



TÜRKÇE METİNDEN KONUŞMA SENTEZLEMeye YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALARIN İNCELENMESİ

Gamze YILMAZ^{1*}, Mustafa YAĞCI²

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Rektörlük, Kırşehir, Türkiye

² Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kırşehir, Türkiye

Anahtar Kelimeler

*Metinden Konuşma Sentezleme,
Doğal Dil İşleme,
Literatür Analizi.*

Öz

Metinden konuşma sentezleme çalışmaları dijital ortamdaki her türlü bilginin sesli olarak iletilmesini sağlamaktadır. Doğal dil işleme çalışmaları ise doğal dilin yapısını daha iyi anlamak ve bilgisayar-insan etkileşimini kolaylaştırmak amacıyla yapılmaktadır. Bu çalışmada, metinden konuşma sentezleme ve doğal dil işleme teknolojilerinin entegrasyonu incelenmiştir. Yapılan literatür taramasına göre belirli kriterlerle araştırmaya dâhil edilen 24 çalışma incelenmiştir. Bu çalışmaların yaklaşık %62'si tez çalışmasıdır ve hiçbirinde doğrudan doğal dil işleme teknikleri kullanılmamıştır. Çalışmaların 10'unda ise, sadece metin işleme sürecinde doğal dil işleme teknikleri kullanılmış veya diğer yapay zekâ teknolojilerinden yararlanılmıştır. Araştırmacıların %50'si, vurgu ve tonlamalarda eksiklikler olduğunu, bu durumun iyileştirilmesinin; doğal dil işleme ile mümkün olduğunu savunmaktadır. Gelecekte yapılacak olan metinden konuşma sentezleme çalışmalarının daha verimli ve doğal bir konuşma elde etmek için doğal dil işleme teknikleriyle birlikte yürütülmesi, Türkçe için geliştirilen derleme metinlerinin sözcük dağarcığının artırılması ve anlamlarına göre sınıflandırılarak metinden konuşma sentezleme sistemlerine entegre edilmesi önerilmektedir. Bu öneriler doğrultusunda insan konuşmasına en yakın seslendirme elde edilmiş olacaktır.

ANALYSIS OF THE STUDIES BASED ON SPEECH SYNTHESIS FROM TURKISH TEXT

Keywords

*Synthesizing Text-To-Speech,
Natural Language Processing,
Literature Analysis.*

Abstract

Text-to-speech synthesis studies enables all kinds of information to be transmitted by voice. Natural language processing studies, performed in order to better understand the structure of natural language and to facilitate computer-human interaction. In this study, the integration of text-to-speech synthesis and natural language processing technologies is examined. According to the literature review, 24 studies included in the research with certain criteria were examined. Approximately 62% of these studies are dissertations and natural language processing techniques were not used directly in any of them. In 10 of the studies, natural language processing techniques were used or other artificial intelligence technologies were used only in the text processing process. 50% of the researchers stated that there are deficiencies in emphasis and intonation, that the improvement of this situation; argues that it is possible with natural language processing. It is suggested that future text-to-speech synthesis studies should be carried out together with natural language processing techniques, that the compilation texts developed for Turkish should be increased in vocabulary and that they should be classified according to their meanings and integrated into speech-to-text synthesis systems.

Alıntı / Cite

Yılmaz, G., Yağcı, M., (2022). Türkçe Metinden Konuşma Sentezlemeye Yönelik Yapılan Çalışmaların İncelenmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 10(1), 286-296.

* İlgili yazar / Corresponding author: gamzeyilmaz08@gmail.com, +90-386-280-3330

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process	
G. Yılmaz, 0000-0002-1917-3740	Başvuru Tarihi / Submission Date	20.05.2021
M. Yağcı, 0000-0003-2911-3909	Revizyon Tarihi / Revision Date	30.09.2021
	Kabul Tarihi / Accepted Date	01.11.2021
	Yayın Tarihi / Published Date	23.03.2022

1. Giriş (Introduction)

Günümüzde bilişim ve iletişim teknolojilerinin artmasıyla birlikte bilgiye erişim ve bilginin üretimi konularında büyük kolaylıklar sağlanmaktadır. Toplumdaki bireylerin bu bilgilere erişim sağlayabilmesi ülkenin gelişiminin devam etmesi açısından da son derece önemlidir. Bilgiye erişim, etkili ve doğru iletişimle mümkündür. Toplumdaki her bireyin yazılı ve dijital olan her ortamdaki bilgiye erişiminin sağlanabilmesi bilgi çağının gereklerindedir.

İnsan haberleşmesindeki en etkili yollardan birisi konuşmadır. Makine-insan etkileşimi de teknolojinin ilerlemesiyle çok büyük önem kazanmıştır. Metin seslendirme teknolojileri kullanıcıların bilgi kaynaklarını sürekli izlemesi gerekliliğini ortadan kaldırır ve makine-insan etkileşimini sağlayan yöntemlerden bir tanesidir (Şentürk ve Adalı, 2016). Metinden konuşma sentezleme sistemleri, dijital ortamdaki metinlerin sesli olarak kullanıcıya iletilmesini sağlamaktadır. Bu sistemlerin çok yaygın kullanım alanları bulunmaktadır ve gün geçtikçe kullanım alanları artmaktadır (Aşlıyan ve Günel, 2008). Metinden konuşma sentezleme sistemleri özellikle görme engelliler başta olmak üzere toplumdaki belirli bireylerin hayatını kolaylaştırmak amacıyla taşınabilir ve sabit birçok cihazda kullanılmaktadır (Yılmaz, 2009). Günümüzde bulut tabanlı uygulama programlama ara yüzü olarak hizmet veren metinden konuşma sentezleme sistemleri bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak Google Cloud Text-to-Speech, IBM Watson Text to Speech, Microsoft Azure Text to Speech (MATtS) ve Amazon Polly verilebilir (Karagöz ve Koruyan, 2020).

Doğal dil işleme çalışmaları, doğal dilin yapısını anlayarak insan-bilgisayar etkileşimini kolaylaştırmaya yarayan bir bilim dalıdır. Büyük veri, son birkaç yılda hızla büyümüştür. Bu nedenle ham verilerden anlamsal veri çıkarımı önemli bir gereklilik haline gelmiştir. Doğal dil işleme, iş ve zekâ için önemli olan bilgileri edinmede önemli bir rol oynamaktadır. Bu amaçla doğal dil işleme alanında yapılan çalışmalar büyük önem taşımaktadır (Yapıcı vd., 2019).

Doğal dil işleme, insan dilini (temelde bir metin bloğunu) bilgisayarların anlayabileceği, işleyebileceği ve kalıp üretebileceği bir dile dönüştürme yeteneğine sahip bir tür yapay zekâ dalıdır (Yang vd., 2021). Hesaplamalı dilbilim olarak da bilinen doğal dil işleme alanı, insan dillerini anlamada pratik problemleri çözmek için hesaplamalı modellerin ve süreçlerin mühendisliğini içermektedir. Son yıllarda doğal dil işleme alanı derin öğrenme modellerinin kullanımının artması ile birlikte daha fazla gelişim göstermektedir. Şu anda doğal dil işleme, makine öğrenimi ile birlikte istatistiksel ve olasılıksal hesaplamaları kullanan veri odaklı bir alandır. Geçtiğimiz birkaç yılda doğal dil işlemeye olan yaklaşım sinir ağları modelleri ile geliştirilmektedir (Otter vd., 2020).

