yok olmak" kalıbı "yo-kol-mak" şeklinde ulanarak ve aynen okunmaktadır.

Fakat bazı durumlarda, ulama esnasında ilk sözcüğün son hecesindeki sesli harf uzatılarak okunmaktadır. Örneğin; "var olmak" = "vâ-rol-mak"; "derman olmak" = "der-mâ-nol-mak"; "zarar etmek" = "za-râ-ret-mek", vb.

Bunun yanı sıra ilk sözcüğün son harfinin süreksiz sert sessiz olması durumunda (k hariç) ise, ulama dolayısıyla son harfin de aynı zamanda yumuşatılması gerekmektedir. Örneğin; "azat etmek" = "a-zâ-det-mek"; "nasip eylemek" = "na-sî-bey-le-mek"; "ihraç etmek = "ih-râ-cet-mek", vb. [9].

3.3.3. Duygu

Konuşma esnasındaki duyguların konuşmayı nasıl etkileyeceği hakkında çalışmalar yapılmış, 2008 yılında Jennifer Viegas tarafından verilen bir demeçte gülümsemenin konuşma üzerindeki etkisinden bahsedilmiştir. Henüz çok yeni olan bir çalışmaya göre dinleyiciler, yalnız ses tonuna bakarak hangi tip gülümsemenin olduğunu tanımlayabilmektedir [10].

Bu yeni çalışmaya göre Drahota ve ekibi gülüşlerin anlaşılmasının sesteki tonlama değişikliğinden kaynaklandığını düşünmüşlerdir. Drahota, konuşma dinlendiğinde genel bir ses tonunun algılandığını ve insanların tondaki artışla, sesin frekansı ve şiddeti ile gülen bir ses arasında bağlantı kurduklarını açıklamıştır. Ses özelliklerinin ve hangi duyguyu içerdiğinin belirlenmesi sentezlenen konuşmanın da daha doğal olmasını sağlayacaktır [11].

3.4. Harfdeşlik

Metin sentezlemede bir diğer problem harfdeşlik, yani bazı sözcüklerin aynı şekilde yazılmakta olmasına rağmen farklı telaffuz edilmesidir. Bir kelimenin farklı birkaç telaffuzu olabilmekte ve sistem hangisinin doğru olduğuna karar vermek zorunda kalabilmektedir. Genişlik standartlaştırması da sesli harflerin genişliğine göre yapılmaktadır çünkü aynı genişliğe sahip sesli harflerin aynı sesi çıkarmadıkları bilinmektedir. Örneğin "Halam, hala gelmedi." cümlesindeki ilk "hala" kelimesi kısa-kalın okunurken, ikinci "hala" kelimesi ince-uzun okunmaktadır. Hangi "hala"nın kullanıldığının tespit edilebilmesi için cümlenin anlamsal olarak incelenmesi gerekmektedir.

Benzer sıkıntı kar, adet vb. kelimeler için de söz konusudur. Örneğin; 'Kar' yağışı, kaban satışı yapanların büyük 'kar' elde etmesini sağladı. 5 'adet' altın takılması 'adet'miş.

4. TÜRKÇE METİNDEN KONUŞMA SENTEZLEME

Bir metinden konuşma sentezleme (MKS) sistemi ön uç ve arka uç olmak üzere 2 kısımdan oluşmaktadır. Ön ucun başlıca 2 temel görevi bulunmaktadır. İlk görevi, rakam ve kısaltma gibi semboller içeren taslak metni tamamı yazılı kelimelere çevirmektir. Bu işlem "metin standartlaştırma/ön işlem/belirtkeleme (tokenization)" olarak adlandırılmaktadır. İkinci görevi ise çevirdiği her yazılı kelimenin sesli yazımlarını belirlemek ve metni sözcük gruplarına, cümleciklere ve cümlelere bölerek işaretlemektir. Bu işleme "yazı birimden ses birime dönüşüm" denir. Sesli yazımlar ile ölçü tekniği ön uçtan çıkan dil sembollerini oluşturmakta, bu da genelde "sentezleyici" olarak ifade edilen arka uç tarafından konuşmaya dönüştürülmektedir [13].

