# Türkçe Metinler için Hece Tabanlı Konuşma Sentezleme Sistemi

**Rıfat AŞLIYAN, Korhan GÜNEL**
Adnan Menderes Üniversitesi,Matematik Bölümü, AYDIN
rasliyan@adu.edu.tr, kgunel@adu.edu.tr

**Özet:** Bu çalışmada, Türkçe metinlerin insan sesine dönüştürülmesi suretiyle bir konuşma sentezleme sistemi geliştirilmiştir. En küçük ses birimi olarak Türkçe dilinin doğal yapısı gereği heceler kullanılmıştır. Bu nedenle çalışmanın ilk aşamasında Türkçe metni heceleyen bir algoritma TASA (Turkish Automatic Spelling Algorithm) tasarlanmış ve C++ dili kullanılarak beş farklı derlem üzerinde test edilmiştir. Hatalı heceleme oranı yaklaşık %0 olarak gözlemlenmiştir. Böylece, Türkçede var olan heceler tespit edilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında her bir hece bir konuşmacı tarafından seslendirilerek ve önişlemden geçirilerek wav dosyası olarak hece ses veritabanına dahil edilmiştir. Çalışmanın en son aşamasında, sistemin kullanıcı arabirimine eklenen metin TD-SOLA algoritması kullanılarak seslendirilmiştir. Bu metindeki sözcükler önişlemden geçirilerek hecelere ayrılmıştır ve her bir heceye karşılık gelen ses dosyaları birbirine eklenerek sözcük ses dosyası elde edilmiştir. Sözcük ses dosyaları da eklenerek cümle ses dosyaları oluşturulup seslendirilmiştir. Sistem, Degradation Mean Opinion Score (DMOS) algısal yöntemi kullanılarak test edilmiştir ve aldığı puan 3,85 olmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** Konuşma Sentezleme Sistemi, Türkçe Konuşma Sentezleme Sistemi, Hece Tabanlı Sentezleme Sistem, TD-SOLA.

### A Syllable Based Turkish Text-To-Speech System

**Abstract:** In this study, a text-to-speech system is developed by converting Turkish text into sound. Because of the Turkish language structure, the smallest sound unit is selected as a syllable. That's why, the spelling algorithm for Turkish language has been developed at the first step of the study. One of the subjects of Natural Language Processing is to spell out the words by syllables. The algorithm TASA (Turkish Automatic Spelling Algorithm) is implemented with C++ programming language and tested over five different corpora. The results show that the algorithm's error rate is about 0% for Turkish words in each corpus. After that, we collected all different syllables in Turkish. In the second step, all Turkish syllables are recorded by a speaker and saved as wav files in syllable sound database. In final step, the developed system takes a Turkish text as an input. After preprocessing operation, each word is spell out into the syllables. Then, the syllable wave files in syllable sound database are concatenated with each other in order using TD-SOLA algorithm. Concatenating of syllable wave files generates word wave file. Using word wave files, sentence wave files are constructed and vocalized. We have used Degradation Mean Opinion Score (DMOS) for the system testing and its value is 3.85.

**Keywords:** Text To Speech System, Turkish Text To Speech System, Syllable Based Text To Speech System, TD-SOLA.

## 1. Giriş

Konuşma sentezleme bilgisayar tarafından bir metnin ses sinyallerine dönüştürülme işlemidir. Konuşma sentezleme sistemlerinin günümüzde çok yaygın kullanım alanları vardır ve gün geçtikçe kullanım alanları artmaktadır. Konuşma sentezleme sistemleri, özellikle görme engelli kişiler için, insan-makina etkileşimi için ve telefonlarda otomatik cevaplama sistemi olarak kullanılmaktadır. Dijital ortamda bulunan bütün yazıların sesli olarak okutulması mümkün olmaktadır.