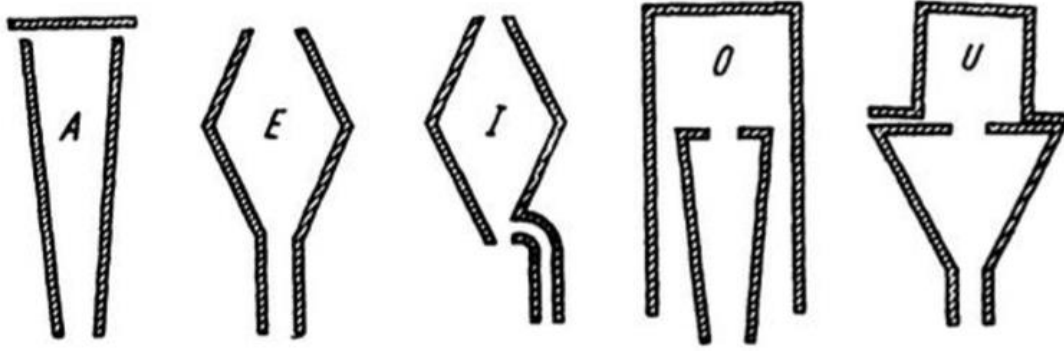
Doğal dil işleme çalışmaları; dil bağımlı ve dilden bağımsız çalışmalar olmak üzere iki kategoride yürütülmektedir. Dilden bağımsız çalışmalar istatistiksel yöntemlerle ve makine öğrenmesi yoluyla yapılmaktadır (Kul, 2020). Metin sentezleme işleminde seslendirilen metnin doğru ve anlaşılır bir biçimde elde edilmesi, çalışmadan elde edilen verim açısından önemlidir. Dil bağımlı çalışmalar için ilk olarak dilin biçim bilimsel analizinin iyi yapılması gerekmektedir.

Metinden konuşma sentezleme uygulamalarının en verimli şekli, insanın doğal konuşmasındaki vurgu ve tonlamalara en yakın konuşmanın üretilmesidir. Metinden konuşma sentezlemenin performansını ölçmek için önemli göstergeler arasında anlaşılabilirlik ve doğallık yer almaktadır. Derin sinir ağı teknolojisinin gelişmesi, büyük metinsel konuşma veri kaynaklarının birikmesi ve bilgi işlem gücünün iyileştirilmesiyle, derin öğrenmeye dayalı metinden konuşma sentezleme fikri ana akım haline gelmiştir ve sentetik konuşmanın anlaşılabilirliği ve doğallığı gelişme kaydetmiştir (Li vd., 2021). Doğal dillerin analizinin yapılması ve bunun yardımcı bir teknolojiye öğretilmesi ise doğal dil işleme teknikleriyle mümkündür. Bu çalışmanın amacı metinden konuşma sentezleme sistemlerinde insan konuşmasına yakın bir konuşma şeklinin nasıl sağlanabileceğine dair bir inceleme sunmaktır. Aynı zamanda bu çalışma, metinden konuşma sentezleme sistemlerine doğal dil işleme tekniklerinin entegre edilmesi fikrini içermesi bakımından önemlidir.

2. Metinden Konuşma Sentezleme Sistemleri (Text-to-Speech Synthesis Systems)

Metinden konuşma sentezleme sistemlerinin tarihi bilgisayarın icadından sonra başlamıştır, çünkü metinden konuşma sentezleme sistemleri bir bilgisayara ihtiyaç duymaktadır. Bu sistemler metni otomatik olarak konuşmaya çevirebilmelidir. Konuşma sentezi ile ilgili ilk çalışmalar iki yüzyıl öncesine dayanmaktadır; Rus

Profesör Christian Kratzenstein, beş uzun ünlü (a, e, i, o, u) arasındaki fizyolojik farklılıkları anlatıp bu sesleri 1779'da St. Petersburg'da yapay olarak üreten bir sistem oluşturmuştur (Schroeder, 1972).

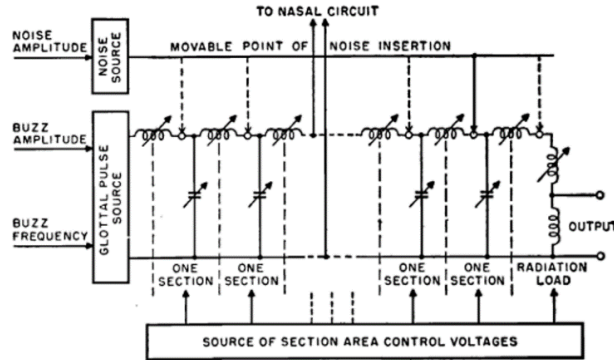


Şekil 1. Kratzenstein'in Çalışmasının Gösterimi (Demonstration of Kratzenstein's study) (Schroeder, 1972)

Stewart, 1922'de ilk tam elektrik konuşma sentezleme cihazını tanıtmıştır; bu cihazla sadece statik sesli olan sesleri üretebilmiştir, ünsüz seslerin veya bağlı seslerin üretimi bu sistemde mümkün olmamıştır (Klatt, 1987).

İlk konuşma sentezleyicisi olarak kabul edilen cihaz VODER, 1939'da New York'ta Homer Dudley tarafından tanıtılmıştır (Schroeder, 1972). Konuşma kalitesi ve anlaşılabilirlik açısından iyi olmamasına rağmen, yapay konuşma üretimi potansiyeli göstermesi açısından umut vadetmiştir.

İlk artikülasyon model konuşma sentezleyici, George Rosen tarafından 1958'de MIT (Massachusetts Institute of Technology)'de geliştirilmiştir (Klatt, 1987). Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, artikülasyon sentezleyici cihazı DAVO her bölüm için elle ayarlanmış değişken indüktörlere ve kapasitelere sahiptir.



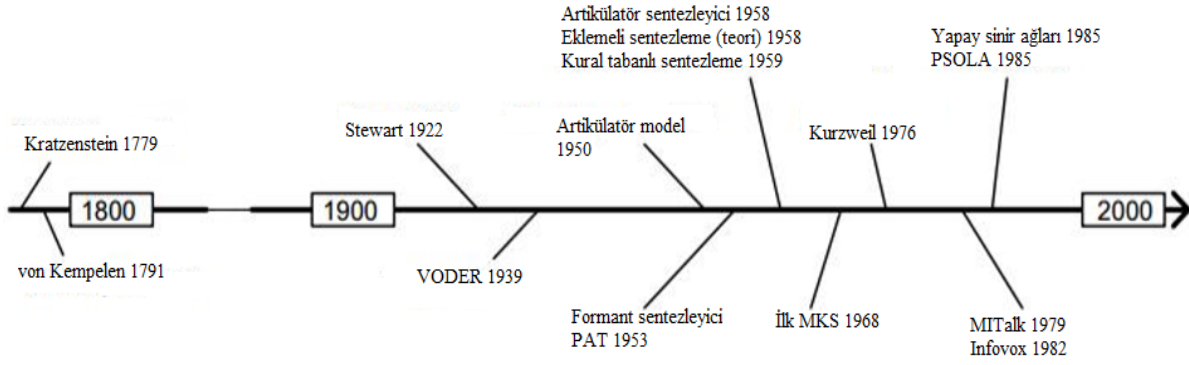
Şekil 2. Konuşma Sentezlemenin İlk Artikülasyon Modeli (The First Articulatory Model Of Speech Synthesis) (Klatt, 1987)

