

Valentin Eugen GHIȘA

FORȚA CUVÂNTULUI

CERCETĂRI PRIVIND MODALITĂȚI DE
ECHILIBRARE ȘI OPTIMIZARE A
TRANSFERULUI INFORMAȚIONAL



Libris
EDITORIAL
BRAȘOV, 2019

CUPRINS

UNDE COMUNICARE NU E, NIMIC NU E!.....	5
CONSTANTIN FROSIN	
VALENTIN GHIȘA NE ÎNDEAMNĂ SĂ PĂȘIM PE TĂRÂMURILE FASCINANTE ALE CUNOAȘTERII.....	7
EMANUELE GUGLIELMO BAGNASCO	
VALENTIN, UN MENTOR, UN DESCHIZĂTOR DE DRUMURI	10
COSTEL MIHAI	
ATUNCI CÂND DOMENIILE NU MAI CUNOSC LIMITE ȘI TOTUL DEVINE O SĂRBĂTOARE A CUVÂNTULUI.....	12
ELENA VIERU	
MODALITĂȚI MATEMATICE DE OBTINERE A CONDIȚIILOR DE OPTIMALITATE ÎN COMUNICARE	16
ADRIAN LESENCIUC	
NOI METODE DE MODELARE ȘI ANALIZĂ INFORMAȚIONALĂ A STRUCTURILOR DE COMUNICARE.....	21
THEODOR BORANGIU	
O TEMĂ CE OFERĂ SOLUȚII ROBUSTE LEGATE DE RECUNOAȘTEREA VOCALĂ.....	23
DECEBAL POPESCU	
RIGUROZITATEA MATEMATICIANULUI ȘI CURIOSITATEA FIZICIANULUI, SUPTOR ÎN ÎNTREAGA ACTIVITATE DE CERCETARE	26
DELIA UNGUREANU	

SEMNIȚAȚIA CUVÂNTULUI.....	29
<u>SORIN-AUREL MORARU</u>	
PROFIL EXISTENȚIAL,MAGNA CUM LAUDE.....	32
<u>ION STANCIU</u>	
ÎN LOC DE.....	34
<u>CĂLIN COBELSCHI</u>	
LA PLECAREA UNUI SKYWALKER.....	36
<u>CĂTĂLIN GOMBOȘ</u>	
VALENTIN GHIȘA – UN MAESTRU.....	40
<u>MARIUS CĂLIN BELC</u>	
VALENTIN EUGEN GHIȘA, UN PROFESOR, UN CERCETĂTOR, UN PRIETEN.....	42
<u>CRISTIAN VIERU</u>	
CUVINTE PENTRU VALI, DAR MAI ALES PENTRU NOI.....	45
<u>GHEORGHE GABRIEL ANTOHE</u>	
DRAGUL MEU VALI.....	48
<u>LORELEY DANA JIANU</u>	
VIRTUTEA UNUI INTELECTUAL.....	51
<u>EUGEN DIȚĂ</u>	
SCLIPIRI DE GENIU.....	53
<u>AMALIA NEGUȚ - COSMIN NEGUȚ</u>	
RARA AVIS.....	54
<u>CAROL KOCSIS</u>	
SPIRITUL LUI VALENTIN GHIȘA RĂMÂNE RĂSPÂNDIT ÎN OAMENI, CUVINTE, IDEI ȘI ÎN LUCRĂRILE SCRISE.....	58
<u>GABRIEL STAN</u>	
„FERICIȚII CEI PRIGONIȚI PENTRU DREPTATE, CĂCI A ACELORA ESTE ÎMPĂRĂȚIA CERURILOR” (MATEI 5.10).....	60
<u>ADRIAN ARCAȘ</u>	

INTRODUCERE	63
ACTUALITATEA ȘI NECESITATEA TEMEI DE CERCETARE.....	63
SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRII DOCTORALE	68
STRUCTURA TEZEI PE CAPITOLE	71

