

# Dayanıklı Konuşma Tanıma Uygulamaları için Evrensel bir İnsan-Makine Dilinin Geliştirilmesi

*Ebru Arısoy, Levent M. Arslan*

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul  
arisoyeb@boun.edu.tr

## Özetçe

Konuşma tanıma sistemleri gelişen teknolojiyle beraber günlük hayatımıza girmiştir. Bu sistemlerin gürültülü ortamlardaki konuşma tanıma başarımı, konuşma tanıma uygulamalarının başarısındaki en kritik etkidir. Özellikle telefon konuşmalarındaki arka plan, kanal ve konuşma gürültüleri, telefon üzerinden bu sistemlerin kullanımında hata olasılığını arttırmaktadır. Akustik uzayda birbirine yakın olan kelimelerde sistem tarafından yanlış anlaşılabilir. Bu durumlara bir de insanların birbirine benzer kelimeleri yanlış söylemeleri ve anadili farklı kullanıcıların telaffuz değişimleri de eklenince konuşma tanıma sistemlerinin tanıma başarımı daha da düşmektedir. Bu bildiride önerdiğimiz çözüm yolu, akustik olarak birbirinden olabildiğince uzak kelimelerden oluşan yeni bir dil geliştirmek suretiyle konuşma tanıma sistemlerinin başarımını her koşulda arttırmaktır. Geliştirilen bu yeni dildeki kelimelerin konuşma tanıma başarımı ve telaffuz değişimleri karşısındaki dayanıklılığı yapılan deneylerle kanıtlanmıştır.

## 1. Giriş

Konuşma tanıma sistemleri sayesinde telefonda kredi kartı numarası tuşlamak yerine numarayı sesli söyleyebiliyor, veya arabada sesli komutlarla bilgiye ulaşabiliyoruz[1]. Bu sayede günlük hayatımızda makinelerle konuşarak bilgiye ve servise daha rahat erişebiliyoruz. Fakat bu sistemler gürültülü koşullarda istenilen kolaylığı sağlayamıyor. Dilin kelime haznesinde akustik olarak benzer kelimelerin bulunması ve anadili farklı kullanıcıların yarattığı telaffuz değişimleri sistemin başarımını düşürüyor[2]. Biz burada bütün bu sorunlara çözüm olarak insanlarla makineler arasındaki sesli iletişimde kullanılmak üzere akustik olarak birbirinden uzak kelimelerden oluşan yeni bir dil öneriyoruz. Bu dildeki telaffuz değişimlerini olabildiğince azaltıp, konuşma tanıma sistemlerini daha dayanıklı hale getirmek için, yeni dilin fonetik alfabesi birçok dünya dilinde yaygın olarak kullanılan fonemlerden seçilecek, ve bu fonemlerden akustik uzaklık etkeni temel alınarak kelimeler oluşturulacaktır.

Evrensel bir dil oluşturma fikri yıllardan beri süregelen bir çabadır. Bu çabanın örneklerinden biri de farklı milletlerden insanların birbiriyle olan iletişimlerini evrenselleştirmek için ortak bir dünya dili olarak geliştirilen “Esperanto” dur[3]. Bu dilin istenilen başarıya ulaşmadığı ise açıktır. Fakat bizim önerdiğimiz dil sadece insanlarla makineler arasındaki sesli iletişime yönelik olduğundan Esperanto’dan tamamen farklıdır. Çıkış noktamız ise kişisel ajandalarla yazılı iletişimde kullanılan “Graffiti” alfabesinin yaygın kullanımı olmuştur. Graffitinin Latin alfabesine olan benzerliği bilinmesine rağmen, bu alfabede kullanılan beş karakter Latin

alfabesindeki küçük ve büyük harflere benzememekte ve kullanıcılar kişisel ajandalarından rahatça yararlanabilmek için bu karakterleri öğrenmektedirler [4]. Bizde bu yeni dili sadece rakamlar yerine geçecek on kelimeyle sınırladığımız takdirde, konuşma tanıma sistemlerinden daha başarılı bir servis alma garantisinin birçok insanı bu yeni dili öğrenmeye motive edeceğine inanıyoruz.