Konuşma sentezleme sistemlerinde üç yaklaşım öne çıkmaktadır: Boğumlama (Articulatory), Formant ve Art Arda Bağlama (Concatenative) [4], [5], [6], [7], [8], [11]. Boğumlama sentezleme yaklaşımında insan ses sistemi modellenmeye çalışılır. Formant sentezleme sistemlerinde rezonans frekanslarını kullanarak konuşma sentezlenir. Formant frekanslar sesleri farklılaştıran ana frekansları oluşturur. Bu frekanslar kullanılarak konuşma sentezlenmektedir. Art arda bağlama sistemlerinde konuşma sentezleme işlemi ses birimlerinin art arda eklenmesiyle oluşmaktadır. Var olan bütün ses birimleri önceden kaydedilir ve sonra da metni temsil eden ses birimleri art arda eklenerek seslendirilir. Art arda bağlama yaklaşımında ses birimleri ne kadar uzunsa sistem, o kadar başarılı sonuç vermektedir. Türkçe dili için, sözcükleri ses birimi olarak kullanmak mümkün görünmemektedir. Çünkü Türkçe eklemeli bir dildir ve bir sözcükten, ek getirmek suretiyle bir çok kelime türetilebilmektedir. Bu yüzden ses birimi olarak hecenin kullanılması daha uygun olmaktadır. Türkçe metinler için hecelere ayırma algoritması (TASA) [3] geliştirildikten sonra hece istatistikleri çıkarılmıştır [1], [9]. Türkçe derlemlerden bütün farklı hece tipleri tespit edilmiş ve bir konuşmacı tarafından seslendirilip hece ses veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veritabanı kullanılarak hece ses sinyalleri art arda bağlanmak suretiyle konuşma sentezlenmiştir. Öznel bir test yöntemi olan DMOS [13] kullanılarak konuşma sentezleme sistemi test edilmiştir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde Türkçenin genel özellikleri ve hece istatistikleri anlatılmaktadır. Üçüncü bölümünde oluşturulan konuşma sentezleme mimarisinden bahsedilmektedir. Dördüncü bölümde ise TASA (Turkish Automatic Spelling Algorithm) kısaca açıklanmaktadır. Beşinci bölümde ses sinyallerinin art arda eklenebilmesini sağlayan teknik üzerinde durulmuş ve altıncı bölümde deneysel sonuçlar verilmiştir.

## 2. Türkçe Dilinin Özellikleri

Türkçe dili, Altay dil grubuna girmektedir. Morfolojik olarak, Korece Macarca ve Fince dillerinde olduğu gibi Türkçe eklemeli bir dil olduğundan bir sözcükten onlarca sözcük türetilebilmektedir. Bu da dildeki sözcük sayısının artmasına sebep olmaktadır. (1) ile verilen sözcükte olduğu gibi, tek bir kökten bir çok farklı sözcük üretilebilir. Örnek (1)'de "Osman" kökünden, "Osmanlı", "Osmanlılaştırmak" ve "Osmanlılaştıramadıklarımız" gibi sözcükler türetmek mümkündür.

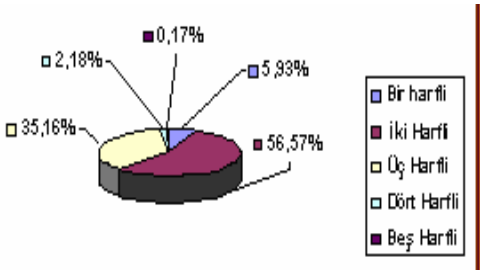
osmanlılaştıramadıklarımızdanmışsınızcasına (1)

(1) sözcüğü Os–man–lı–laş–tı–ra–ma–dık–la–rı–mız–dan–mış–sı–nız–ca–sı–na biçiminde hecelenir. Türkçe dilinde heceler en az bir, en çok dört harften oluşur ve bal, kol, dal, çal, kürk gibi bazı özel durumlar haricinde heceler anlamsızdır. Tablo 1'de "C" ünsüz ve "V" ünlü harfleri belirtmek üzere Türkçe hecelerin genel yapısı verilmiştir. Tablo 1'de verilen durumlar haricinde, yabancı dillerden Türkçe'ye geçen sözcüklerden kaynaklanan istisnai durumlar söz konusudur. Örneğin "tvist" sözcüğü İngilizce'deki "twist" sözcüğünden dilimize geçmiştir ve beş harfli bir hecedir.

