

# MICRO-CORPUS DE SUNETE GNATOSONICE ȘI GNATOFONICE

HORIA-NICOLAI TEODORESCU<sup>1,2</sup>, MONICA FERARU<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Technical University of Iasi, Iasi, Romania*

<sup>2</sup> *Institute for Computer Science, Romanian Academy, Iasi Branch– România*

*{hteodor, mferaru}@etc.tuiasi.ro*

## Abstract

We present a small database for gnathosonic and gnatophonic sounds, with commentaries and a discussion of applications.

### 1. *Introducere*

Preocupările pentru realizarea de arhive clasice de voce vorbită, sub formă de înregistrări pe disc sau bandă magnetică, s-au materializat în ultimul secol prin numeroase arhive, în special dialectale, depozitate în instituții de cercetare lingvistică națională, în universități, sau în depozite ale unor foruri naționale, precum Academia Română – vezi de ex. (Academia Romana, Institutul de Lingvistică "Iorgu Iordan - Al. Rosetti" din București). În ultimele decenii, grupuri de cercetare au realizat mici arhive de voce vorbită, în format electronic, cu scopuri particulare, precum realizarea de sintetizoare de voce, analiză de voce, voci patologice etc. Asemenea arhive, raportate sporadic și mai mult local, au avut un impact, credem, minor asupra cercetării în domeniu, iar ele nu au fost, în general, accesibile altor grupuri de cercetare decât celui care a elaborat arhiva. Situația la nivel național este în mare măsură similară celei la nivel internațional, cu diferența notabilă că unele firme mari, interesate de comunicațiile vocale, precum firma Bell, au dezvoltat arhive ample de voce vorbită, dar proprietate a firmei și puțin accesibile cercetătorilor externi firmei.

La nivel internațional, preocuparea pentru arhive electronice ample de voce vorbită, constituite în adevărate corpusuri de limbă vorbită, au fost destul de intense după 1990 și s-au materializat în corpusuri verbale analizate și adnotate, uneori însoțite de de instrumente specifice de adnotare. Exemple sunt numeroase și pot fi, multe dintre acestea, găsite pe Internet.

### 2. *Structura arhivei de sunete gantosonice și gnatofonice*

#### 2.1. *Voci normale și voci afectate de patologii ale aparatului stomatognat*

Atunci când se creează un corpus de voci specifice unei limbi se uită adesea că o limbă reprezintă o populație și nu un obiect (proces) abstract independent. Pentru ca limba să fie reprezentată statistic relevant, în corpus trebuie să fie incluse voci care reprezintă statistic întreaga populație dintr-o țară, sau dintr-o regiune. Din nefericire, acest criteriu elementar de statistică este rar luat în seamă, astfel încât multe

corpusuri includ doar înregistrări de “voci alese”, adesea voci de actori, produse în condiții cu totul artificiale. (Există excepții notabile, precum unele corpusuri de cuvinte pronunțate telefonic, selectate aleator dintr-un mare număr de convorbiri.)

Pe baza criteriului statistic de reprezentativitate pentru o bază de date vocale reprezentând o limbă, un procent dintre voci este de persoane de vârste avansate, sau de persoane cu probleme la nivelul aparatului stomatognat. Unele dintre aceste probleme pot afecta semnificativ vorbirea, precum lipsa unor dinți, care afectează unele foneme dentale, probleme ale articulației temporo-mandibulare, care afectează dinamica mandibulei în timpul vorbirii etc.