4.1. Türkçe Metin İşleme

Metin işleme sürecine "standartlaştırma" işlemi ile başlanmaktadır. Önce girdi olarak alınan metnin içerisinde yer alan istisna ifadelerin (kısaltma, kelimeleştirilmiş kısaltma, nümerik ifade ve özel işaret gibi) yerine telaffuz şekline göre okunuşları yerleştirilmektedir.

İlk olarak kısaltma ve kelimeleştirilmiş kısaltmaların tespiti yapılmakta, bu istisna ifadelerin tespiti için kısaltmalar sözlüğünden yararlanılmaktadır. İlk olarak büyük harf ile yazılan kısaltmalar ve kelimeleştirilmiş kısaltmalar (TSK, TDK, PİLSAN vb.), daha sonra "nokta (.)" içeren kısaltmalar (Hv., Mu., Müh., vb.), son olarak da küçük harf ile yazılan ve sonunda "nokta (.)" yer almayan kısaltmalar (mm, kg, l, K, G vb.) tespit edilmektedir.

Ancak, bazı kısaltmaların kelime olarak da karşılığı bulunduğu için öncelikle kısaltma olup olmadığı kontrol edilmektedir. Örneğin: "sok" kelimesi "Elini cebine sok." cümlesinde eylemi belirttiği için "sok" şeklinde okunurken; "Bahar sok. İnci mah. ..." cümlesinde adres belirtme amaçlı kullanıldığı için "sokağı ya da sokak" şeklinde okunmaktadır. İfadenin kısaltma olup olmadığının tespiti için 15 karakter öncesi ve sonrası taranmakta, kısaltma ile beraber kullanılabilecek ifadelerin (mah., Nu., PK, Blok, vb) varlığı incelenmektedir. Daha sonra bulunan kısaltma, sözlükten taranarak uygun telaffuzu ile değiştirilmektedir.

Nokta ile bitmeyen, büyük çoğunluğu bir ya da iki tane harften oluşan diğer kısaltmalar için de cümle içerisinde anlamsal olarak belirli ifadeler taranmaktadır. Örneğin; "Teknenin boyu 19m" cümlesindeki "m" harfi "metre" ifadesinin kısaltmasıdır. Ancak "k,l,m harfleri" şeklinde ifade edildiğinde, bu cümlede "me" şeklinde okunması gerekmektedir. Benzer şekilde "122 K enlemi, 98 D boylamı" cümlesindeki "K" ve "D" harfleri "kuzey" ve "doğu" yönlerini ifade eden kısaltmalardır. Ancak "P,Ç,T,K harfleri B,C,D,Ğ harflerine dönüşür" cümlesindeki "K" ve "D" harfleri "ka" ve "de" şeklinde okunmaktadır. Bu ifadelerin tespiti için de ilgili cümlede kısaltma olma ihtimali olan ifadenin 5 karakter öncesi ve sonrası taranmakta, nümerik ifade yer alıyorsa, kısaltma olarak seslendirilmektedir.

Kısaltma tespitinden sonra metin içerisindeki noktalama işaretleri tespit edilmekte, "virgül (,)" için yarım ölçü ve "nokta (.)" için bir tam ölçü sessizlik eklenmektedir. Daha sonra, bulunduğu yere göre farklı telaffuzlara sahip olan özel işaretler (+, -, /, vb.) tespit edilmekte ve ilgili işaretin yerine okunuşu yerleştirilmektedir. Diğer noktalama işaretleri (ünlem [!], soru [?], noktalı virgül [;], iki nokta üst üste [:]) ile ilgili olarak herhangi bir işlem yapılmamaktadır. Bu tür noktalama işaretleri vurgu ve tonlama konularında etkin rol oynamaktadır. Ancak bu çalışmada vurgu, tonlama ve harfdeşlik konuları incelenmediğinden diğer önemli noktalama işaretleri için de bir tam ölçü sessizlik eklenmiştir.