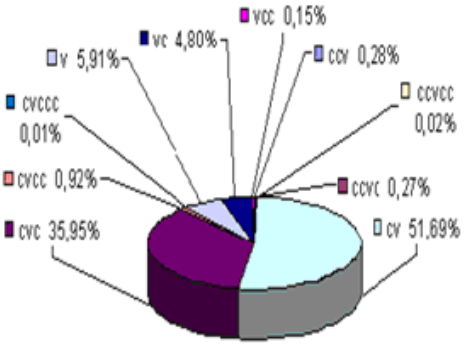
| Hece Yapısı | Örnek heceler |
|---|---|
| V | a, e, ı, i, o, ö, u, ü |
| VC | ab, ac, aç, ad, … ,az, eb, ec, … |
| CV | ba, be, bı, bi, … , za, ze, zı, zi, … |
| CVC | bel, gel, köy, tır, … |
| VCC | alt, üst, ırk, … |
| CCV | bre |
| CVCC | kurt, yurt, renk, Türk |

**Tablo 1.** Türkçe'de hecelerin genel yapısı.

Şekil 1'de ise Türkçe hecelerin uzunluklarının yüzde oranları verilmiştir. Bu oranlar çalışmada oluşturulan Türkçe derlemden elde edilmiştir. Görüldüğü gibi, Türkçe metinlerde en fazla iki harfli heceler yer almaktadır ve test sonucunda 6 ve daha fazla harften oluşan heceye rastlanmamıştır.



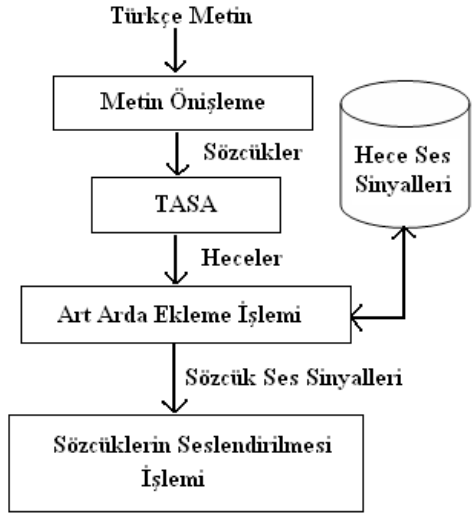

**Şekil 1.** Hece uzunluk yüzdeleri




**Şekil 2.** Türkçe hecelerinin yapılarına göre dağılımı

## 3. Sistem Mimarisi

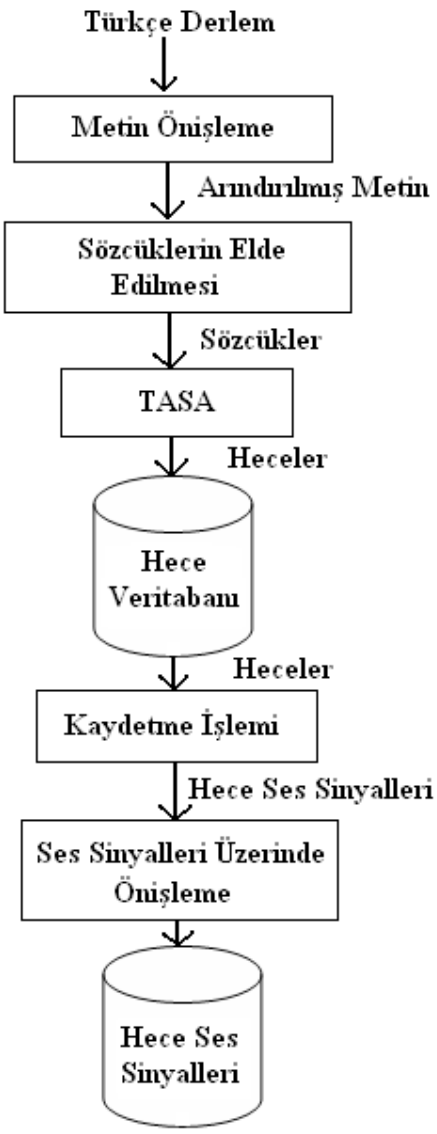
Şekil 3'te görüleceği üzere hece tabanlı konuşma sentezleme sistemi genel olarak üç ana işlemden oluşmaktadır. Birinci işlemde okutulmak istenen metin girdi olarak alınır ve ön işlemden geçirilir. Metindeki harfler küçük harfe dönüştürülür ve sözcükler arasındaki fazla boşluklar atılır. Sonra sözcükler TASA'ya gönderilir ve her bir sözcük hecelere ayrılır. İkinci işlemde sözcüğü oluşturan hecelerin ses sinyalleri, Hece Ses Sinyalleri veritabanından sırasıyla alınır ve art arda ekleme işlemiyle sözcük ses sinyali oluşturulur. Son aşamada sözcük ses sinyalleri TD-SOLA [10], [12] algoritmasıyla istenilen hızlarda okutulur.