1970'lerin sonunda ve 1980'lerin başında, ticari olarak çok sayıda metinden konuşma sentezleme sistemi üretilmiştir. Bilgisayarda çalışan yazılım ürünlerinin yanında donanım çözümleri de sunan farklı metinden konuşma sentezleme çipleri üretilmiştir. Bugünlerden sonra, başarılı sayılabilecek birçok metinden konuşma sentezleme sistemi farklı diller için oluşturulmuştur. Bu uygulamalar ticari ve ticari olmayan amaçlarla kullanılmıştır (Sel, 2013). Bu kapsamdaki en bilinen uygulamalar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Dünyadaki Temel Metinden Konuşma Sentezleme Sistemleri (Basic Text-To-Speech Synthesis Systems In The World) (Sel, 2013)

ÇALIŞMA	TARİH	YÖNTEM
ASY	1960'lar	Söyleyiş sentezleyici
MITalk	1979	Formant sentezleyici
Infovox	1982	Formant sentezleyici
Bell Labs TTS	1973	Çift / üçlü ses ekleme
ETI Eloquence	1988	Eklemeli sentezleme
CNET PSOLA	1980'lerin ortaları	Çift ses ekleme
Festival TTS	1990'ların sonları	Çift ses ekleme
MBROLA	1990'ların sonları	Çift ses ekleme
Whistler	2000'ler	Hece ekleme

Şekil 3'te metinden konuşma sentezleme sistemlerinin tarihsel zaman çizelgesi verilmiştir.



Şekil 3. Tarihsel Zaman Çizelgesi (Historical Timeline) (Şentürk, 2010)

İngilizce için metinden konuşma sentezleme sistemlerinin geliştirilmesinden sonra dünyada konuşulan diğer diller için de metinden konuşma sentezleme sistemleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Aynı sentez teknikleri kullanılmasına rağmen, uygulamalar, ilgili dilin özelliklerine göre değişiklik göstermiştir (Sel, 2013). Bugün, modern teknolojinin avantajlarından yararlanılarak, yeni konuşma sentezleme sistemleri geliştirilmeye devam edilmektedir.

Engellilik durumuna bakılmaksızın tüm insanlar, kişisel ve sosyal hedeflere ulaşmanın bir yolu olarak okuma etkinliklerine katılırlar. Bunun bir yolu da metinden konuşma sentezleme sistemleridir. Metinden konuşma sentezleme sistemleri, yazılı materyallerin işlenmesini kolaylaştırabilen teknoloji tabanlı desteklerdir (Wallace vd., 2021). Bu sistemler yeni nesil insan-makine etkileşiminin önemli bir bileşenidir.

Genel olarak metinden konuşma sentezleme sistemlerinde 3 çeşit yaklaşım vardır. Bu yaklaşımlardan birincisi kural tabanlı formant sentezleyiciler, ikincisi söyleyiş sentezleyicileri, üçüncüsü ise eklemeli sentezleyicilerdir (Sel vd., 2011).

Kural tabanlı formant sentezleyiciler konuşma sinyalinin doğrusal ön görümlü kodlaması temeline dayanır. Söyleyiş sentezleyicileri sadece formant frekansların denetimine ihtiyaç duyar. Eklemeli sentezleyiciler ise önceden kaydedilmiş olan ses birimlerini bir araya getirerek konuşmayı oluşturur. Seslerin bir araya getirilmesi sinyal işleme ile gerçekleşir.

Türkçe MKS sistemlerinde genel olarak izlenen yol; Türkçe dilinin yapısından dolayı, yani eklemeli bir dil olduğundan dolayı, eklemeli yöntemlerdir. Benzer çalışmalar incelendiğinde genelde bu yöntemin kullanıldığı görülmüştür. Yine bu çalışmalardan bazıları eklenecek parçalar olarak ikili, üçlü fonemleri kullanmıştır. Genel olarak literatür incelendiğinde Türkçenin en küçük yapı taşının hece olduğu ve heceler yardımıyla bir kelimedenden çokça kelimeler üretildiği de bilinmektedir. O yüzden birleştirilecek seslerin hecelerden seçilmesi daha uygun olmaktadır (Sel, 2013).

Eklemeli sentezleyicilerde ilk önce ses veri tabanı hazırlanır. Daha sonra metin metnin ön incelemesine alınır. Burada metnin içerdiği sayılar, noktalama işaretleri vs. incelenir. Daha sonra metin parçalara ayrılır ve konuşma veri tabanındaki seslerle sayısal sinyal işlemeye alınır. Seslendirme kuralları da işlenerek konuşmaya çevrilir.

Metinden konuşma sentezleme sistemleri genel olarak beş basamaktan oluşmaktadır. Bu basamaklar aşağıda sıralanmıştır.

- **Metin Ön İşlemleri:** Bu aşamada sayılar, tarihler, kısaltmalar, kesirler gibi ifadelerin konuşma dilindeki sözcüklere dönüştürülmesi gerekir. Bu işleme normalizasyon da denilmektedir. Ön işleme aşamasında noktalama işaretleri de tespit edilir.
- **Metnin Hecelere Ayrılması:** Türkçe metinden konuşma sentezleme çalışmalarında okunacak metnin hecelere ayrılması için çok fazla algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmaların hepsi içerdiği çalışma alanı doğrultusunda başarılıdır.
- **Sesler:** Ön işlemde geçerek hecelere ayrılan metnin bir sonraki aşaması eklemeli yöntem kullanılarak hecelerin birleştirilmesidir.
- **Seslerin Veri Tabanına Kaydedilmesi:** Sesler veri tabanına heceler şeklinde kaydedilir.
- **Seslerin Birleştirilmesi:** Eklemeli metinden konuşma sentezleme çalışmalarında daha önceden kaydedilmiş farklı tonlamadaki sesleri birbirlerine istenilen ton ve süre ile bağlamak ve bir süreklilik kazandırmak için zaman

ölçeği modifikasyonları kullanılmaktadır.

3. Verilerin Toplanması (Collection of Data)

Bu çalışmada, Türkçe metinden konuşma sentezleme konusu ile ilgili çalışmalar incelenmiştir. Araştırmanın sınırlılıkları doğrultusunda çalışma kapsamına dâhil edilen tez, makale ve bildiri sayısı 24'tür. Bu sınırlılıklar aşağıda sıralanmıştır.

- 2002 yılı ve sonrasında yapılan çalışmalar araştırmaya dâhil edilmiştir.
- Özellikle bir uygulama geliştirilmiş ve kullanıcı üzerinde test edilmiş çalışmalarla, mevcut yazılımların iyileştirilmesi için fikir öne süren çalışmalar araştırma kapsamına alınmıştır.
- Araştırmaya dâhil edilen tezler, Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi'nden alınmıştır ve erişime açık olanlar araştırma kapsamına dâhil edilmiştir.