## 2. Yeni Dilin Tasarım Esasları

Yeni dilin oluşturulması aşamasında öncelikli olarak dilbilim alanında çalışmalar yapılarak, fonetik bir alfabe belirlenmiş, ardından da yeni dilde kullanılacak olan kelimeler bildirideki yöntemler doğrultusunda seçilmiştir.

Kuramsal dilbiliminin çalışma alanları olan gramer, ses bilimi, anlam bilimi, sözdizimi bilimi ve biçim bilimi incelendiğinde, gramer konuşmacıların o dil hakkında bildikleri her şey, sesbilimi o dili oluşturan ses sistemleri, anlam bilimi o dildeki anlam sistemleri, biçim bilimi kelimelerin oluşturulması sırasında uygulanan kurallar ve söz dizim bilimi de cümlelerin oluşturulmasında kullanılan kurallar olarak açıklanabilir [5]. Bu açıklamalar doğrultusunda yeni dilde kullanılacak olan fonemler, bu yeni dilin ses sistemini, akustik olarak birbirinden uzaklık kelimelerin oluşum kuralını oluşturacaktır. Belirlenen kelimeler anlam olarak rakamlar yerine kullanılacaktır. Bu yeni dil için sadece rakamları temsil eden kelimeler belirlendiğinden, cümle oluşumları üzerine herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

### 2.1. Fonetik Alfabe

Fonetik alfabenin oluşturulması sırasındaki ilk aşama dünyadaki farklı dillerdeki ortak fonemlerin incelenmesidir. Bu bildiride kullanılan fonem ifadelerinde tek harfli ARPAbet simgeleri kullanılacaktır[6]. Gerekli incelemeler, IPA’nın[7] çalışmalarından yola çıkarak yapılmıştır. Geliştirilen bu yeni dilin evrenselliğinin sağlanması amacıyla 29 tane doğal dil incelenmiş, bunlardan en az %70’inde bulunan fonemler seçilerek, fonetik alfabenin taslağı oluşturulmuştur. Bu taslak, fonemlerin bulunma sıklıklarına göre şu şekilde düzenlenir. Ünsüzler: /m/, /n/, /k/, /t/, /l/, /b/, /d/, /p/, /s/, /g/, /f/, /y/, /z/ ve ünlüler /i/, /u/, /a/, /o/, /e/. Bu taslakta bulunan fonemler üyesi oldukları fonem sınıfları açısından tekrar değerlendirildikten sonra, yeni dil için oluşturulan fonetik alfabenin son hali belirlenir.

Ünlüler dilbilimi açısından göz önüne alındığında, /i/, /u/ ve /a/ ‘nın incelenen 317 dil arasından 250 tanesinde bulunduğu saptanmıştır[8]. Birçok popüler dünya dilleri arasında en yaygın olarak kullanılan ünlüler de /a/, /e/, /i/, /o/ ve /u/ olarak belirlenmiştir. Ünlüler frekans özelliklerini göz önüne alınarak incelendiğinde, /a/, /i/, /u/ sesleri, ünlüler üçgeninin köşelerine gelmektedir. Buradan da bu üç ünlünün

akustik uzayda birbirinden en uzak gurup olduğu sonucu çıkar[9]. Ayrıca yapılan ünlü tanıma deneylerinde de bu üç ünlünün, hata matrisinde en az hata oranına sahip ünlüler olduğu bulunmuştur[10]. Fakat /u/ sesinin söyleniminin dilden dile ve kelimedeki kelimeye farklılıklar göstermesinden dolayı yeni dildeki ünlüler /a/, /i/ ve /o/ sesleri olarak belirlenmiştir.