CAPITOLUL 1

STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL ANALIZEI VORBIRII	75
1.1 ANALIZA VORBIRII (SPEECH ANALYSIS)	75
1.2 SEGMENTAREA FONETICĂ A VORBIRII (PHONETIC SEGMENTATION OF SPEECH – PSS)	79
1.3 RECUNOAȘTEREA TIPARELOR VOCALE – RECUNOAȘTEREA ACCENTULUI/DIALECTULUI (ACCENT/DIALECT SPEAKER RECOGNITION – ASDR).....	87
1.4 TEHNICI UTILIZATE ÎN EVALUAREA ROSTIRII GENERATIVE ȘI DISCRIMINATIVE INDEPENDENTE DE TEXT	90
1.5 ALGORITMI ȘI METODE ACTUALE DE SINTEZĂ VOCALĂ.....	94
1.6 METODE ACTUALE DE ANALIZĂ ȘI SINTEZĂ PROZODICĂ	99
1.7 METODE ȘI TEHNICI NOI DE SENTIMENT ANALYSIS/OPINION MINING	105
1.8 CONCLUZII	110

CAPITOLUL 2

TEHNICI DE ANALIZĂ ÎN SPEECH RECOGNITION	113
2.1 SPEECH RECOGNITION ȘI MODELAREA LIMBAJULUI NATURAL.....	113
2.2 REALIZĂRI RECENTE ÎN DOMENIUL SISTEMELOR DE CONVERSIE VOCE-TEXT	115
2.3 PARTICULARITĂȚI ALE UNUI SISTEM AUTOMAT DE SPEECH ANALYSIS.....	118
2.4 LIMITE STRUCTURALE ALE IMPLEMENTĂRII SISTEMELOR DE SPEECH RECOGNITION.....	120
2.5 UTILIZAREA RNA ÎN PROCESAREA LIMBAJULUI PRIN ALGORITMI DE ÎNVĂȚARE	122
2.6 CONCLUZII	125

CAPITOLUL 3

TRANSMISIA INFORMAȚIEI ÎN MEDIUL RADIOFONIC	129
3.1 PARTICULARITĂȚI ALE COMUNICĂRII DE TIP RADIOFONIC	129
3.2 CARACTERISTICI BIOACUSTICE ȘI FONOLOGICE ALE SEMNALULUI VOCAL	131
3.3 ELEMENTE DE TRANSMISIE ȘI PRELUCRARE RADIOFONICĂ A SEMNALULUI VOCAL.....	138
3.3.1 ASPECTE TEORETICE PRIVIND SISTEMELE ACUSTICE.....	138
3.3.2 SEMNALUL DE RADIOFRECVENȚĂ.....	140
3.3.3 TRANSMISIA RADIOFONICĂ.....	142
3.3.4 CARACTERISTICILE UTILE ȘI PERCEPȚIA SEMNALULUI VOCAL	145

CAPITOLUL 4

ANALIZA COMUNICĂRII VOCALE A INFORMAȚIEI PRIN METODE STATISTICE	151
4.1 ANALIZA STATISTICĂ.....	151
4.2 INDICATORI STATISTICI	154
4.3 METODE PRIVIND STUDIUL LEGĂTURILOR STATISTICE	155
4.3.1 ANALIZA DE VARIANȚĂ (ANOVA)	155
4.3.2 METODA REGRESIEI	156
4.3.3 METODA CORELAȚIEI	159
4.3.4 INDICATORI SINTETICI AI CORELAȚIEI.....	160
4.3.5 DESCRIEREA MĂSURĂTORILOR ȘI A ECHIPAMENTELOR UTILIZATE.....	161
4.4 NIVELURI ALE INTERCORELĂRII UNOR CARACTERISTICI VOCALE IMPLICATE ÎN COMUNICAREA DIRECTĂ.....	163
4.4.1 INTRODUCERE	163
4.4.2 DESCRIEREA MODULUI DE LUCRU ȘI A DATELOR PRELUCRATE	165
4.4.3 REZULTATELE ANALIZEI.....	167
4.4.4 CORELAȚIILE VARIABILELOR.....	169
4.4.5 ANALIZA REZULTATELOR	171
4.4.6 CONCLUZII	172
4.5 ANALIZA PREDICTIVĂ A UNOR CARACTERISTICI VOCALE PRIN METODA REGRESIEI LINIARE MULTIPLE.....	174