Bazı özel işaretlerin kullanıldığı yere göre okunuşları değişmektedir. Örneğin; genelde "artı" ve "eksi" şeklinde okunan "+" ve "-" işaretleri, kan grubu ifade edilirken "pozitif" ve "negatif" olarak okunmaktadır. Dolayısıyla bu işaretlerin solunda olan üç karakter taranmakta ve "Rh" ifadesi aranmaktadır. Benzer

şekilde "/" işareti "bölü" şeklinde okunurken, adres tariflerinde "taksim" olarak okunmaktadır. "/" işaretinin okunuşu, işaretin 15 karakter öncesi ve sonrasında adres anlatımında kullanılabilecek ifadelerin (sok., mah., cad. No., Bul., vb) varlığına göre belirlenmektedir.

Üçüncü olarak nümerik ifadelerin okunuşları belirlenmektedir. İlgili nümerik ifadenin hangi amaç için kullanıldığını tespit etmek için, yine kısaltma tespitinde olduğu gibi ifadenin 15 karakter öncesi ve sonrası taranmakta, "TC, Cep, Tel, vb." ifadelerinin varlığına göre farklı kombinasyonlardaki okunuşlar seçilmektedir. Tarama işleminde gerekli ifadeler yer almazsa sadece rakamsal olarak okutma işlemi yapılmaktadır.

Bazı noktalama işaretleri ve nümerik ifadeler beraber kullanıldığında okuma ve anlama kolaylığı açısından çeşitli istisnalara sahiptir. Örneğin; "1/2" ifadesi matematiksel değer taşıdığında "bir bölü iki" olarak okunurken; tarif, ölçü vb. anlamlarda kullanılırken "yarım" şeklinde okunmaktadır. Bunun tespiti için "1/2" ifadesinin 3 karakter öncesi ve sonrası taranmakta ve "+,-,*,=" gibi matematiksel işlemler taranmaktadır. İşlem varsa "bir bölü iki" yoksa "yarım şeklinde okunmaktadır. Benzer örnek "1/4" için de geçerlidir. Gerektiğinde "bir bölü dört" ya da "çeyrek" olarak okunabilmektedir.

Son adımda, ses değişimleri (istisna ifadeler) kontrol edilmektedir. Veritabanında oluşturulan "istisnalar" tablosundaki tüm sözcükler, girdi olarak alınan metinde aranmakta, varsa ilgili metin ile veritabanındaki telaffuzu yer değiştirilmektedir. Örneğin; "istisnalar" tablosundaki "zamane" kelimesi "Zamane gençliği çok farklı" cümlesinde arandığında, okuma metni "zam/aa/ne gençliği çok farklı" şeklinde olmaktadır.

Girdi olarak alınan metin içerisindeki tüm bu işlemler tamamlandıktan, yani nümerik ifadeler, noktalama işaretleri, kısaltmalar ve istisnalar okunuşları ile yer değiştirildikten sonra cümle, boşluk karakterlerine göre kelimelere; kelimeler de ses gruplarına bölünmektedir. Eğer kelime iki harften oluşuyorsa, hiçbir işleme tabi tutulmadan ikili ses olarak dizideki yerini almaktadır. İki harfli kelimelerin dışında kalan kelimelerdeki ses bölme işleminde, her bir sesli harf bir işaretçi olarak seçilmektedir. Normalde her sesli harften bir hece elde edilirken, bu sistemde bir sesli harften bir sonraki sesli harfe kadar olan sessiz harfler seçilmekte ve bu sayede ses grupları oluşturulmaktadır.
Örneğin;
İkili Ses : Ev : ev
Üçlü Ses : Çatal : ça – ata – al
Dörtlü Ses : Yağmur : ya – ağmu – ur
Beşli Ses : Kartlar : ka – artla – ar
Aykırı : İstanbul : ista – ambu – ul
İki Sesli : Aile : ai – ile
Ses değişimi : Lale : lâ – âle
Osmanlılaştıramadıklarımızdanmışsınızcasına : Osma –anlı – ıla – aştı – ıra – ama – adı – ıkla – arı – ımı – ızda – anmı – ışsı – ını – ızca –ası – ına

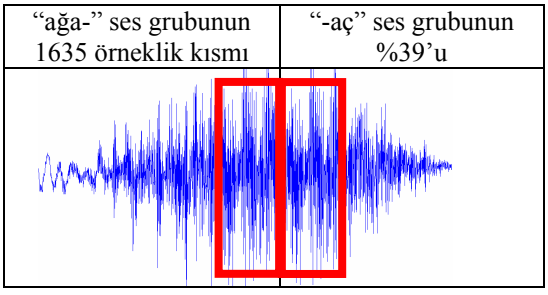
Cümle tamamen kelimelere ve daha sonra da ses gruplarına bölündükten sonra, veri tabanından uygun ses kaydının bulunma süreci başlamaktadır.