Nu cunoaștem nici la nivelul României, nici pentru alte țări, o statistică privind incidența patologiilor aparatului stomatognat care afectează vorbirea. Unele statistici privind starea aparatului stomatognat, pentru diverse țări, sunt însă relevante indirect privind incidența unor influențe ale patologiilor stomatognatice asupra vorbirii. Astfel, (AIHW Statistics and Research Unit, 2001) prezintă informații suficient de complete și utile pentru noi privind tratamentul stomatologic al populației din Australia. Pentru Australia, între 7,5% și 27% din populație (pentru grupele de populație “favorizată” și “defavorizată”) suferă cel puțin o extracție dentară pe an, cu o medie de 13.7%. Ținând cont că o bună parte din populația “defavorizată” nu își permite imediat – și nici măcar în cursul aceluiași an – un tratament recuperator și/sau o protezare corespunzătoare, putem *estima* că între cca. 5% și 20% din populație va prezenta probleme de alterare temporară sau definitivă a vocii sau modului de vorbire datorită disfuncționalității sistemului stomatognat. Un asemenea procent este, desigur, semnificativ și nu poate fi neglijat, nici măcar la nivelul unei baze de date (corpus) de voci vorbite “naturale” (adică, statistic reprezentative populațional). Este opinia primului autor că nu pot fi excluse dintr-o limbă vorbită procese de vorbire pe motiv că nu sunt „standard”; la fel, nu pot fi excluse dintr-o bază de date reprezentativă pentru o limbă vorbită voci pe motiv că aparțin unor persoane a căror stare de sănătate nu este perfectă: asemenea persoane fac parte, totuși, din populația respectivă.

O situație similară este prezentată în (London Health and Public Services Committee, 2007). Din acest raport, rezultă că în Londra, între 27% și până la 45% din populație, funcție de grupul social, fie din motive de cost, fie datorită dificultății de a găsi un dentist cu acoperire prin asigurare medicală, fie din alte motive, întârzie efectuarea tratamentului stomatologic – și ca urmare acest procentaj poate fi temporar afectat de disfuncționalități în vorbire.

Pe baza considerațiilor de mai sus, este perfect justificată statistic introducerea într-un corpus de limbă vorbită a unor înregistrări cu voci ale unor persoane ce prezintă probleme de disfuncționalitate – inclusiv accentuată – la nivelul aparatului stomatognat. O asemenea secțiune a corpusului este, fără îndoială, utilă și medical.

## **2.2. Problematika gnatofoniei și gnatosoniei**

Gnatosonia a fost introdusă în anii 1970 de către Watt (Watt, 1967), (Watt și Wakabayashi, 1978), (Watt și McPhee, 1985) [ultimele două ne-au fost disponibile doar sub formă de rezumat], ca metodă de analiză a disfuncționalității ocluziei

dentare și a fost parțial acceptată ca metodă de diagnostic preclinic în medicina dentară. Fără ca sunetele ocluzale să afecteze direct vocea (aceste sunete sunt produse prin mișcări de tip masticator), ele pun în evidență disfuncții care pot afecta și pronunția – de exemplu, disfuncții articulare, la nivelul articulațiilor temporo-mandibulare. De aici, interesul nostru pentru includerea și a unui mic corpus de date gnatosonice pe lângă un corpus exemplificator de date gnatofonice, pe situl Internet *Sunetele limbii române*.

Gnatofonia este o metodă de analiză a deficiențelor de pronunție introdusă de primul autor, parțial la sugestia Prof. Leonid Teodorescu.

### 2.3. Metodologie

Cuvintele utilizate pentru înregistrările gnatofonice sunt alese astfel încât să se poată analiza comparativ modificările de siflante și de consoane semi-vocalice. De exemplu, compararea pronunției siflantei *f* cu a consoanei (semi-vocalei) *v*, ca și analiza fiecăreia dintre acestea, permit determinarea unor imperfecțiuni ale dentiției, sau, după caz, danturii (protezei dentare).

Metodologia de culegere a semnalelor gnatofonice este identică cu cea de culegere de semnal vocal. S-au utilizat protocoalele prezentate pe situl indicat. Culegerea de semnale gnatosonice s-a realizat cu același sistem, cu precizarea că microfonul a fost menținut direct în fața gurii, în planul sagital, iar subiecților li s-a indicat să mențină buzele întredeschise. S-au utilizat protocoalele prezentate la adresa: [http://www.etc.tuiasi.ro/sibm/romanian\\_spoken\\_language/ro/protocol\\_nou.htm](http://www.etc.tuiasi.ro/sibm/romanian_spoken_language/ro/protocol_nou.htm).