Türkçe metin sentezlemeye yönelik çalışmalar iki grupta incelenebilir. İlk grupta yapılan çalışmalar doğal dil işleme yöntemlerini kullanan çalışmalardır. İkinci grupta açıklanan çalışmalar ise klasik metinden konuşma sentezleme yöntemlerini kullanan çalışmalardır. Bu doğrultuda, araştırmamız kapsamına giren 24 çalışma iki başlık altında incelenecektir.

3.1. Doğal Dil İşleme Modülü Kullanan Metinden Konuşma Sentezleme Çalışmaları (Text-to-Speech Synthesis Studies Using Natural Language Processing Module)

Bu grupta incelenen çalışmalar, metin analizi aşamasında doğal dil işleme modülünden faydalanmış, çalışmanın test aşamasında doğal dil işlemeden faydalanılması gerektiği sonucunu bulan veya yapay zekâ tekniklerini kullanan çalışmalardır. 24 çalışmadan 10'u bu grup kapsamına girmektedir.

Uzun (2007), "Görme Engelliler İçin Basılı Doküman Yorumlama ve Seslendirme Sisteminin Gerçekleştirilmesi" isimli bir çalışma yapmıştır. Geliştirilen sistemde kullanılan yöntem ve algoritmaların tamamı C++ Builder ortamında uygulanmıştır. Geliştirilen sistem ile metin, grafik ve tablo gibi görüntülerin de sesli olarak aktarımı sağlanmıştır. Bunun için de Yapay Sinir Ağları (YSA) teknolojisine başvurulmuştur. Yapay zekâ algoritmalarına başvurulması açısından, bu çalışma diğer çalışmalardan farklılık oluşturmaktadır.

Görmez (2009), gerçekleştirdiği "Makine Öğrenme Algoritmalarıyla Türkçe Metin Seslendirme Sistemi Yazılımı" isimli çalışmada; metni sese çeviren bir yazılım geliştirmiştir. Eklemeli sentezleme yöntemi kullanılmıştır. Birleştirme aşamasında yumuşak geçişlerin sağlanabilmesi için PSOLA (Pitch Synchronous Overlap and Add) algoritmasından yararlanılmıştır. Araştırmacı, metin sentezlemenin bilgisayar bilimleri taksonomisinde doğal dil işleme altında olduğunu ve metinden konuşma sentezlemeyi anlamak için doğal dil işlemeyi anlamak gerektiğini savunmuştur. Bu yüzden çalışmayı doğal dil işleme modülü ve dijital sinyal işleme modülü olarak iki modülde ele almıştır.

Şentürk (2010), gerçekleştirdiği "Türkçe Metin Seslendirme" isimli çalışmada hece eklemeli yöntem kullanmıştır. Birleştirilen hecelerin uzunluk ve duraksama sürelerinin ayarlanabilmesi sağlanmıştır. Aynı çalışmada, görme engelliler için klavyeden girilen ifadeleri seslendiren metin düzenleme programı da hazırlanmıştır. Geliştirilen sistemde anlaşılabilirlik ve ses seviyesinde olumlu yönde bulgular elde edilmiştir. Doğal dil işleme çalışmalarının bu sisteme eklenmesiyle daha doğal seslerin elde edilebileceği vurgulanmıştır.

Bicil (2010), gerçekleştirdiği "Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme" isimli çalışmada; Türkçe ses kümesi oluşturmuş ve ikili ve üçlü sesleri kullanan eklemeli sentezleyici ile bir sentezleme sistemi geliştirmiştir. Çalışmada, metinden konuşma sentezleme sistemlerinin, sinyal işlemeden önceki metin ön işleme ve normalizasyon aşamalarına ihtiyaç duyulduğundan, doğal dil işlemenin kullanım alanlarından biri olarak kabul edilebileceği belirtilmiştir.

Güner (2013), "Morfolojik Olarak Zengin Diller İçin Melez İstatistiksel/Birim Seçmeli Metinden Konuşma Sentezleme Sistemi" isimli çalışmasında; birim seçmeli metinden konuşma sentezleme (BMKS) ve saklı markov modeli tabanlı metinden konuşma sentezleme (SMKS) tekniklerini karşılaştırmış ve BMKS'de ortaya çıkan seslendirmedeki süreksizlik probleminin SMKs sistemlerinde yaşanmadığı tespit etmiştir. BMKS'de daha büyük veri tabanı kullanıldığı için de ses kalitesinin daha iyi olduğu belirtilmiştir. Bu yüzden morfolojik olarak zengin diller için bu iki sistemden de özellikler alan bir melez metinden konuşma sentezleme sistemi önerilmiştir.

Şentürk ve Adalı (2016), yazdıkları "Türkçe Metin Seslendirme" isimli makalede; iki farklı yöntem incelemiştir. Bu sistemde, çift-ses eklemeli yöntemde seslendirilen metnin doğallıktan uzak olduğu tespit edilince hece eklemeli

yöntem kullanılmıştır. Aynı zamanda daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırılabilirliği ve yapıya müdahale edilebilirliğini sağlamak amacıyla XML (Extensible Markup Language) biçiminde kullanıcıya sunulmuştur. Özellikle bu nokta, makalenin önemli bir katkı sunmuş olduğu noktalardan biridir. Aynı çalışmada; görme engelliler için metin düzenleyici program da geliştirilmiştir. Klavyeden girilen her ifadenin sesli olarak iletilmesi sağlanmıştır. Farklı yaş gruplarından dinleyicilerle yapılan deneylerde hece eklemeli yöntemin kullanıldığı sistemin anlaşılabilirlik oranı %96.1 olarak ölçülmüştür.

Ayaz (2016), “DSP Kartı Kullanarak Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme” isimli çalışmada; DSP kartı ile metinden konuşma üreten bağımsız bir sistem geliştirmiştir. Yazılımın geliştirilmesi Matlab ortamında sağlanmıştır. Girdi olarak alınan metin, metin çözümlemesi işleminden geçirilip hecelenmiş, sentezlenmek üzere DSP kartına gönderilmiştir. Anlaşılabilirlik ve doğallık açısından ortalama bir sonuç alındığı belirtilmiştir.

Kutlugün (2017), “Gözetimli Makine Öğrenmesi Yoluyla Türe Göre Metinden Ses Sentezleme” isimli çalışmada, metinleri önışlemden geçirerek sınıflandırma işlemi yapmıştır. Bu sınıflandırma işlemi için makine öğrenmesi teknikleri kullanılmıştır. Metin türlerinin hangi ses tonlaması ile seslendirileceği belirlenmiştir. Varsayılan olarak belirlenen seslendirmelerin dışında bir ton ile karşılaşıldığında yanlış sınıflandırma yapıldığı tespit edilmiştir. Gelecek çalışmalara katkı sağlanabilmesi için, farklı veri temizleme ve kelimelerin köklerini bulma algoritmalarının kullanılması önerilmiştir.

Kutlugün ve Şirin (2018), “Metinden Konuşma Sentezinde Yeni Bir Geliştirme Çerçevesi Yaklaşımı” isimli çalışmalarında, metinsel ifadelerin yapay ve monoton bir şekilde seslendirilmesi yerine, metnin türlere ayrılarak her bir türün kendine göre ses biçimleriyle seslendirilmesini hedeflemişlerdir. Bu amacı gerçekleştirmek için makine öğrenmesi algoritmalarından yararlanmışlardır. Yanlış sınıflandırılan metin belgelerinin kendi kategorileri dışında bir ses biçiminin elde edildiğini belirtmişlerdir.