4.2. Türkçe Ses Sentezleme

İki sesli harf arasında kalan sessiz harflerle beraber oluşturulan ses grupları veri tabanından taranarak diziye eklenmektedir. Ancak her ses grubunun süresinin, diğer bir ifadeyle örnek sayısının farklı oluşu birleştirme sürecinde sorun teşkil etmektedir.

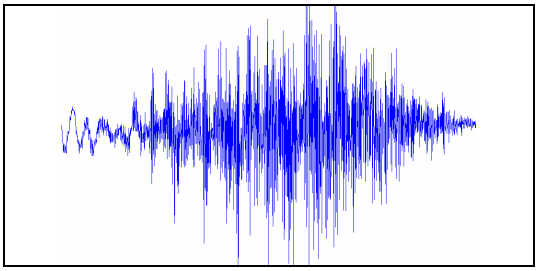
Bu çalışmada tüm ses gruplarının birleşmeleri sesli harfler üzerinden gerçekleştirildiğinden, TD-PSOLA yöntemine benzer bir yöntem tercih edilmiştir. Yapılan incelemede ilk önce ses gruplarının örnek sayıları (samples) tespit edilmiştir. Buna göre ikili seslerin 4000–5000, üçlü seslerin 6000–7000, dörtlü seslerin 8000–9000, beşli seslerin ise 10000 ve üzeri örnek sayısına sahip olduğu belirlenmiştir. Üst üste bindirme işleminde 4000 örnek için %39'dan başlayan, 10000 örneğin üstündeki ses gruplarında %26'ya kadar düşen birleşme oranları saptanmıştır. Bu sayede yaklaşık 1500-2500 farklı örnek içeren ses gruplarında üst üste bindirme işlemi yapılmıştır. Birleşme esnasında her iki ses grubuna ait ses örnekleri (x, y) toplanıp, yarısı alınarak (x+y/2) yeni ses örnekleri elde edilmiştir. Bu işlem, ikinci ses grubunun belirlenen örnek kadar ilk kısmının silinmesi, ikinci ses grubunun tespit edilen oranda ses örneğinin güncellenmesi ve son olarak da iki ses örneğinin ardarda eklenmesi ile tamamlanmıştır.

Örneğin "ağaç" kelimesi "ağa-" ve "-aç" ses gruplarının bir araya gelmesi ile elde edilmektedir. Şekil 1'de "ağa-", sağ sütunda ise "-aç" ses grubunun grafiği görülmektedir. İkinci ses grubu olan "-aç", 4194 örnekten meydana gelmektedir. Dolayısıyla 4194 örnek içeren ses grubunun % 39'luk ilk kısmı 1635 örnek, birinci ses grubu olan 6452 örnek içeren "ağa-" ses grubunun 1635 örneklik son kısmı ile işleme girmektedir.



Şekil 1. Örnek ses gruplarına ait grafikler

İşlemde "-aç" ses grubunun ilk 1635 örneklik kısmındaki ses değerleri, "ağa-" ses grubunun son 1635 örneklik kısmındaki ses değerleri ile tek tek toplanıp yarı değeri alınmakta ve "ağa-" ses grubunun son kısmı güncellenmektedir. Her güncellenen kısım kadar "-aç" ses grubundaki ses silinmekte, tüm dizideki işlem tamamlandıktan sonra sesler birleştirilerek Şekil 2'de grafiği gösterilen "ağaç" kelimesi elde edilmektedir.