Cuvintele utilizate pentru înregistrările gnatofonice sunt: *vată / fată ; var / far ; vuiet (pronunțat vvvvvuiet) / vuiet (pronunțat normal, scurt, vuiet) / fui / vaiet (pronunțat vvvvvaiet) / vaiet (pronunțat vaiet) / faieton / vecin / fecior / vânt (pronunțat vvvvvânt) / vânt (pronunțat vânt) / fân / vvvvvvine, vvvine, vvvine / vine / fine / vehement / ferment / vierme / fierbe / vâjâit / vvvvvvâjjjjjâit / vvvvâjjjjjâie / fffâșșșșâie / fffâșșșșâit / fâșâit / sâsâit / sssssâssssâie / gâjâit / zâzâie / bââzzzzâââie / bâzâie.*

Gruparea indicată de cuvinte corespunde grupurilor cu diferențe de pronunție la nivelul unor consoane afectate semnificativ de patologia aparatului gnatic (*f, v, s, ș, ...*), după experiența primul autor. În figurile 1 și 2 sunt prezentate exemple de înregistrări (brute, neprelucrate) cu sunete gnatofonice și cu sunete gnatosonice.

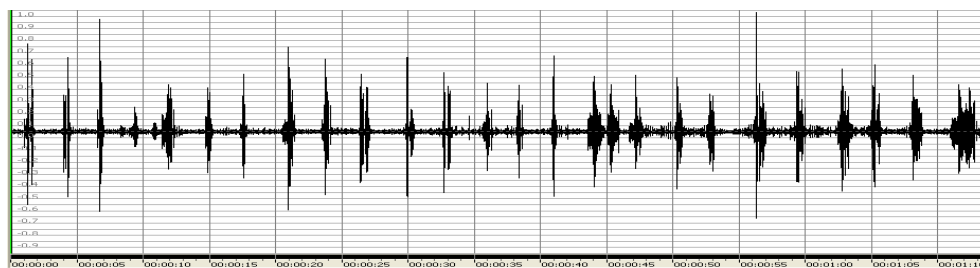
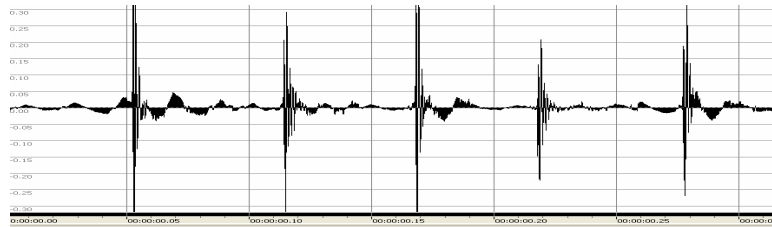