4.5.1	INTRODUCERE	174
4.5.2	MATRICEA DE CORELAȚIE.....	176
4.5.3	ANALIZA DE REGRESIE LINIARĂ MULTIPLĂ.....	177
4.5.4	CONCLUZII	184
4.6	ANALIZA PROCESULUI DE COMUNICARE PRIN STUDIUL CORELAȚIEI UNOR CARACTERISTICI VOCALE	185
4.6.1	INTRODUCERE	185
4.6.2	DESCRIEREA CARACTERISTICILOR VOCALE.....	187
4.6.3	METODA CORELAȚIEI PARAMETRICE	190
4.6.4	REZULTATELE ANALIZEI.....	191
4.6.5	CONCLUZII	195
4.7	OPTIMIZAREA COMUNICĂRII VOCALE PRIN STUDIUL ENTROPIEI ȘI ENERGIEI INFORMAȚIONALE.....	196
4.7.1	INTRODUCERE	196
4.7.2	ENTROPIA PONDERATĂ ȘI DESCRIEREA PARAMETRILOR.....	198
4.7.3	REZULTATELE ANALIZEI.....	200
4.7.4	CALCULUL ENERGIEI INFORMAȚIONALE ȘI CORELAȚIILE ACESTEIA	211
4.8	SELECTAREA PRINCIPALELOR CARACTERISTICI ALE ROSTIRII	216
4.9	CONCLUZII	218

CAPITOLUL 5

	OPTIMIZAREA TRANSFERULUI INFORMAȚIONAL.....	221
5.1	ELEMENTE DE TEORIA INFORMAȚIEI.....	221
5.1.1	INFORMAȚIA ȘI MESAJUL.....	221
5.1.2	ENTROPIA UNEI VARIABILE ALEATOARE DISCRETE.....	224
5.1.3	CONCEPTUL DE UTILITATE A INFORMAȚIEI	226
5.1.4	ENTROPIA PONDERATĂ A LUI S. GUIAȘU	227
5.1.5	CORELAȚIA INFORMAȚIONALĂ.....	230
	5.1.5.1 CORELAȚIA GALTON-PEARSON. COEFICIENTUL DE CORELAȚIE SIMPLĂ.	230
	5.1.5.2 ENERGIA ȘI CORELAȚIA INFORMAȚIONALĂ ONICESCU	231
5.2	METODE ȘI ALGORITMI DE OPTIMIZARE INFORMAȚIONALĂ.....	232

5.2.1	UTILIZAREA METODELOR OPERAȚIONALE LA PROBLEMELE DE OPTIMIZARE	232
5.2.2	CARACTERIZAREA OPTIMULUI ÎN METODELE PROGRAMĂRII MATEMATICE CONVEXE	235
5.2.3	OPTIMIZAREA PROCESELOR ÎN PREZENȚA RESTRICȚIILOR	237
5.2.4	METODE DE CĂUTARE NUMERICĂ A OPTIMULUI.....	239
5.2.5	ALGORITM HIBRID PENTRU OPTIMIZARE CU RESTRICȚII	241
5.3	OPTIMIZAREA EXPRESIVITĂȚII COMUNICĂRII PRIN CONTROL PROZODIC DINAMIC	244
5.3.1	PREGĂTIREA CORPUSULUI	248
5.3.2	ETICHETAREA ȘI ANALIZA	249
5.3.3	MODELUL MODIFICĂRII LINIARE - LMM.....	251
5.3.4	METODA DE CONVERSIE PROZODICĂ.....	255
5.3.5	OPTIMIZARE PROZODICĂ PRIN CONTROL DINAMIC A MODELULUI SPECTRAL VOCAL	257
5.4	OPTIMIZAREA NIVELULUI DE EMISIE INFORMAȚIONALĂ.....	264
5.5	ECHILIBRU ȘI CĂȘTIG ÎN STRATEGIILE DE TRANSFER INFORMAȚIONAL	267
5.5.1	ECHILIBRAREA COMUNICĂRII DIRECTE PRIN STRATEGII DE INTERACȚIUNE ALEATOARE.....	267
5.5.2	STRATEGII ALEATOARE DE COMUNICARE BAZATE PE OPTIMIZARE ENTROPICĂ.....	275
5.6	DESCRIEREA UNUI SISTEM AUTOMAT DE OPTIMIZARE A ROSTIRII DE TIP RADIOFONIC	278
5.6.1	ANALIZOR SEMANTIC AL TEXTULUI REDACTAT.....	278
5.6.2	MODULUL DE PROCESARE STATISTICĂ A PROZODIEI COMUNICĂRII	279
5.6.3	MODULUL DE OPTIMIZARE PROZODICĂ DE TIP DETERMINIST.....	281
5.6.3.1	SUBSISTEMUL A.....	281
5.6.3.2	SUBSISTEMUL B	282
5.6.3.3	SUBSISTEMUL C.....	283
5.6.4	CERINȚE ȘI SPECIFICAȚII PENTRU FIECARE NIVEL/SUBSISTEM DE OPTIMIZARE	284
5.7	CONCLUZII	286

