

**Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași  
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia  
Informației**

**Raport de cercetare III**

**CONTRIBUȚII LA ANALIZA SEMNALELOR  
GNATOFONICE CU APLICAȚII MEDICALE**

**Doctorand:**

Bioing. Alina Untu (Hulea)

**Conducător științific:**

Prof.dr.ing. Horia-Nicolai Teodorescu, m.c. A.R.

-Iași 2011-

## SINTEZĂ

Principalele obiective urmărite sunt realizarea unei analize pe fricative pentru a constitui o bază de cunoștințe și instrumente utilizabile în diagnostic gnatofonic; îmbunătățirea cunoștințelor existente asupra caracteristicilor acustice și fonetice ale fricativelor în limba română și testarea în ce măsură modificarea limbii schimbă instrumentul de analiză a patologiei.

Prezenta sinteză include rezultatele originale obținute până în prezent în domeniul analizei semnalelor gnatofonice cu aplicații medicale.

Principalele contribuții pe care le-am adus împreună cu și sub îndrumarea coordonatorului de doctorat și publicate în reviste ISI, baze de date internaționale, conferințe naționale și internaționale sunt:

1. Contribuții la dezvoltarea unui microcorpus de sunete gnatofonice pentru limba română disponibil pe sit-ul „Sunetele limbii române” realizate împreună cu prof. dr. Horia-Nicolai Teodorescu . Aceste contribuții sunt prezentate în acest raport în lucrările incluse „Micro-acoustical analysis and classification of the fricative /v/” [2] – secțiunea 2 și „Classification of the pronunciations of the /v/ consonant in the context  $_{/v/V}$  in the Romanian language” [4] - secțiunea 2. Contribuțiile proprii constau în realizarea, filtrarea și adnotarea înregistrărilor, extragerea formanților și duratelor fonemelor și completarea fișelor cu informații socio-demografice despre vorbitori și a fișelor de dentiție.
2. Contribuții la dezvoltarea unui microcorpus de sunete gnatofonice în limba franceză, complementar microcorpusului de sunete gnatofonice în limba română, în cadrul unui stagiu de cercetare doctoral la IUT Angouleme, Universite de Poitiers, Franța, împreună cu prof. dr. Claude Duvanaud. Aceste contribuții sunt prezentate în acest raport în lucrarea inclusă „Relationships between the Acoustical Features of the French /v/ and /f/ and the Dentistry Pathologies” [3] secțiunea 2. Contribuțiile proprii constau în realizarea, filtrarea și adnotarea înregistrărilor, extragerea formanților și duratelor fonemelor și completarea fișelor cu informații socio-demografice despre vorbitori și a fișelor de dentiție.
3. Contribuții la identificarea, clasificarea și caracterizarea statistică acustică a tipurilor de consoane fricative /v/ existente în limbile română și franceză, realizate

- împreună cu prof. dr. Claude Duvanaud și prof. dr. Horia-Nicolai Teodorescu. Aceste contribuții sunt prezentate în acest raport în lucrările incluse „A parallel study on the /v/ pronunciations in Romanian and French” [1] - secțiunile 3-5 și ”Micro-acoustical analysis and classification of the fricative /v/” [2] - secțiunile 3-5. Contribuțiile proprii constau în identificarea mai multor tipuri de pronunții ale consoanei /v/, crearea fișierelor de intrare pentru toți vorbitorii, aplicarea metodelor de clasificare în Matlab, calculul parametrilor statistici pentru caracterizarea claselor de /v/ rezultate și realizarea unui program în Matlab pentru calculul automat al trăsăturilor utilizate la clasificare pentru toți vorbitorii și separarea pe clase de bază în funcție de frecvența fundamentală.
4. Contribuții la compararea tipurilor de /v/ din limba română și franceză. Determinarea distanței dintre cele două limbi și testarea în ce măsură sexul vorbitorului, limba, contextul și durata pronunției influențează tipurile de /v/ din cele două limbi analizate. Aceste contribuții au fost realizate împreună cu prof. dr. Horia-Nicolai Teodorescu și prof. dr. Claude Duvanaud și prezentate în lucrarea inclusă în acest raport „A parallel study on the /v/ pronunciations in Romanian and French” [1], secțiunile 3 și 4. Contribuțiile proprii constau în calculul distanței dintre cele două limbi, a probabilităților de ocurență a tipurilor de /v/ în funcție de context și timp și compararea rezultatelor obținute pentru cele două limbi.
  5. Contribuții la studiul relației dintre tipurile de /v/ și /f/ identificate pentru limba franceză și patologii de dentiție. Aceste contribuții au fost realizate împreună cu prof. dr. Horia-Nicolai Teodorescu și prof. dr. Claude Duvanaud și sunt prezentate în lucrarea inclusă „Relationships between the Acoustical Features of the French /v/ and /f/ and the Dentistry Pathologies” [3], secțiunile 5 și 6. Contribuțiile proprii constau în aplicarea metodelor de clasificare utilizate pentru limba română pentru tipurile de /v/ din limba franceză, calculul probabilităților de ocurență a tipurilor de /v/ și /f/ pentru cazuri normale și patologice și a distanțelor dintre combinații de perechi de pronunții /v/ și /f/ normale și patologice.
  6. Contribuții la testarea unui protocol de clasificare a pronunțiilor normale și patologice ale fricativelor limbii franceze. Aceste contribuții au fost realizate împreună cu prof. dr. Horia-Nicolai Teodorescu și sunt prezentate în lucrarea