Figura 1. Exemplu de înregistrare gnatofonică

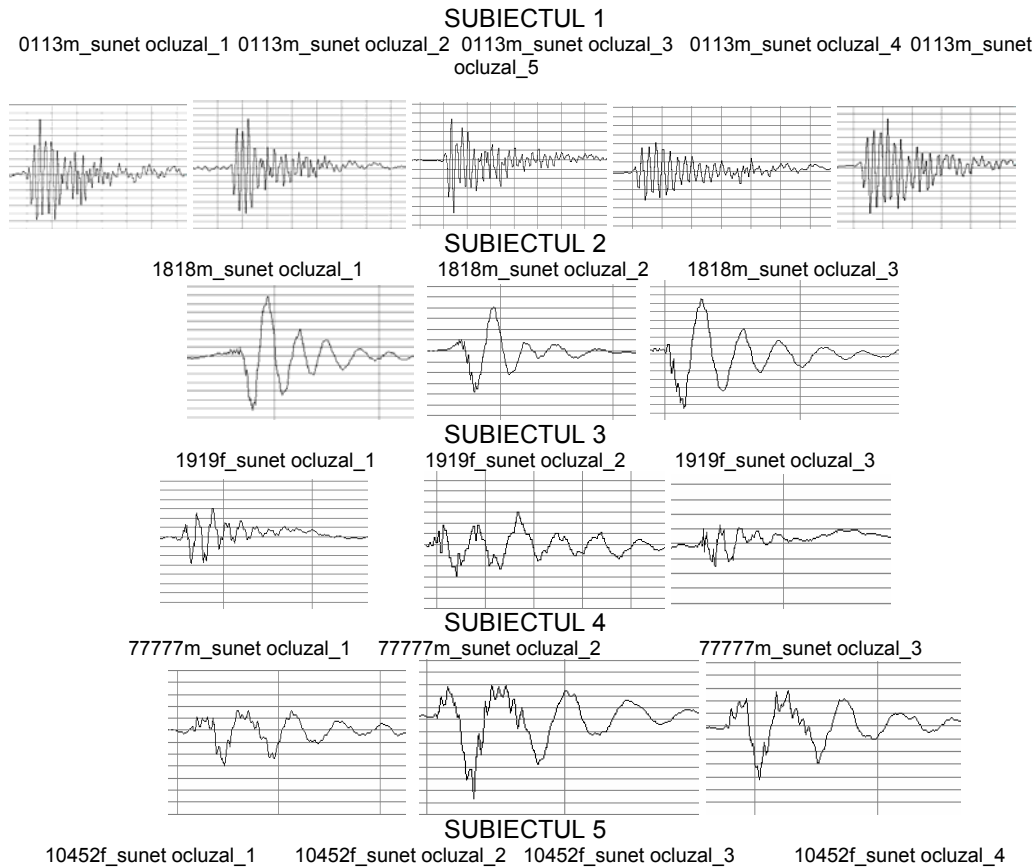


**Figura 2.** Exemplu de înregistrare gnatosonică cu detalii (Efect de saturație la prima și la a treia înregistrare)

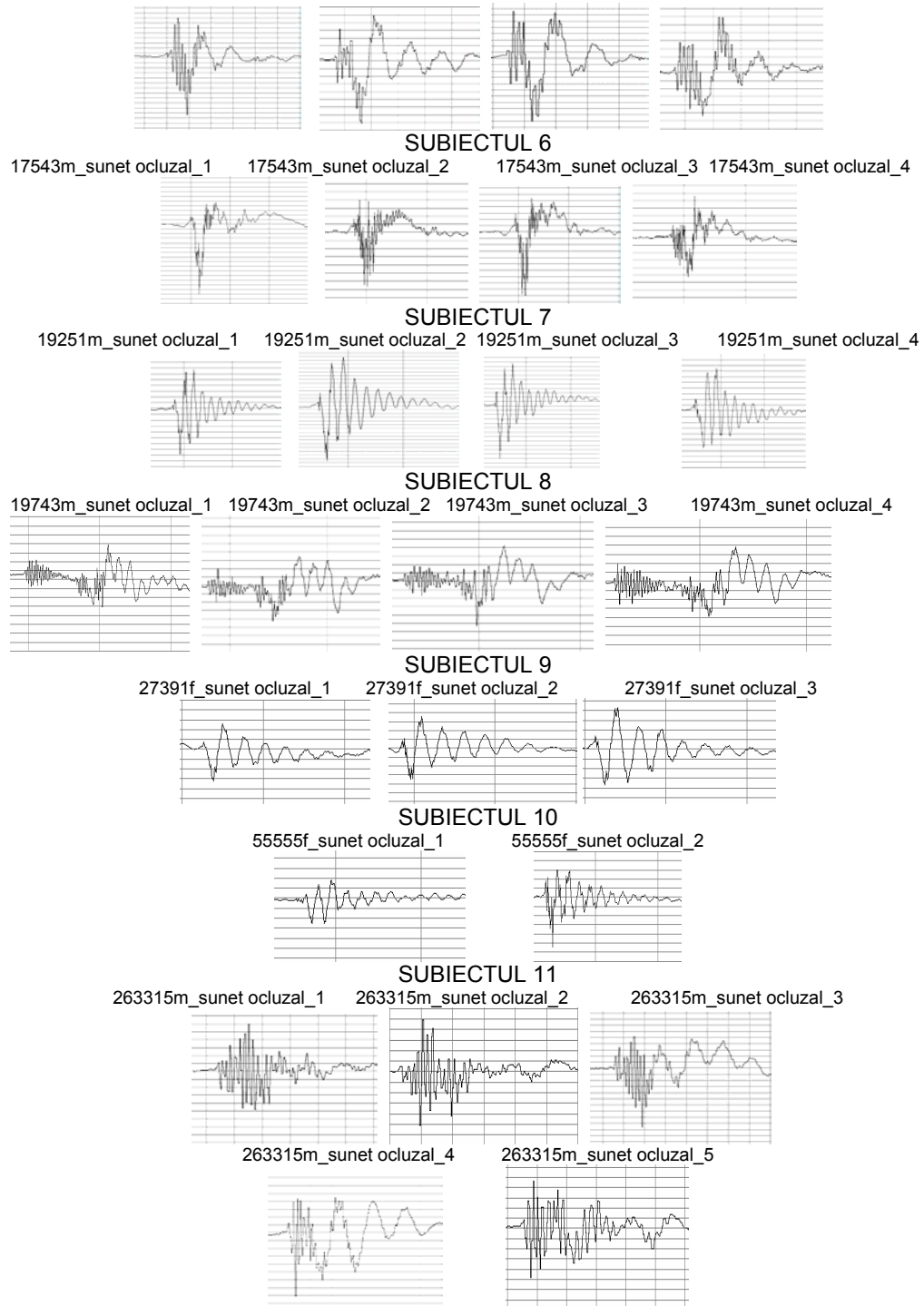
Elemente privitoare la tehnica de înregistrare folosită pot fi găsite în (Teodorescu *et al.*, 2005-2007), (Teodorescu 2007 a), (Teodorescu, Feraru, 2007).