CAPITOLUL 6

CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII ORIGINALE, DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE ȘI DISEMINAREA REZULTATELOR	289
6.1 CONCLUZII GENERALE.....	289
6.2 CONTRIBUȚII ORIGINALE.....	291
6.3 DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE.....	297
6.4 DISEMINAREA REZULTATELOR.....	297
BIBLIOGRAFIE	301
ANEXA 1.....	311
ANEXA 2.....	315
ANEXA 3.....	317
ANEXA 4.....	325
ANEXA 5.....	329
ANEXA 6.....	331
ANEXA 7.....	337
LISTĂ FIGURI	339
LISTĂ TABELE	340

INTRODUCERE

ACTUALITATEA ȘI NECESITATEA TEMEI DE CERCETARE

Limbajul este parte integrantă a ființei umane, el reprezintă chiar baza vieții sociale. Viața în comunitatea socială presupune în mod inerent comunicarea interumană, iar limbajul este o creație care ne ajută să realizăm, corect și eficient, acest lucru. În cadrul comunicării prin intermediul limbajului sunt prezente și stările afective care influențează actul transmiterii verbale a informației, manifestându-se sub formă paraverbală și nonverbală. Tot limbajul ne permite să împărtășim experiențe dintre cele mai diverse și să comunicăm idei abstracte, să înțelegem și să ne facem înțeleși. Limbajul este totuși prea lent pentru a fi în stare să exprime toate informațiile despre o anumită experiență, astfel încât trebuie să selectăm informație pentru a comunica, chiar dacă aceasta înseamnă să ometem unele aspecte. Limbajul generalizează, aplicând norme provenite de la experiențe izolate unui cadru al realității mult mai larg și mai complex. Dificultatea studiului unui limbaj rezidă în dinamica sa, în faptul că acesta suferă modificări rapide în timp și în spațiu. Limbajul natural este guvernat în funcționalitatea lui de anumite convenții și norme structurale care însoțesc exprimarea unui mesaj în procesul comunicării. Astfel, acestea se referă la

regulile gramatical-lexicale care sunt relativ stabile în timp, la normele fonetice, morfologice și etimologice, responsabile de construcția cuvintelor și la cele privitoare la structurile specifice actului vorbirii folosite ca exprimări mecanice, stereotipice. Flexibilitatea nivelului semantic acordă o anumită toleranță față de gradul de respectare a acestor convenții și norme.

Totodată, limbajul deformează experiența, conferă o greutate sporită unor elemente și le minimalizează pe altele. Limbajul este în esență un sistem complex de reprezentare. Totuși, limbajul nu este un sistem de reprezentare primar, adică nu reprezintă o experiență primară, nemijlocită, ca alte experiențe senzoriale. Limbajul este transmis prin *sunete*.

La rândul ei, **limba** a luat ființă doar din momentul în care *structurile sonore* emise din instinct au început să genereze și să organizeze o anumită dimensiune psihică. La nivelul conștiinței, limba este concepută ca o reflectare a structurii sonore a mesajului receptat, structură convertită într-un *semnificant* aflat în corespondență cu un *semnificat*, acest binom existențial constituind *semnificația* [1]. Limba conține în sine o identitate duală, datorată autoorganizării în plan semantic și al expresiei. Limba guvernează parțial resursele gândirii, pe care le convertește în conținut semantic. Totodată, transformă, prin setul de reguli pe care îl impune, structura sonoră în expresie. Astfel, conștiința lingvistică a participantului la actul de comunicare verbală simte fluxul sonor ca pe un complex de combinații fonice, cu valoare minimală. Sunetele generate în procesul vorbirii apar ca niște cuante sonore absolut necesare în procesul de formare a unităților lingvistice – morfeme, silabe, cuvinte, propoziții, structuri frazeologice – astfel, „*fonetica se găsește într-o foarte strânsă legătură cu toate celelalte compartimente lingvistice*” [2]. Această strânsă legătură se realizează doar prin intermediul unităților fonetice segmentale (fonemele) și suprasegmentale (accentul,