Ünsüzlerin algılanması üzerine yapılan bir çalışma [11] sonucunda, /ptk/ ve /bdg/ patlamalı ünsüzler gruplarının algısal olarak birbiriyle en çok karıştırılan fonem grupları olduğu saptanmıştır. Bu yüzden de yeni dilin ünsüzlerinin belirlenmesi sırasında, bu grupların birinden bir diğ erinden de iki ünsüz almaya karar verdik. Ayrıca, incelenen 317 dilin yaklaşık %83'ünde /s/ sesinin bulunduğu, ondan sonra en yaygın olarak bulunan sesin /s/'in ötümlü benzeri /z/ olduğu saptanmıştır[8]. Ünsüzlerin algılanması üzerine yapılan başka bir çalışmada da aynı kökenli ünsüzlerden ötümsüz olanlarının ötümlü olanlara oranla (/s/ > /z/ ve /f/ > /v/) daha iyi algılandığı bulunmuştur[12]. Bundan dolayı, yeni dil için özellikle daralma ünsüzlerinin ötümsüz olanlarını tercih ettik. Geniz ünsüzleri incelendiğinde, çift dudak geniz ünsüzü /m/'nın 300'den fazla dilde bulunduğu gözlenmiştir[13]. Ayrıca bir dilde /m/ sesi bulunuyorsa, bunun dişeti benzeri /n/'nın da bu dilde bulunma yüzdesi %99.3 olarak belirlenmiştir[8]. Geniz ünsüzleri konuşma tanıma sistemlerindeki başarımları açısından değerlendirilirse, /m/ ve /n/ sesleri bütün ünsüzler arasında en çok karıştırılan gruptur[14]. Bu yüzden de yeni dilde bu ünsüzlerden sadece birini bulundurduk.

Bütün bu veriler incelenip değerlendirmeler yapıldıktan sonra geliştirdiğimiz yeni dilin fonetik alfabetini şu şekilde belirledik: Ünlüler; /a/, /i/ ve /u/, ünsüzler ise /b/, /t/, /k/, /s/, /f/ ve /n/.

## 2.2. Hece Yapısı

Dilbilimciler tarafından dünya dillerinin büyük bir bölümünde hece oluşumunda açık hece (ünlü-ünsüz) kuralının tercih edildiği saptanmıştır[13]. Biz de, geliştirdiğimiz yeni insan-makine dilinin evrenselliğ inin sağlanması açısından kelimelerin oluşumu aşamasında ünlü-ünsüz kuralını tercih edeceğiz. Tek istisna sonu dişeti geniz ünsüzü /n/ ile biten kelimelerde olacak. Bu durumu sadece tek heceli kelimelerde uygulayacağız.

## 2.3. Yeni dildeki kelime haznesinin belirlenmesi

Bu bildiride sunulan yeni insan-makine dili şu anda yalnız rakamlar için önerildiğ inden, yeni dilin kelime haznesi sadece on kelime ile sınırlandırılmıştır. Bu kelimelerin belirlenmesindeki en temel ölçüt akustik uzaklık olarak alınsa da, yan ölçütler olarak kelimelerdeki hece sayısı ve insanların bu kelimelere olan aşinalığı da dikkate alınmıştır.

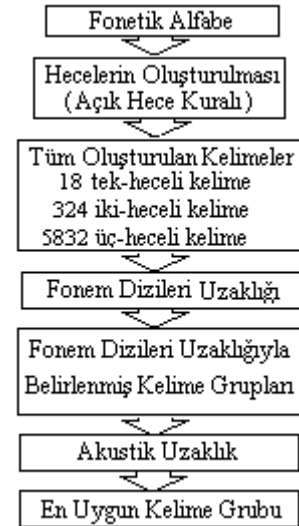
Kelime haznesinin belirlenmesindeki en önemli ölçüt kelimelerin akustik olarak birbirlerinden olabildiğ ince uzak olmasıdır. Amacımız konuşma tanıma sistemlerinden daha yüksek başarımlar elde etmek olduğ undan, bu yeni dilin kelime dağarcımın akustik olarak uzak kelimelerden oluşması başarımları arttıracaktır. Bunun için de özellikle fonetik alfabede bulunan ünlülerin kelime içerisindeki yerleri ve ünsüzlerin kelime içerisindeki dizilimlerinin gösterdikleri çeşitlilik büyük önem taşır. Kelimelerin seçilmesinde bütün bu etmenler değerlendirilecektir.