#### 2.4. Exemple de înregistrări gnatosonice

În acest paragraf, cu titlu de exemplificare, sunt prezentate (în imaginile din figura 3) unele fragmente semnificative de înregistrări de sunete gnatosonice aflate în arhiva menționată, la adresa: [http://www.etc.tuiasi.ro/sibm/romanian\\_spoken\\_language/ro/sunete\\_gnatosonice.htm](http://www.etc.tuiasi.ro/sibm/romanian_spoken_language/ro/sunete_gnatosonice.htm).



MICRO-CORPUS DE SUNETE GNATOFONICE SI GNATOSONICE



**Figura 3:** Exemple de semnale gnatosonice din arhivă (semnale brute, înainte de eliminarea perturbației de 50 Hz – brum de rețea)

O analiză sumară la imaginile care corespund subiectului nr. 1 relevă că toate cele 5 înregistrări corespund unui același tip de ocluzie, cu o ocluzie inițială principală, relativ fermă, cu tendința de a apare un al doilea contact ocluzal și o alunecare.

La subiectul nr. 2, se constată un singur contact ocluzal, scurt (axa timpului mult expandată). Același lucru se poate afirma și despre subiecții nr. 3 și 4. La subiectul 5, durata contactului este mai mare, ceea ce arată o alunecare la ocluzie (ocluzie imperfectă).

La subiectul 8, apare evident un dublu sunet ocluzal, cele două sunete fiind net separate în timp; aceasta denotă două puncte de contact, deci ocluzie deficitară, care poate duce în timp la deficiențe de mișcare mandibulară (supunere la tensiuni asimetrice în articulația temporomandibulară, erodare a dinților etc.)

La ultimul subiect se observă o ocluzie prelungită, uneori cu apariția unui al doilea sunet ocluzal. Analiza și interpretarea medicală de detaliu nu fac obiectul acestei lucrări și vor fi expuse în altă parte.



Figura 4: Imaginea ecranului la intrarea în arhivă

Toate înregistrările se afla pe situl indicat, în secțiunea „Arhiva pentru aplicații de gnatosonie și gnatofonie”, pe pagina ilustrată în figura 4. Situl pe care se află arhiva a fost descris în (Teodorescu *et al.*, 2005-2007), (Teodorescu *et al.*, 2007), (Teodorescu, Feraru, 2007).