Şekil 2. İşlem sonunda elde edilen "ağaç" kelimesine ait grafik

Girdi olarak alınan tüm metindeki kelimelerde yer alan ses grupları sırayla bu işleme tabi tutulmuştur. Kelimeler arasındaki boşluklar silinerek daha akıcı bir konuşma elde edilmeye çalışılmış, sadece cümle sonlarında yer alan nokta, ünlem, soru işareti gibi noktalama işaretleri için bir tam ölçü sessizlik eklenmiştir.

4.2.1. Ses dosyası seçimi

Dijital ses (digital audio), saniyelik analog ses örneklerinin 16 bitlik formata dönüştürülmesi sonucunda elde edilmektedir. Analog sinyaller bir saniyede 44,1 KHz'lik frekansla yayılmaktadır. Dolayısıyla bir saniyelik djital ses kaydı yaklaşık 1.4 milyon bit bilgi içermektedir. İnsan kulağının sesi algılama gücü dikkate alındığında bu kayıtlar, bir sıkıştırma algoritması kullanılarak 'algılanamayan' bölümlerden arındırılmaktadır. Motion Picture Experts Group (MPEG) destekleyiciliğinde geliştirilip International Organization for Standardization (ISO) tarafından şekillendirilmiş olan "mp3", sıkıştırma algoritmaları arasında en güçlü olanıdır. MP3 (Mpeg-1 Audio Layer 3), ses dosyalarını, ses kalitesi korunmak şartıyla, orijinal dosya boyutunun 1/20'si oranında sıkıştırmaya olanak sağlayan bir teknoloji standardıdır. [14]

IBM ve Microsoft'un küçük ses kayıtlarını herhangi bir bilgisayarda çalabilmek için geliştirdiği diğer bir ses dosyası formatı da yaygın kullanılan formatlar arasında en basitlerinden biri olan "wav"dır. Bu format, Windows 3.1'den bu yana Windows ortamında ses dosyalarının ana formatı olarak kullanılmakta, Macintosh tarafından da geçerli ve kullanılabilir bir araç olarak kabul edilmektedir. MP3 ve diğer sıkıştırılmış formatların aksine "wav"lar sadece sayısallaştırılmış seslerdir. Çok yer kaplamalarına rağmen, yapıları çok basit olup herhangi bir bilgisayarda rahatlıkla kaliteli ses verebilmektedirler. En temel ses formatı olması, hiçbir ses kaybının olmaması ve kullanımının basit olması bu çalışmada "wav" formatının seçilmesindeki en önemli faktörlerdir.

4.2.2. Okuma metni seçimi

Yapılan çalışmadaki ana hedef, yeni bir sentezleme yöntemi belirlemek ve istisnalara çözüm üretmektir. Dolayısıyla Türkçede yer alan tüm kelimelerin seslendirilmesi hedeflenmemiştir. İnsan sesine daha yakın bir ses üretmek ve kelimelerin, nümerik ifadelerin ve kısaltmaların uygun okunma şekline göre sentezleme yöntemleri araştırılmıştır.

Hazırlanan paragraf içerisinde kısaltma, kelimeleştirilmiş kısaltma, nümerik ifade ve ses değişimi konularındaki sıkıntılara örnek teşkil edecek ifadelere yer verilmiştir. Çoğunlukla "Sözlük Tabanlı Dönüşüm" kısmen "Kural Tabanlı Dönüşüm" ile hazırlanan standartlaştırma yöntemi, yeni tespit edilecek istisnalara karşı üretilecek çözüm yöntemleriyle, her geçen gün daha da zenginleştirilebilecektir.

Hazırlanan uygulama için kullanılan yazılı metin: "Bu çalışma Hv.Mu.Ütğm.Murat CANAL tarafından hazırlanmıştır. 3/4 sok. B1/4 Blok Nu.:15 PK 35410 Gaziemir-İZMİR'de oturan Sevinç'in cep Tel.Nu.: 5327441241'dir. HAVELSAN'da görevli Kemal, arkadaşı hesabı ödemek isteyince, "Paranı cüzdanına sok." dedi. Zamane gençleri kek hamuru için 1/2 su bardağı un, 3/4 çay bardağı şeker, 1 l su kullanıyormuş."