**Şekil 3.** Konuşma sentezleme sisteminin genel yapısı

### 3.1 Türkçe Hece Ses Sinyalleri Veritabanının Oluşturulması

İlk olarak Türkçe'de var olan farklı heceler tespit edilmiştir. Bunun için beş farklı derlem kullanılmıştır. Şekil 4'te görüldüğü gibi bu derlemler önişlemden geçirilir, yani noktalama işaretleri çıkarılır, büyük harfler küçük harflere dönüştürülür.

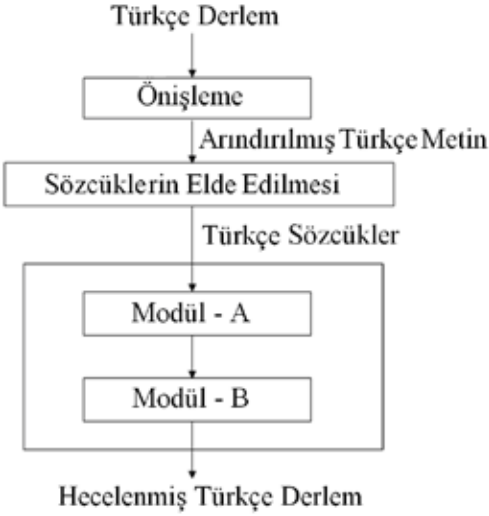



**Şekil 4.** Hece ses sinyalleri veritabanının elde edilmesi

Metindeki sözcükler girdi olarak alınıp TASA'ya gönderilir ve Türkçe heceler veritabanı oluşturulur. Bu veritabanında Türkçe'ye giren yabancı kelimelerdeki hecelerle birlikte yaklaşık 4000 tane farklı hece bulunmaktadır. Bu hecelerin ses sinyalleri, Matlab kullanılarak 2 saniyelik zaman aralığında bir konuşmacı tarafından 8000 Hz'de örneklenip 8 bit darbe kod kiplenimi (PCM) kullanılıp nicemlenerek ve önişlemden geçirilerek hece ses veritabanı oluşturulmuştur. Ses sinyallerinin önişlemden geçirme sürecinde, hecenin sesli kısımlarının sınır noktaları tespit edilmiştir. Böylece veritabanının kapasitesi oldukça küçülmüştür. Hece ses veritabanı 153 MB'lık yer kaplamaktadır.

## 4. Türkçe Otomatik Heceleme Sistemi (Tasa)

Türkçe otomatik heceleme algoritması C++ ile Windows işletim sistemi üzerinde test edilmiştir. Şekil 5'de görüldüğü üzere sistem öncelikle, Türkçe derlemdeki metni alarak noktalama işaretlerinden arındırarak her bir sözcüğü küçük harfe dönüştürür. Önişleme sonucunda derlemde yer alan her bir sözcük arasında sadece tek bir boşluk karakteri yer alınır. Sonraki adımda, sistem her bir sözcüğü hecelere ayırır.