### **3. Rezultate preliminare**

#### **3.1. Reproductibilitate, consistență, relevanță**

Reproductibilitatea, consistența și relevanța unui test sunt esențiale în fundamentarea oricărei metode de studiu. Deoarece domeniul gnatosoniei este relativ nou și insuficient investigat, iar cel al gnatofoniei este nou, este necesar să determinăm gradul de reproductibilitate, de consistență și de relevanță a analizelor propuse în domeniile respective. Reamintim următoarele definiții relativ larg acceptate. Un test este repetabil dacă prin repetarea lui în condiții identice se obțin rezultate (cel puțin statistic) identice. Similar, un test este reproductibil dacă, folosind o procedură standard și echipamente uzuale, rezultatele obținute în două locații, de către două echipe diferite (laboratoare diferite), la momente de timp oarecare, se obțin rezultate (statistic) identice. Precizăm că repetabilitatea poate fi bună pentru un test dat, dar reproductibilitatea redusă. Standardizarea are rolul principal de a crește reproductibilitatea. În prezent, putem vorbi de o bună repetabilitate a unora dintre rezultatele noastre, dar încă nu putem discuta bine reproductibilitatea decât pentru gnatosonie. Relevanța este proprietatea unui test de a da informație, de a valida, sau de a prezice un fapt de interes. Relevanța este deci determinată în raport cu un obiectiv, un fapt de interes. În cele ce urmează, relevanța va fi determinată prin capacitatea analizelor gnatofonice de a prezice o anumită patologie. Precizăm că dacă, la rândul ei, patologia este relevantă în prezicerea unei anume clase de modificări (alterări) fonatorii, testul va permite clasificarea vorbirii unei persoane într-o anumită clasă de modalități de vorbire, deci selecția modelului de limbă vorbită pentru vorbitorul respectiv.

În primul rând, înregistrările prezentate mai sus arată că sunetele produse de un același subiect sunt suficient de asemănătoare între ele, deci pot fundamenta un mijloc de diagnoză și de identificare a diverselor patologii (satisfac criteriul de consistență). În al doilea rând, se constată că sunetele sunt specifice subiectului, dar în primul rând patologiei: există diferențe nete între sunetele produse cu deficiențe diferite; se satisface deci criteriul specificității. De asemenea, înregistrările indică și unul dintre factorii principali care afectează negativ înregistrările – perturbațiile de frecvența rețelei de alimentare, care produc artefacte vizibile. Aceste artefacte trebuie eliminate înainte de utilizarea semnalelor de către medic sau de sistemul de analiză automată.

Din experiența primului autor și conform literaturii, repetabilitatea și reproductibilitatea sunt suficient de bune în gnatosonie.

Repetabilitatea este relativ dificilă în gnatofonie, deoarece trebuie ținut cont de pronunție, de emoții (Teodorescu, Feraru, Tandabăț, 2006), (Teodorescu, Feraru, 2007), de alte posibile patologii care apar temporar etc. Pentru a asigura repetabilitatea testelor gnatofonice, aceste variabile trebuie determinate în cadrul fiecărui test, iar dacă nu sunt îndeplinite condițiile „normale” testul trebuie reluat. Cel puțin unul dintre teste s-a dovedit puțin vulnerabil la condițiile amintite mai sus (emoții etc.), anume analiza siflantelor. Generarea siflantelor este în mare măsură un proces fizic primar, ne-influențat de emoție, de starea de sănătate generală, sau de un

mod particular de pronunție (de melodia frazală). Ca urmare, analiza în frecvență a siflanelor credem că este un test robust. Deoarece primul autor a efectuat teste pe siflante în trei locații diferite cu rezultate practic similare, a putut trage concluzia că cel puțin echipamentul și locația nu joacă un rol în acest test, care se dovedește astfel reproductibil, robust. Deci, se poate concluziona că, în gnatofonie, siflantele sunt dintre cele mai “stabile” procese la variații circumstanțiale, fiind în același timp sensibile la unele forme de deficiențe ale dentiției.

Privitor la modul de analiză, primul autor consideră că parametrii temporari sunt cei esențiali în gnatosonie; cei frecvențiali sunt mai puțin, sau neesențiali. În schimb, parametrii frecvențiali sunt importanți în gnatofonie, iar cei temporari mai puțin importanți.

### **3.2. Metode de analiză automată**

În scopul utilizării metodelor gnatosonice și gnatofonice într-un sistem automat de (pre-)diagnoză, se parcurg următoarele etape: completarea fișei de pacient și introducerea datelor; culegerea în condiții standard a semnalelor; preprocesarea semnalelor (filtrare – eliminare de artefacte); extragerea de caracteristici; clasificare și recunoaștere (de forme / *pattern*-uri); clasificare și prediagnostic; procesări statistice de tip *data-mining*. Sistemul este conceput în întregime de primul autor și se află în faza de realizare.