intonația). Astfel, legătura dintre fonetică și lexicologie se stabilește prin aceea că unitățile fonetice – fonemele, accentul – au capacitatea de a schimba sensul unui cuvânt, cu alte cuvinte, îndeplinesc în structura limbii o funcție semantică distinctivă. În concepția lui Ferdinand de Saussure, semnul lingvistic se definește prin două laturi – imaginea acustică și sensul – ambele având un clar caracter psihic. *„Asociaționismul lui Locke concepe independent ideea (semnificația) dar cu particularități relaționale: uzul cuvintelor se raportează la o conexiune între idei și sunete articulate”* [1].

Pe **mesaj** se bazează totalitatea comunicărilor, în primul rând interumane. Mesajul asigură direcția și coerența actului de comunicare. Mesajul trebuie să-și atingă ținta. Structură de bază a discursurilor, el este menit să fie reluat în mod regulat de către fiecare emițător de comunicare. Formularea mesajului trebuie să se efectueze cu deosebită atenție, căci acesta formează conținutul vorbirii direcționate, oricare i-ar fi locul de emiteră și publicul căruia i se adresează. Caracteristicile intrinseci ale unui bun mesaj trebuie să fie coerența, inteligibilitatea, adaptabilitatea și originalitatea. Ca să poată aspira la eficiență, mesajul trebuie să se singularizeze pentru a fi remarcat, memorat și atribuit. Totodată, un mesaj cu impact va fi cel care va fi structurat echilibrat din punct de vedere parametric, mesajele asimetrice, din perspectivă lingvistică, dar și fonetică, riscând să nu își atingă nici pe departe scopul. Un mesaj care nu intră în rezonanță cu o identitate riscă să fie respins [3].

Interesul tot mai mare de care se bucură studiul limbii vorbite este justificat prin volumul impresionant de aplicații dedicate acestui domeniu. O serie de aplicații interesante vizează o mai bună adaptare a discursului la situația de comunicare ori studiul aspectelor etnopragmatice și predarea comparată a limbilor străine. Mai mult, foarte importante sunt cele care au în vedere

astăzi recunoașterea vocală și perfecționarea interacțiunii om – mașină, plecând de la interacțiunea verbală interumană. Sinteza și recunoașterea vocală – atât de necesare pentru saltul de la interfața grafică a comunicării dintre om și inteligența artificială la o interacțiune fondată pe comandă vocală – dar și alte aplicații extralingvistice depind într-o măsură covârșitoare de corpusuri de limbă vorbită și de procesarea computerizată a acestora. Pentru a reuși în acest demers este nevoie, pentru fiecare limbă, nu doar de existența unui corpus de limbă vorbită și de transcrierea sa, ci și de descrierea și clasificarea parametrilor acustici și ale caracteristicilor vocale, specifice sunetelor respectivei limbi.

Procesarea semnalelor vocale se distinge în ultimii ani ca o direcție de cercetare importantă și datorită implicațiilor pe care le are asupra domeniilor medical, fonologic, al tehnologiei vorbirii, al telecomunicațiilor ori lingvistic. Modelarea din punct de vedere lingvistic și fonologic a semnalelor vocale vizează analizarea principalelor elemente care au impact asupra prozodiei și elaborarea de modele prozodice. În domeniul medical, aplicațiile bazate pe procesarea semnalului vocal vizează evidențierea diferențelor dintre vocile unui organism supus unei patologii și cele normale, posibilitatea de recuperare a pacienților cu afecțiuni neurologice sau analiza vocilor profesionale (actori, jurnaliști, soliști etc.).