inclusă “Protocol pentru determinarea pronunției deficitare a fricativelor limbii franceze – Aplicații în stomatologie” [5], secțiunile 3 și 4. Contribuțiile proprii constau în testarea protocolului de clasificare propus de prof. H. N. Teodorescu, calculul vectorilor de referință și cei de test utilizați pentru clasificare și a matricii de confuzie a clasificatorului.

Pentru realizarea obiectivelor propuse am dezvoltat două microcorpusuri de sunete gnatofonice în limba română și franceză după o metodologie propusă de coordonator, prof. dr. H. N. Teodorescu, care conțin câte un set de subiecți cu dentiție normală pe care îl folosim drept referință și un set de subiecți cu diverse patologii de dentiție. Sunetele gnatofonice sunt perechi de fricative sonore / nesonore de tip labio-dental, alveolar și post-alveolar (/v/ / /f/, /z/ / /s/, /j/ / /sh/) înregistrate în același context (CV și VCV) în scopul identificării pronunțiilor incorecte care apar prin trecerea de la sonor la nesonor și invers și prin modificarea valorilor formantice. Aceste sunete sunt selectate întrucât conform literaturii de specialitate prezintă cel mai adesea modificări de articulare în cazul patologiilor aparatului stomatognat de tip edentație, malocluzie, protezare și diasteme, în special ale incisivilor. Rezultatele sunt prezentate în lucrările incluse în acest raport „Micro-acoustical analysis and classification of the fricative /v/” [2] – secțiunea 2, „Classification of the pronunciations of the /v/ consonant in the context \_/v/V in the Romanian language” [4] - secțiunea 2 și „Relationships between the Acoustical Features of the French /v/ and /f/ and the Dentistry Pathologies” [3] - secțiunea 2.

Cele două microcorpusuri conțin înregistrări filtrate și adnotate și sunt documentate din punct de vedere socio-demografic și al patologiilor care pot cauza defecte de vorbire. Prin analiza acustică la nivel de frecvență fundamentală (F0) a consoanei fricative /v/ din limba română am identificat trei tipuri de pronunții: sonoră, nesonoră și parțial sonoră, care în funcție de formanții F1-F4 se împart în câte două clase exceptând tipul nesonor pentru care numărul total de pronunții este redus. Am testat și clasificarea utilizând ca trăsături quartilele unu și trei ale formantului F1, care s-au dovedit utile pentru separarea claselor. Am obținut un procentaj ridicat (peste 63%) în ceea ce privește clasificarea elementelor ca făcând parte din aceeași clasă cu cele două tipuri de trăsături. Am validat clasificarea tipurilor de /v/ din limba română prin utilizarea a cinci metode de clasificare pe care ulterior le-am agregat într-o singură metodă de clasificare hibridă propusă de prof. dr. C. Duvanaud. Am testat separat clasificarea tipurilor de /v/ pentru vorbitorii de

gen feminin și masculin și am analizat dependența claselor de /v/ de context, durata pronunției și limbă. Rezultatele sunt prezentate în lucrarea „A parallel study on the /v/ pronunciations in Romanian and French” [1], secțiunea 4 și 5.

Pentru testarea dependenței claselor de /v/ de limbă am ales limba franceză, care asemeni limbii române este o limbă romanică. Folosind aceeași metodologie de clasificare, am obținut același număr de clase și centroizi de valori apropiate pentru cele două limbi analizate. Am calculat distanța intra- și inter-limbă pentru a verifica ipoteza propusă de coordonator conform căreia dacă distanța dintre cele două limbi este mică atunci distanța dintre două clase ale aceleiași limbi va fi mare. Prin compararea distanțelor obținute, această ipoteză a fost validată. Am analizat de asemenea și rapoartele formantice F1/F2, F3/F4 care s-au dovedit a fi utile în caracterizarea tipurilor de /v/. Rezultatele sunt prezentate în lucrarea „A parallel study on the /v/ pronunciations in Romanian and French” [1], secțiunea 4.