**Şekil 5.** Heceleme sistem mimarisi

Sistem iki bölümden meydana gelmektedir. Sistemin ilk bölümü, derlemdeki her bir sözcüğü girdi olarak kabul eder ve bu sözcükleri

hece dizilimlerine ayırır. (1) ile verilen sözcük sistemin ilk bölümü ile "Os", "man", "lılaş", "tıramadık", "larımız", "dan", "mış", "sınız", "casına" hece dizilimleri elde edilir. Sistemin ikinci bölümü ile üretilen hece dizilimlerinin her biri, Tablo 1 ve Şekil 2'de verilen Türkçe hece yapılarına bağlı kalarak hecelere ayrılır.

### 4.1 Heceleme Algoritması ile İlgili Deneysel Sonuçlar

Bu çalışmada öncelikli olarak, yapıları Tablo 2 ile belirtilen beş farklı Türkçe derlem, önerilen yaklaşımla hecelere ayrılmıştır. Hecelere ayırma işlemi sonucunda her bir derlemin ilk 2000 sözcüğü taranmış ve hatalı hecelenen hiç bir sözcüğe rastlanmamıştır. Sonraki adımda elde edilen Türkçe hecelerin, istatistikleri elde edilmiştir. Bu amaçla Tablo 2'de verildiği üzere her bir derlem için hece uzunlukları hesaplamıştır ve her bir derlem için hece uzunluk dağılımının hemen hemen benzer olduğu gözlemlenmiştir. Tüm heceler içinde yaklaşık %56.57 oranında iki harfli heceye rastlanmıştır. Elde edilen sonuca göre, Türkçe metinlerde iki harfli hece sayısı yoğun olarak kullanılmaktadır. Buna karşılık üç harfli hece sayısı oranı %35.16, bir harfli, dört harfli ve beş harfli hece sayısı yüzde oranları sırasıyla %5.93, %2.18 ve %0.17 olarak hesaplanmıştır.

Yapılan testler ile elde edilen sonuçlar, Türkçe heceleme sistemi için önerilen yaklaşımın %100'e yakın başarı oranını elde ettiğini göstermiştir. Önerilen sistem kullanılarak, Türkçe dilinin yapısının daha iyi anlaşılmasına olanak sağlanmıştır.

| Derlem | Bir harfli hece | % | İki harfli hece | % | Üç harfli hece | % | Dört harfli hece | % | Beş harfli hece | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TDK İmla Kılavuzu | 5.238 | 3,37 | 74.796 | 48,13 | 72.258 | 46,49 | 3.020 | 1,94 | 99 | 0,06 |
| Bilim | 34.892 | 6,51 | 304.097 | 56,77 | 186.073 | 34,74 | 9.713 | 1,81 | 908 | 0,17 |
| Pc Magazine | 77.740 | 5,75 | 765.101 | 56,57 | 466.650 | 34,50 | 39.740 | 2,94 | 3.338 | 0,25 |
| Yeni Asır | 13.620 | 5,19 | 153.207 | 58,40 | 92.600 | 35,30 | 2.881 | 1,10 | 49 | 0,02 |
| Ulusal Program | 33.759 | 7,11 | 275.598 | 58,05 | 160.008 | 33,70 | 5.157 | 1,09 | 261 | 0,05 |
| **Toplam** | **164.849** | **5,93** | **1.572.799** | **56,57** | **977.589** | **35,16** | **60511** | **2,18** | **4.655** | **0,17** |

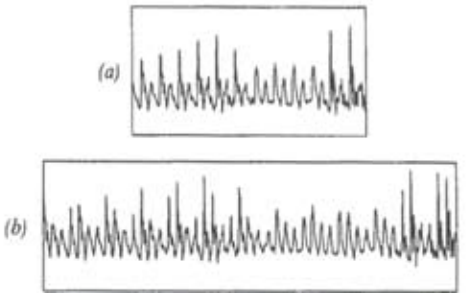
**Tablo 2.** Hece sayılarına göre Türkçe derlem yapısı.