Radioul utilizează rezultatele cercetărilor din domeniile procesării limbajului natural, al modelării prozodice și emoționale, precum și al procesării de semnale, fiind cel mai important beneficiar al acestor studii științifice. Vocea, muzica, informația verbală, efectele de sunet, tăcerea și prozodia sunt elementele fundamentale cu care se operează în zona radiofoniei. Deși informația verbală este cea mai relevantă, prozodia este cea care definește mesajul și ghidează ascultătorul prin: viteză, ritm, intonație și variația sa, accent și emfază a vorbirii. La toate acestea

se adaugă fondul sonor și efectele acustice, care structurează definitoriu cadrul de transmitere a mesajului. Ascultătorii pot fi influențați prin toate acestea, dar și prin variațiile acustice și înălțimea sunetului, care pot provoca trecerea de la o stare la alta. Captarea atenției și menținerea interesului ascultătorului se face cu ajutorul vocii, dar cheia rămâne variația intonației, parte esențială a prozodiei actului de comunicare.

Valorile caracteristicilor utilizate în analiza semnalului vocal în domeniul timp pot fi direct determinate din unda vocală sau derivate din aceasta, respectiv energia semnalului, frecvența fundamentală, frecvența trecerilor prin zero, valorile componentelor armonice și aleatorii din semnalul vocal. În afara acestora, în practică, se mai utilizează caracterizarea semnalului vocal prin coeficienții de predicție liniară care rezultă printr-o modelare liniară a acestuia.

În domeniul frecvență, semnalul vocal se analizează prin frecvența fundamentală, energia în benzile de frecvență, modelări locale la nivelul unităților segmentale care compun unda vocală, precum și a benzilor de frecvență ale componentelor de zgomot. Modelarea aspectelor prozodice vizează identificarea unor *patternuri* și a unor reguli care să descrie evoluția în timp a elementelor prozodice extrase din semnalul vocal.

În acest context se înscrie demersul din prezenta lucrare, respectiv încercarea de a îmbunătăți comunicarea directă, de tip radiofonic, prin optimizarea unor caracteristici prozodice relevante.

SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRII DOCTORALE

Teza are ca **scop** optimizarea comunicării directe în mediul radiofonic prin identificarea, analiza și modelarea asocierilor dintre o serie de caracteristici vocale, acustice și prozodice, inerente unui astfel de proces. Astfel, se va urmări elaborarea unei baze teoretice și se va structura perspectiva aplicativă pentru implementarea unor soluții software care să asigure o calitate superioară a produsului informațional în sine, dar mai ales a modului în care acesta este redat. Scopul tezei este axat pe realizarea unei alternative care să rezolve unele necesități stringente identificate în domeniul comunicării radiofonice actuale, în condițiile dinamicii impuse acestuia de către un mediu puternic concurențial. Aceste necesități reclamă găsirea de soluții care să asigure creșterea performanțelor actului de rostire radiofonică expresivă și, concomitent, îmbunătățirea calitativă a transmisiei mesajelor în mediul *on air* prin operarea asupra componentei de transfer emoțional.

Lucrarea este structurată astfel încât să atingă un număr de șase obiective:

O.1. Primul obiectiv constă în *identificarea grupărilor de trăsături vocale interdependente, în procesul vorbirii directe. De asemenea, se urmărește determinarea nivelelor la care corelează o serie de caracteristici vocale prezente în câmpul comunicării unidirecționale de tip radiofonic, cu ajutorul metodei de analiză statistică regresională. Conform rezultatelor, se urmărește selectarea acelor caracteristici vocal-prozodice care condiționează major procesul rostirii expresive.*

- Pentru atingerea obiectivului, se vor desfășura următoarele activități:

- tratarea parametrilor acustici și a caracteristicilor vocale, în primul rând din punct de vedere al identificării și al cuantificării gradului de intercorelare dintre acestea;
- analiza influenței pe care o au unele dintre caracteristicile vocale asupra comunicării, în contextul în care, inclusiv din punct de vedere prozodic și compozițional, mesajul de tip radiofonic este condiționat de un context de comunicare liber, dar, totodată, concurențial.

O.2. Al doilea dintre obiectivele tezei vizează *analiza și generarea unui model de îmbunătățire teoretică a expresivității comunicării de tip direct, radiofonic.*

Activitățile necesare atingerii acestui obiectiv sunt următoarele:

- studiul pentru găsirea unei metode capabile să crească performanțele rostirii din punct de vedere emoțional, indiferent de nivelul intensității acesteia;
- testarea unor metode de conversie prozodică, ce urmăresc să transforme trăsăturile prozodice pentru obținerea unei rostiri de tip emoțional, îmbunătățite.