Rezultatele obținute arată că limba română și limba franceză deși sunt două limbi distincte din punct de vedere geografic prezintă același număr de tipuri de /v/ și anume câte două pentru pronunții sonore și parțial sonore și câte una pentru pronunțiile nesonore. Mai mult decât atât, centroizii și valorile limită ale claselor obținute sunt similare, iar distanța dintre cele două limbi calculată ca distanța euclidiană în spațiu logaritmă între centroizii tipurilor de /v/ este redusă (sub 1) pentru majoritatea cazurilor, ceea ce indică o similaritate ridicată. Analiza probabilităților de ocurență ale tipurilor de /v/ arată că pronunțiile sonore prezintă cel mai mare număr de ocurențe pentru ambele limbi, iar clasele de /v/ pot fi influențate de context, durata pronunției și sexul vorbitorului. Rezultatele sunt prezentate în lucrarea „A parallel study on the /v/ pronunciations in Romanian and French” [1], secțiunea 4.

Pentru a verifica aplicabilitatea în stomatologie a rezultatelor obținute în urma clasificării tipurilor de /v/ existente în cele două limbi am testat un protocol de clasificare a vocilor în voci patologice și voci normale propus de coordonator, prof. dr. H. N. Teodorescu.

În acest scop am utilizat microcorpusul de sunete gnatofonice pentru limba franceză. Clasificarea vorbitorilor în patologici și normali a constat în rezolvarea a cinci sarcini: (a) împărțirea microcorpusului în vorbitori cu dentiție normală și cu patologii în funcție de diagnosticul cunoscut; (b) stabilirea unui set de antrenare (70% din eșantioanele de voce)

și a unui set de testare (30% din eșantioanele de voce); (c) stabilirea unui vector de trăsături care este alcătuit din probabilitățile de ocurență ale claselor de /v/; (d) clasificarea vorbitorului prin compararea vectorului de trăsături aferent cu vectorul de referință utilizând ca măsură de similaritate distanța euclidiană dintre probabilitățile de ocurență ale tuturor claselor de /v/; (e) formularea deciziei de clasificare prin reguli logice rezultând două tipuri de diagnostic: normal și patologic. Rezultatele sunt prezentate în lucrarea inclusă în acest raport “Protocol pentru determinarea pronunției deficitare a fricativelor limbii franceze – Aplicații în stomatologie” [5], secțiunile 3 și 4.

Am obținut o acuratețe finală a sistemului de clasificare de 80%, respectiv 70% pentru vorbitorii de gen feminin, respectiv de gen masculin. Aceste rezultate sunt preliminare și sunt prezentate pentru a exemplifica modul de aplicare a protocolului propus, urmând ca într-o lucrare viitoare să testăm acest protocol de clasificare și pe microcorpusul de sunete gnatofonice în limba română.

Lista lucrărilor publicate care reflectă aceste cercetări urmează mai jos și face parte integrantă din această sinteză.

## Publicații – atașate ca documente separate

### Reviste ISI

- [1]. “A parallel study on the /v/ pronunciations in Romanian and French”, în pregătire pentru trimitere la Journal of Phonetics
- [2]. **A. Untu (Hulea)**, H. N. Teodorescu, “Micro-acoustical analysis and classification of the fricative /v/”, Proceedings of The Romanian Academy, Series A, Rom. Academy, vol. 12, issue 3, pp. 257-265, 2011 (**ISI Web of Knowledge**)

### Conferințe IEEE

- [3]. **A. Untu (Hulea)**, C. Duvanaud, H. N. Teodorescu, “Relationships between the Acoustical Features of the French /v/ and /f/ and the Dentistry Pathologies”, Proc. of the IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering, pp. 33-36, 24-26 nov., 2011, Iasi, Romania.
- [4]. **A. Untu**, H. N. Teodorescu, “Classification of the pronunciations of the /v/ consonant in the context  $\_ /v/V$  in the Romanian language”, Proc. IEEE Conf. SPED 2011, Brasov, Romania, pp. 59-66 (**IEEE Xplore, Scopus**).

### Conferințe internaționale

- [5]. **A. Untu (Hulea)**, H. N. Teodorescu, “Protocol pentru determinarea pronunției deficitare a fricativelor limbii franceze – Aplicații în stomatologie”, Congresul Internațional Anual al Institutului de Cercetări “Ioan Haulică”, Simpozionul Interdisciplinar Vocea Umană, 4-6 noiembrie, Iași, 2011