Kul (2020), “Türkçe Ders Anlatan Yapay Zekâya Giden Yolda Doğal Dil İşleme” isimli çalışmada; makinelerin, öğretmenlerin yerine geçebilmesi için konuşulan dili anlayabilmesi gerektiği fikrinden yola çıkmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışmasını; konuşma tanıma, el yazısı tanıma, yazım yanlışlarının düzeltilmesi, metni özetleme, cümleyi öğelerine ayırma, bilgi çıkarımı, soru tespiti ve yazıyı seslendirme olarak adım adım açıklamıştır. Yol haritasındaki yapay zekâ modülünün, öğrenci tarafından sorulan soruların tespiti ve verilecek cevabın değerlendirilmesi için önemli olduğunu ifade etmiştir.

3.2. Klasik Yöntemleri Kullanan Metinden Konuşma Sentezleme Çalışmaları (Text-to-Speech Synthesis Studies Using Classical Methods)

Bu grupta incelenen çalışmalar metinden konuşma sentezleme yöntemlerini kullanan ve bu yöntemlere ek olarak iyileştirme algoritmaları geliştiren çalışmalardır. Ses veri tabanında geliştirmeler yaparak verimi arttırmayı hedefleyen çalışmalar da bu grupta incelenmiştir. Araştırma kapsamındaki 24 çalışmadan 14’ü bu grup kapsamındadır.

Eker (2002), “Türkçe Metin Seslendirme” isimli çalışmada; girdi olarak metni alan ve çıktı olarak bu metne karşılık gelen seslerin verildiği bir sistem tasarlamıştır. En küçük birim olarak difonlar kullanılmıştır. İkili fonem birleştirme tekniği kullanılmıştır. Geliştirme ortamı olarak Matlab tercih edilmiştir. Seslerin birleştirilmesi için de PSOLA algoritması kullanılmıştır. Test aşamasında, uzun cümlelerin seslendirilmesinde karşılaşılan performans zayıflığından dolayı sistemin daha hızlı olması gerektiği ve konuşmanın daha doğal olması için iyi bir metin işlemcisine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir.

Ünalı (2007), gerçekleştirdiği “Taşınabilir Cihazlar İçin Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme Sistemi” isimli çalışmada; J2ME platformunu destekleyen bir mobil cihaz üzerinde çalışabilen ve kısa mesajları sesli olarak okuyabilen bir yazılım geliştirmiştir. Difonları birleştirerek sentezleyen TD-PSOLA (Time Domain- Pitch Synchronous Overlap and Add) algoritması ile Java 2 Platformu kullanılmıştır. Sistemin daha hızlı çalışabilmesi için daha yüksek kapasiteli bir işlemciye gereksinim duyulduğu ve bu işlemci sayesinde daha büyük veri tabanları ile çalışılabileceği belirtilmiştir.

Aşlıyan ve Günel (2008), tarafından yazılan “Türkçe Metinler İçin Hece Tabanlı Konuşma Sentezleme Sistemi” isimli makalede; metni konuşmaya çeviren bir sistem tasarlanmıştır. Geliştirilen sistemde en küçük ses birimi olarak heceler kullanılmıştır. Test edilen sistem ortalama bir puan almıştır. Seslendirilen metnin iyi anlaşıldığı fakat vurgu ve tonlamalarda iyileştirmeler yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Yılmaz (2009), tarafından yapılan “Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme Uygulamaları İçin Bir Veri Sözlük Seti ve Yazılım Çerçevesi” isimli çalışmada; metinden konuşma sentezleme sistemleri için altyapı niteliğinde bir veri

sözlük seti ve yazılım çerçevesi tanıtılmıştır. Bu altyapı; metin içerisindeki kısaltmaların, sayıların vs. doğru bir şekilde okunabilmesini sağlamaktadır.

Güldalı (2009), tarafından yapılan Türkçe Metin Seslendirme isimli çalışmada; ses birimi olarak heceyi kullanan ve eklemeli sentezleme tekniği kullanan bir sistem geliştirilmiştir. Girdi metni alınıp boşluklardan ve satır başlarından arındırılmıştır. Tek tek kelimeler tespit edilmiştir ve bu kelimeler hecelerine ayrılıp liste yapısında tutulmuştur. Kelimedeki her hece için veri tabanından ilgili ses dosyası getirilmiştir. Eklemeli sentezleme algoritmasıyla da oluşturulan ses dosyasının seslendirme işlemi yapılmıştır. Yapılan testlerde anlaşılabilirlik açısından ortalamanın üzerinde sonuçlar elde edilmiştir.

Erdemir (2010), tarafından yapılan “Türkçe Metin Seslendirme İçin Doğal Konuşma Sentezleme” isimli çalışmada; metni seslendirmeye yarayan bir çalışmanın adımları açıklanmıştır. Parçacık birimi olarak “en çok iki harfli hece” mantığı kullanılmıştır ve bu parçacıkların art arda eklenmesiyle sentezleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan testlerin sonuçlarına göre anlaşılabilirlik %91, doğallık ise %74 olarak belirlenmiştir.

Uslu (2010), tarafından yazılan “Metinden Konuşma Sentezleme” isimli çalışmada; temel bir metinden konuşma sentezleme sisteminin yapısı incelenmiş ve hayata geçirilmesi gereken uygulamalar tespit edilmiştir. Elde edilen konuşmanın kalitesinin ve doğallığının önemli bir faktör olduğu belirtilmiş ve ileride yapılacak olan çalışmalarda özellikle bu konulara eğilim gösterilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Sel vd., (2011), tarafından yapılan “Beyin Bilgisayar Arayüzleri İçin Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme Sistemi” isimli çalışmada; konuşma veya hareket etme yeteneği olmayan engellilere yönelik bir Türkçe metinden konuşma sentezleme sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemde, girdi olarak alınan metnin anlamsal olarak incelenmediği ve bu yüzden Türkçeye özgü ses değişimlerinin kaliteli bir şekilde okunmadığı saptanmıştır.

Arık (2011), “Görme Engelliler İçin Bilgisayar Kullanımının Etkinleştirilmesi, Erişilebilirlik ve Bir Türkçe Hece Tabanlı Konuşma Sentezleme Sisteminin Geliştirilmesi” isimli çalışmada; eklemeli sentezleme yöntemi kullanarak hece tabanlı bir metinden konuşma sentezleme sistemi geliştirmiştir. Yapılan testlerde kalitenin ortalamanın üzerinde olduğu saptanmıştır. Kullanıcı üzerinde yapılan testlerde ise ses kalitesinin daha iyi olması gerektiği, seslerin diksiyonu düzgün bir konuşmacı tarafından seslendirilmesi gerektiği ve vurgusal anlamda iyileştirilmeler yapılması gerektiği sonuçları elde edilmiştir.

Tekindal ve Arık (2012), tarafından yapılan “Görme Engelliler İçin Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme Yazılımı Geliştirilmesi” isimli çalışmada; eklemeli sentezleme yöntemini kullanan bir metin okuyucu yazılımı geliştirilmiştir. Çalışma, elektronik ortamda bulunan bir dokümanı insan sesine yakın bir ses ile konuşmaya çevirebilmektedir. Görme kaybı olan 10 kişi üzerinde testler yapılmış ve vurgunun daha fazla iyileştirilmesi gerektiği, aynı zamanda hece ses dosyalarının kayıtlarının daha kaliteli bir ses kayıt ortamında yapılması gerektiği saptanmıştır.