Privitor la metodele de prelucrare automată, cu extragere de caracteristici semnificative pentru diagnostic, a se vedea de exemplu (Teodorescu, 2006), (Teodorescu, Burlui, Leca, 1986). Procesarea presupune în primul rând o filtrare preliminară, în special pentru eliminarea zgomotului de 50 Hz (brum de rețea) și a frecvențelor înalte (peste 3 kHz, care nu aparțin semnalelor gnatosonice, sau peste 10 kHz, nesemnificative în analiza gnatofonică, în stadiul actual). În cazul semnalelor gnatosonice, procesarea propriu-zisă implică detectarea numărului de „vârfuri principale”, deci de contacte ocluzale, a duratei globale a sunetului ocluzal, a palierelor dintre două contacte ocluzale – dacă acestea există etc. (Teodorescu, 2006 a, b, c), (Teodorescu, Burlui, Leca, 1986). În cazul gnatofoniei, se impune compararea spectrelor siflanelor cu spectre „normale”; o analiză mai fină presupune detectarea unor caracteristici ale proceselor neliniare de curgere a aerului la producerea siflanelor. De asemenea, pentru fonemul *v* este necesară determinarea caracterului acestuia – consonantic sau semi-vocalic – și a spectrului, pentru determinarea „alunecării” lui *v* către o siflantă, precum *f*.

### **4. Discuții și concluzii**

Analiza gnatosonică și cea gnatofonică sunt relevante atât în medicină, cât și în recunoașterea vorbirii și în sistemele de răspuns telefonic automat. Privind ultimele, detectarea unei anume patologii (clase de voci) poate permite selectarea unui anume model de limbă vorbită în recunoașterea vorbirii, sau poate permite dirijarea unui apel cu voce afectată de patologii către un operator uman, mai capabil să înțeleagă apelul.



În această lucrare am prezentat în primul rând motivația statistică a includerii în corpusurile de vorbire “naturală”, caracteristică unei largi populații, a unor înregistrări de voci produse în situația unor disfuncționalități ale aparatului stomatognat. De asemenea, am argumentat și prin utilitatea medicală astfel de mici corpusuri de înregistrări gnatofonice și gnatosonice. Apoi, am prezentat câteva exemple de înregistrări gnatosonice din cadrul sitului *Sunetele Limbii Române*, urmând ca în alte lucrări să prezentăm și înregistrări gnatofonice. Înregistrările au fost comentate sumar.

Ca obiectiv pentru viitorul imediat, ne propunem realizarea unei arhive *publice* de câte cinci înregistrări pentru până la 10 patologii tipice, un număr mai mare de înregistrări urmând să fie disponibile la cerere. Precizăm că, în prezent, numărul de înregistrări de care dispunem este mult mai mare decât cel accesibil liber pe situl menționat: majoritatea înregistrărilor sunt protejate din motive etice și de păstrare a confidențialității datelor personale ale pacienților.

O problemă care rămâne de studiat este modul cum funcționarea deficitară a articulației temporomandibulare influențează vorbirea. Efecte posibile ale deficiențelor funcționale articulatorii sunt deschidere mai mică și mai lentă a gurei. Incidența disfuncțiilor articulației temporomandibulare este, din câte știm, slab cunoscută la noi în țară, iar studii nu s-au făcut pe tema rolului acestei articulații în modificările de vorbire, cel puțin nu pentru limba română.

**Mulțumiri.** Autorii mulțumesc celorlalți co-autori ai sitului *Sunetele Limbii Române* pentru cadrul favorabil creat pentru includerea pe acest sit a arhivelor menționate în lucrare. Parțial, cercetarea la tema prezentată în lucrare a fost sprijinită de un contract CEEEX, Ministerul Educației și Cercetării (Program VIASAN - Proiect: Sistem automat de diagnostic paraclinic în sindromul disfuncțional al sistemului stomatognat).