## 5. Zaman Ölçeği Modifikasyonu

Bu bölümde, çalışmada uygulanan zaman ölçeği modifikasyonu tekniği özetlenmiştir. Müzik açısından bakıldığında genel olarak zaman ölçeği modifikasyonu, aynı notaların farklı tempolarda çalınmasına karşılık gelir. Akustik sinyal bağlamında ise zaman ölçeği, orijinal sinyalde gerçekleştirilen tüm olayların farklı bir zaman ölçeğinde aynen üretilmesidir.

### 5.1 Örtüşme-Ekleme Algoritması (Overlap-Add, OLA)

Bu teknikte, Şekil 6 da görüldüğü gibi zaman sıkıştırma ve genişleme işlemleri, örneklenmiş gerçek ses sinyalinden, pencerelenmiş granüllerin çıkarılması ve belli bir süre içinde yeniden düzenlenmesi gerçekleştirilir.



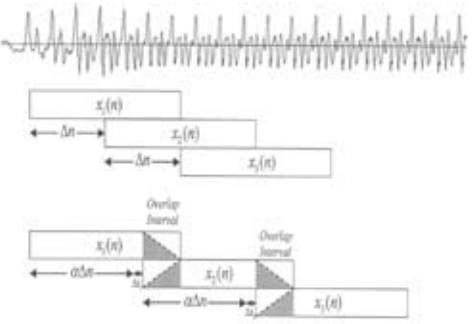

**Şekil 6.** OLA zaman ölçekleme

Şekil 7 de görüldüğü üzere $t_i$ zamanında kaynak sinyalden çıkarılan granüllerin $\bar{t}_i = a\, t_i$ anında birbirine eklenmesiyle OLA metodu uygulanır [14]. Burada a zaman ölçeği çarpanıdır. Daha genel olarak bu metot, istenilen zaman bükme fonksiyonu $\bar{t} = t(t)$ ye göre girdi sinyallerinin yeniden birbiri ardına eklenmesiyle uygulanır.

Sonuç olarak OLA, birbirlerine bağlı olan girdi sinyali parçacıklarının orijinal faz ilişkilerini yok eder ve ardından hizalanmamış sinyal parçacıkları arasında aradeğerleme yaparak yeni çıktı sinyalini oluşturur. Bu işlem perde periyotlarında sinyal kalitesini etkileyen düzensizlik ve bozulmalara yol açar.

### 5.2 Eşzamanlı Örtüşme-Ekleme Algoritması (SOLA)

İlk olarak Roucos ve Wilgus tarafından tanımlanan eş zamanlı OLA metodu (SOLA) korelasyon tekniklerini temel alan zaman ölçeği sıkıştırma ve genişlemeye dayalı bir algoritmadır [12]. Başlangıçta basit hesaplar gerektirdiğinden ve gerçek zaman uygulamalarına uygunluğundan dolayı bilgisayar tabanlı sistemlerde popüler olmuştur. Şekil 7'de görüldüğü üzere bu metotta girdi sinyali sabit uzunluklu çakışan bloklara bölünür ve her bir blok zaman ölçek faktörü a sabitine göre kaydırılır. Daha sonra en yüksek karşılıklı özilinti değerine sahip ayrık zaman gecikmesi $\Delta t_n$ örtüşme aralığı üzerinde araştırılır. Maksimum benzerliğin bulunduğu noktada, örtüşme bloklarına fade-in ( derece derece açılma) ve fade-out (derece derece kararma) fonksiyonları yardımıyla ağırlık değerleri verilir.




**Şekil 7.** SOLA metodu ile zaman ölçekleme

Bu teknik sinyalin perde, büyüklük ve fazını korumasını sağlar. Makhoul, fade-in ve fade-out fonksiyonları olarak lineer ve tabanlı kosinüs fonksiyonlarını kullanmış ve lineer fonksiyon kullanmanın yeterli olduğunu göstermiştir [10]. Gürültülü ortamlarda sinyal kaydı yapılmış ise SOLA metodu OLA ya göre daha iyi sonuç veren bir algoritmadır.