Sel (2013), tarafından yapılan “Türkçe Metinler İçin Hece Tabanlı Metinden Konuşma Sentezleme Sistemi” isimli çalışmada; eklemeli sentezleme yöntemini kullanan bir metinden konuşma sentezleme yazılımı geliştirilmiştir. Temel olarak iki sistem oluşturulmuştur. İlk sistemde sentezleme işlemi hece tabanlı olarak gerçekleştirilmiştir. İkinci sistem ise nesne tabanlı hazırlanmış ve seslendirilecek bölüm olarak difon veri tabanı kullanılmıştır. Ulama, ünsüz benzeşmesi, ünsüz yumuşaması gibi Türkçeye özgü kuralların sisteme dâhil edilmesi gerektiği, vurgu ve tonlamalarda eksiklikler olduğu ve bunların giderilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Karamehmet (2015), tarafından yapılan “RC8660 Ses Sentezleyici ile Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme” isimli çalışmada; yeni bir harici sözlük tanımlanmış ve doğru heceleme için gereken kurallar bu sözlüğe entegre edilmiştir. RC 8660 kartı, çıkış sesini kontrol edebilen bir özelliğe sahiptir. Ses seviyesi, hız, karakter aralığı, yankı, ton gibi etkenler istenilen düzeyde ayarlanabilmektedir. Geliştirilen sistemin engellilere yardımcı olabilmesi için diğer sistemlere (e-kitap okuyucuları, ATM makineleri, navigasyon sistemleri vs.) de uygulanması gerektiği belirtilmiştir.

Uysal (2017), “Eklemeli Sentezleyici Yöntemi Kullanılarak Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme” isimli çalışmada, konuşma sentezi için eklemeli sentezleme yöntemini kullanmıştır. Geliştirilen uygulama C# programlama dilinde gerçekleştirilmiştir. Sentez için gerekli konuşma parçaları, sabit bir veri tabanı yerine sürekli güncellenebilen bir veri tabanı kullanılarak elde edilmiştir. Gelecekteki çalışmaların, güncellenen veri tabanının internet bağlantısı olmadan da kullanılabilmesi yönünde olabileceği belirtilmiştir.

Tora vd., (2017), “Implementation of Turkish Text-To-Speech Synthesis On A Voice Synthesizer Card With Prosodic Features” isimli çalışmalarında; Türkçe metin okuma sentezini bir ses sentezleyici kart ile

gerçekleştirmişlerdir. Tasarladıkları sistemi, daha anlaşılır ve doğal konuşma üretebilmek için bazı prozodik özellikler uygulayarak zenginleştirmişlerdir. Bu özellikler; perde, hız, hacim, gecikme ve tondur. Anlaşılabilirlik testlerinde 5 üzerinden 3,29 puan elde edilmiştir. Geliştirilen sistemin, konuşma teknolojisi ile ilgilenen araştırmacılar için bir test ortamı olarak kullanılabilceği belirtilmiştir.

4. Bulgular (Findings)

Çalışma yapıları, kullandıkları algoritmalar, heceleri/sesleri birleştirme ve kesimleme yöntemleri, çalışmanın sahibi/sahipleri, çalışmanın yapıldığı yıl ve kullanılan programlama dilleri incelenen çalışmalar Tablo 2'de gösterilmiştir. Çalışma içerisinde belirtilmeyen veya kullanılmayan ifadeler "-" sembolü ile gösterilmiştir.

Tablo 2. Çalışmaların Karşılaştırılması (Comparison of Studies)

YIL	YAZAR	ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ	SENTEZLEME YÖNTEMİ	BİRLEŞTİRME ALGORİTMASI	PROGRAMLAMA DİLİ VE GELİŞTİRME ORTAMI
2002	Barış Eker	Klasik	İkili fonem birleştirme	PSOLA	MATLAB
2007	İlker Ünal	Klasik	Difonları birleştirme	TD-PSOLA	Java 2 - J2ME
2007	Emre Uzun	Yapay Zekâ/DDİ	Heceleri birleştirme	-	C++ Builder
2008	Rıfat Aşlıyan, Korhan Günel	Klasik	Heceleri birleştirme	TD-PSOLA	C++
2009	Asım Egemen Yılmaz	Klasik	Yeni hece türleri tanımlama	-	-
2009	Zeliha Görmez	Yapay Zekâ/DDİ	Eklemeli sentezleme	PSOLA	K * (Kstar) algoritması
2009	Kenan Güldal	Klasik	Eklemeli sentezleme	-	C
2010	Tuncay Şentürk	Yapay Zekâ/DDİ	Eklemeli sentezleme	-	Eclipse SpringSource Tool Suite - Visual C++
2010	Cavit Erdemir	Klasik	Eklemeli sentezleme	Özel parçacık süre belirleme algoritması	C++, Java - MATLAB
2010	İbrahim Baran Uslu	Klasik	-	-	-
2010	Yücel Bicil	Yapay Zekâ/DDİ	Eklemeli sentezleme	TD-PSOLA	-
2011	İlhami Sel, Davut Hanbay, Murat Karabatak	Klasik	Eklemeli sentezleme	-	Microsoft.NET 2.0 - MS Visual C#
2011	Güray Arık	Klasik	Eklemeli sentezleme	-	Visual C#.NET
2012	Benian Tekindal, Güray Arık	Klasik	Eklemeli sentezleme	-	Visual C#.NET - Visual Studio 2008
2013	İlhami Sel	Klasik	Eklemeli sentezleme	SOLA	Matlab, C#
2013	Ekrem Güner	Yapay Zekâ/DDİ	Eklemeli sentezleme	-	Saklı Markov Modeli Tabanlı
2015	Timur Karamahmet	Klasik	Eklemeli sentezleme	-	RCStudio
2016	Tuncay Şentürk, Eşref Adalı	Yapay Zekâ/DDİ	Hece eklemeli yöntem	XML dosyası	-
2016	Uğur Ayaz	Yapay Zekâ/DDİ	DSP Kartı	-	Matlab
2017	Fatih Uysal	Klasik	Eklemeli Sentezleme	-	C#
2017	Hakan Tora, İbrahim Baran Uslu, Timur Karamahmet	Klasik	Sentezleyici Kart (RC8660)	-	RCStudio
2017	Mehmet Ali Kutlugün	Yapay Zekâ/DDİ	Metin Sınıflandırma	-	Java, NetBeans
2018	Mehmet Ali Kutlugün, Yahya Şirin	Yapay Zekâ/DDİ	Metin Sınıflandırma	-	FreeTTS, MBROLA
2020	Sinan Kul	Yapay Zekâ/DDİ	-	-	-

Türkçe metinden konuşma sentezleme sistemleriyle alakalı yapılan çalışmaların %62'lik bir kısmını 15 çalışma ile tez çalışmaları oluşturmaktadır. Araştırmaya dâhil edilmiş olan çalışmaların yayın türlerine göre dağılımı Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Çalışmaların Yayın Türüne Göre Frekans ve Yüzde Değerleri (Frequency and Percentage Values of Studies According to the Publication Type)

YAYIN TÜRÜ	FREKANS	YÜZDE DEĞERİ
Tez	15	62,5%
Makale	8	33,3%
Bildiri	1	4,2%

Araştırma kapsamındaki 24 tezin hiçbirinde doğrudan doğal dil işleme tekniklerinin kullanıldığı görülmemiştir. 24 çalışmanın 10'unda sadece metin işleme sürecinde doğal dil işleme modülü kullanılmış veya diğer yapay zekâ teknolojilerinden yararlanılmıştır. Vurgu ve tonlamaların iyileştirilmesi gerektiğini savunan çalışmaların öneriler kısmında doğal dil işleme konusunun Türkçe metinden konuşma sentezleme sistemlerine entegre edilmesi gerektiğini savunan araştırmacılar vardır.