Seslendirilen metin: Bu çalışma hava muhabere üsteğmen murat canal tarafından hazırlanmıştır. Üç taksim dört sokak b bir taksim dört blók numara ombeş posta kutusu otuz beş dört yüz on gâziemir izmirde oturan sevin'c'in cep telefonu numarası beş yüz otuz iki yedi yüz kırk dört on iki kırk birdir. Havelsanda görevli kemâl arkadaşı hesabı ödemek isteyince, paranı cüzdanına sok dedi. Zamâne gençleri kek hamuru için yarım su bardağı un, üç bölü dört çay bardağı şeker bir litre su kullanıyormuş.

Örnek paragraftaki standartlaştırılmış ifadeler;

3/4	: üç taksim dört (adres ifadesi)
1/2	: yarım (alışılmış kullanım)
3/4	: üç bölü dört (oran ifadesi)
Sok.	: sokak (kısaltma)
sok.	: sok (kelime)
Nu.	: numara (kısaltma)
PK	: posta kutusu (kısaltma)
HAVELSAN	: havelsan (kelimeleştirilmiş)
Tel.No	: telefon numarası (kısaltma)
Blok	: blók (istisna kullanım)
Kemal	: kemâl (istisna kullanım)
5327441241	: beş yüz otuz iki yedi yüz kırk dört on iki kırk bir (alışılmış kullanım)

4.2.3. Ses kaydından ses edinme

MKS sistemlerinde kullanılan seslerin elde edilmesinde değişik yöntemler kullanılmaktadır. Günümüzde kullanılan ticari yazılımlarda diksiyonu düzgün bir konuşmacıya ilgili dildeki tüm ses örneklerini içeren uzun bir metin verilmekte ve tüm metin okutulduktan sonra ihtiyaç duyulan sesler, ses teknisyenleri aracılığı ile ana ses kaydının içinden kesilerek elde edilmektedir. Bu araştırmada ise örnek bir paragraf üzerinde çalışma yapıldığı için sadece gerekli ses grupları tespit edilmiş ve seslendirilmiştir. Gerekli tüm ses grupları, alternatif okunuşları ile beraber okunduktan sonra farklı adlandırılarak "wav" formatında kaydedilmiştir. Örneğin; "ala" sözcüğü "ala>ala.wav" ve "âlâ >âlâ.wav" olarak kaydedilmiştir.

4.2.4. Veritabanı oluşturma

Bu çalışmada Türkçede yer alan tüm kelimeler ve telaffuzlarına yer verilmemiş, örnek bir paragraf üzerinde çalışmalar sürdürülmüştür. Dolayısıyla veri miktarının çok fazla olmaması ve her bilgisayarda kolaylıkla çalışma ortamının sağlanabilmesi için Microsoft Office Access 2003 veritabanı tercih edilmiştir. Türkçede yer alan tüm kelimeler ve kısaltmaların yer aldığı bir çalışmada veri miktarının artışından dolayı, MS SQL veya Oracle gibi daha fazla veri saklanabilen ve daha hızlı çalışabilen veritabanı programlarının kullanılması gerekebilmektedir.

Veri tabanında yer alan birinci tabloda (istisna) çoğunluğu yabancı kökenli sözcüklerin oluşturduğu kelimeler ve telaffuzları yer almaktadır.

Veri tabanında yer alan ikinci tabloda (kisa) kısaltmalar ve kelimeleştirilmiş kısaltmalar ile telaffuzları yer almaktadır. Günümüz Türkçesinde yer alan 578 adet kısaltma veri tabanına eklenmiş olup, sadece örnek paragrafta yer alan kısaltmalar seslendirilmiştir.

Üçüncü tabloda (nokta) noktalama işaretleri ve özel işaretler ile telaffuzları yer almaktadır. Bu tabloda kısaltmalarda olduğu gibi tüm ifadelerin değil, sadece örnek cümlede yer alan noktalama işaretlerinin ve özel işaretlerin telaffuzlarına yer verilmiştir.