### 6. Deneysel Sonuçlar

Bu çalışmada öncelikle Türkçe metinleri heceleyen bir algoritma geliştirilmiş ve hece tabanlı Türkçe metinden konuşma sentezleme uygulaması gerçekleştirmek amacıyla TD-SOLA algoritması C++ dili ile kodlanmıştır. Şekil 8'de, geliştirilen uygulama için tasarlanan kullanıcı arayüzü görülmektedir.

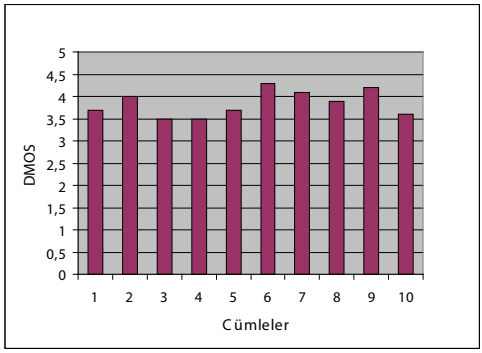
Kullanıcı, bu arayüz yardımıyla metin kutusuna girdiği Türkçe metni, a zaman ölçeği çarpanını ayarlayarak sisteme kolaylıkla okutabilir ve ses yüksekliği arttırıp azaltabilir. a zaman ölçeği çarpanı 0.25 ila 2.00 arasında değer alabilir ve varsayılan değeri 1.00 olarak atanmıştır.

**Şekil 8.** Türkçe Metin Okuma Programı kullanıcı arayüzü

Bu çalışmayla hece tabanlı çalışan Türkçe metinden ses sentezleme sistemlerinin sözcük tabanlı sistemler kadar verimli çalıştığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda Türkçe dilinin sondan eklemeli bir dil olması nedeniyle sözcük tabanlı sistemlere nazaran geliştirilen sistemin daha elverişli olduğu düşünülmektedir. Çünkü geliştirilen sistemde kullanılan hece sayısı sabittir ve bundan daha fazla Türkçe hece elde etmek mümkün değildir. Ancak sözcük tabanlı sistemlerde mevcut Türkçe sözcüklerin sayısını tahmin etmek zordur, ve bu sayı çok yüksektir. Geliştirilen heceleme algoritması %99.9 başarı oranı ile doğru çalışmaktadır. Geliştirilen algoritma ile Türkçe metin yazma aşamasında karşılaşılabilecek yazım hatalarını tespit eden bir sistem geliştirilmiştir [2].

### 6.1 Sistemin Test Edilmesi

Sistemin amacı metinlerin doğal insan sesine uygun olarak okunmasıdır. Bu sistemin test sonuçlarının kalitesinin değerlendirmek için DMOS (Degradation Mean Opinion Score) yöntemi kullanılmıştır. Metin veritabanında on tane cümle alınmış ve sistem tarafından okutulmuştur. Altı kişi tarafından bu cümleler kulaklıklar kullanılarak dinlettirilmiştir ve dinleyicilerden DMOS derecelendirmesini temsil eden 1'den 5'e kadar puan vermeleri istenmiştir (1-Çok aşırı rahatsız edici bozulma, 2-Oldukça rahatsız edici bozulma, 3-Az rahatsız edici bozulma, 4-Duyulabilir fakat rahatsız etmeyen bozulma, 5-Duyulamayan bozulma) [13]. DMOS yönteminin algısal puanlaması, cümlelerin altı tane puanlarının ortalaması alınarak hesaplanır. Şekil 9'da görüldüğü gibi on cümlenin almış olduğu DMOS değerleri görülmektedir ve konuşma sentezleme sisteminin almış olduğu DMOS değeri, on cümlenin değerlerinin ortalamasıdır. Bu değer 3,85 olarak hesaplanmıştır.