O.3. Al treilea obiectiv este reprezentat de *elaborarea unei metode de optimizare a componentei prozodice a comunicării de tip on air cu ajutorul unui model spectral vocal.*

- Pentru realizarea obiectivului, se va opera asupra modelului spectral de pitch local printr-o metodă de control dinamic, utilizând metoda multiplicatorilor lui Lagrange și calculul variațional.

O.4. Cel de-al patrulea obiectiv al cercetării vizează *eficientizarea comunicării verbale (radiofonice) prin optimizarea nivelului informațional de emisie în cadrul transferului de mesaje*

noi, în contextul existenței unei rate de absorbție a informațiilor din partea publicului.

- Pentru atingerea obiectivului, se va realiza cuantificarea ratei medii de emisie astfel încât să reflecte un salt de transfer de la un nivel caracterizat de o anumită cantitate de informație emisă și de o rată de absorbție a informației, la altul, în condițiile în care consumul mediu total de resurse să fie minim.

O.5. Obiectivul numărul cinci constă în *formalizarea unui model matematic prin care într-un proces de comunicare reciprocă se poate ajunge la stadiul de echilibrare a interacțiunii informaționale. De asemenea, se urmărește modelarea obținerii stării de avantaj pe care o poate dobândi un participant la interacțiunea comunicațională.*

Pentru atingerea obiectivului, se vor realiza:

- identificarea posibilității de a obține câștig în condiții de interacțiune comunicațională directă;
- determinarea condițiilor în care se poate atinge un punct de echilibru în interacțiunea comunicațională, în prezența matricelor de câștig și a strategiilor aleatoare;
- cuantificarea avantajului pe care îl poate obține un participant la procesul de comunicare cu ajutorul strategiilor aleatoare de comunicare bazate pe optimizare entropică.

O.6. Al șaselea obiectiv constă în *elaborarea unui sistem cu feedback pentru optimizarea rostirii în comunicarea directă, de tip radiofonic.*

STRUCTURA TEZEI PE CAPITOLE

Teza este structurată pe un număr de șase capitole:

Capitolul 1 - Evidențiază o serie de rezultate și implementări actuale din cadrul Analizei vorbirii, respectiv Recunoașterea vorbirii și Sinteza vorbirii. Sunt atinse subiecte referitoare la diverse soluții ale tehnicilor de segmentare a vorbirii, se realizează enumerarea descriptivă a câtorva corpusuri de limbă utilizate în speech recognition. De asemenea, se analizează o serie de tehnici utilizate în evaluarea rostirii generative și discriminative independente de text, dar și unele metode recente de analiză și sinteză prozodică. Tot în acest capitol sunt analizate unele aplicații de analiză și conversie a expresiei emoționale, în zona *Sentiment Analysis* și *Expressive Speech Synthesis*.

Capitolul 2 - În această secțiune sunt tratate diverse tehnici care s-au impus în domeniul *Speech Recognition*. Se urmărește evidențierea legăturilor stabilite între domeniile mai sus amintite și Modelarea limbajului natural. Sunt trecute în revistă principalele direcții actuale de cercetare în domeniul Procesării limbajului natural, stadiul actual al cercetărilor în domeniul sistemelor de conversie TTS (*text-to-speech*) și VTT (*voice-to-text*).

Capitolul 3 - Se ocupă cu descrierea metodelor teoretice și a echipamentelor cu ajutorul cărora are loc transmisia informației în mediul radiofonic. Aici sunt abordate probleme privind transmisia radiofonică a semnalului vocal, descrierea principalelor caracteristici acustice și fonologice ale semnalului vocal. Sunt de asemenea descrise lanțul de transmisie radiofonic, modul în care se realizează achiziția unui spectru de frecvențe,

dar și particularități ce țin de percepția și de caracteristicile sonore în procesul comunicării verbale.