Türkçe yapısı gereği sondan eklemeli bir dil olduğu için sentezleme yöntemi olarak büyük çoğunlukla eklemeli sentezleme yöntemi kullanılmıştır. İncelenen çalışmaların büyük çoğunluğunda bu yöntemin kullanılması, doğru olan tekniğin bu olduğunu göstermektedir. Eklemeli sentezleme/hece eklemeli yöntem kullanan araştırmacılar, sentezlenen cümlelerin anlaşılabilirliğinin iyi seviyede olduğunu kaydetmişlerdir. 24 çalışmanın 14'ü; yani araştırmaya dâhil edilen çalışmaların yaklaşık %58'i bu sentezleme yöntemini kullanmıştır. 2007 yılı ve sonrasındaki çalışmalarda neredeyse sadece bu yöntemin kullanıldığı görülmüştür.

Türkçe metinden konuşma sentezleme sistemlerinde kullanılan programlama dilleri değişkenlik göstermektedir. Bu durum bize, çalışmadan elde edilen sonucun, kullanılan programlama dili ile doğrudan bir bağlantısı olmadığını ve farklı programlama dillerinin aynı sonucu verebileceğini göstermiştir. Araştırmaya dâhil edilen çalışmalarda en çok kullanılan programlama dillerinin MATLAB, C/C++, Java ve C# olduğu görülmüştür.

Tablo 4'te kullanılan programlama dilleri verilmiştir. En fazla kullanılan programlama dilinin C/C++ ve C# olduğu görülmüştür.

Tablo 4. En Çok Kullanılan Programlama Dilleri (Most Used Programming Languages)

KULLANILAN PROGRAMLAMA DİLİ	SAYI	YÜZDE
C/C++	5	%20,8
MATLAB	4	%16,6
C#	5	%20,8
Java	3	%12,5

Doğal dil işleme veya yapay zekâ modülünden faydalanan çalışmacıların elde ettiği başarılar incelendiği zaman, sentezlenen konuşmanın anlaşılabilirliği yüksek, vurgu ve tonlamalarının ise yeterli seviyede olduğu sonucuna varılmıştır. Standart bir metinden konuşma sentezleme sisteminde genel olarak anlaşılabilirliğin iyi fakat insan konuşmasına yakın vurgu ve tonlamaların eksik olduğu belirtilmiştir. Çalışmacılar bu durumun iyileştirilmesinin; doğal dil işleme bilimi ile mümkün olduğunu savunmaktadır. Bu anlamda; gelecekteki çalışmalarda, metinden konuşma sentezleme çalışmalarının doğal dil işleme teknikleriyle yapılması önerilmektedir.

Tablo 5'te en çok kullanılan sentezleme yöntemi, birleştirme algoritması ve programlama dili, adet ve yüzde bazında gösterilmiştir.

Tablo 5. Çalışmaların Genel Özeti (General Summary Of The Studies)

EN ÇOK KULLANILAN SENTEZLEME YÖNTEMİ	EN ÇOK KULLANILAN BİRLEŞTİRME ALGORİTMASI	EN ÇOK KULLANILAN PROGRAMLAMA DİLİ
C/C++Eklemeli Sentezleme (14 Adet - %58)	TD-PSOLA (3 adet - %12,5)	C/C++ ve C# (5'er adet - %20,8)

5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Doğal dil işleme, dillerin bilgisayar vasıtasıyla işlendiği ve bilgisayar-insan etkileşimini kolaylaştırmayı amaçlayan bir yapay zekâ dalıdır. Metinden konuşma sentezleme sistemleri ise en basit tabiriyle, bilgisayardaki yazılı metni sesli olarak okumayı sağlamaktadır. Metinden konuşma sentezleme sistemleri günümüzde birçok cihazda kullanılmaktadır. Türkçe sondan eklemeli bir dil olduğu için genellikle bu çalışmalarda eklemeli sentezleme yöntemi tercih edilmiştir. Metinden konuşma sentezleme sistemlerinin ilk aşaması Türkçede var olan hece tiplerini belirleyip, bu hecelerin bir konuşmacı yardımıyla seslendirilerek ses veri tabanına kaydedilmesidir. Daha sonra bir heceleme algoritması ile metin hecelere ayrılır ve kaydedilen seslerle eşleştirilip metin seslendirilir. Bu kısma kadar bütün metinden konuşma sentezleme çalışmaları birbirine benzemektedir. Ancak üretilen konuşma, insanın doğal konuşmasındaki vurgu ve tonlamalara ne kadar benzetilmeye çalışılırsa çalışsın tamamen aynı olmamaktadır. Bu durum bazen anlam kargaşalarına sebep olmaktadır. İncelenen çalışmalardan elde edilen sonuçlar da bu durumu doğrulamaktadır. Cümlelerin anlamını en iyi şekilde anlamamızı sağlayan şey konuşmadaki vurgu ve tonlamalardır. Bu ise, doğal dil işleme teknikleri ile sağlanabilmektedir.

Çalışma kapsamında, Türkçe metinden konuşma sentezleme sistemleri hakkındaki literatür incelenmiştir. Türkçe metinden konuşma sentezleme sistemlerinde genel olarak karşılaşılan sorunlar ve eksiklikler saptanmıştır. Türkçe metinden konuşma sentezleme konusunda yapılan literatür taraması ve araştırmanın sınırlılıkları doğrultusunda çalışma kapsamına dâhil edilen tez, makale ve bildiri sayısı 24'tür.

Türkçe yapısı gereği sondan eklemeli bir dil olduğu için sentezleme yöntemi olarak büyük çoğunlukla eklemeli sentezleme yöntemi kullanılmıştır. İncelenen çalışmaların büyük çoğunluğunda bu yöntemin kullanılması, doğru olan tekniğin bu olduğunu göstermektedir. Eklemeli sentezleme/hece eklemeli yöntem kullanan araştırmacılar, sentezlenen cümlelerin anlaşılabilirliğinin iyi seviyede olduğunu kaydetmişlerdir.

Türkçe metinden konuşma sentezleme sistemlerinde kullanılan programlama dilleri değişkenlik göstermektedir. Bu durum bize, çalışmadan elde edilen sonucun, kullanılan programlama dili ile doğrudan bir bağlantısı olmadığını ve farklı programlama dillerinin aynı sonucu verebileceğini göstermiştir. Araştırma kapsamına alınan çalışmalarda en çok kullanılan programlama dillerinin ise C/C++ ve C# olduğu görülmüştür.