**Şekil 9.** Okutulan 10 cümle için DMOS değerleri

### 7. Sonuç

Bu çalışmada, heceyi temel ses birimi olarak kabul eden bir konuşma sentezleme sistemi geliştirilmiştir. Bilindiği üzere ses birimleri ne kadar büyükse o kadar insan sesine yakın değerde sesler oluşturulabilir. Türkçe'nin eklemeli bir dil olmasından dolayı sözcük temelli sentezleme sistemi uygun olmamaktadır. Bu yüzden en uygun ses birimi olarak heceler düşünülmüştür. TASA algoritmasıyla Türkçe'deki bütün farklı heceler tespit edilip kaydedildikten sonra önişlemden geçirilerek hece ses veritabanı oluşturulmuştur. Bu ses veritabanı kullanılarak art arda bağlama yöntemi kullanılarak Türkçe metin sentezlenmiş-

tir. Öznel DMOS test yöntemiyle test edilmiştir ve 3,85 ortalama puan almıştır. Bu sistem metindeki sözcüklerin anlaşılması bakımından çok iyi sonuç vermiştir. Fakat vurgu ve tonlama özellikleri bakımından iyileştirilmesi gerekmektedir.

**8. Teşekkür**

Bu çalışma Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında desteklenmektedir.

**9. Kaynaklar**

[1 ]. Aşlıyan R., Günel K., ve Filiz A., "Türkçe Otomatik Heceleme Sistemi ve Hece İstatistikleri", AKADEMİK BİLİŞİM 2006 + BilgiTek IV, 9-11 Şubat 2006, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

[2]. Aşlıyan R., ve Günel K., Yakhno, T., "Detecting Misspelled Words in Turkish Text Using Syllable n-gram Frequencies", Lecture Notes in Computer Science, 4815 Springer, 2007, 553-559, ISBN 978-3-540-77045-9.

[3]. Aşlıyan, R., and Günel, K., "Design and Implementation For Extracting Turkish Syllables And Analysing Turkish Syllables", INISTA-International Symposium on Innovations in Inttelligent Systems and Applications, 15-18 Haziran 2005 Yıldız Technical University İstanbul - Turkey ISBN 975-461-400-8.

[4]. Beutnagel, M., A. Conkie and A. K. Syrdal, "Diphone Synthesis Using Unit Selection", In SSW3, pp.185-190, 1998.

[5]. Beutnagel, M., Mohri, M., and Riley, M., "Rapid Unit Selection from a Large Speech Corpus for Concatenative Speech Synthesis", In Proceedings of the European Conference on Speech Communication and Technology, Vol. 2, pp. 607-610, 1999, Budapest, Hungary.

[6]. Beutnagel, M. and Conkie, A., "Interaction of Units in a Unit Selection Database", Proc. European Conf. Speech Communication & Technology, Vol. 3, pp. 1063-1066, 1999, Budapest, Hungary, Sept.

[7]. Bulyko, I. and Ostendorf, M., "Unit Selection for Speech Synthesis Using Splicing Costs with Weighted Finite State Transducers", Proc. of Eurospeech, pp. 987-990, 2001.

[8]. Dutoit, T., An Introduction to Text-To-Speech Synthesis, Kluwer Academic Publishers, ISBN:1-4020-0369-2, 2001.

[9]. Günel K., Aşlıyan R., "Hece 2-gram İstatistikleri ile Türkçe Sözcüklerde Hata Tespiti", IEEE 14. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, 18/04/2006, Belek, Antalya.

[10]. Makhoul, J. and El-Jaroudi, J., "Time-scale modification in medium to low rate coding", Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1705-1708, IEEE, 1986.

[11]. Moulines, E. and Charpentier, F., "Pitch synchronous waveform processing techniques for text to speech synthesis using diphones", Speech Communication, 9(5/6), 453-467, 1990.

[12]. Sanjaume, J. B., Audio Time-Scale Modification in the Context of Professional Audio Post-production, Phd. Thesis, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, 2002.

[13]. Thorpe, L. and Shelton, B., "Subjetive test methodology: Mos versus DMOS in evaluation of speech coding algorithms", Sainte-Ade`le, pp. 73–74, 1993, Canada.

[14]. Verhelst, W., "Overlap-Add Methods for Time-Scaling of Speech", Speech Communication, vol. 30, nr. 4, 2000.