Kelimelerin seçilmesi aşamasında yan ölçüt olarak o kelime içerisindeki hece sayısı da dikkate alınmıştır. Tek heceli

kelimelerin kullanıcılar tarafından öğrenilmesi daha kolaydır. Fakat tek heceli kelimeler ses tanıma sistemleri açısından yeterli akustik bilgi taşımadıkları için, sistemin güvenilir bir tanıma yapmasını zorlaştırır. Kelimedeki hece sayısı arttıkça, gerekli akustik bilginin artmasına rağmen, hem sistemin servis hızı azalır, hem de kullanıcıların öğrenme süresi artar. Bunun yanında kelime haznesinde eşit sayıda tek-heceli, iki-heceli ve üç-heceli kelimelerin bulundurulmasının konuşma tanıma başarımlarını arttırdığı gözlenmiştir[15]. Bütün bu etmenler düşünüldüğ ünde, sıfırdan dokuza kadar olan rakamlar yerine beş tane iki-heceli, beş tane de üç-heceli kelime kullanmayı uygun gördük.

Kelimelerin belirlenme aşamasında bir ölçüt olarak da kelimelerin kullanıcılar olan aşinalığı düşünebiliriz. Bu aşinalık kelimelerin öğrenilmesini kolaylaştırmasına rağmen telaffuz değ işimlerini arttırdığından, kelimelerin seçim aşamasında belirleyici bir etmen olarak alınmamıştır.

Konuşma tanıma sistemlerinin başarısında hem akustik hem de söyleyiş sesbiliminin bir arada kullanımı önem taşır. Akustik ve söyleyiş sesbiliminin yeni dilin tasarım aşamalarındaki kullanımları aşağıdaki akış çizeneğ inde belirtilmiştir.



Şekil 1: Yeni dildeki kelime haznesinin tasarım aşamalarının akış çizeneği

Öncelikle bölüm 2.1 de belirlenen fonetik alfabe ve bölüm 2.2 deki hece yapısı kullanılarak bütün olası kelimeler oluşturulmuştur. Fonem dizileri uzaklığı bildiride sunulan algoritma içinde kullanılarak, olası kelimeler gruplandırılır. Kelime gruplarına akustik uzaklık etmeni de eklendikten sonra en uygun kelime grubu belirlenir.

Bundan sonraki bölümlerde tasarım aşamasında kullanılan fonem dizileri uzaklığı ve akustik uzaklık kavramları açıklanıp, bu uzaklık kavramlarının nasıl bir algoritma ile birleştirilip en uygun kelime haznesine ulaşıldığı açıklanacaktır.

### 2.3.1 Fonem Dizileri Uzaklığı

Fonem dizileri uzaklığı, fonem dizilerinin birbirine benzerliğ inin sayısal bir ölçüsüdür. Bir fonem dizisinin başka bir fonem dizisine dönüştürülmesi için gerekli olan işlemlere farklı ağırlıklar verilerek (silme ve ekleme işlemlerine '1', yer

değiştirme işlemine '2') diziler arasındaki uzaklık sayısal olarak hesaplanır. Şekil 2'de verilen işlemler sırasına göre bu iki fonem dizisi arasındaki uzaklık '8' dir.

İşlemler Listesi	Intention	
	i'yi sil	→ ntention
	n'yi e ile değiştir	→ etention
	t'yi x ile değiştir	→ exention
	u ekle	→ exenution
n'yi c ile değiştir	→ execution	

Şekil 2. 'intention' ve 'execution' fonem dizileri arasındaki işlemler listesi[16].