### Referințe bibliografice

- (Academia Romana, Institutul de Lingvistica "Iorgu Iordan - Al. Rosetti" din Bucuresti) Arhiva fonogramica a limbii romane, Corpus de romana vorbita (CORV) , <http://www.dianaghido.com/corv/controller.php?page=alfr.php>)
- (AIHW Statistics and Research Unit, 2001), Oral health and Access to Dental Care – the gap between the ‘deprived’ and the ‘privileged’ in Australia. Research report, March 2001. AIHW catalogue No. DEN 67, ISSN 1323-8744 [www.arcpoh.adelaide.edu.au/publications/report/research/pdf\\_files/rr15\\_deprived.pdf](http://www.arcpoh.adelaide.edu.au/publications/report/research/pdf_files/rr15_deprived.pdf)
- (London Health and Public Services Committee, 2007) Health and public services committee, teething problems. A review of NHS dental care in London, November 2007, [www.london.gov.uk/assembly/reports/health/dentistry.pdf](http://www.london.gov.uk/assembly/reports/health/dentistry.pdf)
- (Distributed Access Management for Language Resources), <http://www.dam-lr.eu/>. (Accesată 20 oct. 2007)

- (Teodorescu, Burlui, Leca, 1986) Teodorescu HN, Burlui V, Leca PD. Gnathosonic analyser. *Med Biol Eng Comput.* 1988 Jul; 26(4):428-31.
- (Teodorescu *et al.*, 2005-2007) Horia-Nicolai Teodorescu, Monica Feraru, Diana Trandabăț, Marius Zbancioc, Ramona Luca, Adrian Verbuță, Mihaela Hnatiuc, Raluca Ganea, Oana Voroneanu, Laura Pistol, Dumitru Șcheianu, situl Web Sunetele Limbii Române  
[http://www.etc.tuiasi.ro/sibm/romanian\\_spoken\\_language/index.htm](http://www.etc.tuiasi.ro/sibm/romanian_spoken_language/index.htm)
- (Teodorescu, 2006 a) H.N. Teodorescu, Occlusal Sound Analysis Revisited, Proc., 3rd International Conference on Advances in Medical, Signal and Information Processing (MEDSIP 2006), 17-20 July 2006, The Institution of Engineering and Technology, Glasgow, UK
- (Teodorescu, 2006 b) Teodorescu H.N., Gnatophonetics – A New Discipline Analyzing Relations between Speech and the Stomato-Gnathic System. Zilele Academice Iesene, Simp Inventica. Simpozionul național “Bazele performanței și inventică” organizat în cadrul “Zilelor Academice Ieșene” ISBN 973-730-244-3, 978-973-730-244-1, 9 September 2006.
- (Teodorescu, 2006 c) Teodorescu H.N., Gnatofonia și Gnatosonia, Ed. Performantica, 2007, Iași, Romania.
- (Teodorescu, Feraru, Tandabăț, 2006), Teodorescu H.N., Feraru M., Tandabăț D., Nonlinear Assessment of Professional Voice ‘Pleasantness’, Conference BIOSIGNAL 2006, ISBN 80-214-3152-0, Brno, 28-30 June 2006, 63-66.
- (Teodorescu, Feraru, 2007) H.-N. Teodorescu, M. Feraru, A study on Speech with Manifest Emotions 10th International Conference on Text, Speech and Dialogue, TSD 2007, Pilsen, Czech Republic, September 3-7, 2007, Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, vol. 4629/2007, pp. 254-262, ISBN 978-3-540-74627-0
- (Teodorescu *et al.*, 2007) Teodorescu H.N., Tandabăț D., Feraru M., Zbancioc M., Luca R.(2006), A corpus of the sounds in the Romanian spoken language for language-related education. Chapter Six, pp. 73-90. În volumul Carlos Perriñán Pascual (Editor), “Revisiting Language Learning Resources”, Cambridge Scholars Publishing (CSP), UK, ISBN 1-84718-156-2; ISBN 13: 9781847181565, 2007
- (Watt 1967) Watt D.M., A gnathosonic study of tooth impact. *Dent. Pract. Dent. Rec.* 1967 May; 17(9):317-24
- (Watt și Wakabayashi, 1978) Watt D.M., Wakabayashi Y., Study of a classification of occlusion. *J Oral Rehabil.* 1978 Apr; 5(2):101-10
- (Watt și McPhee, 1985) Watt D.M., McPhee PM. Gnathosonic monitoring of occlusion of complete and partial dentures. *J. Oral Rehabil.* 1985 Mar; 12(2):107-12