4.3. Uygulama Platformu

Uygulama platformu olarak, akademik çalışmaların daha kolay hazırlandığı MATLAB programı seçilmiştir. Ses dosyalarına erişimin basit olması çalışmaların bu program ile yapılmasındaki en önemli faktör olmuştur. Java, C# gibi programlama dilleriyle karşılaştırıldığında, daha yavaş kalmaktadır, ancak gerçek zamanlı bir sistem kullanılması planlanmadığından, programın tamamlanabilmesi için gerekli süre kabul edilebilir düzeydedir.

MATLAB'de seslerin çalınması da çok kolay olup "sound" komutu ile yapılmakta, bir ses dosyasını okuma "wavread", yazma "wavwrite" komutu ile gerçekleştirilmektedir. MATLAB'de dizinin bir parçası, diğer diziye rahatlıkla kopyalanabildiği için dizileri kullanmak açısından da büyük kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca "plot" komutu ile dizinin grafiği kolaylıkla çizilebilmekte ve yapılan değişiklikler görsel olarak incelenebilmektedir.

Birçok avantajının yanında en büyük dezavantajı yavaş çalışmasıdır. Belirlenen örnek paragraf için yapılan testler esnasında; derleme işleminin bitmesi için geçen süre 3dk.'dır. Dolayısıyla diğer programlama dilleri ile karşılaştırıldığında derleme süresi oldukça uzun olmaktadır.

5. SONUÇ

MKS konusunda şimdiye kadar birçok çalışma yapılmış ve birbirinden farklı sentezleme yöntemleri tercih edilmiştir. Yapılan çalışmaların çoğunda, mevcut ses dosyaları dijital olarak çeşitli işlemlere tabi tutulduğu için dinleyiciye gerçek insan sesi yerine robotik bir ses sunulabilmiştir. Yabancı diller için tasarlanan ve ticari firmalar tarafından büyük yatırımlarla hazırlanan yeni MKS sistemleri, doğallık konusunda daha başarılı olmaya ve 2009 yılı içerisinde Türkçeyi de uygulamalarına eklemeye başlamışlardır.

Akademik ya da ticari amaçla geliştirilen mevcut MKS sistemlerinde, Türkçede kullanılan noktalama işaretlerindeki ve kısaltmalardaki telaffuz farklılıkları, nümerik ifade kombinasyonlarındaki okuma alışkanlıkları ve ses değişimleri pek dikkate alınmamıştır. Diğer bir ifadeyle, girdi olarak alınan Türkçe metin anlamsal olarak incelenmemiş, yazıldığı gibi seslendirilmiştir.

Yapılan çalışmada "Ünlüden-Ünlüye" olarak adlandırılan bir ses sentezleme yöntemi denenmiş olup bu yöntem ile seslerin birleştirilmesinin daha kolay olduğu ve dijital olarak çok fazla işleme ihtiyaç duyulmadığı gözlemlenmiştir. Ancak bu yöntemde kullanılacak ses gruplarının miktarı, ikili ses birleştirme yöntemlerinde kullanılan ses gruplarının miktarından daha fazla olmakta, dolayısıyla daha büyük bir veritabanına ihtiyaç duyulacağı değerlendirilmektedir. Üçlü ses birleştirme yöntemlerine ve ticari yazılımlardaki veri tabanlarına oranla ise daha küçük kalmaktadır.

Konuyla ilgili uygulama geliştirilirken, Türkçedeki tüm sözcüklerin seslendirilmesi yerine, örnek bir metin üzerinde çalışma yapılmış ve Türkçede yaşanan sıkıntılara çözüm yöntemleri geliştirilmesi hedeflenmiştir. Geliştirilen uygulama, metni sadece seslendirmekle kalmayıp anlamsal olarak da incelemekte ve metin içerisindeki istisnaları tespit

ederek, Türkçedeki doğru telaffuzlarını belirleyebilmektedir.

Sonuç olarak, Türkçe metinden konuşma sentezleme konusunda yaşanan sıkıntılar incelenmiş, bu sıkıntılardan noktalama işaretleri, kısaltmalar, nümerik ifadeler ve ses değişimleri konularında çeşitli çözüm yöntemleri ile insan sesine yakın bir metinden konuşma sentezleme sistemi geliştirilmiştir.