### 2.3.2 Akustik Uzaklık

Akustik uzaklık kavramı fonemlerin frekans özellikleri arasındaki benzerliğin sayısal bir ölçüsüdür. Her fonem farklı bir formant frekans yapısına sahiptir ve bu farklılıklarda fonemler arasındaki uzaklığı belirlemektedir. Yeni dildeki fonemler arasındaki akustik uzaklığın hesabı için aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^p \frac{1}{\sigma_k} (MFCC_i(k) - MFCC_j(k))^2 \quad (1)$$

bu denklemde  $d_{ij}$ , i. ve j. fonemlerin mel-cepstrum katsayıları arasındaki Mahalanobis mesafesidir. Bu şekilde yeni dildeki fonemler arasındaki akustik uzaklık hesaplandıktan sonra, fonem dizileri arasındaki akustik uzaklığın hesabı için her yer değiştirme işleminde, yer değiştiren fonemler arasındaki uzaklıklar toplanır. Bizim algoritmamızda, yeni dil için kelimelerin belirlenmesi aşamasında akustik uzaklık etkeni, fonem dizileri uzaklığı etkeninden sonra hesaplanmıştır.

### 2.3.3 Algoritmanın geliştirilmesi

Geliştirilen insan-makine dilinin kelime haznesi, fonetik alfabadeki fonemlere açık-hece kuralı uygulanarak oluşturulan tüm olası kelimelerin, ayrıntıları bu bölümde açıklanacak olan algoritmadan geçirilmesiyle belirlenmiştir. Önceki bölümlerde açıkladığımız nedenlerden dolayı sadece iki-heceli ve üç heceli kelimeler üzerinde algoritma uygulanmıştır. İlk beş kelime iki-heceli kelimeler arasından sıfırdan dörde kadar olan rakamları, son beş kelime de üç-heceli kelimeler arasından beşten dokuzaya kadar olan rakamları temsil etmek üzere seçilmiştir. Algoritmamızda, kelimeler arasındaki benzerliğin belirlenmesi için fonem dizileri uzaklığı, bu kelimelerin akustik uzaydaki benzerliklerinin belirlenmesi için de akustik uzaklık kullanılmıştır. Bu algoritma aracılığıyla fonem dizileri uzaklığı fazla olan, ve aynı zamanda da akustik uzayda birbirinden olabildiğince uzak olan kelime grubu yeni dildeki rakamlar yerine seçilmiştir.

Algoritmamızda, ilk kelimenin seçimi iki-heceli kelimeler arasından rastgele yapılmış, ikinci kelime de ilk kelimedenden fonem dizileri uzaklığı en fazla olan iki heceli kelime olarak belirlenmiştir. Geriye kalan kelimelerin seçimi de şu kurala göre olmuştur. Üçüncü kelimedenden beşinciye kadar olan kelimeler seçilirken, iki-heceliler grubundaki tüm kelimelerle daha önce seçilmiş kelimeler arasındaki fonem dizileri uzaklığı hesaplanır. Her iki-heceli kelime için bu uzaklıkların en küçüğü bulunur. Ardından da bulunan bu en küçük uzaklıklardan en büyüğüne sahip iki-heceli kelime, yeni dildeki rakamları temsil etmek üzere seçilir. Altıncıdan

onuncuya kadar olan kelimeler içinde aynı işlemler üç-heceli kelimeler listesi kullanılarak yapılır. Dördüncü kelimenin bu algoritma kullanılarak belirlenmesi Şekil.3 de gösterilmiştir.



Şekil.3. Algoritmanın dördüncü kelimenin belirlenmesinde kullanılması.

Bu şekilde fonem dizileri uzaklığı kullanılarak bulunan kelime gruplarına akustik uzaklık da eklenir. Ardından her grup için toplam uzaklıkların en küçüğü bulunup, bu en küçük uzaklıklardan en büyüğüne sahip olan grup, yeni dilin kelime haznesini oluşturmak için belirlenir. Bu şekilde belirlenen yeni dildeki rakamlar Tablo.1 'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Yeni dildeki rakamlar

Önerilen dildeki rakamlar			
Digit	Yeni dil	Digit	Yeni dil
0	/biko/	5	/babisi/
1	/nana/	6	/titaba/
2	/fofi/	7	/kobati/
3	/siti/	8	/satabo/
4	/toso/	9	/fibata/