Capitolul 4 - În cadrul acestui capitol este parcursă o serie de tehnici și procedee de analiză statistică a informației. Sunt analizate metode de studiu al legăturilor de tip statistic, respectiv Analiza varianței ANOVA, Metoda regresiei liniare multiple, Metoda corelației, și sunt determinați indicatorii sintetici ai corelației. Toate aceste metode sunt apoi aplicate asupra transferului de informație prin rostire radiofonică, fiind obținută o serie de rezultate privind asocierile și interdependențele dintre diferite caracteristici vocale, inerente actului de comunicare verbală. În final, se realizează o selecție a celor mai importante caracteristici care influențează comunicarea de tip radiofonic și care, direct sau indirect, au o pondere însemnată în creșterea eficienței transiterii unui mesaj pe cale verbală.

Capitolul 5 - În cadrul acestei secțiuni este urmărită identificarea unor metode de tip determinist care să rezolve problemele de control optimal asociate sistemelor evolutive dinamice, așa cum se prezintă procesul vorbirii libere. Se parcurg unele elemente de teoria informației cu accent pe conceptele de utilitate a informației, entropie ponderată și corelație informațională. Se prezintă principiul programării matematice convexe, dar și câteva metode performante de căutare numerică a optimului. Se propun algoritmi de optimizare prozodică, bazați pe control dinamic, a frecvenței fundamentale și extremizarea funcționalei neliniare care descrie starea emoțională într-un proces de comunicare directă. În același capitol se procedează la modelarea proceselor interactive din spațiul comunicării directe, concurențiale, prin intermediul strategiilor aleatoare.

Capitolul 6 - Evidențiază concluziile finale, rezultatele obținute pe parcursul cercetărilor și contribuțiile originale, dar și câteva direcții de cercetare viitoare în domeniul sau conexe temei tezei, precum și diseminarea realizărilor efective.

CAPITOLUL 1

STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL ANALIZEI VORBIRII

1.1 ANALIZA VORBIRII (SPEECH ANALYSIS)

Limbajul reprezintă una dintre caracteristicile fundamentale ale comportamentului uman. Din perspectivă științifică, limbajul se studiază în cadrul unor discipline diverse: Lingvistica, Psiholingvistica, Filozofia comunicării ori Lingvistica matematică. Referitor la cea din urmă, scopul acesteia este de a analiza și de a dezvolta o Teorie computațională a limbajului, utilizând termeni și concepte aparținând domeniului informaticii, respectiv algoritmi, structuri de date, rețele neuronale etc. Modelul computațional este unul prin excelență sincretic, care reunește și integrează cunoștințe din toate celelalte domenii dedicate studierii limbii și limbajului, și astfel se înscrie în domeniul amplu denumit astăzi *cognitive science*. Aceste modele

compuționale pot conduce la identificarea unor idei foarte utile relativ la comportamentul lingvistic în viitor, cu o foarte bună aplicație, spre exemplu, în domeniul psihologiei comunicării. Un model bazat pe limbaj natural trebuie să ia în considerare însăși structura internă a limbajului, să proceseze asocierile de cuvinte, unitățile sintactice, să sesizeze modul în care acestea se combină pentru a forma propoziții corecte, să surprindă felul în care contribuie cuvintele sau expresiile mai complexe la semantica propoziției/frazei și care este interacțiunea dinamică între particularitățile textului scris și caracteristicile fonetice derivate. Ca motivație practică sau tehnologică de cercetare se distinge clar direcția axată pe viziunea că, datorită atributelor sale, utilizarea limbajului natural va determina un salt științific revoluționar asupra operării cu instrumentele tehnologiei informației. În acest mod, sistemele informatice vor fi sensibil mai inteligente și mai adaptabile decât sunt în momentul de față. În cadrul acestui domeniu, aplicațiile la care se lucrează în prezent se împart în două mari clase:

- aplicații bazate pe procesarea textului;
- aplicații bazate pe procesarea vorbirii/dialogului.

Aplicațiile axate pe procesarea textului se concentrează pe prelucrarea textelor scrise (articole, e-mailuri, mesaje din zona social-media, cărți, rapoarte și referate etc.). Practic, toate acestea sunt probleme de redactare, înțelegere și citire. Studiile în această zonă de manifestare a limbajului natural au condus la câteva rezultate specifice:

- identificarea și extragerea unor documente reunite sub aceeași temă, dintr-o bază de date formată din texte (*data mining*). Spre exemplu, aflarea unor lucrări care tratează o anumită temă, dintr-o bibliotecă;
- traducerea unor materiale scrise dintr-o limbă în alta;