Elde edilen sonuçlara göre standart bir metinden konuşma sentezleme sisteminde genel olarak anlaşılabilirliğin iyi fakat insan konuşmasına yakın vurgu ve tonlamaların eksik olduğu tespit edilmiştir. Bu noktaya değinen çalışmacılar, bu durumun iyileştirilmesinin; doğal dil işleme bilimi ile mümkün olduğunu savunmaktadır. Bu anlamda; gelecekteki çalışmalarda, metinden konuşma sentezleme çalışmalarının doğal dil işleme teknikleriyle yapılması önerilmektedir.

Sözcük anlamını belirginleştirme çalışmaları, Türkçede anlam kargaşasına sebep olabilecek bazı durumların giderilmesini amaçladığı ve gerçekleştirdiği için, bu konuda örnekleri verilen derleme metinlerinin sayısı arttırılmalı ve kullanıma açılmalıdır. Daha verimli ve doğal konuşmaya yakın sentezlenen sonuçlar alınabilmesi için şimdiki derleme metinlerinin sözcük sayısı arttırılmalı ve biçim bilimsel analiziyle çözümlenmesi yapılmış daha geniş yelpazede bir sözlük oluşturulmalıdır. Çünkü şu anki derleme metinlerinde geçen sözcük dağarcığının belli sayıda olduğu görülmüştür. Geliştirilen derleme metinlerinin Türkçe metinden konuşma sentezleme sistemleri ile entegrasyonu de bir başka iyileştirme yolu olarak gösterilebilir.

Gelecekteki metinden konuşma sentezleme çalışmalarının, doğal dil işleme teknikleri ile birlikte yürütülmesi önerilmektedir. Türkçedeki yazılışları aynı fakat anlamları ve okunuşları farklı (sesteş) sözcükler tespit edilmelidir. Geliştirilen sözcük anlamını belirginleştirme derlemleri ile birlikte bu tip sesteş sözcüklerin okunuşları kaydedilip ses veri tabanında saklanmalıdır. Sözcüklerin cümlede kullanıldıkları anlamına göre doğru okunuşları ise geliştirilen veri tabanından getirilip seslendirilmelidir. Anlaşılabilirliğin iyi olduğu çalışmalarda vurgu ve tonlamaların da iyileştirilmesinin bu yollarla sağlanabileceği görülmüştür. Bu sayede insan konuşmasına en yakın seslendirme elde edilmiş olacaktır.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

Arık, G., 2011, Görme Engelliler İçin Bilgisayar Kullanımının Etkinleştirilmesi, Erişilebilirlik ve Bir Türkçe Hece Tabanlı Konuşma Sentezleme Sisteminin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü.

- Aşlıyan, R. Ve Günel, K., 2008, Türkçe Metinler için Hece Tabanlı Konuşma Sentezleme Sistemi, Akademik Bilişim 2008.
- Ayaz, U., 2016, Text-To-Speech Synthesis For Turkish Using A DSP Board, Yüksek Lisans Tezi, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Bicil, Y., 2010, Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya: Sakarya Üniversitesi.
- Eker, B., 2002, Turkish Text To Speech System, Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Bilkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erdemir, C., 2010 Türkçe Metin Seslendirme İçin Doğal Konuşma Sentezleme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Görmez, Z., 2009, Makine Öğrenme Algoritmalarıyla Türkçe Metin Seslendirme Sistemi Yazılımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Fatih Üniversitesi.
- Güldal, K., 2009, Türkçe Metin Seslendirme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güner, E., 2013, A Hybrid Statistical/Unit-Selection Text-To-Speech Synthesis System For Morphologically Rich Languages, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Özyeğin Üniversitesi.
- Karagöz, E. Ve Koruyan, K., 2020, Design of Audio Description System Using Cloud Based Computer Vision, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi, 4 (1), 74-85.
- Karamehmet, T., 2015, Implementation Of Turkish Text To Speech Synthesis, Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Atılım Üniversitesi
- Klatt D., 1987, Review of Text-to-Speech Conversion for English, Journal of the Acoustical Society of America, JASA, 82(3), 737-793.
- Kul, S., 2020, Türkçe Ders Anlatan Yapay Zekaya Giden Yolda Doğal Dil İşleme, Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi, 6(2), 43-56.
- Kutlugün, M. A., 2017, Gözetimli Makine Öğrenmesi Yoluyla Türe Göre Metinden Ses Sentezleme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Sabahattin Zaim Üniversitesi.
- Kutlugün, M. A., ve Şirin, Y., 2018, A Novel Approach Improvement Framework For Text To Speech Synthesis, 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 1-4.
- Li, X., Ma, D., Ve Yin, B., 2021, Advance Research İn Agricultural Text-To-Speech: The Word Segmentation Of Analytic Language And The Deep Learning-Based End-To-End System. Computers And Electronics İn Agriculture, 180, 105908.
- Otter, D. W., Medina, J. R., Ve Kalita, J. K., 2020, A Survey Of The Usages Of Deep Learning For Natural Language Processing. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 32(2), 604-624.
- Schroeder, M. R., 1972, Computer speech recognition, compression, synthesis, Berlin: Springer, (2), 26-27.
- Sel, İ., 2013, Türkçe Metinler İçin Hece Tabanlı Metinden Konuşma Sentezleme Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sel, İ., Hanbay, D. ve Karabatak, M., 2011, Beyin Bilgisayar Arayüzleri İçin Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme Sistemi, Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Bilgisayar Sempozyumu, Bildiri Kitabı II, 2011 Elazığ, 273-276.
- Şentürk, T., 2010, Türkçe Metin Seslendirme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Şentürk, T. ve Adalı, E., 2016, Türkçe Metin Seslendirme, Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi, 4 (1).
- Tekindal, B. ve Arık, G., 2012, Görme Engelliler için Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme Yazılımı Geliştirilmesi, Bilişim Teknolojileri Dergisi, 5 (3), 9-18.
- Tora, H., Uslu, İ. B. Ve Karamehmet, T., 2017, Implementation Of Turkish Text-To-Speech Synthesis On A Voice Synthesizer Card With Prosodic Features, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A- Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik, 18 (3), 584-594.
- Uslu, İ. B., 2010, Metinden Konuşma Sentezleme, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Haber.
- Uysal, F., 2017, Eklemeli Sentezleyici Yöntemi Kullanılarak Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme, Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Uzun, E., 2007, Görme Engelliler İçin Basılı Doküman Yorumlama ve Seslendirme Sisteminin Gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon: KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ünalı, İ., 2007, Taşınabilir Cihazlar İçin Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon: KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Wallace, S. E., Hux, K., Knollman-Porter, K., Brown, J. A., Parisi, E., Ve Cain, R., 2021, Reading Behaviors And Text-To-Speech Technology Perceptions Of People With Aphasia. Assistive Technology, 1-12.
- Yang, L. W. Y., Ng, W. Y., Foo, L. L., Liu, Y., Yan, M., Lei, X., ... Ve Ting, D. S. W., 2021, Deep learning-based natural language processing in ophthalmology: applications, challenges and future directions. Current opinion in ophthalmology, 32(5), 397-405.
- Yapıcı, M. M. , Tekerek, A. Ve Topaloğlu, N., 2019, Literature Review of Deep Learning Research Areas. Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi (GMBD) , 5 (3) , 188-215.
- Yılmaz, A. E., 2009, Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme Uygulamaları İçin Bir Veri Sözlük Seti ve Yazılım Çerçevesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 24 (4), 735-744.