## 3. Değerlendirme

Yeni dildeki kelimelerin konuşma tanıma sistemlerindeki başarımlarının değerlendirilmesi için iki tane konuşma tanıma deneyi gerçekleştirdik. Deneylerde kullanılan Saklı Markov Modellerinin eğitimi için GVZ ses teknolojilerinin sadece Türkçe ifadelerden oluşan ses veritabanı kullanıldı. Deneylerde test amaçlı kullanılan kayıtlar, düşük kaliteli bir mikrofonla, düşük örnekleme frekansında (8 kHz) ve gürültülü bir ofis ortamında alındı.

İlk deney için 30 tane Türk'ten (15 kadın, 15 erkek) Türkçe ve İngilizce rakamlarla, yeni dildeki kelimelerin kayıtları alındı. Deney sonucunda İngilizce rakamlar için hata oranı %25.6 olarak saptandı. En çok karıştırılan kelime çiftleri de "six-eighth" ve "seven-zero" olarak belirlendi. Aslında bu beklenen bir sonuç değil çünkü bu kelimeler İngilizce'de akustik olarak en yakın çiftler değil. Fakat deneylerde

kullanılan HMM'lerin sadece Türkçe ifadelerle eğitilmiş olmasından dolayı böyle bir sonuca ulaştığımızı inanıyoruz. Türkçe rakamlar için ise hata oranı %4.6 olarak saptandı. En çok karışan kelime çiftleri ise "iki-sekiz" olarak belirlendi. Türkçe'deki başarımlar oranındaki artışın sebebini, konuşmacıların anadilleri dışında gösterdikleri telaffuz değişimleriyle açıklayabiliriz. Yeni dildeki kelimelerle yapılan konuşma tanıma deneyleri sonucunda ise hata oranı %1.3 olarak belirlendi. Bu sonuçları Türkçe ve İngilizce'deki sonuçlarla karşılaştırsak, yeni dil kullanılarak, anadile göre %71.7 ve ikinci dile göre de %94.9'luk bir başarımlar artışı olduğunu görebiliriz.

Tablo II: Deneylerden çıkarılan hata oranları

	Hata Oranları (%)		
	Türkçe	İngilizce	Yeni Dil
Deney 1	4.6%	25.6%	1.3%
Deney 2	-	37%	4.0%

Telaffuz değişimlerinin yeni dilin tanınma başarımına olan etkisini görebilmek için bir de 30 tane yabancıdan (15 kadın,15 erkek) alınan İngilizce rakamlar ve yeni dildeki kayıtlarla bu deneyi tekrarladık. İngilizce için %37.0 ve yeni dil için de %4.0'lık hata oranları bulduk. (Bkz. Tablo.2). Yani, yeni dildeki kelimeler için %89.1'lik bir başarımlar artışı saptadık. Eğer bu ikinci deneyi, ilk deneyle karşılaştırsak HMM'lerde kullanılan Türkçe eğitim veritabanının ikinci deneyde başarımlarını düşürmesine rağmen, yeni dilde hala İngilizce'ye göre dikkate değer bir başarımlar artışı olduğunu görebiliriz.