Örnek paragraf, muadil 5 metin sentezleme programı ile okutulmuş ve rasgele seçilen 20 dinleyiciden karşılaştırması istenmiştir. Karşılaştırmaya göre, ticari firmalarca üretilen sesin vurgu ve tonlamada daha başarılı olduğu; fakat okuma alışkanlıkları ve istisnalara (kısaltmalar, nümerik kombinasyonlar vb.) çözüm üretebilmesi açısından, yapılmış olan bu çalışmada elde edilen sesin daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Kural tabanlı bir yapı ile hazırlanan standartlaştırma yöntemi, yeni tespit edilecek istisnalara karşı üretilecek çözüm yöntemleriyle, her geçen gün daha da zenginleştirilerek daha doğru okumalar elde edilebilecektir. Vurgu, tonlama, harfdeşlik ve duygu konularında yapılacak çalışmalar, hedeflenen gerçek insan sesine en yakın metinden konuşma sentezleme sisteminin tamamlanmasına büyük katkı sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

[1] Aşlıyan, R. ve Günel, K. 2008. Türkçe Metinler için Hece Tabanlı Konuşma Sentezleme Sistemi. Akademik Bilişim (AB'08), On Sekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye.

[2] Allen, J., Hunnicutt, S., Klatt, D. 1987. From Text to Speech: The MITalk System. Cambridge University Press.

[3] http://www.dilimiz.gen.tr/ozellikler/genel.html

[4] Sak, H. 2004. A Corpus Based Concenative Speech Synthesis System for Turkish. Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[5] Schröder, M. 2005. Foundations of Language Science and Technology Speech Synthesis. DFKI.

[6] http://festvox.org/blizzard

[7] Vural, E. 2003. A Prosodic Turkish Text-to-Speech Synthesizer. Yüksek Lisans Tezi, Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Enstitüsü.

[8] Eker, B. 2002. Turkish Text to Speech System. Yüksek Lisans Tezi, Bilkent Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü.

[9] Yılmaz, A.E. 2009. Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme Uygulamaları için bir Veri Sözlük Seti ve Yazılım Çerçevesi Önerisi. Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara Üniversitesi. IEEE 17. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SİU-2009), Side/Antalya, Türkiye.

[10] http://www.animenewsnetwork.com/news/2007-05-02/speech-synthesis-software

[11] http://www.port.ac.uk

[12] http://www.tdk.gov.tr

[13] Santen, P.H., Sproat, R.W., Olive, J.P. and Hirschberg, J. 1997. Progress in Speech Synthesis. Springer

[14] http://www.cclub.metu.edu.tr

ÖZGEÇMİŞLER

Hv.Mu.Ütğm. Ş.Murat CANAL

2002 yılında Hava Harp Okulu Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimini tamamladı. 2004 yılından uçuş eğitiminden ayrıldıktan sonra Hava Teknik Okullar Komutanlığı MEBS Okulu Komutanlığında muhabere eğitimini tamamlayarak Hava Kuvvetleri Bilgi Sistemleri Yönetim Şube Müdürlüğüne atandı. 2009 yılında Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalında Uzaktan Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. Halen Hava Teknik Okullar Komutanlığı UZEM Komutanlığında Web Uygulama Program Uzmanı olarak görev yapmaktadır.

Yrd.Doç.Dr.Hv.Müh.Alb. Sefer KURNAZ

Hava Harp Okulu Elektronik Mühendisliği Bölümünden lisans, Ege Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünden yüksek lisans, İstanbul Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünden doktora derecesi aldı. Halen Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü Müdürü olarak görev yapmaktadır.

Yrd.Doç.Dr. Asım Egemen YILMAZ

Lisans derecelerini Orta Doğu Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği ve Matematik Bölümleri'nden 1997 yılında, yüksek lisans ve doktora derecelerini ise Orta Doğu Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden sırasıyla 2000 ve 2007 yıllarında aldı. Halen Ankara Üniversitesi Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde Elektromanyetik Alanlar ve Mikrodalga Teknolojileri Ana Bilim Dalı Başkanı olarak görev yapmaktadır.