#### 4. Sonuçlar

Konuşma tanıma sistemleri özellikle rakamların tanınmasında yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir ve birbirine akustik olarak benzer kelimeler her zaman bu sistemlerin başarımını düşürür. Rakamları ifade etmek için her dilin sahip olduğu kelime hazinesi akustik olarak benzer kelimelerden oluşabilir, örneğin Türkçe'deki "iki-sekiz" ve İngilizce'deki "one-nine" gibi. Bu kelime çiftleri konuşma tanıma sistemlerinde kullanıldığı sürece, sistem tarafından karıştırılmaya devam edecektir. Bu bildiride sunduğumuz çözüm yolu insanlarla makineler arasındaki sesli iletişim için akustik olarak birbirinden olabildiğince uzak kelimelerden oluşan bir dil geliştirmektir. Anadili farklı kullanıcılar arasındaki telaffuz değişimlerini de en aza indirmek için bütün dünya dillerinde yaygın olarak kullanılan fonemler seçilmiş ve bildiride belirtilen ektenler ve algoritma kullanılarak en uygun kelime grubu sıfırdan dokuzaya kadar olan rakamları temsil etmek üzere belirlenmiştir. Anadili Türkçe olan kullanıcılarla yapılan konuşma tanıma deneyleri sonucunda yeni dil kullanılarak, Türkçe'ye göre %71.7 ve İngilizce'ye göre de % 94.9'luk bir başarımlar artışı saptanmıştır. Ayrıca aynı deney anadili farklı kullanıcılarla gerçekleştirildiğinde yeni dildeki başarımların İngilizce'ye göre %89.1 oranında arttığı gözlenmiştir. Gerçekleştirilen ikinci deney aynı zamanda yeni dilin telaffuz değişimleri karşındaki dayanıklılığını da göstermektedir.

İlk bakışta konuşma tanıma sistemleri için yeni bir dil uyarlamak bir çok kullanıcıya rahatsız edici gelebilir. Fakat

dilde akustik olarak benzer kelimeler bulunduğu sürece sistem başarımlarını istenilen düzeye ulaşamayacaktır. Bundan dolayı da önerdiğimiz yaklaşımın bu soruna yeterli bir çözüm olabileceğini düşünüyoruz.

#### 5. Kaynakça

- [1] Hemphill, C. T., Agarwal, R., Muthusamy, Y. K., and Gong, Y. "Voice-Driven Information Access in the Automobile", *IEEE Vehicular Technology Society News*, August, 8-11, 2000.
- [2] Arslan, L. M., and Hansen, J. H. L., "Likelihood Decision Boundary Estimation between HMM Pairs in Speech Recognition", *IEEE Trans. On Acoust. Speech, and Signal Processing*, 6(4), 410- 414, 1998.
- [3] Schubert, K(ed.). *Interlinguistics Aspects of the Science of Planned Languages, Trends in Linguistics, Studies and Monographs 42*, Mouton de Gruyter, Berlin and New York, p.10, 1989.
- [4] Mackenzie, I. S. and Zang, S., "The immediate usability of Graffiti", *Proc. of Graphics Interface '97*, 129-137, 1997.
- [5] Fromkin, V. and Rodman, R., *An Introduction to Language*, Holt, Rinehart and Winston, Inc., Orlando, 1998.
- [6] Deller, J.R.; Proakis, J.G. and Hansen J.H.L., *Discrete-Time Processing of Speech Signals*, Macmillan Publishing Company, 1993.
- [7] IPA, *Handbook of the International Phonetic Association*, Cambridge University Press, 1999.
- [8] Maddieson, I., *Patterns of Sounds*, Cambridge University Press, 1984.
- [9] Rabiner, L. R. and Schafer, W., *Digital Processing of Speech Signals*, Prentice Hall, 1978.
- [10] Forgie, J. W. and Forgie, C. D., "Results Obtained from a Vowel Recognition Computer Program", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 31(11), 1480-1489, 1959.
- [11] Miller, G. A. and Nicely, P. E., "An Analysis of Perceptual Confusions Among Some English Consonants", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 27(2), 338-352, 1955.
- [12] House, A. S.; Williams, C. E.; Hecker, M. H. L. and Kryter, K. D., "Articulation-Testing Methods: Consonantal Differentiation with a Closed-Response Set", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 37(1), 1965.
- [13] Odlin, T., *Cross-linguistic Influence in Language Learning*, Cambridge University Press, 1989.
- [14] Roe, D. B. and Riley, M. D., "Prediction of Word Confusabilities for Speech Recognition", *ICSLP, Yokohama*, 227-230, 1994.
- [15] Arslan, L. M., "A New Universal Language for Speech Recognition Applications", *IEEE Proc. ICASSP, İstanbul Turkey*, 2000.
- [16] Jurafsky, D. and Martin J. H., *Speech and Language Processing*, Prentice Hall, 2000.